مجموعه مقالات



تهیه و تدوین:

دکتر رضا اخوان

مهر ۱۴۰۴

به نام خدا

ششمین همایش ملی جنگل ایران

6th National Forest Conference of Iran

حفظ مالکیت واحد و مدیریت یکپارچه

همزمان با یادمان
بنیانگذار جنگلبانی ایران
"شادروان کریم ساعی"



محل برگزاری:
کرج – دانشکده منابع‌طبیعی دانشگاه تهران

https://6thnfc.isaforest.ir
info@isaforest.ir

محورها: جنگلشناسی و اکولوژی، حقوق و سیاست جنگل، جنگلداری و مدیریت جنگل، موضوعات فنی و مهندسی جنگل، مسائل اجتماعی و اقتصادی جنگل، فناوری‌های نوین در اداره جنگل



ششمین همایش ملی جنگل ایران

برگزار کننده:

انجمن جنگلبانی ایران

همکاران برگزاری:

دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، اتحادیه انجمن‌های علمی منابع طبیعی و محیط زیست ایران

تاریخ برگزاری:

۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

محل برگزاری:

دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج)

رئیس همایش: دکتر عطا اله حسینی

دبیر علمی: دکتر هومن روانبخش

دبیر اجرایی: دکتر آزیتا اسدی

محورهای همایش

۱- جنگلشناسی و اکولوژی جنگل

۲-حقوق و سیاست جنگل

۳-جنگلداری و مدیریت جنگل

۴-موضوعات فنی و مهندسی جنگل

۵-ژنتیک و به نژادی جنگل

۶-مسائل اقتصادی و اجتماعی جنگل

۷-ملاحظات تغییر اقلیم در جنگل

۸-کاربرد فناوری‌های نوین در جنگل

کد اختصاصی پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC): ۴۰۲۹۵-۰۳۲۴۰

کمیته علمی همایش

دکتر شعبان شتایی جویباری	دانشگاه گرگان
دکتر آیدین پارساخو	دانشگاه گرگان
دکتر رامین رحمانی	دانشگاه گرگان
دکتر مهتاب پیرباوقار	دانشگاه سنندج
دکتر سجاد قنبری	دانشگاه تبریز
دکتر هادی کیادلیری	دانشگاه علوم و تحقیقات تهران
دکتر کیومرث سفیدی	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر جلال هناره	موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
دکتر خسرو ثاقب طالبی	موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
دکتر مهدی پورهاشمی	موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
دکتر محمد متینی زاده	موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
دکتر مریم مصلحی	موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
دکتر سارا تیموری	موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
دکتر هومن روانبخش	موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
دکتریوسف عسکری	موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور
دکتر اصغر فلاح	دانشگاه ساری
دکتر سید محمدحجتی	دانشگاه ساری
دکتر احمد علیجانپور	دانشگاه ارومیه
دکتر جواد اسحاقی راد	دانشگاه ارومیه
دکتر اکبر نجفی	دانشگاه تربیت مدرس
دکتر حسن پوربابایی	دانشگاه گیلان
دکتر علی صالحی	دانشگاه گیلان
دکتر رامین نقدی	دانشگاه گیلان
دکتر مهرداد نیکویی	دانشگاه گیلان
دکتر حمیدرضا افرند	سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور
دکتر آزیتا اسدی	سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور
دکتر احسان عبدی	دانشگاه تهران
دکتر منوچهر نمیرانیان	دانشگاه تهران
دکتر پدرام عطارد	دانشگاه تهران

دکتر علی اصغر درویش صفت	دانشگاه تهران
دکتر عطاء اله حسینی	دانشگاه تهران
دکتر پرویز فاتحی	دانشگاه تهران
دکتر وحید اعتماد	دانشگاه تهران

کمیته اجرایی همایش

دکتر آزیتا اسدی

دکتر حمیدرضا افرند

نفیسه ایزدی فخار

فاطمه علیرضایی

حبیب قنبرپور

امیرمحمد علی‌حسینی

سجاد زیرک‌پور

طوبی پناهنده

فهرست الفبایی نویسندگان

ردیف	نویسنده اول	عنوان مقاله	صفحه
۱	ابراهیم‌پرور، رضا	عوامل موثر بر مدیریت حریق در جنگلهای هیرکانی (مطالعه موردی: استان گیلان)	۷۹۶
۲	احمدلو، فاطمه	مدیریت آبیاری در مزارع صنوبر	۲۲۰
۳	اخوان، رضا	معرفی کاربرد دستگاه لیزری لایکا مدل D810 در اندازه‌گیری قطر درختان صنوبر در ارتفاعات بالای تنه به‌صورت سرپا	۲۵۰
۴	استادهاشمی، راهله	وضعیت کمی جست‌گروه‌ها در توده‌های جنگلی ارسباران	۶۹۱
۵	اسحاقی راد، جواد	آیا اجرای مدیریت مبتنی بر شیوه تک‌گزینی منجر به کاهش تنوع درختی و علفی و تغییرات در ویژگیهای خاک می‌شود؟	۶۴۵
۶	اسحاقی، پریسا	تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی و طغیان آفات گیاهی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی	۷۲۲
۷	اسدیان، مریم	شبیه‌سازی ذخیره کربن آلی خاک در بوم سازگان‌های جنگلی	۸۴۳
۸	اشرافی، علی	تغییرات شاخص های چیرگی و آمیختگی در توده‌های با سابقه مدیریتی مختلف در جنگل‌های شمال ایران	۹۹۳
۹	اعتمادی، نسرین	بررسی تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی: تهدیدی برای تنوع زیستی و سلامت خاک	۵۵۶
۱۰	افرند سرخنی، حمیدرضا	چارچوب اصلاح قانون جامع جنگل ایران (مطالعه تطبیقی حقوق جنگل ایران، فرانسه، ترکیه و آفریقای جنوبی)	۱۰۹۱
۱۱	الیاسی، سید پدرام	تغییرات برخی صفات اکوفیزیولوژیک در نهالهای زالزالک سیاه تحت تنش خشکی	۴۷۶
۱۲	امیری، محمدجواد	شناخت فواید و مضرات توسعه فضای سبز شهری به‌وسیله کاشت درختان کنوکارپوس در مناطق دارای اقلیم گرم و خشک جنوب ایران	۹۵۱
۱۳	امینی، سودابه	فناوری‌های هوش مصنوعی و حفاظت از حشرات جنگل	۲۵۸
۱۴	امینی، سوران	محتوای آبی تاج پوشش و سطح برگ در جهات مختلف جغرافیایی	۵۸۳
۱۵	ایزک عبداللهی، حسن	عوامل حقوقی – قانونی معضل قاچاق چوب از نظر قاچاقچیان غرب مازندران	۱۰۸۱
۱۶	بابائی احمدآباد، علی	بررسی تاثیر بازدارندگی قوانین و مقررات داخلی کشورها در مبارزه با تخریب جنگلها و قاچاق چوب	۱۴۸
۱۷	بابائی احمدآباد، علی	بررسی راهکارهای مناسب برای کاهش تلفات جانوران در تصادفات جاده ای	۱۵۹
۱۸	بابائی احمدآباد، علی	مطالعه پوشش گیاهی منطقه لغزشی کم عمق تثبیت شده، بخش چهار طرح جنگلداری ظالم‌رود	۱۳۸
۱۹	برهانیان، راحله	تاثیر ارتفاع بر پارامترهای خاک منطقه اکوتون چهاردانگه ساری	۷۹۱
۲۰	بروکانلو، سیما	تحلیل تغییرات پوشش جنگلی ناشی از اقدامات مدیریتی مختلف در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران	۳۱۸
۲۱	بستانی، عبدالماجد	شناسایی شاخص‌های اثرگذار بر آتش‌سوزی جنگلی در استان کردستان	۱۱۵۰
۲۲	بصیری، رضا	رابطه بین قطر تاج و قطر برابرسینه درختان بلوط ایرانی در منطقه تنگ سولک بهمئی، استان کهگیلویه و بویراحمد	۵۶۸

۲۳	بصیری، رضا	معرفی مهمترین فاکتورهای تاج پوشش گونه پده در توده‌های خالص طبیعی مارون بهبهان استان خوزستان	۵۷۵
۲۴	بیگی حیدرلو، هادی	ارزیابی خشکسالی مبتنی بر سنجش از دور با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در جنگل‌های هیرکانی ایران	۳۲۹
۲۵	پاتو، مجید	بررسی وضعیت زادآوری طبیعی گونه بنه در چهار ذخیره‌گاه موجود در شهرستان میرآباد استان آذربایجان غربی	۱۲۹
۲۶	پادیاب، سکینه	بررسی روابط فیلوژنتیکی و تعیین نواحی حفاظت شده ژن و پروتئین DREB در ۹ گونه گیاهی با استفاده از نرم‌افزارهای بیوانفورماتیکی	۸۱۰
۲۷	پور رجبعلی، سینا	ارائه مدل رگرسیونی برآورد وزن تنه درخت صنوبر دلتوئیدس در غرب استان گیلان	۴۸۴
۲۸	پورابراهیم، شراره	پهنه‌بندی احتمال وقوع مخاطره آتش‌سوزی در استان البرز	۱۱۷۸
۲۹	پورحسن، خیراله	تاثیر جنگلکاری افرا پلت و توسکای ییلاقی برروی آنزیم‌های اسیدفسفاتاز، آلکالین فسفاتاز و اوره‌آز خاک (مطالعه موردی: منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر)	۹۱۲
۳۰	پورمهدی نودهی، آتنا	بررسی پتانسیل دارویی درخت لرگ در شمال کشور	۹۸۶
۳۱	پویا، هانیه	ارزیابی شرایط تخریب و زوال جاده جنگلی طرح جنگلداری کلاردشت در دوره توقف بهره‌برداری جنگل	۹۶۲
۳۲	تیموری، مریم	بررسی اثر گونه‌های اوری و لور بر ویژگی‌های فیزیکی ، شیمیایی و زیستی خاک در ارسباران	۱۱۹
۳۳	تیموری، مریم	تاثیر گونه درختی بر شاخص‌های کیفیت خاک (مطالعه موردی: پارک ملی خجیر)	۱۰۷
۳۴	جباری ارفعی، شاهرخ	درآمدی بر جنگل‌بانی و جنگل‌داری در دوران معاصر	۷۷۶
۳۵	جباری، شیدا	تأثیر جنگلکاری بر ترسیب کربن از جهات مختلف	۷۰۳
۳۶	جهدی، رقیه	مدل‌سازی مکانی ریسک احتراق آتش‌سوزی‌ها در استان گیلان	۸۱۷
۳۷	جهدی، رقیه	معرفی اصول بوم‌شناسی آتش‌سوزی جنگل	۸۲۹
۳۸	جوانمیری‌پور، محسن	بررسی جمعیت، پراکندگی و تعارض پستانداران با انسان در بوم‌سازگان جنگل‌های هیرکانی با رویکرد بوم‌شناختی	۵۱۹
۳۹	جوانمیری‌پور، محسن	تحول دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی برای ایجاد جنگل‌های آمیخته	۵۴۰
۴۰	جورغلامی، مقداد	اثربخشی مالچ آلی بر بازیابی خواص شیمیایی خاک به دنبال تراکم ناشی از عملیات چوبکشی در جنگل‌های خیرود	۲۸۰
۴۱	جورغلامی، مقداد	ارزیابی روند ترمیم مشخصه‌های میکروبی خاک مسیرهای چوبکشی در شدت‌های متفاوت فشردگی در پاسخ به کاشت توسکای قشلاقی	۲۹۳
۴۲	جورغلامی، مقداد	تأثیر موقعیت شیب بر سطح بازیابی خصوصیات شیمیایی و زی‌توده ریشه خاک‌های فشرده در مسیرهای چوبکشی (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)	۳۰۴
۴۳	حامدی قاضی، پیمان	بررسی امکان توسعه زنجیره ارزش نهالستان در حوضه آبخیز شفارود	۷۵۵
۴۴	حجاریان، مرضیه	بررسی دیدگاه متخصصین در خصوص عوامل کلیدی توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران	۶۳۷

۴۵	حجاریان، مرضیه	موانع توسعه گردشگری طبیعت در منطقه دالامپر (استان آذربایجان غربی)	۶۳۰
۴۶	حسین‌زاده، امید	روش آبیاری بهینه برای توسعه پایدار زراعت چوب صنوبر در ایران	۸۷۲
۴۷	حسین‌زاده، امید	گونه‌های مناسب برای توسعه پایدار زراعت چوب در استان آذربایجان غربی	۸۸۱
۴۸	حسینی، ساره	تحلیل پارادایم نوین محیط‌زیستی و تمایل به پرداخت شهروندان برای خدمات اکوسیستم جنگل (مطالعه موردی: شهرستان ساری)	۷۰
۴۹	خانعلیزاده، آمنه	ضرورت آموزش به موقع و تاثیرگذار در زمینه اهمیت و حفظ منابع طبیعی	۲۷۵
۵۰	خواجه الدینی، سیدمحمدعلی	آمایش تنوع فنوتیپی میوه درخت زالزالک در بیشه زارهای زالزالک خیز منطقه حفاظت شده سهند با استفاده از فناوری نوین رنگ‌سنجی دیجیتالی با بکاربری مدل RGB	۶۰۳
۵۱	دلیری، فریبرز	دیدگاه مأمورین یگان حفاظت درباره قاچاق چوب (مطالعه موردی: واحد منابع طبیعی رستم‌آباد، گیلان)	۱۰۶۶
۵۲	دهان‌زاده ابرقویی، صابر	تعیین کارکردها و شاخص‌های پایداری جنگل دست‌کاشت سرو سیمین دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران	۳۶۵
۵۳	رستم پور، مسلم	اثر جهت شیب بر تراکم و ارتفاع درخت بنه در منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی	۶۶۲
۵۴	رستم پور، مسلم	آنالیز رگرسیون بین شوری خاک و درصد ماده آلی در برخی از رویشگاه‌های جنگلی استان خراسان جنوبی	۶۷۲
۵۵	رستم پور، مسلم	بررسی روند تغییرات تراکم بادامشک در طول گرادیان ارتفاعی منطقه حفاظت شده شاسکوه خراسان جنوبی	۶۸۳
۵۶	رشیدی، فرحناز	بررسی شادابی و تغییرات کیفی تاج‌پوشش درختان بلوط در منطقه گاران طی یک دوره چهار ساله	۴۶۹
۵۷	رشیدی، فرحناز	تحلیل ساختار گونه‌ای و تاج‌پوشش درختان شاخه‌زاد و تک‌تنه در جنگل‌های دولەناو زاگرس شمالی	۴۵۹
۵۸	رضایی، حانیه	مروری بر شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار (LSTM) و کاربردهای آن در علوم جنگل و محیط‌زیست	۱۱۶۰
۵۹	روانبخش، هومن	پایش سه ساله گونه بادام کوهی در پارک ملی خجیر	۱۲
۶۰	زال نژاد، حامد	بررسی تنوع زادآوری گونه‌های درختی در روشنه‌های تاج‌پوشش راشستان‌های هیرکانی مرکزی	۱۸۸
۶۱	زیرک‌پور ناوی، سجاد	شناسایی و تهیه نقشه مناطق آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره لندست ۹	۱۱۲۳
۶۲	سعادت پاک، هاجر	بررسی پارامترهای رویشی دو گونه توت و صنوبرکاشت شده در منطقه پرور سمنان	۱۰۲۳
۶۳	سفیدی، کیومرث	پیشنهاد شیوه پرورش جنگل پایای هیرکانی به منظور حفاظت و بهره مندی از کارکردهای چندگانه جنگلهای هیرکانی	۱۰۰۴
۶۴	شعبانی‌نژاد، مرتضی	کارایی عملکرد سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری و قوه قضائیه در مقابله با قاچاق چوب	۹۳۰
۶۵	صالح‌زاده، عثمان	مطالعه فلورستیک، شکل زیستی و کورولوژی گونه‌های گیاهی چوبی در دامنه ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا در جنگل‌های بلوط زاگرس شمالی، شهرستان بانه، استان کردستان	۷۶۶
۶۶	صالحی، پریناز	بررسی عوامل مؤثر بر طرح‌های جنگلکاری در سردشت با به‌کارگیری تحلیل عاملی اکتشافی	۸۹۰
۶۷	صالحی، علی	بررسی اثر حفاظت بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و زادآوری درختان در	۴۲۲

		راشستان‌های غرب استان گیلان، مطالعه موردی: جنگل‌های سری ۲ ناو اسالم	
۶۸	صالحی، علیرضا	راهبردها و تاکتیک‌های طرح ملی- مردمی کاشت یک میلیارد درخت در استان کهگیلویه و بویراحمد	۴۰۶
۶۹	صالحی، علیرضا	ضرورت تقویت قوانین حفاظت از اراضی جنگلی با زیر اشکوب کشاورزی در حوزه زاگرس: هم‌راستایی با توسعه اقتصادی-اجتماعی و مکانیزاسیون کشاورزی	۴۱۱
۷۰	صدروی، مهدی	بیماری‌های درختان بلوط در جنگل‌های ایران	۳۷۴
۷۱	صلاحی، توحید	پراکنش و تنوع گونه‌های قارچ‌های چوب‌زی ماکرو در جنگلهای هیرکانی	۱۱۳۹
۷۲	طاهری، آیدا	صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مرتبط با خشکی در نهال‌های گردو	۵۸۹
۷۳	طاهری، حمیده	بررسی نقش جوامع محلی در ارتقای خدمات اکوسیستمی جنگل از طریق شیوه‌های پایدار	۸۵۷
۷۴	طاهری، محمدرضا	بررسی ارتباط بین مدیریت پایدار جنگل‌ها، طراحی منظر و تأثیرات اقتصادی آن بر جوامع محلی	۱۰۵۹
۷۵	عابدی، طوبی	تعیین میزان ترسیب کربن به‌عنوان یکی از خدمات اکوسیستم در کاربری‌های مختلف اراضی استان گیلان	۹۶
۷۶	عزیزی، زینب	آشکارسازی تغییرات جنگل شهرستان جوانرود با استفاده از تصاویر ماهواره لندست	۵۹۵
۷۷	عسکری، یوسف	ارتباط بین تغییر اقلیم و خشکیدگی درختان جنگلی	۲۹
۷۸	عسکری، یوسف	بررسی نیازهای اکولوژیک گونه گون گوسفندی در منطقه جنگلی وزگ یاسوج	۱۸
۷۹	علی لاهیجی، علی	اثر کودهای زیستی بر روی جذب عناصر عناصر غذایی درختان فندق استان گیلان	۴۵۰
۸۰	علیزاده، مهرداد	نقش سوسک‌های پوستخوار در انتقال بیمارگرهای قارچی در جنگل	۲۶۸
۸۱	علی‌عرب، علیرضا	بررسی تغییرات رشد و زنده‌مانی نهال‌های زبان گنجشک و افراپلت در گرادیان ارتفاع از سطح دریای جنگل شصت کلاته گرگان در سال اول بعد از کاشت	۳۴۱
۸۲	غربی، نازنین	اثرات جنگل درمانی بر سلامت جسم و روان	۸۵۲
۸۳	غزنوی، بهزاد	تأثیر محلول‌پاشی با Bacillus thuringiensis بر جمعیت لاروهای پروانه جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های بلوط منطقه قبرحسین (پیرانشهر)	۳۵۵
۸۴	غلامی، زهره	بررسی مقاومت کششی ریشه برخی گونه‌های درختی رایج حاشیه جاده‌ها و رودخانه‌های جنگلی	۴۹
۸۵	فرجام فر، علیرضا	بررسی ارتباط بین فنولوژی با رویش شاخه و نهال در درختان بلوط ایرانی	۶۲۳
۸۶	فرجی، فاطمه	بررسی تغییرات کربن آلی خاک در روشنه‌ها و تاج پوشش جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت نشده راش شرقی (مطالعه موردی: حاجیکلا- تیرانکلی، ساری)	۲۱۱
۸۷	قاسمی آریان، یاسر	بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و ارزش بازاری جنگلکاری‌های مناطق بیابانی	۱۰۴۱
۸۸	قاسمی آریان، یاسر	تعیین سهم تخریب جنگل‌های دست‌کاشت در تشدید گردوغبار شهرستان سرخس	۱۰۵۱
۸۹	قدیمی شیجانی، هانیه	بررسی اجمالی توده دست‌کاشت کاج تدا در استان گیلان مطالعه موردی: دانشکده منابع طبیعی گیلان- صومعه‌سرا	۹۲۲
۹۰	قویدل، مرضیه	نقش مدل‌های هوش مصنوعی در شناسایی و پیش‌بینی تغییرات اکوسیستم جنگل‌های شمشاد شمال ایران	۱۰۳۰
۹۱	قیصری، مهسا	اثرآتش‌سوزی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مناطق جنگلی (منطقه مورد مطالعه: جنگل مانشت، ایلام)	۸۷
۹۲	کاوسی، محمدرضا	شناسایی، پهنه‌بندی و کنترل بیماری‌های قارچی و داروش در جنگل‌های پارک ملی	۳۸۱

		گلستان	
۹۳	کریمی، محمد	بررسی تنوع کارکردی مناطق جنگل کاری شده توسکای قشلاقی در شبه‌جزیره میانکاله	۹۷۵
۹۴	کریمی، محمد	تحلیل مقایسه‌ای شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در تپه‌های شنی اکوسیستم ساحلی میانکاله	۹۸۰
۹۵	لرستانی، فرناز	تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر الگوی پراکنش و آمیختگی جنگل‌های بلوط: زاگرس میانی	۱۰۱۴
۹۶	محمد قلی‌پور شالمائی، آرمین	بررسی احیای جنگل در اتراقگاه‌های تخلیه شده حوضه آبخیز ۱۲ شمال کشور پس از خروج دام	۱۱۱۰
۹۷	محمودی، شیرین	هوش مصنوعی: کلید مدیریت مؤثر جنگل‌ها و حفظ تنوع زیستی	۳۹۶
۹۸	مرادی، سهراب	پهنه‌بندی مکانی خطر آتش‌سوزی جنگل با کاربرد روش نسبت فراوانی مبتنی بر GIS در زاگرس میانی	۴۳۰
۹۹	مصطفی‌نژاد نشلی، کیمیا	عناصر غذایی تاج‌بارش سوزنی‌برگان و پهن‌برگان بومی در ناحیه رویشی هیرکانی متفاوت است	۱۱۸۹
۱۰۰	موسوی میرکلا، سید رستم	مروری بر سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در جنگل	۷۴۹
۱۰۱	موسوی نژاد، سید احمد	تحلیل مکانی پراکنش قطع غیرقانونی درختان در مناطق تحت حفاظت اداره کل محیط‌زیست و اداره کل منابع طبیعی استان گلستان	۷۳۰
۱۰۲	میرصفا، سیده مرضیه	تأثیر تاج پوشش بر روی خصوصیات آنزیمی و رطوبت خاک در جنگل‌های دست کاشت افرا و زبان‌گنجشک با تصویر ماهواره لندست ۸ (مطالعه موردی: منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر)	۸۹۹
۱۰۳	میری، هاشم	مقایسه پاسخ بیوشیمیایی گونه پده و هیبرید رقم مفید تحت تنش شوری	۷۴۱
۱۰۴	نظری، چیاکو	مروری بر اثر گرادیان ارتفاعی بر تنوع پوششی گیاهان	۶۰
۱۰۵	نظری، مهشید	رویکردی انتقادی به سیاست جنایی قانونگذار و رویه قضایی ایران در قبال جرائم علیه اراضی ملی در پرتو جرم‌شناسی سبز	۱۹۷
۱۰۶	نقوی، حامد	کاربرد سنجش‌ازدور در پایش کشت گیاه خشخاش در مناطق جنگلی	۷۱۴
۱۰۷	نورمحمد علیائی، فائزه	نقش تغییرات اقلیمی و فعالیت انسان بر پویایی جنگل در اواخر هولوسن: یک رکورد گرده‌ای از منطقه غرب هیرکانی	۳۹
۱۰۸	نوروزی وزمتر، اکبر	بررسی خصوصیات کمی و کیفی بلندمازو در جنگل‌کاری‌های شاندرمن گیلان	۹۳۶
۱۰۹	نوروزی وزمتر، اکبر	بررسی خصوصیات کمی و کیفی توسکای ییلاقی در جنگل‌کاری‌های شاندرمن گیلان	۹۴۴
۱۱۰	همتی، وحید	بررسی کارایی شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در برآورد حجم صنوبر در غرب گیلان (مطالعه موردی: حوزه شفارود)	۴۹۸
۱۱۱	هناره، جلال	بررسی ترکیب فلورستیک و تنوع پوشش گیاهی توده‌های شاخه و دانه‌زاد بلوط	۱
۱۱۲	وفایی، ساسان	مروری بر ششمین دوره آماربرداری سراسری جنگل‌های هیرکانی (سال ۱۴۰۲)	۱۷۰
۱۱۳	ویسی، زهرا	بررسی اهمیت و نقش درختان کهن‌سال و دیرزیست در اکوسیستم‌های طبیعی و جنگلی	۲۳۶

فهرست الفبایی عنوان مقالات

ردیف	عنوان مقاله	نویسنده اول	صفحه
۱	اثر جهت شیب بر تراکم و ارتفاع درخت بنه در منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی	رستم پور، مسلم	۶۶۲
۲	اثر کودهای زیستی بر روی جذب عناصر غذایی درختان فندق استان گیلان	علی لاهیجی، علی	۴۵۰
۳	اثرات جنگل درمانی بر سلامت جسم و روان	غربی، نازنین	۸۵۲
۴	اثرآتش‌سوزی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مناطق جنگلی (منطقه مورد مطالعه: جنگل مانشت، ایلام)	قیصری، مهسا	۸۷
۵	اثربخشی مالچ آلی بر بازیابی خواص شیمیایی خاک به دنبال تراکم ناشی از عملیات چوبکشی در جنگل‌های خیرود	جورغلامی، مقداد	۲۸۰
۶	ارائه مدل رگرسیونی برآورد وزن تنه درخت صنوبر دلتوئیدس در غرب استان گیلان	پور رجبعلی، سینا	۴۸۴
۷	ارتباط بین تغییر اقلیم و خشکیدگی درختان جنگلی	عسکری، یوسف	۲۹
۸	ارزیابی خشکسالی مبتنی بر سنجش از دور با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در جنگل‌های هیرکانی ایران	بیگی حیدرلو، هادی	۳۲۹
۹	ارزیابی روند ترمیم مشخصه‌های میکروبی خاک مسیرهای چوبکشی در شدت‌های متفاوت فشردگی در پاسخ به کاشت توسکای قشلاقی	جورغلامی، مقداد	۲۹۳
۱۰	ارزیابی شرایط تخریب و زوال جاده جنگلی طرح جنگلداری کلاردشت در دوره توقف بهره‌برداری جنگل	پویا، هانیه	۹۶۲
۱۱	آشکارسازی تغییرات جنگل شهرستان جوانرود با استفاده از تصاویر ماهواره لندست	عزیزی، زینب	۵۹۵
۱۲	آمایش تنوع فنوتیپی میوه درخت زالزالک در بیشه زارهای زالزالک خیز منطقه حفاظت شده سهند با استفاده از فناوری نوین رنگ‌سنجی دیجیتالی با بکاربری مدل RGB	خواجه‌الدینی، سیدمحمدعلی	۶۰۳
۱۳	آنالیز رگرسیون بین شوری خاک و درصد ماده آلی در برخی از رویشگاه‌های جنگلی استان خراسان جنوبی	رستم پور، مسلم	۶۷۲
۱۴	آیا اجرای مدیریت مبتنی بر شیوه تک‌گزینی منجر به کاهش تنوع درختی و علفی و تغییرات در ویژگیهای خاک می‌شود؟	اسحاقی راد، جواد	۶۴۵
۱۵	بررسی اثر حفاظت بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و زادآوری درختان در راشستان‌های غرب استان گیلان، مطالعه موردی: جنگل‌های سری ۲ ناو اسالم	صالحی، علی	۴۲۲
۱۶	بررسی اثر گونه‌های اوری و لور بر ویژگی‌های فیزیکی ، شیمیایی و زیستی خاک در ارسباران	تیموری، مریم	۱۱۹
۱۷	بررسی اجمالی توده دست‌کاشت کاج تدا در استان گیلان مطالعه موردی: دانشکده منابع طبیعی گیلان- صومعه‌سرا	قدیمی شیجانی، هانیه	۹۲۲
۱۸	بررسی احیای جنگل در اتراقگاه‌های تخلیه شده حوضه آبخیز ۱۲ شمال کشور پس از خروج دام	محمد قلی‌پور شالمائی، آرمین	۱۱۱۰
۱۹	بررسی ارتباط بین فنولوژی با رویش شاخه و نهال در درختان بلوط ایرانی	فرجام فر، علیرضا	۶۲۳
۲۰	بررسی ارتباط بین مدیریت پایدار جنگل‌ها، طراحی منظر و تأثیرات اقتصادی آن بر جوامع محلی	طاهری، محمدرضا	۱۰۵۹
۲۱	بررسی امکان توسعه زنجیره ارزش نهالستان در حوضه آبخیز شفارود	حامدی قاضی، پیمان	۷۵۵

۲۲	بررسی اهمیت و نقش درختان کهن‌سال و دیرزیست در اکوسیستم‌های طبیعی و جنگلی	ویسی، زهرا	۲۳۶
۲۳	بررسی پارامترهای رویشی دو گونه توت و صنوبرکاشت شده در منطقه پرور سمنان	سعادت پاک، هاجر	۱۰۲۳
۲۴	بررسی پتانسیل دارویی درخت لرگ در شمال کشور	پورمهدی نودهی، آتنا	۹۸۶
۲۵	بررسی تاثیر بازدارندگی قوانین و مقررات داخلی کشورها در مبارزه با تخریب جنگلها و قاچاق چوب	بابائی احمدآباد، علی	۱۴۸
۲۶	بررسی تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی: تهدیدی برای تنوع زیستی و سلامت خاک	اعتمادی، نسرین	۵۵۶
۲۷	بررسی ترکیب فلورستیک و تنوع پوشش گیاهی توده‌های شاخه و دانه‌زاد بلوط	هناره، جلال	۱
۲۸	بررسی تغییرات رشد و زنده‌مانی نهال‌های زبان گنجشک و افراپلت در گرادیان ارتفاع از سطح دریای جنگل شصت کلاته گرگان در سال اول بعد از کاشت	علی‌عرب، علیرضا	۳۴۱
۲۹	بررسی تغییرات کربن آلی خاک در روشنه‌ها و تاج پوشش جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت نشده راش شرقی (مطالعه موردی: حاجیکلا- تیرانکلی، ساری)	فرجی، فاطمه	۲۱۱
۳۰	بررسی تنوع زادآوری گونه‌های درختی در روشنه‌های تاج‌پوشش راشستان‌های هیرکانی مرکزی	زال نژاد، حامد	۱۸۸
۳۱	بررسی تنوع کارکردی مناطق جنگل کاری شده توسکای قشلاقی در شبه‌جزیره میانکاله	کریمی، محمد	۹۷۵
۳۲	بررسی جمعیت، پراکندگی و تعارض پستانداران با انسان در بوم‌سازگان جنگل‌های هیرکانی با رویکرد بوم‌شناختی	جوانمیری‌پور، محسن	۵۱۹
۳۳	بررسی خصوصیات کمی و کیفی بلندمازو در جنگل‌کاری‌های شاندرمن گیلان	نوروزی وزمتر، اکبر	۹۳۶
۳۴	بررسی خصوصیات کمی و کیفی توسکای ییلاقی در جنگل‌کاری‌های شاندرمن گیلان	نوروزی وزمتر، اکبر	۹۴۴
۳۵	بررسی دیدگاه متخصصین در خصوص عوامل کلیدی توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران	حجاریان، مرضیه	۶۳۷
۳۶	بررسی راهکارهای مناسب برای کاهش تلفات جانوران در تصادفات جاده ای	بابائی احمدآباد، علی	۱۵۹
۳۷	بررسی روابط فیلوژنتیکی و تعیین نواحی حفاظت شده ژن و پروتئین DREB در ۹ گونه گیاهی با استفاده از نرم‌افزارهای بیوانفورماتیکی	پادیاب، سکینه	۸۱۰
۳۸	بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و ارزش بازاری جنگلکاری‌های مناطق بیابانی	قاسمی آریان، یاسر	۱۰۴۱
۳۹	بررسی روند تغییرات تراکم بادامشک در طول گرادیان ارتفاعی منطقه حفاظت شده شاسکوه خراسان جنوبی	رستم پور، مسلم	۶۸۳
۴۰	بررسی شادابی و تغییرات کیفی تاج‌پوشش درختان بلوط در منطقه گاران طی یک دوره چهار ساله	رشیدی، فرحناز	۴۶۹
۴۱	بررسی عوامل مؤثر بر طرح‌های جنگلکاری در سردشت با به‌کارگیری تحلیل عاملی اکتشافی	صالحی، پریناز	۸۹۰
۴۲	بررسی کارایی شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در برآورد حجم صنوبر در غرب گیلان (مطالعه موردی: حوزه شفارود)	همتی، وحید	۴۹۸
۴۳	بررسی مقاومت کششی ریشه برخی گونه‌های درختی رایج حاشیه جاده‌ها و رودخانه‌های جنگلی	غلامی، زهره	۴۹
۴۴	بررسی نقش جوامع محلی در ارتقای خدمات اکوسیستمی جنگل از طریق شیوه‌های پایدار	طاهری، حمیده	۸۵۷

۴۵	بررسی نیازهای اکولوژیک گونه گون گوسفندی در منطقه جنگلی وزگ یاسوج	عسکری، یوسف	۱۸
۴۶	بررسی وضعیت زادآوری طبیعی گونه بنه در چهار ذخیره‌گاه موجود در شهرستان میرآباد استان آذربایجان غربی	پاتو، مجید	۱۲۹
۴۷	بیماری‌های درختان بلوط در جنگل‌های ایران	صدروی، مهدی	۳۷۴
۴۸	پایش سه ساله گونه بادام کوهی در پارک ملی خجیر	روانبخش، هومن	۱۲
۴۹	پراکنش و تنوع گونه‌های قارچ‌های چوب‌زی ماکرو در جنگلهای هیرکانی	صلاحی، توحید	۱۱۳۹
۵۰	پهنه‌بندی احتمال وقوع مخاطره آتش‌سوزی در استان البرز	پورابراهیم، شراره	۱۱۷۸
۵۱	پهنه‌بندی مکانی خطر آتش‌سوزی جنگل با کاربرد روش نسبت فراوانی مبتنی بر GIS در زاگرس میانی	مرادی، سهراب	۴۳۰
۵۲	پیشنهاد شیوه پرورش جنگل پایای هیرکانی به منظور حفاظت و بهره مندی از کارکردهای چندگانه جنگلهای هیرکانی	سفیدی، کیومرث	۱۰۰۴
۵۳	تاثیر ارتفاع بر پارامترهای خاک منطقه اکوتون چهاردانگه ساری	برهانیان، راحله	۷۹۱
۵۴	تأثیر تاج پوشش بر روی خصوصیات آنزیمی و رطوبت خاک در جنگل‌های دست کاشت افرا و زبان‌گنجشک با تصویر ماهواره لندست ۸ (مطالعه موردی: منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر)	میرصفا، سیده مرضیه	۸۹۹
۵۵	تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی و طغیان آفات گیاهی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی	اسحاقی، پریسا	۷۲۲
۵۶	تاثیر جنگلکاری افرا پلت و توسکای ییلاقی برروی آنزیم‌های اسیدفسفاتاز، آلکالین فسفاتاز و اوره‌آز خاک (مطالعه موردی: منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر)	پورحسن، خیراله	۹۱۲
۵۷	تأثیر جنگلکاری بر ترسیب کربن از جهات مختلف	جباری، شیدا	۷۰۳
۵۸	تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر الگوی پراکنش و آمیختگی جنگل‌های بلوط: زاگرس میانی	لرستانی، فرناز	۱۰۱۴
۵۹	تاثیر گونه درختی بر شاخص‌های کیفیت خاک (مطالعه موردی: پارک ملی خجیر)	تیموری، مریم	۱۰۷
۶۰	تأثیر محلول‌پاشی با Bacillus thuringiensis بر جمعیت لاروهای پروانه جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های بلوط منطقه قبرحسین (پیرانشهر)	غزنوی، بهزاد	۳۵۵
۶۱	تأثیر موقعیت شیب بر سطح بازیابی خصوصیات شیمیایی و زی‌توده ریشه خاک‌های فشرده در مسیرهای چوبکشی (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)	جورغلامی، مقداد	۳۰۴
۶۲	تحلیل پارادایم نوین محیط‌زیستی و تمایل به پرداخت شهروندان برای خدمات اکوسیستم جنگل (مطالعه موردی: شهرستان ساری)	حسینی، ساره	۷۰
۶۳	تحلیل تغییرات پوشش جنگلی ناشی از اقدامات مدیریتی مختلف در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران	بروکانلو، سیما	۳۱۸
۶۴	تحلیل ساختار گونه‌ای و تاج‌پوشش درختان شاخه‌زاد و تک‌تنه در جنگل‌های دوله‌ناو زاگرس شمالی	رشیدی، فرحناز	۴۵۹
۶۵	تحلیل مقایسه‌ای شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در تپه‌های شنی اکوسیستم ساحلی میانکاله	کریمی، محمد	۹۸۰
۶۶	تحلیل مکانی پراکنش قطع غیرقانونی درختان در مناطق تحت حفاظت اداره کل محیط‌زیست و اداره کل منابع طبیعی استان گلستان	موسوی نژاد، سید احمد	۷۳۰
۶۷	تحول دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی برای ایجاد جنگل‌های آمیخته	جوانمیری‌پور،	۵۴۰

		محسن	
۶۸	تعیین سهم تخریب جنگل‌های دست‌کاشت در تشدید گردوغبار شهرستان سرخس	قاسمی آریان، یاسر	۱۰۵۱
۶۹	تعیین کارکردها و شاخص‌های پایداری جنگل دست‌کاشت سرو سیمین دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران	دهان‌زاده ابرقویی، صابر	۳۶۵
۷۰	تعیین میزان ترسیب کربن به‌عنوان یکی از خدمات اکوسیستم در کاربری‌های مختلف اراضی استان گیلان	عابدی، طوبی	۹۶
۷۱	تغییرات برخی صفات اکوفیزیولوژیک در نهالهای زالزالک سیاه تحت تنش خشکی	الیاسی، سید پدرام	۴۷۶
۷۲	تغییرات شاخص های چیرگی و آمیختگی در توده‌های با سابقه مدیریتی مختلف در جنگل‌های شمال ایران	اشرافی، علی	۹۹۳
۷۳	چارچوب اصلاح قانون جامع جنگل ایران (مطالعه تطبیقی حقوق جنگل ایران، فرانسه، ترکیه و آفریقای جنوبی)	افرند سرخنی، حمیدرضا	۱۰۹۱
۷۴	درآمدی بر جنگل‌بانی و جنگل‌داری در دوران معاصر	جباری ارفعی، شاهرخ	۷۷۶
۷۵	دیدگاه مأمورین یگان حفاظت درباره قاچاق چوب (مطالعه موردی: واحد منابع طبیعی رستم‌آباد، گیلان)	دلیری، فریبرز	۱۰۶۶
۷۶	رابطه بین قطر تاج و قطر برابرسینه درختان بلوط ایرانی در منطقه تنگ سولک بهمئی، استان کهگیلویه و بویراحمد	بصیری، رضا	۵۶۸
۷۷	راهبردها و تاکتیک‌های طرح ملی- مردمی کاشت یک میلیارد درخت در استان کهگیلویه و بویراحمد	صالحی، علیرضا	۴۰۶
۷۸	روش آبیاری بهینه برای توسعه پایدار زراعت چوب صنوبر در ایران	حسین‌زاده، امید	۸۷۲
۷۹	رویکردی انتقادی به سیاست جنایی قانونگذار و رویه قضایی ایران در قبال جرائم علیه اراضی ملی در پرتو جرم‌شناسی سبز	نظری، مهشید	۱۹۷
۸۰	شبیه‌سازی ذخیره کربن آلی خاک در بوم سازگان‌های جنگلی	اسدیان، مریم	۸۴۳
۸۱	شناخت فواید و مضرات توسعه فضای سبز شهری به‌وسیله کاشت درختان کنوکارپوس در مناطق دارای اقلیم گرم و خشک جنوب ایران	امیری، محمدجواد	۹۵۱
۸۲	شناسایی شاخص‌های اثرگذار بر آتش‌سوزی جنگلی در استان کردستان	بستانی، عبدالماجد	۱۱۵۰
۸۳	شناسایی و تهیه نقشه مناطق آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره لندست ۹	زیرک‌پور ناوی، سجاد	۱۱۲۳
۸۴	شناسایی، پهنه‌بندی و کنترل بیماری‌های قارچی و داروش در جنگل‌های پارک ملی گلستان	کاوسی، محمدرضا	۳۸۱
۸۵	صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مرتبط با خشکی در نهال‌های گردو	طاهری، آیدا	۵۸۹
۸۶	ضرورت آموزش به موقع و تاثیرگذار در زمینه اهمیت و حفظ منابع طبیعی	خانعلیزاده، آمنه	۲۷۵
۸۷	ضرورت تقویت قوانین حفاظت از اراضی جنگلی با زیر اشکوب کشاورزی در حوزه زاگرس: هم‌راستایی با توسعه اقتصادی-اجتماعی و مکانیزاسیون کشاورزی	صالحی، علیرضا	۴۱۱
۸۸	عناصر غذایی تاج‌بارش سوزنی‌برگان و پهن‌برگان بومی در ناحیه رویشی هیرکانی متفاوت است	مصطفی‌نژاد نشلی، کیمیا	۱۱۸۹
۸۹	عوامل حقوقی – قانونی معضل قاچاق چوب از نظر قاچاقچیان غرب مازندران	ایزک عبداللهی،	۱۰۸۱

		حسن	
۹۰	عوامل موثر بر مدیریت حریق در جنگلهای هیرکانی (مطالعه موردی: استان گیلان)	ابراهیم‌پرور، رضا	۷۹۶
۹۱	فناوری‌های هوش مصنوعی و حفاظت از حشرات جنگل	امینی، سودابه	۲۵۸
۹۲	کارایی عملکرد سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری و قوه قضائیه در مقابله با قاچاق چوب	شعبانی‌نژاد، مرتضی	۹۳۰
۹۳	کاربرد سنجش‌ازدور در پایش کشت گیاه خشخاش در مناطق جنگلی	نقوی، حامد	۷۱۴
۹۴	گونه‌های مناسب برای توسعه پایدار زراعت چوب در استان آذربایجان غربی	حسین‌زاده، امید	۸۸۱
۹۵	محتوای آبی تاج پوشش و سطح برگ در جهات مختلف جغرافیایی	امینی، سوران	۵۸۳
۹۶	مدل‌سازی مکانی ریسک احتراق آتش‌سوزی‌ها در استان گیلان	جهدی، رقیه	۸۱۷
۹۷	مدیریت آبیاری در مزارع صنوبر	احمدلو، فاطمه	۲۲۰
۹۸	مروری بر اثر گرادیان ارتفاعی بر تنوع پوششی گیاهان	نظری، چیاکو	۶۰
۹۹	مروری بر سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در جنگل	موسوی میرکلا، سید رستم	۷۴۹
۱۰۰	مروری بر شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار (LSTM) و کاربردهای آن در علوم جنگل و محیط‌زیست	رضایی، حانیه	۱۱۶۰
۱۰۱	مروری بر ششمین دوره آماربرداری سراسری جنگل‌های هیرکانی (سال ۱۴۰۲)	وفایی، ساسان	۱۷۰
۱۰۲	مطالعه پوشش گیاهی منطقه لغزشی کم عمق تثبیت شده، بخش چهار طرح جنگلداری ظالم‌رود	بابائی احمدآباد، علی	۱۳۸
۱۰۳	مطالعه فلورستیک، شکل زیستی و کورولوژی گونه‌های گیاهی چوبی در دامنه ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا در جنگل‌های بلوط زاگرس شمالی، شهرستان بانه، استان کردستان	صالح‌زاده، عثمان	۷۶۶
۱۰۴	معرفی اصول بوم‌شناسی آتش‌سوزی جنگل	جهدی، رقیه	۸۲۹
۱۰۵	معرفی کاربرد دستگاه لیزری لایکا مدل D810 در اندازه‌گیری قطر درختان صنوبر در ارتفاعات بالای تنه به‌صورت سرپا	اخوان، رضا	۲۵۰
۱۰۶	معرفی مهمترین فاکتورهای تاج پوشش گونه پده در توده‌های خالص طبیعی مارون بهبهان استان خوزستان	بصیری، رضا	۵۷۵
۱۰۷	مقایسه پاسخ بیوشیمیایی گونه پده و هیبرید رقم مفید تحت تنش شوری	میری، هاشم	۷۴۱
۱۰۸	موانع توسعه گردشگری طبیعت در منطقه دالامپر (استان آذربایجان غربی)	حجاریان، مرضیه	۶۳۰
۱۰۹	نقش تغییرات اقلیمی و فعالیت انسان بر پویایی جنگل در اواخر هولوسن: یک رکورد گرده‌ای از منطقه غرب هیرکانی	نورمحمد علیائی، فائزه	۳۹
۱۱۰	نقش سوسک‌های پوستخوار در انتقال بیمارگرهای قارچی در جنگل	علیزاده، مهرداد	۲۶۸
۱۱۱	نقش مدل‌های هوش مصنوعی در شناسایی و پیش‌بینی تغییرات اکوسیستم جنگل‌های شمشاد شمال ایران	قویدل، مرضیه	۱۰۳۰
۱۱۲	هوش مصنوعی: کلید مدیریت مؤثر جنگل‌ها و حفظ تنوع زیستی	محمودی، شیرین	۳۹۶
۱۱۳	وضعیت کمی جست‌گروه‌ها در توده‌های جنگلی ارسباران	استادهاشمی، راهله	۶۹۱

فهرست نویسندگان و مقالات

ردیف	نویسنده اول	عنوان مقاله	صفحه
۱	هناره، جلال	بررسی ترکیب فلورستیک و تنوع پوشش گیاهی توده‌های شاخه و دانه‌زاد بلوط	۱
۲	روانبخش، هومن	پایش سه ساله گونه بادام کوهی در پارک ملی خجیر	۱۲
۳	عسکری، یوسف	بررسی نیازهای اکولوژیک گونه گون گوسفندی در منطقه جنگلی وزگ یاسوج	۱۸
۴	عسکری، یوسف	ارتباط بین تغییر اقلیم و خشکیدگی درختان جنگلی	۲۹
۵	نورمحمد علیائی، فائزه	نقش تغییرات اقلیمی و فعالیت انسان بر پویایی جنگل در اواخر هولوسن: یک رکورد گرده‌ای از منطقه غرب هیرکانی	۳۹
۶	غلامی، زهره	بررسی مقاومت کششی ریشه برخی گونه‌های درختی رایج حاشیه جاده‌ها و رودخانه‌های جنگلی	۴۹
۷	نظری، چیاکو	مروری بر اثر گرادیان ارتفاعی بر تنوع پوششی گیاهان	۶۰
۸	حسینی، ساره	تحلیل پارادایم نوین محیط‌زیستی و تمایل به پرداخت شهروندان برای خدمات اکوسیستم جنگل (مطالعه موردی: شهرستان ساری)	۷۰
۹	قیصری، مهسا	اثرآتش‌سوزی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مناطق جنگلی (منطقه مورد مطالعه: جنگل مانشت، ایلام)	۸۷
۱۰	عابدی، طوبی	تعیین میزان ترسیب کربن به‌عنوان یکی از خدمات اکوسیستم در کاربری‌های مختلف اراضی استان گیلان	۹۶
۱۱	تیموری، مریم	تاثیر گونه درختی بر شاخص‌های کیفیت خاک (مطالعه موردی: پارک ملی خجیر)	۱۰۷
۱۲	تیموری، مریم	بررسی اثر گونه‌های اوری و لور بر ویژگی‌های فیزیکی ، شیمیایی و زیستی خاک در ارسباران	۱۱۹
۱۳	پاتو، مجید	بررسی وضعیت زادآوری طبیعی گونه بنه در چهار ذخیره‌گاه موجود در شهرستان میرآباد استان آذربایجان غربی	۱۲۹
۱۴	بابائی احمدآباد، علی	مطالعه پوشش گیاهی منطقه لغزشی کم عمق تثبیت شده، بخش چهار طرح جنگلداری ظالم‌رود	۱۳۸
۱۵	بابائی احمدآباد، علی	بررسی تاثیر بازدارندگی قوانین و مقررات داخلی کشورها در مبارزه با تخریب جنگلها و قاچاق چوب	۱۴۸
۱۶	بابائی احمدآباد، علی	بررسی راهکارهای مناسب برای کاهش تلفات جانوران در تصادفات جاده ای	۱۵۹
۱۷	وفایی، ساسان	مروری بر ششمین دوره آماربرداری سراسری جنگل‌های هیرکانی (سال ۱۴۰۲)	۱۷۰
۱۸	زال نژاد، حامد	بررسی تنوع زادآوری گونه‌های درختی در روشنه‌های تاج‌پوشش راشستان‌های هیرکانی مرکزی	۱۸۸
۱۹	نظری، مهشید	رویکردی انتقادی به سیاست جنایی قانونگذار و رویه قضایی ایران در قبال جرائم علیه اراضی ملی در پرتو جرم‌شناسی سبز	۱۹۷
۲۰	فرجی، فاطمه	بررسی تغییرات کربن آلی خاک در روشنه‌ها و تاج پوشش جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت نشده راش شرقی (مطالعه موردی: حاجیکلا- تیرانکلی، ساری)	۲۱۱
۲۱	احمدلو، فاطمه	مدیریت آبیاری در مزارع صنوبر	۲۲۰
۲۲	ویسی، زهرا	بررسی اهمیت و نقش درختان کهن‌سال و دیرزیست در اکوسیستم‌های طبیعی و جنگلی	۲۳۶

۲۳	اخوان، رضا	معرفی کاربرد دستگاه لیزری لایکا مدل D810 در اندازه‌گیری قطر درختان صنوبر در ارتفاعات بالای تنه به‌صورت سرپا	۲۵۰
۲۴	امینی، سودابه	فناوری‌های هوش مصنوعی و حفاظت از حشرات جنگل	۲۵۸
۲۵	علیزاده، مهرداد	نقش سوسک‌های پوستخوار در انتقال بیمارگرهای قارچی در جنگل	۲۶۸
۲۶	خانعلیزاده، آمنه	ضرورت آموزش به موقع و تاثیرگذار در زمینه اهمیت و حفظ منابع طبیعی	۲۷۵
۲۷	جورغلامی، مقداد	اثربخشی مالچ آلی بر بازیابی خواص شیمیایی خاک به دنبال تراکم ناشی از عملیات چوبکشی در جنگل‌های خیرود	۲۸۰
۲۸	جورغلامی، مقداد	ارزیابی روند ترمیم مشخصه‌های میکروبی خاک مسیرهای چوبکشی در شدت‌های متفاوت فشردگی در پاسخ به کاشت توسکای قشلاقی	۲۹۳
۲۹	جورغلامی، مقداد	تأثیر موقعیت شیب بر سطح بازیابی خصوصیات شیمیایی و زی‌توده ریشه خاک‌های فشرده در مسیرهای چوبکشی (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)	۳۰۴
۳۰	بروکانلو، سیما	تحلیل تغییرات پوشش جنگلی ناشی از اقدامات مدیریتی مختلف در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران	۳۱۸
۳۱	بیگی حیدرلو، هادی	ارزیابی خشکسالی مبتنی بر سنجش از دور با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در جنگل‌های هیرکانی ایران	۳۲۹
۳۲	علی‌عرب، علیرضا	بررسی تغییرات رشد و زنده‌مانی نهال‌های زبان گنجشک و افراپلت در گرادیان ارتفاع از سطح دریای جنگل شصت کلاته گرگان در سال اول بعد از کاشت	۳۴۱
۳۳	غزنوی، بهزاد	تأثیر محلول‌پاشی با Bacillus thuringiensis بر جمعیت لاروهای پروانه جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های بلوط منطقه قبرحسین (پیرانشهر)	۳۵۵
۳۴	دهان‌زاده ابرقویی، صابر	تعیین کارکردها و شاخص‌های پایداری جنگل دست‌کاشت سرو سیمین دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران	۳۶۵
۳۵	صدروی، مهدی	بیماری‌های درختان بلوط در جنگل‌های ایران	۳۷۴
۳۶	کاوسی، محمدرضا	شناسایی، پهنه‌بندی و کنترل بیماری‌های قارچی و داروش در جنگل‌های پارک ملی گلستان	۳۸۱
۳۷	محمودی، شیرین	هوش مصنوعی: کلید مدیریت مؤثر جنگل‌ها و حفظ تنوع زیستی	۳۹۶
۳۸	صالحی، علیرضا	راهبردها و تاکتیک‌های طرح ملی- مردمی کاشت یک میلیارد درخت در استان کهگیلویه و بویراحمد	۴۰۶
۳۹	صالحی، علیرضا	ضرورت تقویت قوانین حفاظت از اراضی جنگلی با زیر اشکوب کشاورزی در حوزه زاگرس: هم‌راستایی با توسعه اقتصادی-اجتماعی و مکانیزاسیون کشاورزی	۴۱۱
۴۰	صالحی، علی	بررسی اثر حفاظت بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و زادآوری درختان در راشستان‌های غرب استان گیلان، مطالعه موردی: جنگل‌های سری ۲ ناو اسالم	۴۲۲
۴۱	مرادی، سهراب	پهنه‌بندی مکانی خطر آتش‌سوزی جنگل با کاربرد روش نسبت فراوانی مبتنی بر GIS در زاگرس میانی	۴۳۰
۴۲	علی لاهیجی، علی	اثر کودهای زیستی بر روی جذب عناصر عناصر غذایی درختان فندق استان گیلان	۴۵۰
۴۳	رشیدی، فرحناز	تحلیل ساختار گونه‌ای و تاج‌پوشش درختان شاخه‌زاد و تک‌تنه در جنگل‌های دوله‌ناو زاگرس شمالی	۴۵۹
۴۴	رشیدی، فرحناز	بررسی شادابی و تغییرات کیفی تاج‌پوشش درختان بلوط در منطقه گاران طی یک دوره چهار	۴۶۹

		ساله	
۴۵	الیاسی، سید پدرام	تغییرات برخی صفات اکوفیزیولوژیک در نهالهای زالزالک سیاه تحت تنش خشکی	۴۷۶
۴۶	پور رجبعلی، سینا	ارائه مدل رگرسیونی برآورد وزن تنه درخت صنوبر دلتوئیدس در غرب استان گیلان	۴۸۴
۴۷	همتی، وحید	بررسی کارایی شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در برآورد حجم صنوبر در غرب گیلان (مطالعه موردی: حوزه شفارود)	۴۹۸
۴۸	جوانمیری‌پور، محسن	بررسی جمعیت، پراکندگی و تعارض پستانداران با انسان در بوم‌سازگان جنگل‌های هیرکانی با رویکرد بوم‌شناختی	۵۱۹
۴۹	جوانمیری‌پور، محسن	تحول دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی برای ایجاد جنگل‌های آمیخته	۵۴۰
۵۰	اعتمادی، نسرین	بررسی تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی: تهدیدی برای تنوع زیستی و سلامت خاک	۵۵۶
۵۱	بصیری، رضا	رابطه بین قطر تاج و قطر برابرسینه درختان بلوط ایرانی در منطقه تنگ سولک بهمئی، استان کهگیلویه و بویراحمد	۵۶۸
۵۲	بصیری، رضا	معرفی مهمترین فاکتورهای تاج پوشش گونه پده در توده‌های خالص طبیعی مارون بهبهان استان خوزستان	۵۷۵
۵۳	امینی، سوران	محتوای آبی تاج پوشش و سطح برگ در جهات مختلف جغرافیایی	۵۸۳
۵۴	طاهری، آیدا	صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مرتبط با خشکی در نهال‌های گردو	۵۸۹
۵۵	عزیزی، زینب	آشکارسازی تغییرات جنگل شهرستان جوانرود با استفاده از تصاویر ماهواره لندست	۵۹۵
۵۶	خواجه الدینی، سیدمحمدعلی	آمایش تنوع فنوتیپی میوه درخت زالزالک در بیشه زارهای زالزالک خیز منطقه حفاظت شده سهند با استفاده از فناوری نوین رنگ‌سنجی دیجیتالی با بکاربری مدل RGB	۶۰۳
۵۷	فرجام فر، علیرضا	بررسی ارتباط بین فنولوژی با رویش شاخه و نهال در درختان بلوط ایرانی	۶۲۳
۵۸	حجاریان، مرضیه	موانع توسعه گردشگری طبیعت در منطقه دالامپر (استان آذربایجان غربی)	۶۳۰
۵۹	حجاریان، مرضیه	بررسی دیدگاه متخصصین در خصوص عوامل کلیدی توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران	۶۳۷
۶۰	اسحاقی راد، جواد	آیا اجرای مدیریت مبتنی بر شیوه تک‌گزینی منجر به کاهش تنوع درختی و علفی و تغییرات در ویژگیهای خاک می‌شود؟	۶۴۵
۶۱	رستم پور، مسلم	اثر جهت شیب بر تراکم و ارتفاع درخت بنه در منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی	۶۶۲
۶۲	رستم پور، مسلم	آنالیز رگرسیون بین شوری خاک و درصد ماده آلی در برخی از رویشگاه‌های جنگلی استان خراسان جنوبی	۶۷۲
۶۳	رستم پور، مسلم	بررسی روند تغییرات تراکم بادامشک در طول گرادیان ارتفاعی منطقه حفاظت شده شاسکوه خراسان جنوبی	۶۸۳
۶۴	استادهاشمی، راهله	وضعیت کمی جست‌گروه‌ها در توده‌های جنگلی ارسباران	۶۹۱
۶۵	جباری، شیدا	تأثیر جنگلکاری بر ترسیب کربن از جهات مختلف	۷۰۳
۶۶	نقوی، حامد	کاربرد سنجش‌ازدور در پایش کشت گیاه خشخاش در مناطق جنگلی	۷۱۴
۶۷	اسحاقی، پریسا	تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی و طغیان آفات گیاهی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی	۷۲۲
۶۸	موسوی نژاد، سید احمد	تحلیل مکانی پراکنش قطع غیرقانونی درختان در مناطق تحت حفاظت اداره کل محیط‌زیست و اداره کل منابع طبیعی استان گلستان	۷۳۰

۶۹	میری، هاشم	مقایسه پاسخ بیوشیمیایی گونه پده و هیبرید رقم مفید تحت تنش شوری	۷۴۱
۷۰	موسوی میرکلا، سید رستم	مروری بر سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در جنگل	۷۴۹
۷۱	حامدی قاضی، پیمان	بررسی امکان توسعه زنجیره ارزش نهالستان در حوضه آبخیز شفارود	۷۵۵
۷۲	صالح‌زاده، عثمان	مطالعه فلورستیک، شکل زیستی و کورولوژی گونه‌های گیاهی چوبی در دامنه ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا در جنگل‌های بلوط زاگرس شمالی، شهرستان بانه، استان کردستان	۷۶۶
۷۳	جباری ارفعی، شاهرخ	درآمدی بر جنگل‌بانی و جنگل‌داری در دوران معاصر	۷۷۶
۷۴	برهانیان، راحله	تاثیر ارتفاع بر پارامترهای خاک منطقه اکوتون چهاردانگه ساری	۷۹۱
۷۵	ابراهیم‌پرور، رضا	عوامل موثر بر مدیریت حریق در جنگلهای هیرکانی (مطالعه موردی: استان گیلان)	۷۹۶
۷۶	پادیاب، سکینه	بررسی روابط فیلوژنتیکی و تعیین نواحی حفاظت شده ژن و پروتئین DREB در ۹ گونه گیاهی با استفاده از نرم‌افزارهای بیوانفورماتیکی	۸۱۰
۷۷	جهدی، رقیه	مدل‌سازی مکانی ریسک احتراق آتش‌سوزی‌ها در استان گیلان	۸۱۷
۷۸	جهدی، رقیه	معرفی اصول بوم‌شناسی آتش‌سوزی جنگل	۸۲۹
۷۹	اسدیان، مریم	شبیه‌سازی ذخیره کربن آلی خاک در بوم سازگان‌های جنگلی	۸۴۳
۸۰	غربی، نازنین	اثرات جنگل درمانی بر سلامت جسم و روان	۸۵۲
۸۱	طاهری، حمیده	بررسی نقش جوامع محلی در ارتقای خدمات اکوسیستمی جنگل از طریق شیوه‌های پایدار	۸۵۷
۸۲	حسین‌زاده، امید	روش آبیاری بهینه برای توسعه پایدار زراعت چوب صنوبر در ایران	۸۷۲
۸۳	حسین‌زاده، امید	گونه‌های مناسب برای توسعه پایدار زراعت چوب در استان آذربایجان غربی	۸۸۱
۸۴	صالحی، پریناز	بررسی عوامل مؤثر بر طرح‌های جنگلکاری در سردشت با به‌کارگیری تحلیل عاملی اکتشافی	۸۹۰
۸۵	میرصفا، سیده مرضیه	تأثیر تاج پوشش بر روی خصوصیات آنزیمی و رطوبت خاک در جنگل‌های دست کاشت افرا و زبان‌گنجشک با تصویر ماهواره لندست ۸ (مطالعه موردی: منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر)	۸۹۹
۸۶	پورحسن، خیراله	تاثیر جنگلکاری افرا پلت و توسکای ییلاقی برروی آنزیم‌های اسیدفسفاتاز، آلکالین فسفاتاز و اوره‌آز خاک (مطالعه موردی: منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر)	۹۱۲
۸۷	قدیمی شیجانی، هانیه	بررسی اجمالی توده دست‌کاشت کاج تدا در استان گیلان مطالعه موردی: دانشکده منابع طبیعی گیلان- صومعه‌سرا	۹۲۲
۸۸	شعبانی‌نژاد، مرتضی	کارایی عملکرد سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری و قوه قضائیه در مقابله با قاچاق چوب	۹۳۰
۸۹	نوروزی وزمتر، اکبر	بررسی خصوصیات کمی و کیفی بلندمازو در جنگل‌کاری‌های شاندرمن گیلان	۹۳۶
۹۰	نوروزی وزمتر، اکبر	بررسی خصوصیات کمی و کیفی توسکای ییلاقی در جنگل‌کاری‌های شاندرمن گیلان	۹۴۴
۹۱	امیری، محمدجواد	شناخت فواید و مضرات توسعه فضای سبز شهری به‌وسیله کاشت درختان کنوکارپوس در مناطق دارای اقلیم گرم و خشک جنوب ایران	۹۵۱
۹۲	پویا، هانیه	ارزیابی شرایط تخریب و زوال جاده جنگلی طرح جنگلداری کلاردشت در دوره توقف بهره‌برداری جنگل	۹۶۲
۹۳	کریمی، محمد	بررسی تنوع کارکردی مناطق جنگل کاری شده توسکای قشلاقی در شبه‌جزیره میانکاله	۹۷۵
۹۴	کریمی، محمد	تحلیل مقایسه‌ای شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در تپه‌های شنی اکوسیستم ساحلی	۹۸۰

		میانکاله	
۹۵	پورمهدی نودهی، آتنا	بررسی پتانسیل دارویی درخت لرگ در شمال کشور	۹۸۶
۹۶	اشرافی، علی	تغییرات شاخص های چیرگی و آمیختگی در توده‌های با سابقه مدیریتی مختلف در جنگل‌های شمال ایران	۹۹۳
۹۷	سفیدی، کیومرث	پیشنهاد شیوه پرورش جنگل پایای هیرکانی به منظور حفاظت و بهره مندی از کارکردهای چندگانه جنگلهای هیرکانی	۱۰۰۴
۹۸	لرستانی، فرناز	تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر الگوی پراکنش و آمیختگی جنگل‌های بلوط: زاگرس میانی	۱۰۱۴
۹۹	سعادت پاک، هاجر	بررسی پارامترهای رویشی دو گونه توت و صنوبرکاشت شده در منطقه پرور سمنان	۱۰۲۳
۱۰۰	قویدل، مرضیه	نقش مدل‌های هوش مصنوعی در شناسایی و پیش‌بینی تغییرات اکوسیستم جنگل‌های شمشاد شمال ایران	۱۰۳۰
۱۰۱	قاسمی آریان، یاسر	بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و ارزش بازاری جنگلکاری‌های مناطق بیابانی	۱۰۴۱
۱۰۲	قاسمی آریان، یاسر	تعیین سهم تخریب جنگل‌های دست‌کاشت در تشدید گردوغبار شهرستان سرخس	۱۰۵۱
۱۰۳	طاهری، محمدرضا	بررسی ارتباط بین مدیریت پایدار جنگل‌ها، طراحی منظر و تأثیرات اقتصادی آن بر جوامع محلی	۱۰۵۹
۱۰۴	دلیری، فریبرز	دیدگاه مأمورین یگان حفاظت درباره قاچاق چوب (مطالعه موردی: واحد منابع طبیعی رستم‌آباد، گیلان)	۱۰۶۶
۱۰۵	ایزک عبداللهی، حسن	عوامل حقوقی – قانونی معضل قاچاق چوب از نظر قاچاقچیان غرب مازندران	۱۰۸۱
۱۰۶	افرند سرخنی، حمیدرضا	چارچوب اصلاح قانون جامع جنگل ایران (مطالعه تطبیقی حقوق جنگل ایران، فرانسه، ترکیه و آفریقای جنوبی)	۱۰۹۱
۱۰۷	محمد قلی‌پور شالمائی، آرمین	بررسی احیای جنگل در اتراقگاه‌های تخلیه شده حوضه آبخیز ۱۲ شمال کشور پس از خروج دام	۱۱۱۰
۱۰۸	زیرک‌پور ناوی، سجاد	شناسایی و تهیه نقشه مناطق آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره لندست ۹	۱۱۲۳
۱۰۹	صلاحی، توحید	پراکنش و تنوع گونه‌های قارچ‌های چوب‌زی ماکرو در جنگلهای هیرکانی	۱۱۳۹
۱۱۰	بستانی، عبدالماجد	شناسایی شاخص‌های اثرگذار بر آتش‌سوزی جنگلی در استان کردستان	۱۱۵۰
۱۱۱	رضایی، حانیه	مروری بر شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار (LSTM) و کاربردهای آن در علوم جنگل و محیط‌زیست	۱۱۶۰
۱۱۲	پورابراهیم، شراره	پهنه‌بندی احتمال وقوع مخاطره آتش‌سوزی در استان البرز	۱۱۷۸
۱۱۳	مصطفی‌نژاد نشلی، کیمیا	عناصر غذایی تاج‌بارش سوزنی‌برگان و پهن‌برگان بومی در ناحیه رویشی هیرکانی متفاوت است	۱۱۸۹

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی ترکیب فلورستیک و تنوع پوشش گیاهی توده‌های شاخه و دانه‌زاد بلوط (مطالعه موردی: جنگل‌های سردشت، استان آذربایجان غربی)

جلال هناره[1*]، هومن روانبخش[2]، مژگان لارتی[3] و مجید پاتو[1]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.
۲- استادیار پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۳- پژوهشگر، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

چکیده

محدوده زاگرس نزدیک به یک پنجم خاک کشور و نیز تمام یا بخشی از ۱۱ استان کشور را در بر می‌گیرد. در طول سالیان متمادی با تسلط و حضور بیش از حد جمعیت‌های انسانی، بخشی از ساختار اکوسیستم زاگرس تغییر بافته و این تغییرات پیوسته در طی قرن‌ها سبب شده است بخشی از گونه‌های گیاهی و جانوری کاهش و یا رو به انقراض بروند. این پژوهش با هدف مطالعه و سنجش پوشش گیاهی در یکی از شمالی‌ترین رویشگاه‌های بلوط در استان آذربایجان غربی انجام شد. بررسی ترکیب فلورستیک، پوشش و تنوع گونه‌های گیاهی همچنین ثبت داده‌های پایه برای برآورد وضعیت و تغییرات تنوع گونه‌ای در مقیاس قطعه‌نمونه‌های پایش در این پژوهش انجام شد. منطقه مورد مطالعه در شهرستان سردشت واقع شده و از سال ۱۳۹۴ به‌عنوان منطقه قرق تحت مدیریت اداره منابع طبیعی شهرستان سردشت قرار دارد. در این طرح برای برداشت پوشش درختی و درختچه‌ای از چهار قطعه‌نمونه ۱۰۰ مترمربعی و برای مطالعه پوشش کف از ریزقطعه نمونه‌های یک مترمربعی که در قطعه نمونه اصلی پراکنده‌اند، استفاده شد. در این پژوهش تیره‌های گندمیان (Poaceae)، نیام‌داران (Fabaceae) و کاسنیان (Asteraceae) به‌ترتیب بزرگترین تیره‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه بودند. سهم گیاهان یکساله (Therophyte) در این مطالعه ۶۴ درصد بود. در این مطالعه میانگین تعداد گونه در ریزقطعه-نمونه‌ها ۶/۹۵ گونه به دست آمد و متوسط شاخص تنوع شانون منطقه مورد مطالعه ۱/۵۰ محاسبه شد. نتایج تحقیق حاضر داده‌های مورد نیاز برای پایش پوشش گیاهی در پهنه جنگل‌های زاگرس را فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: زاگرس، تنوع گیاهی، پایش، شانون.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۶۶۲۳۲۵۰ ایمیل: jhenareh@gmail.com

مقدمه

تحقیقات زمین شناسی نشان داده است که پوشش گیاهی غرب ایران در منطقه زاگرس در۵۵۰۰ سال پیش از درمنه‌زار به جنگل‌های بلوط (*Quercus*) تبدیل شده است. محدوده زاگرس نزدیک به یک پنجم خاک کشور و نیز تمام یا بخشی از ۱۱ استان کشور را در بر می‌گیرد. جنگل‌های زاگرس با مساحتی حدود شش میلیون هکتار، حدود ۴۴ درصد از کل جنگل‌های ایران را به‌خود اختصاص داده‌اند (Sagheb Talebi et al., 2014). برخی محققان براساس پراکنش گونه‌های بلوط که درختان اصلی در جنگل‌های زاگرس می‌باشند، برای منطقه زاگرس دو بخش متمایز قائلند که عبارتند از زاگرس شمالی و زاگرس جنوبی (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲). این جنگل‌ها بیش از یک سوم از بارندگی سالانه کشور را در بر می‌گیرند و سرچشمه ۴۰ درصد رودخانه‌های کشور (با تولید ۵۰ میلیارد مترمکعب) هستند که آب فلات خشک مرکزی ایران را تأمین می‌کند (Henareh Khalyani et al., 2012).

امروزه تهدیدات فراوانی منابع جنگلی زاگرس را نشانه گرفته‌اند و تخریب بوم‌سازگان و تنزل فاحش تنوع زیستی را در این منطقه رقم زده‌اند. امروزه حوزه رویشی زاگرس در میان حوزه‌های پنج‌گانه رویشی جنگل در ایران به‌عنوان کانون بحران‌زای زیست‌محیطی شناخته شده و در مواجهه با روند فزاینده دخل و تصرف‌های بی‌رویه ناشی از نیازهای روزافزون بهره‌برداران، با تغییرات مهمی از نظر کمی و کیفی روبرو شده است. عواملی چون رشد جمعیت ساکنین محلی و عشایر کوچ‌رو و نیز افزایش نیازهای معیشتی آنها در شکل‌گیری چنین روندی تعیین کننده بوده است (فتاحی، ۱۳۷۳). در طول سالیان متمادی با تسلط و حضور بیش از حد جمعیت‌های انسانی، به‌عنوان مهمترین عامل تغییر دهنده، بخشی از ساختار اکوسیستم زاگرس تغییر بافته و این تغییرات پیوسته و ممتد در طی قرنها و به ویژه در سده اخیر بخشی از گونه‌های گیاهی و جانوری کاهش و یا رو به انقراض رفته‌اند. ادامه این روند خاک و منابع آب را هم تحت تاثیر قرار داده، به طوری که امروز با فرسایش، نشست، جابجایی، کاهش حاصلخیزی خاکها، کاهش منابع آبی و کاهش اثرات مثبت پوشش‌های گیاهی و منافع بهره‌برداران در سطح کشور مواجه شده است (فتاحی، ۱۳۷۹).

منطقه زاگرس بخاطر برخورداری از شرایط مساعد (آب و هوایی) تنوع جالبی در پوشش گیاهی دارد و جنگل‌های این منطقه تحت عنوان جنگل‌های نیمه‌خشک و از نظر کمی و کیفی عمده‌ترین منطقه جنگلی خارج از شمال کشور می‌باشد. شرایط اکولوژیکی مناطق و عوامل آن در جنوب استان آذربایجان غربی به نحوی بوده است که سطح وسیعی از مناطق جنوبی استان را مستعد ایجاد و توسعه جنگل نموده به نحوی که آثار جنگل که در سرتاسر منطقه مورد نظر به چشم می‌خورد نشانگر این واقعیت است. دخالت‌های ناآگاهانه انسان با توجه به روند رشد جمعیت و سایر عوامل دخیل در تخریب جنگل‌ها از نظر کمی و کیفی آنها را تحت تاثیر خود قرار داده، به‌طوری که هم از نظر سطح و هم از نظر موجودی سرپا دچار نقصان شده و وضعیت فعلی را بوجود آورده است.

تاکنون مطالعات قابل‌توجهی با موضوع پایش بلندمدت رویشگاه‌های زاگرس انجام نشده است. در معدود تلاش‌ها در این زمینه می‌توان به تحقیق بصیری و ایروانی (۱۳۸۸) اشاره کرد که با بررسی تغییرات پوشش گیاهی در قرق‌های آزمایشی در منطقه زاگرس مرکزی دریافتند که پس از ۱۹ سال، پوشش تاجی کل، پوشش لاشبرگ، تولید علوفه سالانه، تعداد و فراوانی نسبی گونه‌های گراس و لگوم و همچنین فراوانی نسبی گونه‌های خوشخوراک داخل قرق‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. حمزه و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعات فلوریستیکی و جامعه‌شناسی گیاهی جنگل‌های چهارزبر

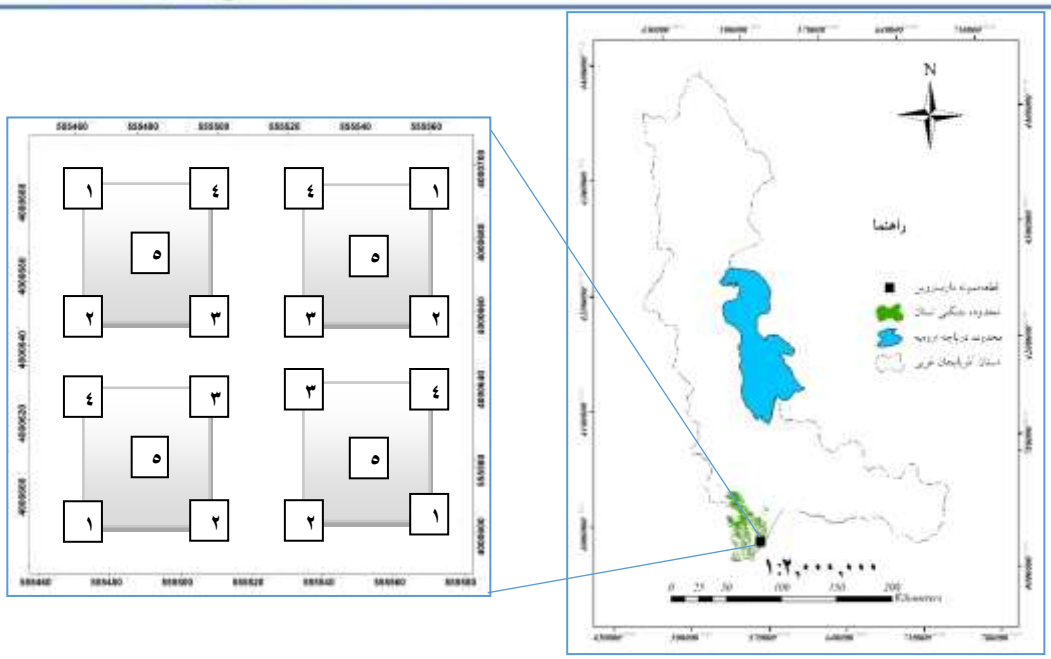
کرمانشاه، ضمن شناسایی ۱۶۱ گونه و واحدهای تحت گونه‌ای متعلق به ۱۲۴ جنس و ۴۰ تیره، جامعه گیاهی *Astragalo tortousi – Quercetum persicae* و دو زیر جامعه را معرفی کرده‌اند. در این منطقه تروفیت‌ها شکل زیستی غالب بوده و از لحاظ کوروتیپ، بیشترین گونه‌ها متعلق به ناحیه «ایران - تورانی» بوده است. قادرزاده و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه‌های گیاهی در زاگرس شمالی، با به‌کارگیری قطعات نمونه ۴۰۰ مترمربعی، جهت، درصد لاشبرگ، درصد تاج پوشش، نسبت C/N، ارتفاع از سطح دریا و بیرون‌زدگی سنگ مادری را مهمترین گرادیان‌های محیطی اثرگذار بر پراکنش گونه‌های گیاهی دانستند. دهشیری و همکاران (۱۳۹۸) با مطالعه فلورستیک منطقه اسلام‌آباد غرب در زاگرس مرکزی، حدود ۶۵ درصد فلور منطقه را متعلق به منطقه ایران و تورانی دانسته‌اند.

این پژوهش با هدف مطالعه و سنجش پوشش گیاهی در یکی از شمالی‌ترین رویشگاه‌های بلوط در استان آذربایجان غربی انجام شد. بررسی ترکیب فلورستیک، پوشش و تنوع گونه‌های گیاهی همچنین ثبت داده‌های پایه برای برآورد وضعیت و تغییرات تنوع گونه‌ای در مقیاس قطعه‌نمونه‌های پایش (برگرفته از ICP Forests, 2016) در این پژوهش انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

برای مطالعه پوشش گیاهی کف در توده‌های جنگلی زاگرسی جنگل در استان آذربایجان غربی یک قطعه‌نمونه یک هکتاری درنظر گرفته شد. منطقه مورد مطالعه در شهرستان سردشت (در ۱۰ کیلومتری جاده سردشت به بانه) واقع شده و از سال ۱۳۹۴ به عنوان منطقه قرق تحت مدیریت اداره منابع طبیعی شهرستان سردشت قرار دارد. در این طرح برای برداشت پوشش درختی و درختچه‌ای از چهار قطعه‌نمونه ۱۰۰ مترمربع و برای مطالعه پوشش کف از ریزقطعه نمونه‌های یک مترمربعی که در قطعه نمونه اصلی پراکنده اند، استفاده شد (شکل ۱). اطلاعات قطعه‌نمونه مورد بررسی در جدول ۱ آمده است.



شکل ۱- جانمایی منطقه مورد مطالعه و طرح نمونه‌برداری برای قطعه نمونه‌های متمرکز متشکل از ۴ قطعه نمونه ۱۰۰ متر مربعی در داخل یک قطعه نمونه یک هکتاری

جدول ۱- مشخصات قطعه‌نمونه بررسی پوشش گیاهی جنگل

قطعه‌نمونه	متوسط درصد شیب	جهت جغرافیایی غالب	ارتفاع از سطح دریا (متر)	تراکم در هکتار (پایه)	درصد تاج پوشش	مبداء
دارساروین (سردشت)	۵۰	شمال‌غربی	۱۴۰۰	۲۷۷	۳۰	دانه و شاخه‌زاد

روش پژوهش

پژوهش حاضر به پایش پوشش گیاهی و ارزیابی تنوع و ترکیب گونه‌های گیاهی می پردازد که مبتنی بر سایت‌ها و قطعه‌نمونه‌های پایش است (ICP Forests, 2016). در قطعه نمونه‌های بزرگ مقیاس و مطالعات متمرکز پایش، مطالعات پوشش گیاهی زمینی در زیرقطعه‌نمونه‌ها (Subplots) انجام می‌شود (Ferretti and Fischer, 2013). برای مطالعات پوشش گیاهی در قطعه نمونه‌های دائم، در ابتدا در هر قطعه نمونه یک هکتاری، چهار قطعه‌نمونه برای پوشش درختی و درختچه‌ای و در داخل هرکدام ریزقطعه نمونه‌هایی برای پوشش کف تعریف و تعیین شد. از آنجاکه موقعیت هر قطعه‌نمونه پوشش باید در قطعه‌نمونه اصلی دقیقاً مشخص شود (Woodward et al., 2009) تا در مراجعات بعدی دقیقا قابل بازیابی باشد، ضمن ثبت مختصات نقاط، نشانه گذاری عوارض موجود مثل سنگ یا درختان با رنگ‌آمیزی انجام شد و از محل هر قطعه‌نمونه و ریزقطعه‌نمونه تصاویری که برای بازیابی قابل استفاده باشند، تهیه شد.

در این پژوهش کلیه گونه‌های گیاهی موجود در ریز قطعه‌نمونه‌ها براساس ویژگی‌هایی از جمله فراوانی- چیرگی (Braun-Blanquet, 1951)، تراکم (تعداد در قطعه نمونه)، شکل زیستی و مرحله فنولوژی در زمان مطالعه ثبت شدند. پس از جمع‌آوری میدانی داده‌ها و شناسایی گونه‌ها در فلور ایران (Assadi, M., 1988–2019) و Flora Iranica (Rechinger, 1963 – 2005)، فهرست فلور منطقه به همراه پراکنش تیره‌های گیاهی و شکل‌های زیستی در منطقه و فنولوژی گونه‌ها در زمان برداشت به صورت توصیفی ارائه شدند. شاخص‌های تنوع زیستی (غنا: منهنیک و مارگالف، یکنواختی: پیلو و شلدون، تنوع: شانون- وینر و سیمپسون) بر مبنای تراکم گونه‌های گیاهی در قطعات نمونه محاسبه شدند. طبقه‌بندی با استفاده از TWINSPAN انجام شد و براساس مفهوم وفاداری (Fidelity) (Chytry et al., 2002)، گونه‌های تشخیصی (Diagnostic) برای هر یک از طبقات تعیین شدند. با توجه به شرایط اقلیمی و رویشی منطقه زاگرس برداشت قطعات‌نمونه پوشش گیاهی، در اوایل خرداد انجام شد.

یافته‌ها

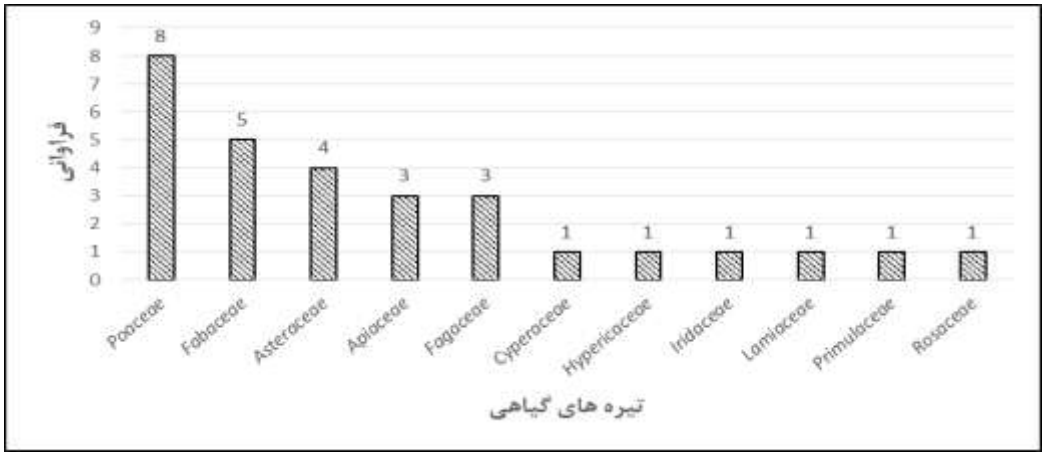
فلور منطقه مورد مطالعه

در مجموع ۳۰ گونه گیاهی در قطعه نمونه مورد مطالعه شناسایی شد که به ۱۱ تیره گیاهی تعلق داشتند (جدول ۲). تیره گندمیان (Poaceae) با ۸ گونه، تیره نیام‌داران (Fabaceae) با ۵ گونه و تیره کاسنیان (Asteraceae) با ۴ گونه به ترتیب بزرگترین تیره‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه بودند (شکل ۲).

جدول ۲- فهرست گونه‌های گیاهی قطعه‌نمونه دارساروین سردشت

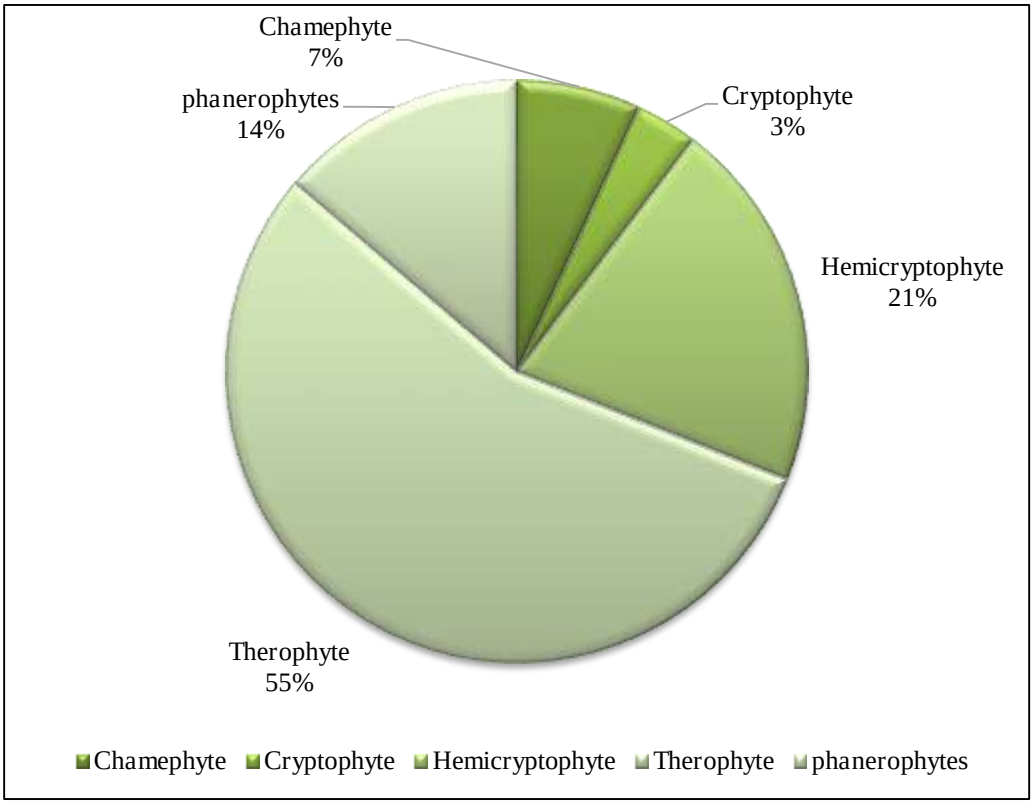
ردیف	نام علمی	تیره	شکل زیستی	نام فارسی
۱	*Achillea* sp.	Asteraceae	Therophyte	بومادران
۲	*Aegilops ovata* L.	Poaceae	Therophyte	گندم نیای تخم مرغی
۳	*Anagallis arvensis* L.	Primulaceae	Therophyte	آناغالیس
۴	*Anthemis* sp.	Asteraceae	Therophyte	بابونه
۵	*Bromus danthenia* Trin	Poaceae	Therophyte	جارو علفی هرز
۶	*Bromus tectorum* L.	Poaceae	Therophyte	جارو علفی بامی
۷	*Carex* sp.	Cyperaceae	Therophyte	جگن
۸	*Chaerophyllum crinitum* Boiss.	Apiaceae	Hemicryptophyte	جعفری فرنگی کرک آلود
۹	*Dactylis glomerata* L.	Poaceae	Chamephyte	علف باغ
۱۰	*Echinops* sp.	Asteraceae	Therophyte	شکر تیغال
۱۱	*Hordeum bulbosum* L.	Poaceae	Hemicryptophyte	جو پیازدار
۱۲	*Hypericum linariaides* Boiss.	Hypericaceae	Chamephyte	گل راعی خطی

۱۳	*Iris* sp.	Iridaceae	Cryptophyte	زنبق
۱۴	*Poa bulbosa* L.	Poaceae	Hemicryptophyte	چمن پیازک دار
۱۵	*Stipa barbata* Desf.	Poaceae	Hemicryptophyte	استپی ریش دار
۱۶	*Taeniatherum crinitum (*Schreb.*)* Nevski	Poaceae	Therophyte	گیسو چمن
۱۷	*Tragopogon* sp.	Asteraceae	Therophyte	شنگ
۱۸	*Trifolium campestre* Schreb.	Fabaceae	Hemicryptophyte	شبدر زرد
۱۹	*Trifolium pilulare* Boiss.	Fabaceae	Hemicryptophyte	شبدر توپی
۲۰	*Trifolium purpureum* Loisel	Fabaceae	Therophyte	شبدر بنفش
۲۱	*Trifolium* sp.	Fabaceae	Therophyte	شبدر
۲۲	*Turgenia lisaeoides* C.C.Townsend	Apiaceae	Therophyte	گیس چسبک شعاعی
۲۳	*Turgenia* sp.	Apiaceae	Therophyte	گیس چسبک
۲۴	*Vicia* sp.	Fabaceae	Therophyte	ماشک
۲۵	*Ziziphora* tenuior L.	Lamiaceae	Therophyte	کاکوتی
۲۶	*Quercus infectoria*	Fagaceae	Phanerophyte	دارمازو
۲۷	*Quercus libani*	Fagaceae	Phanerophyte	وی‌ول
۲۸	*Quercus brantii*	Fagaceae	Phanerophyte	گلابی وحشی
۲۹	*Crataegus* spp.	Rosaceae	Phanerophyte	زالزالک
۳۰	*Amygdalus scoparia*	Rosaceae	Phanerophyte	بادامک



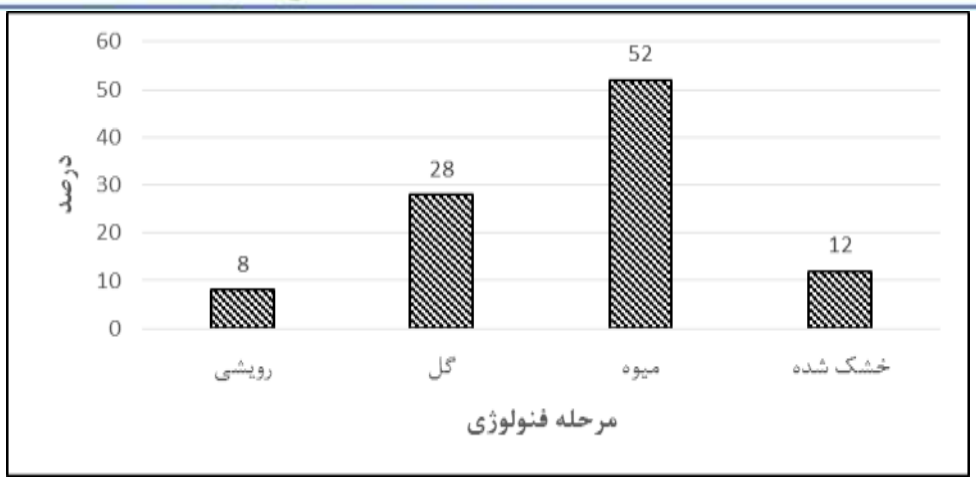
شکل ۲- توزیع فراوانی گونه‌ها در تیره‌های گیاهی سایت دارساروین

براساس نتایج به‌دست آمده ۶۴ درصد ازگونه‌های موجود در سایت دارساروین گیاهان یکساله (Therophyte) و ۲۴ درصد همی کریپتوفیت بوده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳- شکل زیستی گونه‌های گیاهی سایت دارساروین براساس طبقه‌بندی رانکایر (Raunkiaer, 1934)

مرحله فنولوژی گونه‌های منطقه مورد مطالعه در زمان برداشت داده‌ها (پنجم خرداد ماه) نشان داد که گونه‌های تروفیت در مرحله آخر دوره زایشی به سر می‌بردند و به مرحله خشک شدن نزدیک می‌شدند. در مجموع هشت درصد گونه‌های موجود در مرحله رویشی، ۲۸ درصد در مرحله گلدهی و ۵۲ درصد در مرحله میوه‌دهی بوده و ۱۲ درصد گونه‌ها هم مراحل رویشی را طی کرده و خشک شده‌اند (شکل ۴).



شکل ۴- وضعیت فنولوژی گونه‌های قطعه نمونه دارساروین

شاخص‌های غنای گونه‌ای، یکنواختی و تنوع گونه‌ای برای ریزقطعه‌نمونه‌های پوشش کف نشان داد تعداد گونه در قطعه-نمونه، به‌عنوان شاخص ساده‌ای از غنای گونه‌ای در ریزقطعه‌نمونه‌های سایت دارساروین است. بر این اساس میانگین ۶/۹۵ گونه در ریزقطعه‌نمونه‌ها (یک مترمربع) به دست آمد که بیشترین غنای گونه‌ای ۹ گونه و کمترین ۴ گونه در ریزقطعه‌نمونه‌ها بود. شاخص‌های تنوع پوشش کف از جمله شاخص‌های غالبیت، سیمپسون، شانون، غنای منهنیک، غنای مارگالف، یکنواختی شلدون و یکنواختی پیلو در این پژوهش محاسبه شد و نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- شاخص‌های تنوع پوشش کف در ریزقطعه‌نمونه‌های پردانان

شاخص	تعداد گونه‌ها	تعداد افراد	غالبیت	سیمپسون	شانون	غنای منهنیک	غنای مارگالف	یکنواختی شلدون	یکنواختی پیلو
میانگین	۶/۹۵	۱۳۷/۵	۰/۲۹	۰/۷۱	۱/۵	۰/۶۳	۱/۲۳	۰/۶۷	۰/۷۸

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش مبنای مطالعات بلندمدتی خواهد بود که امکان بررسی تغییرات پوشش‌گیاهی زیراشکوب درختان جنگلی زاگرس در استان آذربایجان غربی را در طول زمان فراهم می‌کند. در این پژوهش تیره‌های گندمیان (Poaceae)، نیام‌داران (Fabaceae) و کاسنیان (Asteraceae) به‌ترتیب بزرگترین تیره‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه بودند. در مطالعات تنوع گونه‌های گیاهی علفی در زاگرس میانی (بخشی از جنگل‌های شمال ایلام) نیز Poaceae به‌عنوان بزرگ‌ترین تیره منطقه مورد مطالعه ذکر شده است (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۶). در مطالعات حمزه و همکاران (۱۳۸۷) در چهارزبر کرمانشاه نیز بزرگترین تیره‌ها به ترتیب Poaceae، Fabaceae و Asteraceae بوده‌اند. در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه رازی کرمانشاه تیره‌های Asteraceae، Poaceae، Rosaceae و Fabaceae به‌عنوان تیره‌های غالب یاد

شده‌اند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۸). در جنگل‌های زاگرس در شهرستان بانه بیشترین تعداد گونه به جنس Astragalus تعلق داشته و بزرگ‌ترین تیره‌ها Asteraceae، Fabaceae، Apiaceae و Poaceae بوده‌اند (شاکری و همکاران، ۱۴۰۰).

در زمان آماربرداری (نیمه اول خرداد)، فقط ۸ درصد گونه‌ها در در مرحله رویشی بودند. در مجموع گونه‌های علفی یکساله سهم مهمی در پوشش‌گیاهی کف سایت‌های مورد مطالعه داشته‌اند. در سایت دارساروین سهم گیاهان یکساله (Therophyte) ۶۴ درصد بود. در مطالعات میرزایی و همکاران (۱۳۸۶) و دهشیری (۱۳۹۹) در پوشش کف جنگل‌های زاگرس میانی نیز گیاهان یکساله (Therophyte) غالب گزارش شده است. در جنگل‌های گلازنی شده زاگرس شمالی، بیشترین گونه‌ها به شکل زیستی تروفیت و در آرامگاه‌های جنگلی به فانروفیت‌ها تعلق داشته‌اند (شاکری و همکاران، ۱۴۰۰).

متوسط شاخص تنوع شانون منطقه مورد مطالعه ۱/۵۰ محاسبه شد. متوسط این شاخص در جنگل‌های ایلام ۲/۱ بیان شده است (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۶). البته اندازه قطعه‌نمونه‌ها در مطالعات ایلام بزرگتر از قطعه‌نمونه‌های مطالعه حاضر بوده (۱/۵ ×۱/۵ متر) و این می‌تواند محاسبات تنوع گونه‌ای را تحت تاثیر قرار دهد. در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه رازی کرمانشاه با قطعه‌نمونه‌های یک مترمربعی برای پوشش کف جنگل، شاخص شانون ۱/۵ برای دامنه شمالی و ۱/۹ برای دامنه جنوبی نشان داده شده است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج تحقیق حاضر داده‌های مورد نیاز برای پایش پوشش گیاهی در پهنه جنگل‌های زاگرس را فراهم می‌کند و با تکرار مطالعات پوشش‌گیاهی و تحلیل دقیق وضع موجود، امکان مقایسه و تجزیه و تحلیل تغییرات فراهم خواهد شد.

منابع

بصیری م. و ایروانی م.، (۱۳۸۸). تغییرات پوشش گیاهی پس از ۱۹ سال قرق‌های آزمایشی در منطقه زاگرس مرکزی. مرتع، ۳(۲): ۱۷۰-۱۵۵.

حمزه ب.، خان حسنی م.، خداکرمی ی.، و نعمتی پیکانی م.، (۱۳۸۷). مطالعه فلوریستیکی و جامعه شناسی گیاهی جنگل‌های چهارزبر کرمانشاه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶(۲): ۲۱۱-۲۲۹.

حیدری ر.ح.، سهرابی زاده آ.، و حیدری م.، (۱۳۹۸). بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر تنوع زیستی گونه‌های گیاهی در جنگل‌های زاگرس میانی (مطالعه موردی: غرب ایران، جنگل آموزشی تحقیقی دانشگاه رازی کرمانشاه). بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۷(۱۳): ۷۵-۶۶.

دهشیری م.م، (۱۳۹۹). بررسی تنوع گونه‌های گیاهی در طول گرادیان ارتفاعی کوه نوا، استان کرمانشاه. زیست‌شناسی کاربردی، ۳۳(۱): ۶۲-۷۴.

دهشیری م.م.، نورایی ف.، معصومی م.، (۱۳۹۸). مطالعه فلورستیک منطقه اسلام‌آباد غرب در زاگرس مرکزی. حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۷(۱۴): ۲۱-۴۴.

شاکری، ز.، مروی مهاجر م.، نمیرانیان م.، و اعتماد و.، (۱۳۸۸). بررسی و مقایسه زادآوری دانه‌زاد و شاخه‌زاد در توده‌های دست نخورده و گلازنی شده بلوط زاگرس شمالی (مطالعه موردی: بانه کردستان). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۱): ۷۳-۸۴.

فتاحی م.، (۱۳۷۳). بررسی جنگل‌های بلوط زاگرس و مهم‌ترین عوامل تخریب آن. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۶۳ صفحه.

فتاحی، م. (۱۳۷۹). مدیریت جنگل‌های زاگرس، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، جلد اول، ۴۷۲ صفحه.

قادرزاده س.، شاکری ز.، حسینی و.، و معروفی ح.، (۱۳۹۴). تعیین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه‌های گیاهی در زاگرس شمالی (مطالعه موردی: جنگل‌های آرمرده بانه). مجله جنگل ایران، ۷(۳): ۲۹۹-۳۱۵.

میرزایی ج.، نادری م.، مصلح آرانی ا.، حیدری م. و جعفرزاده ع.، (۱۳۹۶). بررسی برخی عوامل مؤثر بر پراکنش گونه شن (*Lonicera*) در جنگلهای زاگرس. بوم‌شناسی کاربردی، ۶ (۴): ۱۵-۱.

میرزایی ج.، اکبری‌نیا م.، حسینی س.م.، سهرابی ه. و حسین زاده ج.، (۱۳۸۶). تنوع گونه‌ای گیاهان علفی در رابطه با عوامل فیزیوگرافیک در اکوسیستمهای جنگلی زاگرس میانی. مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۰(۴): ۳۷۵-۳۸۲.

Assadi, M., (1988–2019). Flora of Iran, No. 1–150. Research Institute of Forests and Rangelands, Iran.

Braun-Blanquet, J., (1964). Pflanzensoziologie, grundzüge der vegetationskunde (3rd ed.). New York: Springer, 607p.

Chytrý M., Tichý L., Holt J. and Botta-Dukát Z. (2002). Determination of diagnostic species.

Ferris-Kaan, R., and Patterson, G.S. (1992). Monitoring vegetation changes in conservation management of forests. FAO.

Henareh Khalyani. Azad, Audrey L. Mayer, Michael J. Falkowski and Daya Muralidharan (2012). Deforestation and landscape structure changes related to socioeconomic dynamics and climate change in Zagros forests, Journal of Land Use Science.

ICP Forests, (2016). Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring, and analysis of the effects of air pollution on forests. Part VII.1. Assessment of Ground Vegetation. http://www.icp-forests.org/Manual.htm.

Rechinger, Kh., (1963–2005). Flora Iranica, no. 1–176. Akademische Druck, Graze.

Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., (2014). Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future. Springer, 152p.

Woodward, A., Hutten, K.M., Boetsch, J.R., Acker, S.A., Rochefort, R.M., Bivin, M.M., and Kurth, L. (2009). Forest vegetation monitoring protocol for national parks in the North Coast and Cascades Network. Techniques and Methods 2-A8. Reston, VA: US Department of the Interior, US Geological Survey. 228 p.

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

Investigating the floristic composition and diversity of vegetation in oak's coppice with standard stands (case study of Sardasht forests, West Azerbaijan province)

J. Henareh*[1], H. Ravanbakhsh[2], M. Larti[3] and M. Pato[1]

1- Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Urmia, I.R. Iran.
2- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.
3- Researcher, Forests and Rangelands Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Urmia, I.R. Iran.

Abstract

Zagros forests covers nearly one-fifth of the country's territory, as well as all or part of 11 provinces of the country. The structure of the Zagros ecosystem has changed over many years, with the dominance and excessive presence of human populations, and these continuous changes over the centuries have caused some of the plant and animal species to decrease or become extinct. This research was conducted with the aim of studying and measuring the vegetation in one of the most northern oak habitats in West Azerbaijan province. Investigating the floristic composition, coverage and diversity of plant species, as well as recording the basic data to estimate the status and changes of species diversity in the scale of the monitoring samples was done in this research. The studied area is located in Sardasht cityand since 2014 it has been under the management of the Natural Resources Department of Sardasht city as preserved region. The study plan of the floor vegetation was made from small pieces of samples of one square meter that are scattered in the main sample piece. In this study, Poaceae, Fabaceae, and Asteraceae were the largest plant families in the study area, respectively. The share of annual plants (Therophyte) in this study was 64%. In this study, the average number of species in micro-samples was 6.95 species and the average Shannon diversity index of the studied area was calculated as 1.50. The results of this research provide the necessary data for vegetation monitoring in Zagros forests.

Keywords: Zagros, Plant diversity, Monitoring, Shannon.

*Corresponding author Tel: +98 9126623250 E-mail: jhenareh@gmail.com

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

پایش سه ساله گونه بادام کوهی (*Prunus lycioides* (Spach) C.K.Schneid) در پارک ملی خجیر

هومن روانبخش[۱*] و مهدی پورهاشمی[۲]

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

در یک جنگل سالم و پویا، زادآوری طبیعی با الگویی مشخص رخ می‌دهد و ساختار سنی توده موید حضور نسل‌های متوالی در جنگل است. تغییرات در اکوسیستم‌های طبیعی با ابزار "پایش"، ردیابی و بررسی می‌شوند. در پژوهش پیش رو تغییرات وضعیت درختان و درختچه‌ها و زادآوری آنها (با تاکید بر گونه بادام کوهی) در پارک ملی خجیر در یک بازه سه ساله در قطعات نمونه ثابت پایش بررسی شد. در سال‌های مطالعه (۱۴۰۰ و ۱۴۰۲) تغییر معنی‌دار در تعداد درختان و درختچه‌ها و زادآوری و قطر تاج و ارتفاع درختچه‌های بادام مشاهده نشد. بیشینه ارتفاع گونه بادام معادل ۹۰ سانتی‌متر و بیشینه قطر تاج معادل ۱۶۰ سانتی‌متر ثبت شد. همچنین بیشینه مساحت تاج بادام‌کوهی معادل ۱,۸۸ مترمربع محاسبه شد. منحنی فراوانی در طبقات ارتفاع برای گونه بادام نشان داد که تعداد پایه‌های کوچک و جوان کاهش یافته و منحنی توده به سمت همسال شدن پیش رفته است.

واژگان کلیدی: ایرانی و تورانی، بنه، پویایی، تهران، زادآوری.

مقدمه

در دهه‌های اخیر آشفتگی‌های انسانی و طبیعی عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی را تحت تاثیر قرار داده است و این امر ضرورت ارزیابی وضعیت موجود، آگاهی از روند تغییرات و چشم‌انداز پیش رو را مطرح ساخته است. این تغییرات با ابزار "پایش"، ردیابی و بررسی می‌شوند. یکی از موضوعات مهم در مطالعات پایش، فرایند تجدیدحیات جنگل است. تجدیدحیات طبیعی به‌عنوان ابزاری مؤثر برای احیای جنگل‌ها در سطح وسیع و بازسازی اکوسیستم مطرح است (Chazdon and Guariguata, 2016). در یک جنگل سالم و پویا، زادآوری طبیعی با الگویی مشخص اتفاق افتاده و ساختار سنی توده موید حضور نسل‌های متوالی در جنگل است. عامل مهم در استقرار زادآوری در جنگل معمولاً نور است، اما در جنگل‌های خشک و اراضی فقیر، عوامل دیگری از جمله شرایط اقلیمی و میزان بارندگی موثر هستند (Fatemi et al., 2018; Feldmann et al., 2020). عوامل محیطی، انسانی و رقابت بین گونه‌ها می‌توانند نقش مهمی در

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۴۷۱۷۰۸۸ ایمیل: h.ravanbakhsh@rifr-ac.ir

فراوانی و پراکنش زادآوری گونه‌های مختلف جنگلی ایفا کنند (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۵). زادآوری در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک کشور در مطالعات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. در جنگل‌های بنه فیروزآباد فارس تاثیر قرق پنج‌ساله بر زادآوری به اندازه مورد انتظار موثر نبوده است، اما درختچه‌های موجود در منطقه نقش مهمی در حفاظت و رشد نهال‌های جوان بنه ایفا کرده‌اند (نگهدار صابر و عباسی، ۱۳۸۹). در جنگل‌های ارس، بیشترین تراکم زادآوری در تیپ ارس به همراه شیرخشت و راناس که دارای سه اشکوب و تنوع ساختاری بیشتر بوده و کمترین تراکم مربوط به تیپ ارس خالص با دو اشکوب و فاقد تنوع ساختاری است، مشاهده شد (روانبخش و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهش پیش رو تغییرات وضعیت درختان و درختچه‌ها و زادآوری آنها (با تاکید بر گونه بادام کوهی) در پارک ملی خجیر در یک بازه سه ساله در قطعات نمونه ثابت بررسی شد. این اطلاعات مبنای مطالعات بلندمدتی خواهد بود که شرایط پایش وضعیت توده و زادآوری را در سال‌های آتی فراهم خواهد کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بخشی از طرح ملی سنجش و پایش پوشش گیاهی توده‌های جنگلی ایران و تورانی است که در پلات‌های ثابت یک هکتاری در سراسر کشور انجام می‌شود. پژوهش حاضر در سایت پایش پارک ملی خجیر (رویشگاه بنه- بادام) انجام شد. قطعه‌نمونه پایش خجیر به مساحت یک هکتار (۱۰۰×۱۰۰ متر) با تیپ جنگلی غالب بنه- بادام (*Pistacia atlantica* Desf.- *Prunus lycioides* (Spach) C.K.Schneid) در مجموعه مناطق حفاظت شده جاجرود و پارک ملی خجیر، در ارتفاعات شرق استان تهران و در فاصله حدود ۲۵ کیلومتری این ابر شهر قرار دارد. اقلیم این منطقه براساس طبقه‌بندی اصلاح شده دومارتن، نیمه‌خشک سرد، متوسط دمای سالیانه حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه حدود ۳۰۰ میلی‌متر است.

برای مطالعه گونه‌های چوبی و زادآوری آن‌ها چهار قطعه‌نمونه ۱۰۰ مترمربعی با شکل مربع و با آرایش منظم در پلات یک هکتاری پیاده شد. در این قطعه نمونه‌ها ابعاد کلیه پایه‌های چوبی موجود و نیز زادآوری به تفکیک گونه ثبت و اندازه‌گیری شد. متغیرهای مورد بررسی زادآوری شامل تراکم برحسب گونه، منشأ زادآوری (دانه‌زاد یا شاخه‌زاد)، ارتفاع دقیق، قطر بزرگ تاج و قطر عمود برآن و وضعیت سلامت بود. رتبه‌دهی وضعیت سلامت به‌این‌ترتیب انجام شد: ۱. سلامت کامل ۲. ضعف و خشکیدگی کمتر از ۵۰ درصد اندام گیاه ۳. ضعف و خشکیدگی بیش از ۵۰ درصد اندام گیاه ۴. خشکیدگی کامل گیاه (روانبخش و همکاران، ۱۳۸۹). درختان و درختچه‌های کوتاه‌تر از ۰/۵ متر به‌عنوان زادآوری در نظر گرفته شدند. برای مقایسات داده‌های نرمال از آزمون تی جفتی و در صورت نرمال نبودن با رتبه‌ای بودن از آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون استفاده شد. نرم‌افزارهای Excel و SPSS برای تحلیل متغیرهای کمی و کیفی و رسم نمودارها به کار گرفته شدند.

نتایج

در منطقه مورد مطالعه سه گونه درختی و درختچه‌ای بنه (*Pistacia atlantica*)، بادام کوهی (*Prunus lycioides*) و *Hymenocrather calycinus* (Boiss.) Benth. ثبت شد که از لحاظ تراکم غلبه با گونه بادام‌کوهی بود. ۲۷ پایه بالغ

بادام‌کوهی (۶۷۵ پایه در هکتار)، ۱۰ مورد زادآوری بادام کوهی، یک پایه بنه و یک پایه *H. calycinus* ثبت شد که در سال‌های مطالعه (۱۴۰۰ و ۱۴۰۲) تغییر معنی‌دار در این آمار مشاهده نشد. همچنین مقایسه قطر تاج و ارتفاع درختچه‌های بادام در این دو سال تغییرات معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). بیشینه ارتفاع گونه بادام در منطقه مورد مطالعه معادل ۹۰ سانتی‌متر و بیشینه قطر تاج معادل ۱۶۰ سانتی‌متر ثبت شد. همچنین بیشینه مساحت تاج بادام‌کوهی معادل ۱,۸۸ مترمربع محاسبه شد.

جدول ۱- مقایسه قطر تاج و ارتفاع درختچه‌های بادام در دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۲

شاخص	سال	میانگین	انحراف معیار	آنالیز آماری
قطر بزرگ تاج (cm)	۱۴۰۰	۶۳,۱ ns	۲۹,۳	Z= -۰,۲۲۹ Sig. =۰,۸۱۹
	۱۴۰۲	۵۹,۶ ns	۲۵,۲	
قطر عمود بر قطر بزرگ تاج (cm)	۱۴۰۰	۵۰,۹ ns	۲۹,۳	Z= -۰,۵۹۷ Sig. =۰,۵۵۰
	۱۴۰۲	۴۷,۵ ns	۲۳,۰	
ارتفاع (cm)	۱۴۰۰	۴۵,۵ ns	۱۷,۴	Z= -۰,۶۴۸ Sig. =۰,۵۱۷
	۱۴۰۲	۴۳,۹ ns	۱۶,۵	

وضعیت شادابی درختچه‌های بادام‌کوهی در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۲ در جدول ۲ و شکل ۱ ارائه شده است. وضعیت شادابی در سال ۱۴۰۲ بهتر بوده و پایه‌هایی با شادابی ضعیف مشاهده نشد، اما آزمون آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در سال ۱۴۰۰ یک پایه خشک‌دار بادام در پلات ۳ مشاهده شد که در دو سال بعد آثاری از آن به‌جا نمانده بود.

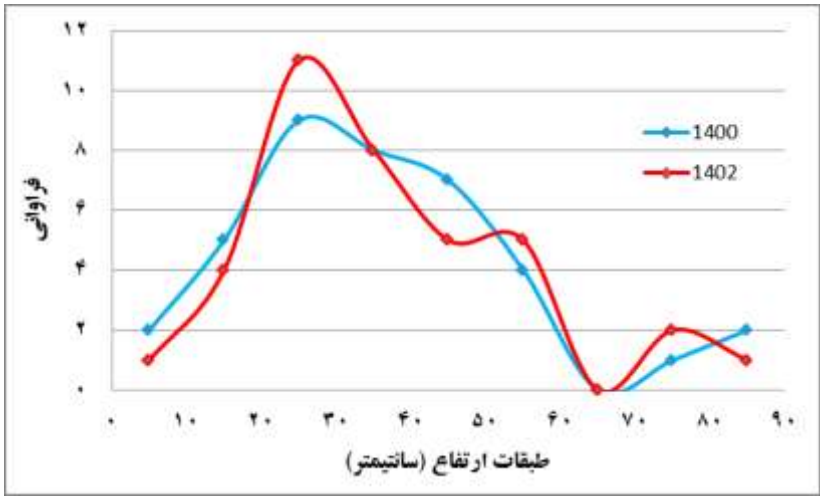
جدول ۲- مقایسه وضعیت شادابی درختچه‌های بادام در دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۲

شاخص	سال	میانگین	انحراف معیار	آنالیز آماری
رتبه‌دهی سلامت	۱۴۰۰	۱,۷ ns	۰,۷	Z= -۰,۹۴۳ Sig. =۰,۳۴۶
	۱۴۰۲	۱,۵ ns	۰,۵	



شکل ۱ – مقایسه وضعیت شادابی درختچه‌های بادام‌کوهی در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۲
(شادابی خوب:۱، متوسط:۲، ضعیف: ۳)

منحنی فراوانی در طبقات ارتفاع برای گونه بادام در شکل ۲ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تعداد پایه‌های کوچک و جوان کاهش یافته و منحنی به سمت همسال شدن پیش رفته است.



شکل ۲- منحنی فراوانی در طبقات ارتفاع گونه بادام‌کوهی
(این منحنی براساس کلیه پایه‌های موجود شامل زادآوری و پایه‌های بالغ رسم شده است)

بحث

جنگل‌های بنه- بادام پارک ملی خجیر با وجود قرق و حفاظت طولانی مدت، شرایط یک توده پویا و پایدار را نشان نمی‌دهند و وضعیت زادآوری در این رویشگاه مناسب نیست. همانطور که منحنی تعداد در طبقات ارتفاعی نشان داد،

شکل منحنی از جنگل ناهمسال فاصله گرفته و به سمت توده همسال تغییرشکل داده است (منحنی زنگوله‌ای). زادآوری بادام کوهی کم و بیش در توده مشاهده می‌شود، اما زادآوری بنه به حاشیه صخره‌ها و بیرون زدگی‌های سنگی محدود شده است. این شرایط را می‌توان به عوامل مختلفی نسبت داد: الف- تراکم محلی جمعیت قوچ و میش در منطقه به‌دلیل قطع راه‌های ارتباطی (ساخت و ساز و اتوبان‌سازی در اطراف منطقه حفاظت شده جاجرود)، جزیره‌ای شدن زیستگاه و توقف مراحل مهاجرت این گونه، افزایش یافته و در تمام طول سال جمعیت قابل‌توجهی در منطقه جنگلی حضور دارد. ب- کاهش بارندگی ج- قطع دوره‌ای جریان آب رودخانه جاجرود پایین دست سد لتیان و بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی که منجر به کاهش منابع آبی مورد استفاده گیاهان در منطقه شده است. د- افزایش جمعیت تشی در پی کاهش جمعیت گونه‌های گوشتخوار راس هرم غذایی و صدمه به درختان بنه و سایر گونه‌های گیاهی. مطالعه توده‌های بنه در منطقه حفاظت شده باغ شادی یزد نشان داد که ساختار توده در منطقه قرق ناهمسال و در منطقه غیرقرق همسال می‌باشد؛ همچنین زادآوری در منطقه قرق به خوبی صورت گرفته، ولی در منطقه غیرقرق زادآوری به‌ندرت صورت می‌گیرد (گراوند و همکاران، ۱۳۹۵). در جنگل تحقیقاتی بنه فیروزآباد فارس، تعداد زادآوری طبیعی بنه در تیمار شاهد و تیمار قرق از نظر آماری تفاوت معنی‌دار نداشت و قرق پنج‌ساله کارایی قابل انتظار را نداشته است (نگهدار صابر و عباسی، ۱۳۸۹). در مطالعه تجدیدحیات جنگل‌های زاگرس، تعداد تجدیدحیات در واحد سطح در قطعه‌نمونه‌های تحت حفاظت (قرق) بیشتر از رویشگاه‌های غیر قرق به‌دست آمد، اما این تفاوت معنی‌دار نبود. با این حال، تجدیدحیات در رویشگاه‌های تحت حفاظت به‌طور معنی‌داری شاداب‌تر بود و در مجموع حفاظت از توده با نگهداری تاج‌پوشش درختی (بلوط، زالزالک و گونه‌های دیگر) و ساختار طبیعی، بهترین شرایط را برای استقرار و بقای تجدیدحیات فراهم کرده است (روانبخش و همکاران، ۱۴۰۳). پایش بلندمدت توده‌های جنگلی سیر تحول و تغییرات توده را نمایان می‌کند و کاهش زادآوری و حرکت به‌سمت توده همسال، گویای روند آشفتگی در اکوسیستم است که می‌بایست با ارزیابی دلایل (طبیعی یا انسانی) برای احیا و بازسازی توده برنامه‌ریزی کرد.

منابع

ذوالفقاری، ر. و زمانی س.، (۱۳۹۵). رابطه بین زادآوری گونه‌های درختی و درختچه‌ای با عامل‌های محیطی در منطقه حفاظت‌شده دنای غربی (واحد پشت‌کره). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۴(۲): ۲۹۷-۳۰۹.

روانبخش، ه.، پورهاشمی، م.، حمزه، ب.، رشیدی، ف.، (۱۴۰۳). تجدیدحیات و نقش گونه‌های پرستار در قطعه نمونه‌های پایش در جنگلهای زاگرس. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۳۲(۱): ۶۱-۷۶.

روانبخش، ه.، مروی، م.، و اعتماد، و.، (۱۳۸۹). بررسی تجدید حیات طبیعی گونه‌های چوبی در درختزارهای دامنه جنوبی البرز (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد لتیان). منابع طبیعی ایران، ۶۳(۱): ۹-۲۲.

گراوند، ی.، حسینی، م.، احمدی، ک.، قمی اویلی، ع. و احمدی، ع.، (۱۳۹۵). بررسی ساختار توده‌های بنه (*Pistacia atlantica*) در مناطق قرق و غیر قرق (منطقه حفاظت شده باغ شادی یزد). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۷(۲): ۸۹-۱۰۱.

نگهدار صابر، م. و عباسی، ح.، (۱۳۸۹). بررسی اثر پوشش زیراشکوب در زادآوری طبیعی جنگل‌های بنه (مطالعه موردی: جنگل تحقیقاتی بنه، استان فارس). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸(۴): ۶۳۰-۶۳۸.

Chazdon, R. L. and Guariguata, M.R., (2016). Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. Biotropica, 48(6): 716-730.

Fatemi, S. S., Rahimi, M., Tarkesh, M. and Ravanbakhsh, H., (2018). Predicting the impacts of climate change on the distribution of *Juniperus excelsa* M. Bieb. in the central and eastern Alborz Mountains, Iran. iForest-Biogeosciences and Forestry, 11(5): 643-650.

Feldmann, E., Glatthorn, J., Ammer, C. and Leuschner, C., (2020). Regeneration dynamics following the formation of understory gaps in a Slovakian beech virgin forest. Forests, 11(5): 585.

Three-year monitoring of *Prunus lycioides* (Spach) C.K.Schneid. in Khojir National Park

H. Ravanbakhsh[1*] and M. Pourhashemi [2]

1- Assistant Prof., Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2- Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

In a healthy and dynamic forest, natural regeneration occurs with a specific pattern and the age structure of the stand confirms the presence of different generations. Changes in natural ecosystems are tracked and examined with the "monitoring" tool. In the present study, changes in the characteristics of tree and shrub species and their regeneration (with emphasis on *Prunus lycioides*) in the Khojir National Park were investigated in the permanent sample plots over a three-year period. In the study years (2021 and 2023), no significant changes were observed in the number of trees and shrubs, regeneration, crown diameter, and height of almond shrubs. The maximum height of the almond individuals was recorded as 90 cm and the maximum crown diameter was 160 cm. Also, the maximum crown area of the almond was calculated as 1.88 m^2. The abundance curve in height classes of *Prunus lycioides* showed that the number of regenerations and young shrubs decreased and the stand curve moved towards showing an even-aged forest.

Keywords: Forest dynamic, Irano- Turanian, *Pistacia atlantica*, regeneration, Tehran.

*Corresponding author Tel: +98 9124717088 Email: h.ravanbakhsh@rifr-ac.ir

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

بررسی نیازهای اکولوژیک گونه گون گوسفندی در منطقه جنگلی وزگ یاسوج

یوسف عسکری[۱*] و حمیدرضا میرداودی اخوان[۲]

۱- استادیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
۲- دانشیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.

چکیده

مراتع در هر کشوری از جمله با ارزشترین منابع ملی آن محسوب می‌شود که در صورت بهره‌برداری صحیح اگر همراه با برنامه‌های اصلاحی و احیایی صورت گیرد می‌تواند نقش اساسی در جهت حفظ آب و خاک و دیگر نیازمندیهای مردم از قبیل تأمین فرآورده‌های پروتئینی داشته باشد. در پژوهش حاضر، به مطالعه نیازهای اکولوژیک گونه گون گوسفندی (*Astragalus ovinus* (L.) Boiss) با تاکید بر تعیین عوامل اکولوژیک مؤثر بر تغییرات پوشش‌گیاهی و بررسی پاسخ این گونه به تغییرات عوامل اکولوژیکی، با استفاده از؛ روش آنالیز تحلیل کاهشی (RedundancyAnalysis, RDA) و مدل‌جمعی تعمیم‌یافته (GAM؛ Generalized Additive Models) در جنگل‌های منطقه وزگ شهرستان بویراحمد از استان کهگیلویه و بویراحمد پرداخته شده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS19 و Canoco 4.5 انجام شد. طبق نتایج بدست آمده الگوی پاسخ گونه *A. ovinus* در امتداد شیب میزان لاشبرگ سطح خاک، درصد خاک بدون پوشش، درصد شیب زمین، و ارتفاع از سطح دریا، از مدل زنگوله‌ای (Unimodal)، پیروی کرده و حد بهینه رشد آن برای این عوامل، به‌ترتیب ۲۰ درصد، ۲۰ درصد، ۳۰ درصد، و ۲۲۲۰ متر بود. همچنین میزان تولید علوفه برای این گونه حدود ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. بررسی پاسخ گونه *A. ovinus* در شیب عوامل توپوگرافی و خاک، اطلاعات ارزشمندی برای تعیین نیازهای اکولوژیکی این گونه ارائه داد که می‌تواند در مدیریت پوشش‌گیاهی، فرسایش خاک و عملیات اصلاح مراتع در مناطق مشابه، مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: اکولوژی، خاک، شیب، علوفه، گون گوسفندی، مرتع.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۷۵۴۳۲۶۳۹ ایمیل: Yousef.askari@gmail.com

مقدمه

مراتع در هر کشوری از جمله با ارزشترین منابع ملی آن محسوب می‌شود که در صورت بهره‌برداری صحیح اگر همراه با برنامه‌های اصلاحی و احیایی صورت گیرد می‌تواند نقش اساسی در جهت حفظ آب و خاک و دیگر نیازمندیهای مردم از قبیل تأمین فرآورده‌های پروتئینی داشته باشد. بهره‌برداری بی‌رویه طی چند دهه اخیر از مراتع کشور وضعیتی را ایجاد نموده که مراتع در اغلب نقاط کشور دستخوش تخریب و کاهش بازدهی شدید شده‌اند. برای جلوگیری از این تخریب اعمال روشهای مدیریتی اصلاح و احیاء لازم و ضروری به نظر می‌رسد. امروزه مدیران منابع‌طبیعی نیاز به درک پایه‌ای از ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های‌گیاهی بومی و چگونگی عکس‌العمل آنها به عوامل‌محیطی و نوع مدیریت دارند. شناخت ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های‌گیاهی و چگونگی عکس‌العمل آنها به عوامل‌محیطی، ضمن تعیین پتانسیل گونه‌های مورد نظر در شرایط مختلف اکولوژیکی، اطلاعات ارزشمندی برای تعیین نیازهای اکولوژیکی گونه‌های‌گیاهی، ارائه دانش پایه برای معرفی گونه‌های مناسب اصلاح مراتع، تولید علوفه، مدیریت پوشش‌گیاهی و همچنین اعمال رویکرد حفاظتی از مراتع را در مناطق مشابه، ارائه می‌دهد. عوامل محیطی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر فعالیت‌های حیاتی گیاه (به‌خصوص توانایی رقابتی آن)، تاثیر گذاشته و پراکنش آن‌را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Odum, 1971). همه گونه‌ها از درجه یکسانی از تحمل در برابر تغییرات عوامل‌محیطی برخوردار نیستند (Odum, 1971). حضور و پراکنش جوامع‌گیاهی در اکوسیستم‌های مرتعی، تصادفی نیست؛ بلکه عوامل اقلیمی، خاکی، پستی و بلندی و انسانی در گسترش آنها، نقش مهمی ایفا می‌کنند (Leonard et al., 1984). تجزیه و تحلیل روابط بین گیاهان و عوامل‌محیطی، همواره به‌عنوان یک مسئله اساسی در مطالعات اکولوژی، مدنظر بوده است (Guisan and Zimmermann, 2000). کمی‌سازی روابط بین گونه و محیط، هسته اصلی برای مدل‌سازی جهت پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌ها در اکولوژی است که می‌تواند پایه‌ای برای بیان فرضیه‌های مختلف در ارتباط با کنترل عوامل محیطی در پراکنش گونه‌ها باشد. در ابتدا از این مدل‌ها، به‌عنوان ابزاری در مطالعات آت‌اکولوژی استفاده شد. ولی امروزه در بسیاری از موارد مانند ارزیابی اثرات استفاده از زمین، فرضیه-های مختلف در جغرافیای‌زیستی، تهیه نقشه‌ها و همچنین مباحث حفاظتی نیز، استفاده می‌شود (Gogina, 2010). بررسی شکل منحنی عکس‌العمل گونه‌های‌گیاهی نسبت به گرادیان‌های‌محیطی و این‌که کدام یک از روش‌ها و مدل‌ها در یک آشیان بوم‌شناختی، دامنه و اپتیمم اکولوژیک گونه‌گیاهی را نسبت به گرادیان‌های‌محیطی، بتواند بهتر نشان دهد، یکی از مسائل و موضوعات اساسی در علم اکولوژی مرتع می‌باشد. امروزه محققین در حال توسعه مدل‌های آماری و ریاضی برای پی‌بردن و پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌ها در مقیاس فضایی متفاوت با توجه به داده‌های محیط زیست بیوکلیماتیک هستند (Pearson and Dawson, 2003).

در دهه‌های اخیر، تلاش‌های زیادی برای تعیین ارتباط بین عملکرد گونه‌ها با فاکتورهای‌محیطی صورت گرفته است که متداول‌ترین روشی که هم‌اکنون برای فائق آمدن بر این موضوع، مورد استفاده قرار می‌گیرد، آنالیز رگرسیون است که عمدتاً برای تعیین عوامل موثر در پاسخ گونه‌ها و تعیین مقدار بهینه و دامنه اکولوژیک آنها است (Jongman et al., 1995).

از مهمترین روش‌هایی نیز که برای تجزیه و تحلیل عکس‌العمل گونه‌های‌گیاهی در ارتباط با عوامل‌محیطی، کاربرد بیشتری دارند، می‌توان به CCA و GAM اشاره کرد (Austin et al., 2006).

استفاده از روش رسته‌بندی (Ordination) برای بررسی تأثیر مجموعه‌ای از عوامل‌محیطی بر تغییرات پوشش‌گیاهی در جوامع، مناسبترین روش است (Leps and Smilauer, 2003) که به دو صورت آنالیز گرادیان مستقیم و غیرمستقیم، انجام می‌گیرد. در رسته‌بندی مستقیم، محورها بیانگر جهت بیشترین تغییرات موجود هستند که توسط متغیرهای‌محیطی، بیان می‌شوند. بنابراین در صورتی که برای مجموعه‌ای از متغیرهای تأثیرپذیر (گونه‌های‌گیاهی)، مجموعه‌ای از عوامل پیش‌بینی کننده (متغیرهای‌محیطی) وجود داشته باشد، بهترین گزینه استفاده از آنالیز گردایان مستقیم که آنالیز تطبیقی متعارفی یا CCA نیز یکی از آنهاست، خواهد بود.

با استفاده از مدل‌جمعی تعمیم‌یافته نیز پاسخ گونه‌های‌گیاهی شاخص به عوامل محیطی در بلوطستان‌های غرب ایران (در کلاس‌های مختلف آشفتگی)، مطالعه و به عکس‌العمل این گونه‌ها در امتداد شیب تغییرات‌محیطی و چرای دام پرداخته شد و گزارش گردید که عکس‌العمل گونه‌های مهاجم، به شدت چرای دام و عوامل متأثر از آن، مثل وزن مخصوص خاک، یک پاسخ افزایشی است (میرداودی اخوان، ۱۳۹۲).

همچنین با استفاده از مدل‌جمعی تعمیم‌یافته، پاسخ گونه‌های‌گیاهی شاخص به عوامل‌محیطی، در رویشگاه‌های درمنه‌دشتی در استان مرکزی، بررسی و اپتیمم رشد این گونه در ارتباط با عوامل اکولوژیک مورد مطالعه، مشخص شد (فرجی، ۱۳۹۳).

با توجه به اهمیت این گیاه، در این پژوهش، ضمن بررسی نیازهای اکولوژیکی گونه *Astragalus ovinus*، عکس‌العمل گیاه به هر یک از عوامل‌محیطی موثر در پراکنش این گونه و دامنه بردباری آن به این عوامل، مورد مطالعه قرار گرفت تا بدینوسیله ضمن تولید اطلاعات پایه و کاربردی در خصوص این گیاه، بتوان توصیه‌های لازم برای اصلاح و احیاء مراتع تخریب‌یافته در نواحی استپی و نیمه‌استپی و در رویشگاه‌های مناسب این گیاه را انجام داد.

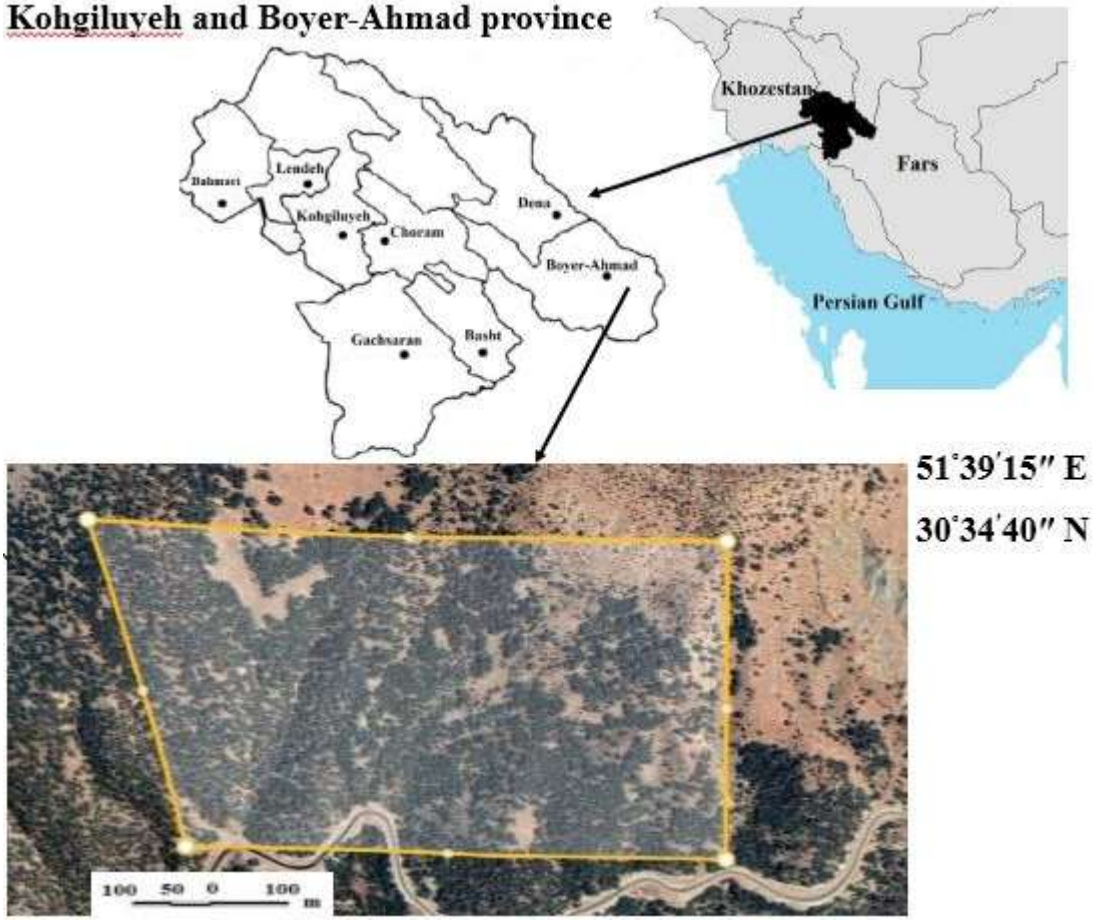
مواد و روش‌ها

گیاه گون گوسفندی از خانواده نخود (Fabaceae)، گیاهی است چند ساله، علفی، به ارتفاع ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر. بدون ساقه یا دارای ساقه‌های بسیار کوتاه، غالباً بی کرک یا گاهی به تنکی کرک سفیددار، ساقه‌ها به طول تا ۲۰ سانتی‌متر، گوشه‌دار-شیاردار. این گیاه از منابع غنی پروتئین گیاهی محسوب شده و در تغذیه دام‌ها از ارزش بالایی برخوردار است (شکل ۱).



شکل ۱- نمایی از گیاه گون گوسفندی در منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با نام محلی گردنه وزگ در عرصه‌ای به وسعت ۱۲۰۰ هکتار در ۲۵ کیلومتری جنوب شرق شهر یاسوج و در موقعیت جغرافیایی ′۳۴ °۳۰ الی ′۴۸ °۳۰ عرض شمالی و ′۳۸ °۵۱ الی ″۴۰ °۵۱ طول شرقی واقع شده است (شکل ۲). این منطقه از شرق به روستای برد زرد، از جنوب به جاده سپیدان-یاسوج و از غرب به روستای سرآبتاوه منتهی می‌گردد (Askari and Mirdavoudi, 2023).



شکل ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه نسبت به نقشه کشوری و استانی

پس از استقرار شبکه نمونه‌برداری در هر یک از واحدهای اکولوژیکی، تعداد پایه‌ها و درصد پوشش‌تاجی هر یک از گونه‌های واقع در داخل پلات‌ها و رشد سال جاری گونه مورد پژوهش، اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کلیه پارامترها در مرحله گلدهی صورت گرفت. تعداد پایه‌ها از طریق شمارش و پوشش‌تاجی آنها از طریق برآورد نظری، تخمین زده شد. مقدار رشد سال جاری گونه مورد پژوهش نیز از طریق قطع و توزین اندازه‌گیری گردید. ضمن اینکه در هر پلات، درصد پوشش‌تاجی کل، درصد سنگ و سنگریزه، درصد خاک لخت و درصد لاشبرگ نیز اندازه‌گیری گردید. شدت چرا در مکان‌های مورد بررسی؛ بر مبنای میزان دامگذاری، میزان بهره‌برداری و فاصله از محل اطراق دام و محل آبشخوار، به‌صورت کیفی و در کلاس‌های قرق، چرای سبک، چرای متوسط و چرای شدید، درنظر گرفته شد. در گام بعدی تحقیق، به‌منظور بررسی اثر عوامل‌محیطی بر پراکنش گونه مورد پژوهش؛ از هر یک از پلات‌ها، یک نمونه خاک با سه تکرار (نمونه مرکب) تا عمق ریشه‌دوانی گیاه برداشت گردید و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها شامل بافت خاک (روش هیدرومتری)، اسیدیته (گل اشباع و با استفاده از pH متر)، درصد مواد خنثی‌شونده یا درصد آهک (با استفاده از روش تیتراسیون)، فسفر قابل‌جذب (با استفاده از روش السون)، پتاسیم

قابل‌جذب (با استفاده از روش استات‌آمونیوم)، کربن‌آلی (با استفاده از روش والکی- بلاک)، ازت کل (با استفاده از روش کجدال)، اندازه‌گیری شد (Askari and Mirdavoudi, 2023).

روش‌های آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش، در چند بخش انجام شد. بخش اول، شامل ارتباط پراکنش گونه مورد مطالعه با عوامل محیطی است. بخش دوم، شامل ترسیم منحنی پاسخ گونه به عوامل محیطی می‌باشد. بخش سوم، شامل تعیین مقدار بهینه و دامنه بوم‌شناختی گونه مورد مطالعه است. در بخش چهارم نیز تغییرات رویشی گیاه مورد مطالعه در مراحل رشد، طی سال‌های مختلف، مورد بررسی قرار گرفته است.

روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش، از نرم‌افزار Canoco نسخه ۴/۵ (ter Braak C.J.F and Smilauer, 2003)، برای رسم نمودار از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۰۷ و برای مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ استفاده گردید.

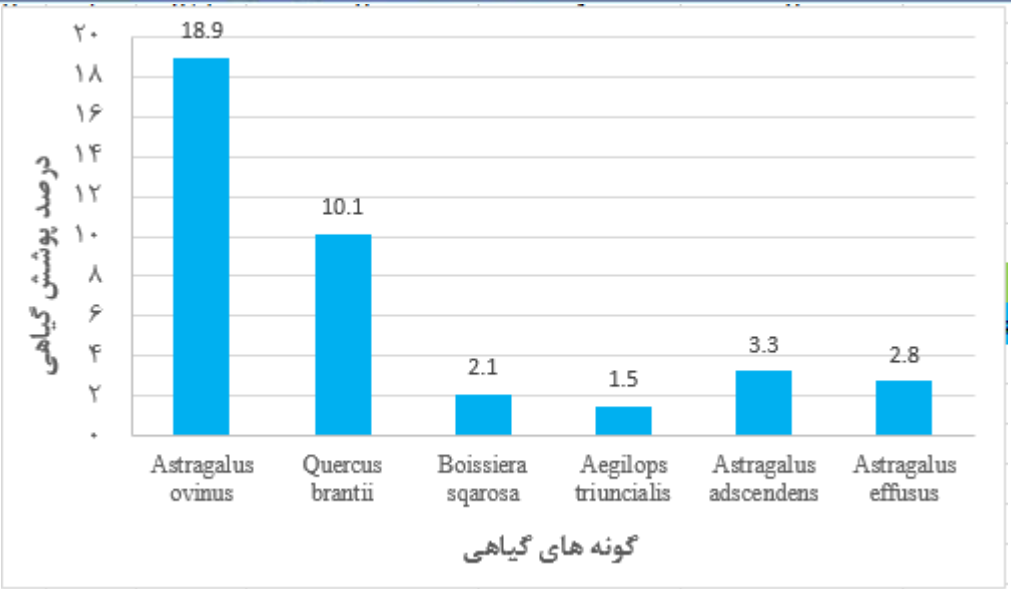
یافته‌ها

با توجه به درصد پوشش‌گیاهی گونه‌ها، تیپ گیاهی غالب در منطقه *Bromus tectorum - Astragalus ovinus* بوده و میانگین ویژگی‌های پوشش گیاهی در این منطقه، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- میانگین ویژگی‌های پوشش سطح خاک و گونه گون گوسفندی در منطقه مورد مطالعه در استان کهگیلویه و بویراحمد

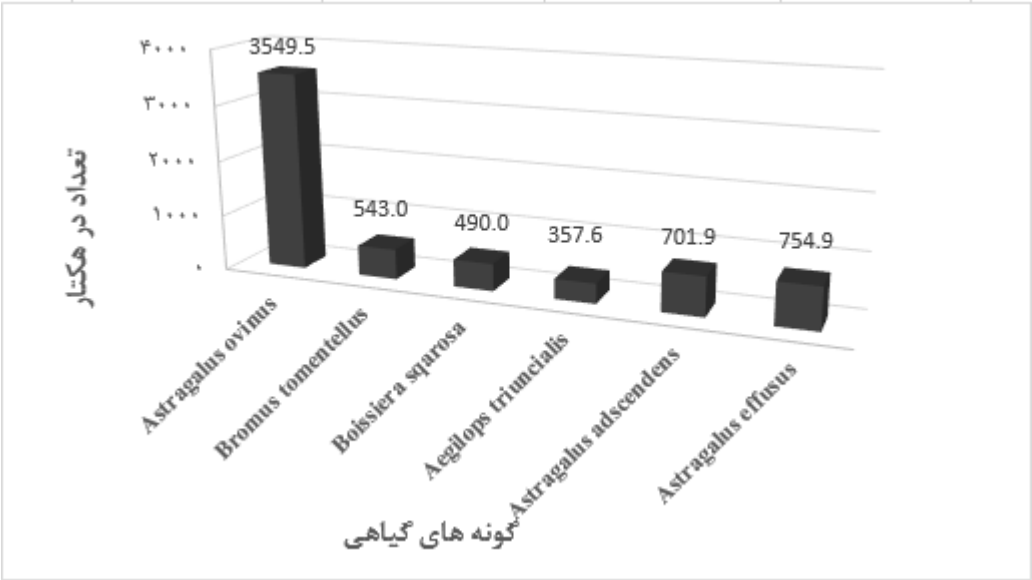
تولید علوفه گون گوسفندی (کیلوگرم در هکتار)	تعداد پایه در هکتار گون گوسفندی	درصد پوشش تاجی گون گوسفندی	درصد سنگ و سنگریزه	درصد خاک بدون پوشش	درصد لاشبرگ	درصد پوشش‌تاجی کل	مکان/ رویشگاه
۲۵۸/۸ ± ۵۴/۲	۳۵۴۹ ± ۸۲۱/۱	۱۸/۹۴ ± ۷/۳	۹/۶۳ ± ۴/۴	۴۹/۸ ± ۱۷/۱	۳۷/۵ ± ۱۰/۴	۴۷/۱ ± ۱۲/۴	گردنه وزگ (یاسوج)

متوسط درصد پوشش گیاهی برخی از گونه‌های مهم (غالب) در رویشگاه گیاه مورد مطالعه در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد. ۵۱/۴ درصد مربوط به گونه Bromus tectorum و بعد از آن گونه‌های زیر از فراوانی بیشتری برخوردار بودند.



شکل ۳- درصد پوشش‌گیاهی گونه‌های مهم در منطقه مورد مطالعه

متوسط تراکم (در هکتار) برخی از گونه‌های مهم نیز در رویشگاه گیاه مورد نظر در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴- تراکم گونه‌های مهم در منطقه مورد مطالعه

بکارگیری مدل‌جمعی تعمیم‌یافته با توزیع خطا پوآسون، برای هر یک از متغیرهای محیطی، نشان داد که متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، درصد شن خاک، درصد شیب، جهت جغرافیایی، درصد لاشبرگ و درصد خاک بدون پوشش در

سطح ۰/۰۱ درصد بر عملکرد گونه، معنی‌دار می‌باشند. رتبه‌بندی متغیرهای اثرگذار بر عملکرد گونه گون گوسفندی با استفاده از معیار اطلاعاتی آکائیک، نشان داد که عواملی مثل درصد لاشبرگ، درصد شیب و جهت جغرافیایی مهم‌ترین متغیرها و ارتفاع از سطح دریا، درصد خاک بدون پوشش و درصد شن خاک کم اهمیت‌ترین متغیر بر عملکرد گونه گون گوسفندی می‌باشند (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج برازش مدل‌جمعی تعمیم‌یافته نسبت به هر یک از متغیرهای تبیینی معنی‌دار

متغیر محیطی	F*	P*	معیار اطلاعاتی آکائیک
درصد شن خاک	۴/۶	۰/۰۰۶۱۴	۷۷۲/۲
ارتفاع از سطح دریا	۳/۶	۰/۰۲۰۴۵	۸۱۲/۲
درصد شیب	۴/۵	۰/۰۰۶۶۶	۷۶۳/۶
جهت جغرافیایی	۴/۴	۰/۰۰۷۷۳	۷۶۴/۷
درصد لاشبرگ	۸/۲	۰/۰۰۰۱۴	۶۶۴/۴
درصد خاک بدون پوشش	۴/۵	۰/۰۰۷۴۲	۷۷۸/۷

F آماره آزمون محاسبه شده برای معنی‌داری برازش مدل، P مقدار سطح احتمال بدست آمده از آزمون برازش مدل

بحث و نتیجه‌گیری

مراتع امروزه بعلت ازدیاد جمعیت و به طبع افزایش دام در اثر چرای بی رویه و چرای غیر فصل و عدم رعایت ظرفیت چرا، دوام چرا، دام بیش از ظرفیت مراتع و عدم وجود شرایط صحیح چرا (تناوب چرا) موجب گردیده که فرصت رشد و نمو از گیاهان مراتع گرفته و اجازه ندهند که آنها به‌طور طبیعی تکثیر و تجدید نسل نمایند. عدم تکثیر و تجدید نسل به تدریج از جامعه گیاهان خوشخوراک کاسته و بر رشد و نمو گیاهان غیر خوشخوراک یا غیرخوراکی و حتی سمی افزوده است، در نتیجه مرتعی با گیاهان غیر خوراکی و حتی سمی ایجاد می‌گردد.

در زمینه پاسخ گونه‌های‌گیاهی به تغییرات عوامل‌محیطی، اطلاعات ارزشمندی برای تعیین نیازهای اکولوژیکی گونه‌های گیاهی، ارائه دانش پایه برای معرفی گونه‌های مناسب جهت احیای مراتع تخریب‌یافته، تولید علوفه، مدیریت پوشش‌گیاهی و سایر اهداف مدیریت مراتع، ارائه می‌دهد. بنابراین با توجه به کمبود اطلاعات در این زمینه و همچنین اهمیت گونه *A.ovinus*، از نظر سطح مناطق پراکنش، تولید بالای علوفه (تا ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط بهینه رویشگاهی)، خوشخوراکی مطلوب و همچنین حفاظت خاک (Khalsi Ahvazi et al., 2011)، در این پژوهش به مطالعه نیازهای اکولوژیک این گونه و عکس‌العمل آن به تغییرات عوامل‌محیطی، پرداخته شد.

نتایج مطالعات پوشش گیاهی در منطقه نشان داد که درصد قابل‌توجهی از گونه‌های شناسایی شده دارای شکل زیستی تروفیت بوده که قادرند در مدت کوتاهی رشد نموده و بذرهای بسیار زیادی تولید نمایند که این مشخصه‌ها یکی از خصوصیات گونه‌های مهاجم بوده و فراوانی آنها در داخل مناطق دارای آشفتگی بیشتر می‌باشد، هر چند که تمام این گونه‌ها لزوماً مهاجم نیستند. این موضوع نشان می‌دهد که چرای شدید دام در فراهم نمودن شرایط محیطی در تغییر

ترکیب گیاهی به نفع گونه‌های یکساله و بعضاً مهاجم نقش مهمی داشته است. این موضوع همسو با نگرش محققانی مانند Crawley (1997) و Godefroid et al., (2005) به آشفتگی است. علاوه بر این عوامل توپوگرافی نه تنها سبب تغییر در ترکیب پوشش گیاهی، بلکه موجب تغییر در شدت چرای دام‌ها نیز شده‌اند، به طوری که چرای سبک بیشتر در شیب‌های جنوبی و یا شیب‌های تند بودند، این موضوع تأییدی بر واکنش بین آشفتگی و عوامل محیطی در تنوع گونه‌ای می‌باشد. این نتایج در یافته‌های بدست آمده توسط سایر محققان نیز ملاحظه می‌گردد (Arekhi et al., 2010; Biaou et al., 2009).

این آماربرداری در محیط جنگلی انجام شده است، افزایش مقدار نور رسیده به کف جنگل که بخشی ناشی از کاهش پوشش تاجی طبقات فوقانی جنگل به دلیل استفاده چرایی از سرشاخه‌های درختان و عدم تجدید حیات موفق آنها و بخش دیگر آن به دلیل قرار گرفتن در شیب‌های جنوبی است، موجب افزایش گونه‌های یکساله و نورپسند شده است.

در مطالعه حاضر، از مدل‌جمعی تعمیم‌یافته برای بررسی عکس‌العمل گونه *A.ovinus* نسبت به متغیرهای‌محیطی استفاده شد و نتایج قابل قبولی به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، نشان داد که این گونه نسبت به متغیرهای محیطی مورد مطالعه، عکس العمل متفاوتی را نشان دادند و پاسخ گون گوسفندی نسبت به این متغیرها، به صورت روند کاهنده، افزاینده، زنگوله‌ای و دو نمایی بود. با افزایش نیتروژن، درصد کربن‌آلی، میزان فسفر، رطوبت اشباع خاک و درصد لاشبرگ سطح خاک، حضور گونه *A.ovinus* بیشتر شده و این نشان دهنده این است که این متغیرها اثر مثبت بر رشد، زادآوری و حضور این گونه دارند. از طرف دیگر، افزایش متغیر درصد خاک بدون‌پوشش، کاهش حضور گونه *A.ovinus* را سبب شده و شانس تجدید حیات و بقاء آن را کمتر نموده است. همچنین پاسخ این گونه به عوامل‌محیطی مثل درصد شیب، درصد لاشبرگ، درصد خاک بدون پوشش و ارتفاع از سطح دریا، از مدل زنگوله‌ای، پیروی کرده و حد بهینه رشد آن برای این عوامل، به‌ترتیب ۳۰ درصد، ۲۰ درصد، ۲۰ درصد و ۲۲۲۰ متر از سطح دریا است. همچنین عکس‌العمل گونه *A.ovinus* با افزایش درصد شن خاک تا ۲۴ درصد، افزایشی بوده و از آن به بعد با افزایش میزان شن خاک تا ۳۵ درصد حضور گونه کاهش یافته و مجدد با افزایش شن خاک حضور و رشد گونه مورد مطالعه افزایش یافته است که نشان دهنده یک محدودیت رقابتی در قسمت‌های میانی این پارامتر محیطی است.

منابع

فرجی، آ.، (۱۳۹۳)، عکس‌العمل جوامع درمنه دشتی به برخی تغییرات‌محیطی در استان مرکزی. پایان نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۰۲ صفحه.

میرداودی اخوان، ح.، (۱۳۹۲)، تاثیر آشفتگی بر تنوع‌گیاهی و گونه‌های مهاجم در بلوطستان‌های غرب ایران (مطالعه موردی: جنگل دالاب ایلام). رساله دکتری، دانشگاه تهران، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، ۱۲۸صفحه.

Arekhi, S., Heydari, M. and Pourbabaei, H. (2010). Vegetation-environmental relationships and ecological species groups of the Ilam oak forest landscape, Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 8(2): 115-125.

Askari, Y., and Mirdavoudi, H. (2023). Astragalus ovinus Boiss. Responses Along the Gradient of Environmental Factors in Oak Forests of Yasouj, Iran. Iranian Journal of Forest Vol. 15, No. 1, Spring 2023 pp. 11-24.

Austin, M.P., L. Belbinb, J.A. Meyers, M.D. Dohertya, and M. Luotoc. (2006). Evaluation of statistical models used for predicting plant species distributions: Role of artificial data and theory. Ecological Modelling, 199(2):197-216.

Biaou, S.H., Sterck, I.F.J. and Holmgren, M. (2009). Tree recruitment in West African dry woodlands. The interactive effects of climate, soil, fire and grazing. Ph.D. Thesis, Wageningen University, The Netherlands, 182p.

Crawley, M.J. (1997). Plant ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 736 p.

Godefroid, S., Phartyal, S. S., Weyembergh, G. and Koedam, N. (2005). Ecological factors controlling the abundance of non- native invasive black cherry (Prunus serotina) in deciduous forest understory in Belgium. Forest Ecology and Management 210, 91-105.

Gogina, M. (2010). Investigation of interrelations between sediment and near-bottom environmental parameters and macrozoobenthic distribution patterns for the Baltic Sea. A doctoral thesis at the Ernst Moritz Arndt University of Greifswald, Germany.

Guisan, A., and Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135: 147-186.

Jongman, R.H.G., ter Braak, C.J.F. and van Tongeren, F.R. (1995). Data Analysis in ommunity and Landscape Ecology, Cambridge University Press, 299 pp.

Khalsi Ahvazi, L., Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H. and Soltani Gerdefaramarzi, M. (2011). Habitat suitability modelling of Eurotia ceratoides (L.) C.A.M. in North East of Semnan, using Ecological Niche Factor Analysis. Journal of Rangeland, 5(4), 362-373.

Leonard, S.G., Miles, R.L. and Burkhartdt, J.W. (1984). Comparison of soil properties associated with basin wildrye and black greaswood in the Great Basin region.

Leps, J., and Smilauer, P. (2003). Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Cambridge University Press.269 pp.

Odum, E.P. (1971). Fundamentals of Ecology. 3rd ed. W. B. Saunders. Philadelphia. 574 pp.

Pearson, R.G. and Dawson, T.P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? Global Ecology and Biogeography, 12(5): 361-371.

ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P. (2002). Canoco, reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca.

Investigation of the ecological requirements of the *Astragalus ovinus* in the Vezg forest region of Yasouj

Y. Askari[1*] and H.R. Mirdavoudi Akhavan [2]

1- Assistant Prof., Research Division of Forest, rangeland and watershed, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran
2- Associate Prof, Research Division of Forest and rangeland, Markazi Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran

Abstract

Pastures in any country are among its most valuable national resources, which, if used correctly, can play a key role in preserving water and soil and other needs of the people, such as providing protein products. In the present study, the ecological needs of the species *Astragalus ovinus* (L.) Boiss. With emphasis on determining the ecological factors affecting vegetation changes and investigating the response of these species to ecological factors changes using RedundancyAnalysis, RDA and Generalized Additive Models (GAM) in Kohgiloyeh and boyerahmad province were discussed. Data were analyzed using SPSS17 and CANOC4.5 software. The results showed that *Astragalus ovinus* a significant response to most environmental factors in its habitat. The response pattern of *Astragalus ovinus* along the gradient of litter percentage, baire soil and altitude followed the unimodal model and its optimum growth rate for these factors were 30%, 20%, 20%, respectively and was 1880 m. Also, the amount of fodder production for this species is about 260 kg per hectare. The plant's sand percentage of the soil surface response also followed the bimodal model. This model illustrates the existence of a competitive constraint along the environmental gradient. Investigation of *Astragalus ovinus* response on topographic and soil factors gradient provided valuable information for determining ecological needs of this species that can be considered in vegetation management and range improvement operations in similar areas.

Keywords: Ecology, Soil, Forage, *Astragalus ovinus*, Gradient, Rangeland.

*Corresponding author Tel: +98 9175432639 Email: Yousef.askari@gmail.com

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

ارتباط بین تغییر اقلیم و خشکیدگی درختان جنگلی

یوسف عسکری[۱]* و فاطمه درگاهیان[۲]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
۲- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

در سالیان اخیر پدیده خشکیدگی پوشش درختی به عنوان یکی از مشکلات اساسی مورد بحث و بررسی محققان قرار گرفته است. نشانه‌های خشکیدگی شامل زردی و ریزش برگ‌ها، کاهش رشد و خشک شدن شاخه‌ها و تنه‌ها است. عوامل متعددی سبب بروز خشکیدگی درختان می‌شوند از جمله فشارهای سخت ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه انسان، توسعه زمین‌های زراعی، تعلیف دام، تغییرات اقلیمی، بروز خشکسالی‌ها و دیگر پدیده‌های نوظهوری همچون ریزگردها و جابجایی فصول. تغییر اقلیم یکی از معضلات کنونی جامعه بشری و تهدیدی برای سیاره زمین به‌شمار می‌آید. تغییر اقلیم به معنای تغییرات بلندمدت در الگوهای دما، بارش و دیگر عوامل جوی است که عمدتاً به دلیل فعالیت‌های انسانی مانند سوزاندن سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی به وجود می‌آید. این شرایط نه تنها به گرم‌تر شدن کره زمین و افزایش شدت پدیده‌های جوی منجر می‌شود، بلکه تأثیرات عمیقی بر اکوسیستم‌ها و منابع طبیعی دارد. خشکیدگی درختان یکی از پیامدهای مستقیم تغییر اقلیم است. این پدیده به دلیل استرس آبی ناشی از کمبود بارش، افزایش دما و گسترش آفات و بیماری‌ها در درختان بروز می‌کند. تأثیرات این دو پدیده بر جامعه و اقتصاد قابل توجه است. کاهش درختان می‌تواند به کاهش تنوع زیستی، افزایش خطرات زیست‌محیطی، تهدید امنیت غذایی و منابع آبی منجر شود. برای مقابله با این چالش‌ها، ضروری است که به مدیریت پایدار منابع آب، احیای جنگل‌ها و آموزش عمومی توجه ویژه‌ای شود. پژوهش مروری پیش‌رو، عوامل موثر بر خشکیدگی درختان جنگلی و در ادامه ارتباط بین تغییر اقلیم و خشکیدگی این درختان را بررسی می‌کند.

واژگان کلیدی: بارش، جنگل‌زدایی، خشکیدگی، دما، درخت.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۷۵۴۳۲۶۳۹ ایمیل: Yousef.askari@gmail.com

مقدمه

تغییر اقلیم به عنوان یکی از چالش‌های بزرگ جهانی قرن بیست و یکم، تأثیرات عمیق و فراتری بر روی تمامی جنبه‌های محیط زیست و زندگی بشر دارد. این پدیده ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو به دلیل فعالیت‌های انسانی مانند سوزاندن سوخت‌های فسیلی، جنگل‌زدایی و تغییر کاربری زمین است. نتیجه این فعالیت‌ها اغلب به شکل گرمایش جهانی، تغییر در الگوهای بارش و افزایش فراوانی وقایع جوی شدید بروز می‌کند. عوامل غیرزیستی شامل آب و هوا (رژیم‌های بارندگی، خشکسالی، درجه حرارت‌های بیشینه)، خاک (کمبود یا مازاد مواد مغذی، شرایط رطوبتی، کوبیدگی) و عوامل شیمیایی (آلاینده‌های هوا و خاک) می‌شوند. افزایش دما سبب ضعف فیزیولوژیک درخت و در نتیجه ناتوانی آن در برابر آفات و بیماری‌ها می‌شود. تنش کم‌آبی در یک دوره زمانی جزء عوامل تشدیدکننده پدیده زوال است (میرابوالفتحی، ۱۳۹۲). براساس بررسی Clatterbuck and Kauffman (2006) خشکسالی و تغییرات اقلیمی از عوامل اولیه زوال بلوط هستند که به طور مستقیم سبب تضعیف درختان و آسیب‌پذیر شدن آنها در برابر آفات و بیماری‌ها می‌شوند.

مرگ و میر درختی در مقیاس منطقه‌ای توسط اقلیم کنترل می‌شود و در مقیاس محلی توسط کنترل کننده‌هایی از قبیل تنوع توپوگرافی (که به نوعی به قابلیت دسترسی آب رویشگاه مرتبط است)، خصوصیات فردی و اجتماعی درختان و ویژگی‌های خاک کنترل می‌شود. عوامل توپوگرافیک از قبیل شیب و جهت تاثیر زیادی بر وضعیت رطوبت رویشگاه می‌گذارند. با توجه به اینکه وضعیت رطوبت در شرایط رویشگاهی مختلف فرق می‌کند، بنابراین میزان رشد درختان و عملکرد آنها در شرایط کمبود رطوبت یکسان نیست و در نتیجه شدت خشکیدگی در توده‌های جنگلی واقع در موقعیت‌های فیزیوگرافیک مختلف فرق می‌کند (Stephenson, 1990). همچنین باتوجه به تنوع شرایط فیزیوگرافیک رویشگاه‌ها و قرارگیری درختان در شرایط مختلف داخل توده می‌توان گفت که توزیع فراوانی درختان زوال یافته در ارتباط با شرایط فیزیوگرافیک و ساختاری توده، اثر همجواری درختان همسایه بر خشکیدگی درختان و نیز پاسخ‌های اکوفیزیولوژی آنها به خشکسالی می‌تواند وضعیت زوال درختان را به خوبی تفسیر کند (Guarin and Taylor, 2005).

یکی از پیامدهای بارز تغییر اقلیم، خشکیدگی درختان است. درختان به عنوان عناصر کلیدی اکوسیستم‌ها، در فرآیندهای بیولوژیکی و زیست‌محیطی نظیر تصفیه هوا، نگهداری آب و حفظ تنوع زیستی نقش بسزایی ایفا می‌کنند. اما افزایش دما و کاهش بارش می‌تواند منجر به استرس آبی و افزایش آسیب‌پذیری درختان در برابر آفات و بیماری‌ها شود که این امر به نوبه خود تأثیرات منفی گسترده‌ای بر روی اکوسیستم‌ها و جوامع انسانی خواهد داشت (درگاهیان و پورهاشمی، ۱۴۰۱). با وقوع مرگ و میرهای درختی تغییرات زیادی در عملکرد و ساختار جنگل‌ها و اکوسیستم‌های جنگلی رخ می‌دهد. از جمله می‌توان به مواردی چون کاهش تراکم توده، تغییر فراوانی گونه‌های درختی، تغییر در ترکیب گونه‌ها، کاهش انبوهی تاج پوشش جنگل، تغییر ساختار جنگل‌ها، افزایش میزان خشکه‌دارها و حساس شدن جنگل به آتش‌سوزی، تغییرات تنوع زیستی و تاثیر در فرآیندهای بیولوژیک جنگل، به‌هم‌خوردن توازن بیولوژیک و اکوسیستمیک در جنگل، به هم خوردن تناسب جنگل به عنوان مامنی برای حیوانات، کاهش کارایی و عملکرد جنگل در انجام وظایف خود و کاهش توان ذخیره نزولات جوی در سال‌های ترسالی آتی اشاره نمود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که پدیده زوال بلوط معضلی جهانی است و نزدیک به ۴۰ کشور دنیا با این پدیده روبرو هستند (پورهاشمی و صادقی، ۱۳۹۹). نظریه‌های

گوناگونی درباره بروز پدیده خشکیدگی درختان مطرح است، ولی آنچه بیشتر پژوهشگران بر آن اتفاق نظر دارند این است که تنها یک عامل نمی‌تواند دلیل این پدیده باشد، بلکه ایجاد این بحران تحت تأثیر چندین عامل است که همزمان یا با تواتر رخ می‌دهند (Alexander and Lee, 2010). وقوع خشکیدگی درختان در اکوسیستم‌های مدیترانه‌ای یک پدیده چندعاملی پیچیده در نظر گرفته می‌شود که شامل ترکیبی از عوامل اولیه یا مستعد کننده (آب و هوای گرم‌تر، تنش آبی، آلاینده‌های هوا، ویژگی‌های خاک، اختلال کاربری زمین، برگخوارها و سوسک‌های پوست) و عوامل ثانویه یا فرصت طلب (آفات مهاجم) است (Thomas, 2008; Rodríguez-Calcerrada et al., 2017) که در مقیاس درخت، توده و چشم-انداز عمل می‌کنند. در بیشتر موارد، هیچ‌یک از این عوامل به‌تنهایی عمل نمی‌کنند. تعامل همزمان حداقل دو عامل تنشی که در آن یکی از آنها شامل یک رویداد اقلیمی شدید (به‌عنوان مثال، خشکسالی) است، سبب شیوع مهم خشکیدگی شده است (RodríguezCalcerrada et al., 2017). Thomas et al. (2002) عوامل مختلف و اثرات متقابل آنها را بر خشکیدگی بلوط در اروپای مرکزی به تفصیل بررسی و گزارش کردند که تاکنون هیچ عاملی به تنهایی مسئول این پدیده شناخته نشده است. بااین‌حال، شرایط نامساعد اقلیمی (خشک‌سالی، یخبندان بهاره یا درجه حرارت بالا در طول دوره پوشش گیاهی) برای توسعه و گسترش این پدیده یا حداقل تضعیف کردن درختان در برابر عوامل ثانویه مانند قارچ‌های بیماری‌زا یا آفات حشرات (Drobyshev et al., 2007) موثر هستند. به‌نظر می‌رسد عوامل موثر در زوال شامل عوامل زیستی و غیرزیستی متعددی است که ترکیب آنها سبب کاهش قدرت درختان بلوط شده و اغلب سبب مرگ می-شود (Hernández-Lambraño et al., 2019).

خشکیدگی درختان نه تنها به کاهش سطح جنگل‌ها و تغییر در ویژگی‌های زیست‌محیطی منجر می‌شود، بلکه پیامدهای اجتماعی و اقتصادی نیز به همراه دارد. گسترش بیابان‌زایی، کاهش ذخایر آب و از بین رفتن تنوع زیستی عواقبی هستند که همگی به خاطر ناتوانی در مدیریت بهینه منابع طبیعی ناشی از تغییرات اقلیمی ایجاد می‌شود. بنابراین، درک رابطه‌ای که بین تغییر اقلیم و خشکیدگی درختان وجود دارد، برای توسعه راهکارهای پایدار و مؤثر در حفظ محیط زیست و منابع طبیعی ضروری است. این مقاله مروری به بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر جنگل‌ها و فرآیندهای خشکیدگی درختان می‌پردازد. در این راستا، تلاش می‌شود تا راهکارهایی برای بهبود وضعیت فعلی و حفاظت از منابع طبیعی ارائه گردد.

مواد و روش‌ها

پژوهش پیش‌رو براساس جمع‌آوری مطالب از سایت‌های تخصصی، بررسی مقالات مختلف و همچنین اطلاعات کتابخانه-ای تهیه گردیده است.

یافته‌ها

تغییر اقلیم به عنوان یکی از چالش‌های اساسی قرن حاضر، تأثیرات بی‌سابقه‌ای بر روی اکوسیستم‌های طبیعی، به‌ویژه جنگل‌ها و درختان دارد. در این پژوهش، تأثیراتی چون خشکیدگی درختان به عنوان یکی از پیامدهای کلیدی تغییرات اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که افزایش دما و تغییر الگوهای بارش سبب ایجاد شرایط ناگهانی و

غیرقابل پیش‌بینی برای درختان می‌شود که این امر به استرس آبی، افزایش آسیب‌پذیری در برابر آفات و بیماری‌ها و در نهایت، کاهش تنوع زیستی و سلامت اکوسیستم‌ها منجر می‌گردد. عوامل متعدد دیگری نیز در بروز خشکیدگی بلوط تأثیر دارند: خشکی، افزایش دما، پستی و بلندی، مشخصات کمی و کیفی درختان و غیره. مشخصات کمی درختان شامل قطر برابرسینه (حسینی، ۱۳۹۴)، وضعیت تاج، ارتفاع درختان و انبوهی توده‌های جنگلی بر وضعیت خشکیدگی درختان تأثیر دارند (Greenwood and Weisberg, 2008). در مطالعات صورت گرفته مشخص شده است که با افزایش شیب تعداد درختان خشکیده افزایش پیدا کرده است و در شیب‌های تندتر این خشکیدگی نمود بیشتری دارد. همچنین احتمال خشکیدگی در ارتفاعات بالا و جهت‌های جنوبی و غربی و خاک‌های کم‌عمق‌تر با شدت نفوذ آب کمتر و درصد شیب‌های بالا بیشتر از مناطق دیگر است همچنین می‌توان دید که در مناطقی که تراکم درختان خشکیده در نقشه اولیه خشکیدگی بیشتر است احتمال خشک شدن بقیه درختان سالم نسبت به جاهای کم تراکم نیز بالاتر می‌رود چون با افزایش تراکم پوشش جنگلی احتمال انتقال بیماری از درختان بیمار و یا خشکیده به درختان سالم افزایش پیدا می‌کند (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۴). با افزایش گازهای گلخانه‌ای، تغییر در مقابل عوامل اقلیمی رخ می‌دهد که این تغییرات، سبب تأثیر قابل‌توجهی بر اجزای چرخه هیدرولوژیک نظیر بارش (شدت، نوع و مقدار بارش)، رواناب، آب زیرزمینی، رطوبت خاک و تبخیر تعرق می‌شود (Goyal, 2004). شرایط فیزیوگرافی رویشگاه و ساختار توده ازجمله عوامل مهمی هستند که بر چگونگی پراکنش خشکیدگی درختان بلوط و موقعیت و میزان زوال درختان تأثیر ویژه‌ای دارند، بنابراین در مدیریت کنترل این عارضه زیست محیطی باید به تأثیرات عوامل شکل زمین و فیزیوگرافی منطقه و عوامل ثانویه خشکیدگی مانند آفات و بیماری‌های قارچی که به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم متأثر از عوامل فیزیوگرافی هستند توجه کرد (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۴). ضعف فیزیولوژیک درختان بلوط شرایط را برای بروز و طغیان گروه‌های خاصی از آفات و بیماری‌های فرصت‌طلب مهیا کرده و نتیجه آن بروز پدیده‌ها و بیماری نوظهور در عرصه‌های جنگلی است که خشکیدگی و زوال بلوط در جنگل‌های غرب یکی از پیامدهای آن است (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۴). بررسی‌های علمی و ادبیات موجود حاکی از آن است که بسیاری از گونه‌های درختی تحت تأثیر مستقیم تغییرات اقلیمی قرار گرفته و در برخی مناطق دچار کاهش رشد و زادآوری می‌شوند. این خشکی می‌تواند به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک شدیدتر باشد، جایی که منابع آبی محدود و وابستگی درختان به بارش‌های فصلی افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، گسترش آفات و بیماری‌هایی که با شرایط اقلیمی جدید سازگار می‌شوند، بیش از پیش سلامت درختان را تهدید می‌کند. در نتیجه، برای مقابله با این چالش‌ها، نیاز به یک رویکرد چندوجهی داریم که شامل افزایش آگاهی عمومی، توسعه برنامه‌های مدیریتی مؤثر و ایجاد استراتژی‌های تطبیق با تغییرات اقلیمی باشد. به‌عنوان مثال، کاشت گونه‌های مقاوم‌تر به خشکی، ارتقاء روش‌های کشاورزی پایدار، و بهبود مدیریت منابع آب می‌تواند به کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم بر درختان کمک کند. همچنین، نیاز به حمایت از پژوهش‌های بیشتر درباره ترکیب تنوع زیستی، مداخلات انسانی و وضعیت اقلیمی وجود دارد تا راهکارهای مبتنی بر شواهد علمی برای حفاظت از جنگل‌ها و اکوسیستم‌ها ایجاد گردد. در این راستا، همکاری بین کشورها و سازمان‌های بین‌المللی نیز برای اشتراک‌گذاری دانش و فناوری‌ها ضروری است. پیامدهای ناشی از این روند بسیار نگران کننده است و همه بخش‌های محیط زیست، کشاورزی، منابع آب، اقتصادی اجتماعی و حتی سیاسی از تبعات آن مصون نخواهند ماند. شکل بارز این دگرگونی بیابان‌زایی است که بازخور آن تشدید تغییرات اقلیمی،

خشکیدگی بیشتر جنگل‌ها و گسترش دامنه ریزگردها است. بیابان‌زایی تخریب غیرقابل برگشت و توسعه شرایط بیابانی در مناطقی است که بیابان نیستند (Le Houérou, 1996). در شرایط طبیعی جنگل‌ها موجب تعدیل هوای پیرامون خود و افزایش بخار هوا شده که صعود آن موج افزایش بارندگی می‌شود، اما با روند فعلی تخریب جنگل‌ها کاهش بارش و افزایش ریزگردها، در انعقاد تراکم هسته‌ای بارش اخلال وارد خواهد شد (Rosenfeld et al., 2001).

حسینی و همکاران (۱۳۹۳) مروری بر عوامل اقلیمی تأثیرگذار در خشکیدگی درختان جنگلی بیان کردند که منشأ اصلی خشکیدگی درختان، عوامل اقلیمی (کاهش بارندگی، افزایش دما، طول دوره خشکیدگی) و بروز تنش‌های خشکیدگی شدید است که سبب شده درختان نتوانند آب مورد نیاز خود را به اندازه کافی بدست آورند و دچار ضعف فیزیولوژیکی - شوند.

عطارد و همکاران (۱۳۹۴) ارتباط بین عوامل اقلیمی (بارش، دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت باد) و تبخیرتعرق مرجع با زوال جنگل‌های زاگرس در استان لرستان را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که یکی از مهم‌ترین دلایل خشکیدگی بوم‌سازگان جنگلی زاگرس، می‌تواند تغییر عوامل اقلیمی و تبخیر و تعرق مرجع در طی زمانی کوتاه بوده باشد.

Kouba et al. (2012) نقش تغییر کاربری‌ها و تغییرات آب و هوا را برروی بازسازی و پویایی جنگل‌های بلوط مدیترانه (*Quercus faginea*) بررسی نموده و دریافتند که با افزایش جمعیت روستاهای اطراف جنگل، چرا و تردد بیش از حد دام و همچنین کشاورزی گسترده، تنوع در بارش سالانه، درجه حرارت پایین، تنش سرما در زمستان و افزایش درجه حرارت در تابستان به علت خشکسالی، استفاده بیش از حد تراورس چوب بلوط، بارندگی کم در فصل زمستان و بهار که عوامل فوق بر رشد، نحوه استقرار، ساختار درختان جنگل تأثیرگذارند در نتیجه تغییرات طولانی مدت آب و هوا و تغییرکاربری جنگل اثرات قابل‌توجهی بر پویایی جنگلهای بلوط دارد که با افزایش فشار بر این جنگل‌ها درختان بلوط رو به زوال گذاشته و از بین رفته‌اند.

Hernández-Lambraño et al. (2019) نقش نسبی عوامل محیطی در توزیع پدیده زوال و تولید یک مدل مکانی از خطر زوال بلوط در ایبریای اسپانیا را ارزیابی کردند. برای این کار، مجموعه پایگاه داده‌ای از مراکز زوال بلوط بین سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۷ استفاده شد. در مجموع، ۶۸ مکان برای ارزیابی روابط زوال با عوامل محیطی (شرایط توپوگرافی، شرایط تنش غیر زنده و تأثیر انسان) با استفاده از مدل‌های حداکثر آنتروپی (MaxEnt) و تقسیم‌بندی واریانس استفاده شد. به‌نظر می‌رسد توزیع زوال بلوط عمدتاً تحت تأثیر کاربری زمین قرار داشته و به‌دنبال آن مناطق خشک‌تر و مناطق با شیب کم رو به جنوب یا جنوب شرقی هستند. مدل به‌دست آمده برای تولید یک نقشه دقیق خطر زوال بلوط در مرکز-غرب اسپانیا استفاده شده است.

نتیجه‌گیری و بحث

خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی در چند دهه اخیر تأثیر مخربی بر جنگل‌های زاگرس و به‌ویژه درختان بلوط زاگرس داشته است. به‌طوری‌که خشکسالی‌های ناشی از تغییرات اقلیمی با تضعیف درختان و مساعد کردن شرایط برای حمله آفات و بیماریهای گیاهی و از سویی ایجاد رخدادهای گرد و غبار، یکی از عوامل اصلی شیوع زوال درختان بلوط محسوب

می‌شود (لطفی‌نسب اصل و همکاران، ۱۴۰۳). تغییر اقلیم و خشکیدگی درختان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی است که تأثیرات عمیقی بر اکوسیستم‌ها و زندگی انسان‌ها دارد.

تأثیرات تغییر اقلیم و خشکیدگی درختان

کاهش تنوع زیستی: با خشکیدگی درختان، زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌ها دچار تغییرات می‌شوند که می‌تواند منجر به کاهش تنوع زیستی شود.

تأثیرات اقتصادی: درختان از نظر اقتصادی بسیار مهم هستند. خشکیدگی آن‌ها می‌تواند به کاهش تولید محصولات کشاورزی و چوبی منجر شود.

تغییرات اجتماعی: همچنین، درختان نقش مهمی در زندگی اجتماعی جوامع بازی می‌کنند. کاهش درختان می‌تواند به مشکلات اجتماعی و اقتصادی دامن بزند.

به نظر می‌رسد تنک کردن و برداشت معتدل درختان سبب افزایش قدرت و رویش درختان شده و این موضوع سبب کاهش هجوم حشرات و بیماری‌ها در توده جنگلی می‌شود. نتایج پژوهشی که طی ۱۴ سال در یک توده بلوط زوال یافته انجام شده نشان داد که با برداشت درختان، شدت خشکیدگی بلوط کاهش یافته و رویش درختان در مقایسه با توده‌هایی که برداشت در آنها انجام نشده بود، افزایش یافت (Dwyer et al., 2007). البته در مدیریت کنترل این عارضه زیست محیطی باید به تأثیرات عوامل شکل زمین و فیزیوگرافی منطقه و عوامل ثانویه خشکیدگی مانند آفات و بیماری‌های قارچی که به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم متأثر از عوامل فیزیوگرافی هستند توجه کرد. اما به طور کلی عواملی همچون برش‌های بهداشتی، به کارگیری بانکت به همراه قرق منطقه، آب‌رسانی، کنترل آفات، کنترل بیماری‌ها، استفاده از خواص آنتاگونیستی باکتری‌ها و قارچ‌ها و القای مقاومت سیستمیک از جمله راهکارهای کنترل و جلوگیری از خشکیدگی درختان توده جنگلی بوده است.

نتایج حاصل از مطالعات متعدد علمی شامل مقاله، طرح تحقیقاتی، کتاب و پایان‌نامه در خصوص خشکیدگی درختان بلوط غرب و عوامل موثر بر آن مورد ارزیابی و خلاصه مطالعه‌های مذکور در شکل ۱ بیان شده است (کرمیان و میرزایی، ۱۳۹۹).



شکل ۱- عوامل مهم و تأثیرگزار در پدیده خشکیدگی بلوط در جنگل‌های زاگرس

در ادامه برای بررسی عوامل اقلیمی موثر بر خشکیدگی درختان، با توجه به معیارهایی که در پژوهش‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته بودند، جدولی تهیه گردید که خلاصه آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- عوامل اقلیمی موثر بر خشکیدگی درختان

عامل اقلیمی	تأثیر بر پوشش درختی
خشکسالی	کاهش سفره آب زیرزمینی، ضعف و خشکیدگی درختان
کاهش بارش	کاهش دسترسی به آب و ایجاد تنش آبی در درختان
تغییر در الگوی بارش	اختلال در رشد درختان و در نتیجه خشکیدگی درختان
افزایش دما	سبب تبخیر زیاد و استرس گرمایی در درختان شده که به خشکیدگی می‌انجامد
گرمایش ناگهانی	شدت یافتن سریع دما که می‌تواند به شوک حرارتی درخت منجر شود
افزایش پدیده‌های غیرمعمول جوی	سبب تغییر در ساختار و سلامت درختان می‌شود

Aber et al. (2002) به بررسی اثرات وقایع اقلیمی و نحوه مدیریت انسانی بر توده‌های بلوط منطقه کانزاس آمریکا پرداخته و نتیجه گرفتند در مناطقی که شدت فعالیت‌های انسانی بیشتر بوده، اثر وقایع اقلیمی معنی‌دار می‌باشد. Thomas and Hartmann (1998) بیان داشتند که سه گروه از عوامل غیرزنده اصلی مانند تغییرات آب و هوایی، شرایط رویشگاه و آلودگی هوا سبب خشکیدگی بلوط می‌شوند و نامناسب بودن تغییرات آب‌وهوایی و شرایط رویشگاه برای رشد درختان بلوط، به‌طور گسترده سلامت این درختان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. Brasier and Scott (1994) اظهار داشتند که افزایش نیتروژن، دی‌اکسیدکربن، باران‌های اسیدی و گرد و غبار، علاوه بر اثرات مستقیم بر روی شادابی و سلامت گیاهان، می‌توانند به‌عنوان عوامل شروع کننده زوال بوم‌سامانه شناخته شوند. پس تغییر اقلیم تنها یک پیامد نیست، بلکه واکنش‌های متقابل پیچیده‌ای را شامل می‌شود که بین فرآیندهای اقلیمی، محیطی، اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و تکنولوژی انجام می‌شود (لطفی‌نسب و همکاران، ۱۴۰۳).

بنابراین، تغییر اقلیم و خشکیدگی درختان یک چالش جهانی است که نیازمند اقدام جمعی و مسؤولانه همه ذی‌نفعان، شامل دولت‌ها، جوامع محلی و سازمان‌های غیردولتی می‌باشد. تنها با همکاری و تدوین استراتژی‌های پایدار می‌توان به حفاظت از جنگل‌ها و حفظ سلامت اکوسیستم‌ها در برابر تغییرات اقلیمی امیدوار بود.

منابع

پورهاشمی، م.، صادقی، س.م.م.، (۱۳۹۹)، مروری بر علل بوم‌شناختی پدیده زوال بلوط در جنگل‌های ایران. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۸ (۱۶): ۱۶۴-۱۴۸.

حسینی، ا.، (۱۳۹۴)، پاسخ‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک برگ درختان در توده‌های دچار زوال بلوط ایرانی. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۲۳ (۲): ۲۹۸-۲۸۸.

درگاهیان، ف.، پورهاشمی، م.، (۱۴۰۱)، رخداد تغییر اقلیم براساس شاخص‌های دمایی سرد در اکوسیستم جنگلی زاگرس مرکزی، پژوهش و توسعه جنگل، ۸(۲)، ۲۱۵-۱۹۷.

عطارد، پ.، صادقی، س.م.م.، طاهری سرتشنیزی، ف.، سارویی، س.، عباسیان، پ.، مسیح پور، م.، کردستمی، ف. و دریکوندی آ.، (۱۳۹۴)، اثرگذاری عوامل اقلیمی و تبخیرتعرق بر زوال جنگل‌های زاگرس مرکزی در استان لرستان. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۳ (۲): ۱۱۲-۹۷.

کرمیان، م.، میرزایی، ج.، (۱۳۹۹)، مهمترین عوامل موثر بر خشکیدگی بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) در جنگل‌های ایلام، مجله بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۸ (۱۵): ۱۰۳-۹۳.

لطفی‌نسب، س.، گوهردوست، آ.، درگاهیان، ف.، (۱۴۰۳)، شهودی بر تغییر اقلیم در نواحی رویشی زاگرس (مطالعه موردی: سایت-های زوال درختان بلوط استان ایلام)، مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، ۴(۲)، ۱۸۸-۱۴۹.

مهدوی، ع.، میرزایی‌زاده، و.، نیک‌نژاد، م. و کرمی، ا.، (۱۳۹۴)، بررسی و پیش‌بینی زوال درختان بلوط با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: جنگل‌های بیوره ملکشاهی- ایلام). تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۳ (۱): ۳۳-۲۰,۱ (۴): ۳۴۰-۳۲۹.

Aber, J.S., J. Wallace and M.C. Nowak. (2002). Response of forest to climatic events and human management at Fort Leavenworth, Kansas. Current Research in Earth Science Bulletin, 248: 1-24.

Alexander, J. and C.A. Lee. (2010). Lessons learned from a decade of sudden oak death in California evaluating local management. Journal of Environmental Management, 46(3): 315-328.

Brasier, C.M and J. Scott. (1994). European oak declines and global warming: A theoretical assessment with special reference to the activity of phytophthora cinnamomi. Bull OEPP, 24: 221-232.

Clatterbuck, W.K. and Kauffman, B.W. (2006). Managing oak decline. University of Tennessee, UT Extension.

Drobyshev, I., Linderson, H. and Sonesson, K. (2007). Temporal mortality pattern of pedunculate oaks in southern Sweden. Dendrochronologia 24 (2-3), 97–108.

Dwyer, J.P., Kabrick, J.M. and Wetteroff, J. (2007). Do improvement harvests mitigate oak decline in Missouri Ozark forests. Northern Journal of Applied Forestry, 24(2): 123-128.

Greenwood D.L. and Weisberg P.J. (2008). Density-dependent tree mortality in pinyon juniper woodlands. Forest Ecology and Management, 255: 2129-2137.

Goyal, R.K. (2004). Sensitivity of evapotranspiration to global warming: a case study of arid zone of Rajasthan (India), Agricultural Water Management, 69: 1-11.

Guarin, A. and Taylor, A.H. (2005). Drought triggered tree mortality in mixed conifer forests in Yosemite National Park, California, USA. Forest ecology and management, 218(1-3): 229-244.

Hernández-Lambraño, R.E., de la Cruz, D.R. and Sánchez-Agudo, J.Á. (2019). Spatial oak decline models to inform conservation planning in the Central-Western Iberian Peninsula. Forest Ecology and Management, 441: 115-126.

Kouba, Y., Camarero, J. and Concepcion, L. (2012). Roles of land-use and climate change on the establishment and regeneration dynamics of Mediterranean semi-deciduous oak forests. Forest Ecology and Management, 274: 143-150.

Le Houérou, H. N. (1996). Climate change, drought and desertification. Journal of Arid Environments, 34(2), 133-185.

Rodríguez-Calcerrada, J., Sancho-Knapik, D., Martin-StPaul, N.K., Limousin, J.-M ,.McDowell, N.G. and Gil-Pelegrín, E., (2017). Drought-Induced Oak Decline—Factors Involved, Physiological Dysfunctions, and Potential Attenuation by Forestry Practices. In: Gil-Pelegrín, E., Peguero-Pina, J.J., Sancho-Knapik, D. (Eds.), Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus *Quercus* L .Springer International Publishing, Cham, pp. 419–451.

Stephenson, N.L. (1990). Climate control of vegetation distribution: the role of water balance, American Naturalist. 135: 649-670.

Thomas, F.M. and G. Hartmann. (1998). Tree rooting patterns and soil water relations of healthy and damaged stands of mature oak (Quercus robur L. and Quercus petraea [Matt.] Liebl.). Plant and Soil, 203: 145-158.

Thomas, F.M., Blank, R. and Hartmann, G. (2002). Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in central Europe. Forest Pathology, 32(4): 277–307.

The relationship between climate change and tree decline in the forest

Y. Askari[*1] and F. Dargahian[2]

1- Assistant Prof., Research Division of Forest, rangeland and watershed, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran.
2- Associate Prof., Research Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

In recent years, the phenomenon of tree cover drying has become one of the fundamental problems discussed and studied by researchers. Several factors cause the drying of trees, including severe pressures from human overexploitation, expansion of agricultural land, livestock grazing, climate change, droughts, and other emerging phenomena such as dust storms and shifts in seasons. Climate change is currently one of the major issues facing human society and a threat to the planet Earth. Climate change refers to long-term changes in temperature patterns, precipitation, and other atmospheric factors, primarily caused by human activities such as burning fossil fuels and deforestation. These conditions not only lead to global warming and increased intensity of weather phenomena but also have profound impacts on ecosystems and natural resources. The drying of trees is one of the direct consequences of climate change. This phenomenon occurs due to water stress resulting from insufficient rainfall, increased temperatures, and the spread of pests and diseases in trees. Signs of tree decline include yellowing and shedding of leaves, reduced growth, and the drying of branches and trunks. The impacts of these two phenomena on society and the economy are significant. A decrease in trees can lead to reduced biodiversity, increased environmental hazards, and threaten food security and water resources. The aim of the present review study is to examine the factors influencing the drying of forest trees and to further explore the relationship between climate change and the drying of forest trees.

Keywords: Precipitation, Deforestation, Decline, Temperature, Tree.

*Corresponding author Tel: +98 9175432639 Email: Yousef.askari@gmail.com

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

نقش تغییرات اقلیمی و فعالیت انسان بر پویایی جنگل در اواخر هولوسن: یک رکورد گرده‌ای از منطقه غرب هیرکانی

فائزه نورمحمد علیائی[۱]، الیاس رمضانی کاکرودی*[۱] و هرمان بلینگ[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.
۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.
۳- استاد دانشگاه گوتینگن آلمان.

چکیده

تالاب‌های مرتفع نسبت به تغییرات محیطی حساس هستند و می‌توانند بینش مفیدی در مورد تغییرات آب و هوایی گذشته و تأثیرات انسانی ارائه دهند. در اینجا نتایج یک مطالعه گرده‌شناختی بر روی تورب‌زاری نزدیک به مرز یک اکوتون جنگل-استپ در منطقه هیرکانی غربی ارائه می‌شود. دو مرحله اصلی جنگل زدایی با دخالت انسان شناسایی شد: یکی در طول دوره ۶۰۰-۵۰۰ سال پیش و دیگری در چند دهه‌گذشته در قرن بیستم. شرایط اقلیمی سرد عصر یخبندان کوچک (Little Ice Age) احتمالاً عامل خالی از سکنه شدن دهکده اولیه و گسترش توده‌های پراکنده اوری-لور (*Quercus macranthera-Carpinus orientalis*) همراه با راش (*Fagus orientalis*)، اوجا/ملج (*Ulmus carpinifolia/U. glabra*)، کرب (*Acer campestre*) و انگور (*Vitis vinifera*) بود. داده‌های ما برای انتخاب گونه‌های مناسب در برنامه‌های احیای جنگل در ارتفاعات رشته کوه‌های البرز غربی بسیار مهم است.

واژگان کلیدی: بازسازی تاریخچه پوشش گیاهی، جنگل‌های هیرکانی، گرده‌شناسی.

مقدمه

پوشش گیاهی هر منطقه تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند اقلیم و فعالیت‌های انسانی قرار دارد. یکی از روش‌های مهم برای بازسازی پوشش گیاهی یک منطقه گرده‌شناسی (پالینولوژی) است که به مطالعه علمی گرده‌ها و هاگ‌ها، پراکنش و ساختار آن‌ها می‌پردازد. افزون بر اقلیم که مهم‌ترین عامل تغییر پوشش گیاهی است، عواملی مانند آتش‌سوزی، شیوع حشرات، توالی پوشش گیاهی و دخالت انسان نیز در تغییر الگوی پراکنش گیاهان نقش اساسی دارند. روش‌های زیادی برای مطالعه آب و هوای گذشته در دسترس است که از بین آن‌ها مطالعه پوشش گیاهی گذشته با کمک تجزیه و تحلیل گرده (پالینولوژی یا گرده‌شناسی) منبع بسیار مفیدی است. پالینولوژی علم مطالعه دانه‌های گرده و هاگ است. این دو

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۳۸۸۴۱۹۴ ایمیل: e.ramezani@urmia.ac.ir

گروه از نظر عملکرد بسیار متفاوت هستند، اما هم دانه‌های گرده و هم هاگ (به استثنای برخی از جلبک‌ها و قارچ‌ها) از تقسیم سلولی ناشی می‌شود و هر دو نیاز به انتقال دارند تا وظایف خود را انجام دهند (Moore et al.,1991). گرده‌ها بیانگر شرایط اکولوژیک گیاهانی هستند که آن‌ها را تولید می‌کنند. با دانستن اکولوژی گیاه مادری، می‌توان اطلاعات ارزشمندی از محیط گذشته به دست آورد (طالبی، ۱۳۹۲). از سوی دیگر، بازسازی تاریخچه پوشش گیاهی و تغییرات آب و هوای گذشته زمین، امکان پیش‌بینی آب و هوای آینده را فراهم می‌کند. با آگاهی از تغییرات گذشته در جنگل‌ها می‌توان برنامه‌ریزی مناسبی برای مدیریت جنگل در زمان حال انجام داد و وضعیت جنگل‌ها را در آینده بهتر پیش‌بینی کرد (رمضانی، ۱۳۸۷).

پژوهش‌های گرده‌شناسی اخیر در منطقه هیرکانی آگاهی ما را از وضعیت پوشش گیاهی گذشته و پویایی آن در گذر زمان و نقش تغییرات اقلیمی و فعالیت انسان بر این تغییر و تحولات افزایش داده است (Ramezani et al., 2008, 2016, 2023a, b: Homami Totmaj et al., 2020, 2021, 2022). نخستین پژوهش گرده‌شناسی در منطقه هیرکانی نشان داد که از ۱۰۰۰ سال گذشته توده‌های جنگلی اطراف تورب‌زار موزی داربن در ارتفاع ۵۵۰ متر از سطح دریا در هیرکانی مرکزی از توسکا و ممرز همراه با بلوط، ملج و انجیلی تشکیل شده بود (Ramezani et al., 2008). در بررسی گرده شناختی تورب‌زار مزگاه در بخش جلگه‌ای شمال ایران، افزون بر نقش آب و هوا و فعالیت انسان بر پوشش گیاهی، تاثیر نوسانات آب دریای خزر در ۳۰۰۰ سال گذشته نیز مشخص شد. براساس این پژوهش، گونه لرگ از ابتدای رکورد گرده‌ای تا حدود ۱۲۰۰ سال پیش در بخش جلگه‌ای حضور پررنگی داشت ولی احتمالاً به دلیل کاهش بارش‌ها و فعالیت انسان از فراوانی آن به شدت کاسته شد (Ramezani et al., 2016). عبداللهی و همکاران در مطالعه پالینولوژیک دیگری، تاریخچه جنگل‌های راش منطقه هیرکانی مرکزی را در ۱۴۰۰ سال گذشته بازسازی کردند. در دوره زمانی مورد بررسی، راش و ممرز، درختان اصلی (چیره) در توده‌های جنگلی پیرامون تورب‌زار بوده و ملج (*Ulmus glabra*) و بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) گونه‌های همراه را تشکیل می‌داده‌اند (عبداللهی و همکاران، ۱۴۰۰). بررسی پویایی درازمدت توده‌های راش هیرکانی مرکزی، چیرگی توده‌های راش- ممرز همراه با بلندمازو، ملج، نمدار، زبان گنجشک، شیردار و انجیلی را در سطح منطقه‌ای و فراوانی توسکای ییلاقی، پلت و لرگ را در سطح محلی (تورب‌زار و حاشیه آن) نشان داد. براساس این پژوهش، به جز در چند قرن اخیر که دخالت‌های انسان در منطقه افزایش یافته است، تغییرات اقلیمی مهمترین عامل تاثیرگذار بر ساختار و ترکیب توده‌های جنگلی منطقه بوده‌اند (Ramezani et al., 2023a). بررسی تورب‌زار پی حصل در راشستان‌های هیرکانی مرکزی، بازسازی تاریخچه پوشش گیاهی جنگلی منطقه را در ۲۰۰۰۰ سال گذشته فراهم کرده است. این پژوهش گرده‌شناختی که قدیمی‌ترین رکورد گرده‌ای در منطقه هیرکانیست، تاثیر آخرین دوره یخبندان را بر راشستان‌های منطقه به خوبی نشان داده است. راش و ممرز که درختان اصلی منطقه را تشکیل می‌دهند تنها از ۸۵۰۰ سال پیش به این سو در منطقه چیرگی یافته‌اند که نشانگر استقرار شرایط اقلیمی امروزی از آن زمان است (Ramezani et al., 2023b).

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های گرده‌شناسی در منطقه غرب هیرکانی (استان گیلان) نیز انجام شده است. براساس یکی از این پژوهش‌ها، دامداری و چرا، از چند هزار سال پیش در ارتفاعات کوه‌های تالش در بخش غربی هیرکانی وجود داشته است. پوشش گیاهی علفی غالب، شامل درمنه (*Artemisia*) و گیاهان خانواده‌های کاسنی (Asteraceae)، گندمیان

(Poaceae)، اسفناجیان (Amaranthaceae) و چتریان (Apiaceae) بود. تغییرات آب و هوا و همچنین فعالیت‌های انسان، پوشش گیاهی منطقه را تحت تأثیر قرار داد و نتایج نشان دهنده تغییر از یک دوره مرطوب‌تر (۱۷۰۰-۴۳۰۰ سال پیش) به یک دوره خشک‌تر (۱۰۰۰-۱۷۰۰ سال پیش) و بازگشت به شرایط مرطوب‌تر (۱۰۰۰ سال گذشته) است (Homami Totmaj et al., 2020).

با شناخت شرایط اقلیمی گذشته و روند تغییرات درازمدت آن، می‌توان شرایط اقلیمی امروزی منطقه را بهتر درک و تغییرات آینده را با اطمینان بیشتری پیش‌بینی کرد. پژوهش‌های گرده‌شناسی کمک بسیاری به باستان‌شناسان و مورخان در شناخت تاریخچه کشاورزی و تغییرات تاریخی در نحوه کاربری گذشته اراضی در هر منطقه می‌کند.

فرضیه ما این است که تغییرات شرایط آب و هوایی اواخر هولوسن بر ساختار و ترکیب پوشش گیاهی منطقه تأثیر گذاشته است و شرایط اقلیمی در اواخر هولوسن در منطقه تغییر کرده است. هدف از این پژوهش بازسازی تغییرات پوشش گیاهی در اواخر هولوسن و بررسی نقش تغییرات آب و هوایی، تأثیر دخالت انسان و فعالیت‌های کشاورزی بر پوشش گیاهی منطقه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (شکردشت) در ارتفاعات تالش در استان گیلان‌قرار دارد. منطقه شکردشت با موقعیت جغرافیایی 37º 53' 14.79" شمالی و 48º 41' 17.58" طول شرقی، در ارتفاعات کوه‌های تالش، ۱۵۰ کیلومتری غرب رشت و بین استان‌های گیلان و اردبیل در ارتفاع ۲۲۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. غربی ترین قسمت رشته کوه البرز را معمولاً کوه‌های تالش می‌نامند که در آن رسوبات پالئوزوئیک اولیه تا میانه (توالی‌های آتشفشانی، آواری و کربناتی) قدیمی‌ترین واحدهای زمین‌شناسی را تشکیل می‌دهند. توالی مزوزوئیک زیرشاخه تالش به طور کلی از واحدهای کربناته و سنگ آواری تریاس تا ژوراسیک اولیه تشکیل شده است. طبقات سنوزوئیک با ضخامت حدود ۸ کیلومتر عمدتاً شامل واحدهای سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی آواری است (Madanipour et al., 2018).

پوشش گیاهی منطقه

تورب‌زار شکردشت دارای خاک مرطوب و مواد آلی زیادی است. به گفته مردم محلی در حدود ۱۰۰ سال پیش درختان جنگلی در این منطقه می‌روییدند. امروزه جنگل‌های مرکب از اوری (*Quercus macranthera*)، لور (*Carpinus orientalis*) حداقل ۱/۵-۲ کیلومتر دورتر از روستا قرار دارند. از جمله درختان همراه می‌توان راش (*Fagus orientalis*)، ممرز (*Carpinus betulus*)، کرب (*Acer campestre*) و گونه‌های گلابی (*Pyrus*) و زالزالک (*Crataegus*) را نام برد. پوشش گیاهی سطح تورب‌زار در زمان نمونه‌برداری شامل شبدر (*Trifolium* spp.)، جگن (*Carex* spp.)، قاصدک (*Taraxacum*)، خانواده‌های گندمیان (Poaceae)، کاسنی ((Asteraceae (cf. *Crisium*)، پای شیر (*Allchemila*)، گونه-ای زعفران وحشی (*Crocus*)، ترشک (*Rumex*)، بیدمشک (*Salix aegyptiaca*) (کاشته شده در سال‌های اخیر) و سیر (یا پیاز) وحشی (*Allium*) بود.

آب و هوا

سه سیستم آب و هوایی مختلف بر منطقه مورد مطالعه تأثیر می‌گذارند: بادهای غربی عرض‌های میانی (Mid-latitude westerlies) و آنتی‌سیکلون سیبری (Siberian Anticyclone). رطوبت هوا بین دریای خزر و کوه‌ها به دام افتاده و سبب ایجاد آب و هوای معتدل با تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های معتدل می‌شود. گیلان با میانگین ۱۴۰۰ میلی‌متر، دارای بیشترین مقدار بارش در ایران است. براساس داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی، اسبه وونی (Asbe Vooni) در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا، میانگین بارش سالانه در منطقه شکردشت برای یک دوره ۲۰ ساله، ۷۹۲ میلی‌متر و میانگین بیشینه و کمینه سالانه دما نیز به ترتیب ۲۱ و ۳- درجه سانتی‌گراد است (Homami Totmaj et al., 2021).

مغزه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

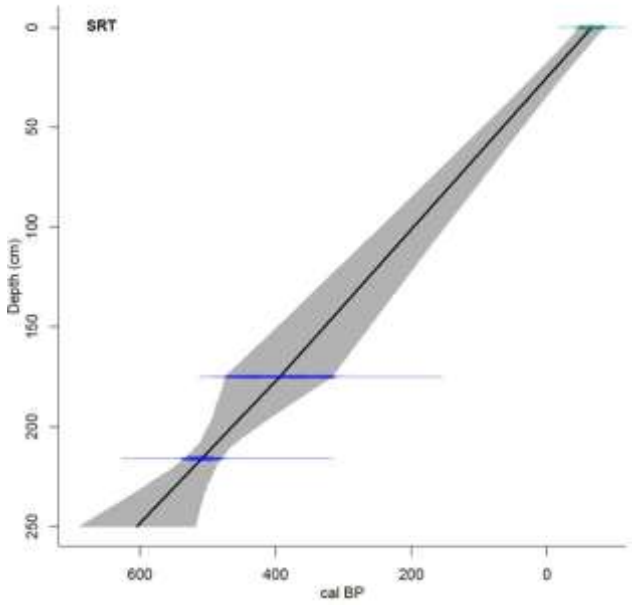
انتخاب یک محل مناسب برای نمونه‌برداری یکی از اصول اساسی در پژوهش‌های پالینولوژیک است. پس از بررسی‌های متعدد محل مناسبی در منطقه شکردشت انتخاب و به وسیله دستگاه مغزه‌برداری روسی (Russian type chamber corer)، یک مغزه رسوبی به طول ۲/۵ متر برداشته شد. آماده‌سازی نمونه‌های گرده‌شناسی در آزمایشگاه پالینولوژی و تغییرات اقلیمی دانشگاه گوتینگن در آلمان به روش استاندارد پیشنهادی فگری و ایورسن (Fægri and Iversen., 1989) انجام شد. این مراحل شامل تیمارهای اسید کلریدریک (HCl)، هیدروکسید پتاسیم (KOH) و الک (با مش ۱۲۵ میکرومتر)، تیمار با اسید هیدروفلوریک (HF)، استولیز و قراردادن نمونه‌ها در روغن سیلیکون (ویسکوزیته ۲۰۰۰ سنتی استوک) است. هدف اصلی از انجام این تیمارها این است که در حد امکان مواد اضافی از نمونه‌ها جدا شوند تا حداکثر تراکم گرده به دست آید (Fægri and Iversen, 1989; Moore et al., 1991).

شناسایی و شمارش گرده‌ها

برای شناسایی و شمارش گرده‌ها از میکروسکوپ نوری اولیمپوس CX31 (بزرگنمایی ×۴۰۰، و در گرده‌هایی که تشخیص تزیینات سطحی دیواره گرده مشکل بود، بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر)، کلیدهای شناسایی گرده‌ای (Moore et al., 1991; Beug., 2004) و اسلایدهای مرجع (reference\type slides) موجود در آزمایشگاه گرده‌شناسی گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه استفاده شد. برای ترسیم نمودار گرده، درصد فراوانی گرده‌های شمارش شده براساس مجموع گرده‌های درختی و درختچه‌ای و گیاهان مستقر بر سطح خاک معدنی اطراف تورب‌زار محاسبه شد. بعد از شمارش و طبقه‌بندی گرده‌ها، محاسبات اولیه داده‌های گرده‌شناسی در محیط Excel ۲۰۱۶ و نمایش داده‌های گرده‌شناسی و تهیه نمودار گرده با استفاده از نرم‌افزار Tilia نسخه 2.0.41 (Grimm, 2015) انجام شد.

سن‌سنجی

برای تعیین سن پدیده‌های دیرینه‌بوم‌شناختی (پالئواکولوژیک) که در محدوده سنی ۵۰ تا ۶۰ هزار سال اخیر قرار دارند، معمولا از روش رادیوکربن (AMS[1] C-14 dating) استفاده می‌شود (Walker, 2005). سن‌های رادیوکربن به سال‌های تقویمی با نرم‌افزار Clam 2.2 در محیط R با استفاده از مجموعه داده کالیبراسیون زمینی نیمکره شمالی IntCal20 کالیبره شدند (Reimer et al., 2020). مدل سنی برآورد شده برای مغزه شکردشت در شکل ۱ ارائه شده است.

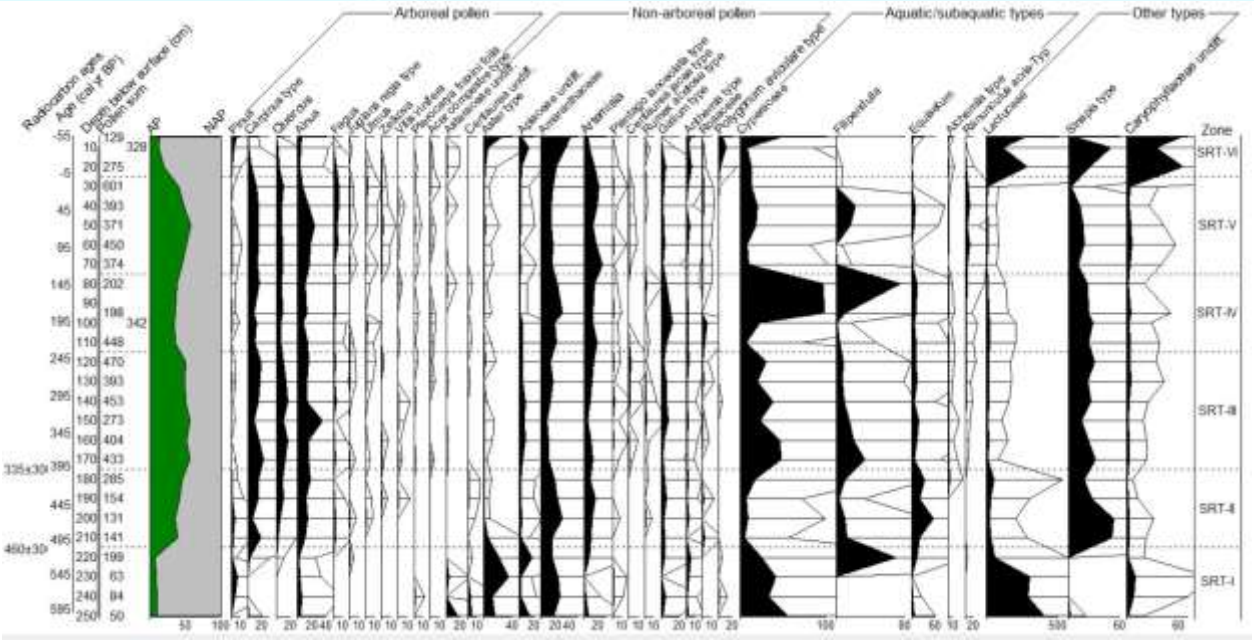


شکل ۱- مدل سنی Clam برای مغزه شکردشت

یافته‌ها

به‌منظور تفسیر آسان‌تر داده‌های گرده‌شناختی نتایج به دست آمده به صورت نمودار گرده نمایش داده می‌شود. در این پژوهش براساس تغییرات مهم گرده‌ها، هر نمودار گرده به شش زون اجتماع گرده‌ای تقسیم شد (شکل ۲). در ادامه به تشریح زون‌های اجتماع گرده‌ای از پایین‌ترین زون در جدول ۱ می‌پردازیم.

[1] Accelarator Mass Spectrometry



شکل ۲- نمودار درصد گرده‌ای شکردشت مربوط به گرده‌های درختی و غیر درختی (AP+NAP)، تیپ‌های گرده‌ای تالابی و دیگر تیپ‌ها. مقادیر نسبی گرده به صورت درصد (منحنی‌های سیاه) و با بزرگنمایی ۱۰ برابر (منحنی‌های سفید) نمایش داده شده است.

جدول ۱- زون‌های اجتماع گرده، ویژگی‌های اصلی پالینولوژیکی آن‌ها و استنباط پوشش گیاهی ارتفاعات منطقه شکردشت (SRT)

پوشش گیاهی ارتفاعات	ویژگی‌های اصلی	زون‌ها سن (cal yr BP) عمق (cm)
پوشش گیاهی استپی باز با گیاهانی مانند Amaranthaceae، Poaceae و Asteraceae و گرده‌های زیاد غیر قابل شناسایی که می‌تواند به دلیل فرسایش زیاد خاک در این زون باشد.	کم بودن گرده‌های درختی، گرده‌های غیر درختی از جمله Amaranthaceae, *Wild grass group* و Asteraceae (*Aster* type) و هچنین گرده گیاهان رطوبت دوست، مانند Cyperaceae بیشترین سهم را دارند.	SRT-I 600-500 250-215
جنگل تنک متشکل از ممرز، بلوط و راش همراه با توسکا که ممکن است گرده‌های آن از راه دوری منتقل شده باشند. همینطور افزایش گرده Brassicaceae و *Sinapis* و دم اسب.	گرده‌های درختی شامل *Carpinus*, *Alnus* و *Quercus* و گرده‌های غیر درختی عمدتا شامل Amaranthaceae و *Artemisia* هستند. افزایش گرده *Equisetum* در میانه‌ی زون و همینطور گرده *Sinapis*.	SRT-II 500-390 215-175

جنگلی با تاج‌پوشش بسته‌تر با *Quercus* و *Carpinus* همراه با *Fagus*، *Fraxinus* و نارون. وجود گرده *Plantago lanceolata* و *Centaurea jacea* جنگل نیمه باز را نشان می‌دهد.	افزایش گرده‌های درختی در این زون مشهود است. توسکا به بیشترین حد خود در کل نمودار رسیده و بعد روند کاهشی را در پیش دارد در بین گرده‌های غیر درختی Amaranthceae و درمنه و *Galium* به میزان کمی حضور دارند. Cyperaceae و دم اسب مقادیر ثابتی مانند زون پیشین داشتند.	SRT-III 390-240 175-115
توده‌های پراکنده بلوط و ممرز و راش با نارون در این زون دیده می‌شوند.	منحنی گرده‌های درختی و غیر درختی این زون بسیار شبیه به زون دوم است. در بین گرده‌های رطوبت پسند خانواده جگن به بیشترین حد خود رسیده و نزدیک به مرز زون بالایی *Filipendula* افزایش یافته است.	SRT-IV 240-130 115-75
جنگل متراکم با گسترش توسکا و راش. خانواده جگن و دم اسب کاهش یافته‌اند و درمقابل *Ranunculus* افزایش یافته است.	گرده بلوط تغییر چندانی نداشته است. گرده‌های ممرز و راش اندکی افزایش یافته‌اند. توسکا در میانه‌های زون افزایش داشته است. Cyperaceae نسبت به زون قبلی کاهش یافته است.	SRT-V 130-0 75-25
کاهش شدید گرده‌های درختی، استفاده انسان از زمین و دخالت آن را نشان می‌دهد. افزایش کاج احتمالا به همین دلیل است. کاهش گرده در این زون نشانه پوشش گیاهی کم در این زون می‌باشد.	بجز گرده کاج تقریبا تمامی تیپ‌های درختی کاهش یافتند و برخی از زون حذف شدند. گرده‌های غیر درختی از جمله Amaranthaceae, Caryophyllaceae و*Polygonum aviculare* type به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافتند. کاهش گرده‌های گیاهان رطوبت پسند و دم اسب در این زون دیده می‌شود.	SRT-VI 0-(-56) 25-0

بحث و نتیجه‌گیری

اجتماع گرده‌ای SRT-I (۶۰۰تا ۵۰۰ سال گذشته)

در این زون گرده‌های درختی بسیار کم هستند و پوشش گیاهی چیره آن را Amaranthaceae، Poaceae و Asteraceae همراه با اعضای Apiaceae و *Plantago lanceolata* تشکیل می‌دهند. همچنین بالا بودن مقدار گرده Cyperaceae و عدم وجود دیگر گرده‌های آبزی نشان دهنده کم عمق بودن این تالاب در طول یک قرن بوده است. وجود گرده گردو در این زون حاکی از دخالت انسان است که طبق شواهد پالینولوژیک، حداقل از ۲۳۰۰ سال پیش در منطقه هیرکانی کاشته شده است (Ramezani et al., 2016).

اجتماع گرده‌ای SRT-II (۵۰۰ تا ۳۹۰ سال گذشته)

توده‌های پراکنده ممرز (*Carpinus* cf. *orientalis*) و بلوط (*Quercus* cf. *macranthera*) همراه با راش (*Fagus orientalis*)، افرا (*Acer* cf.*campestre*)، نارون (*Ulmus* spp.) آزاد (*Zelkova carpinifolia*) و انگور (*Vitis vinifera*) در

این منطقه مستقر شدند و برای چندین قرن گسترش داشتند. مقادیر نسبتاً زیاد گرده Amaranthaceae و درمنه نشان می‌دهد که عناصر ایرانو تورانی نقشی را در پوشش گیاهی اصلی منطقه ایفا کرده بودند. آغاز این اجتماع گرده‌ای همزمان با شروع دوره سرد عصر یخبندان کوچک (LIA) که مرحله مشخصی را بین سال‌های ۱۵۵۰ و ۱۸۵۰ میلادی داشت، نشان می‌دهد (Bradley et al., 2003).

اجتماع گرده‌ای SRT-III (۳۹۰ تا ۲۴۰ سال گذشته)

ترکیب گرده در این زون متنوع شدن گیاهان تالاب را نشان می‌دهد که به احتمال زیاد نتیجه تغییرات در هیدرولوژی تالاب است. حمل و نقل از راه دور را می‌توان از وقوع مداوم گرده توسکا (*Alnus subcordata/A. glutinosa*) و به میزان کمتری گرده لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) که گونه‌های مربوط به آن در ارتفاعات بسیار پایین‌تر در منطقه هیرکانی می‌رویند، دریافت (Ramezani et al., 2013). چرای بهاره و تابستانه از دیرباز در ارتفاعات کوه البرز رایج بوده است (Sadeghi and Hazbavi, 2022). این امر در این رکورد گرده با حضور مداوم چرای گاو با شاخص‌های گرده‌ای کاردی (*Plantago lanceolata*) و ترشک (*Rumex acetosa*) مشهود است (Behre, 1981).

اجتماع گرده‌ای SRT-IV (۲۴۰ تا ۱۳۰ سال گذشته)

افزایش چشمگیر جگن و *Filipendula* نشان می‌دهد که گیاهان خانواده Cyperaceae و گیاهان گلدار دولپه‌ای در سطح تالاب یا مجاورت آن گسترش یافته بود. پوشش گیاهی منطقه در این مرحله با توده‌های ممرز و بلوط همراه با راش، نارون و افرا مشخص می‌شود. با این حال، مقادیر کم انواع AP نشان می‌دهد که توده‌های جنگلی اطراف تالاب در مقایسه با دوره‌های قبلی و بعدی تنک‌تر بودند.

اجتماع گرده‌ای SRT-V (۱۳۰ سال گذشته)

این دوره با افزایش گرده‌های درختی همراه است. این گسترش توده و بسته‌تر شدن تاج‌پوشش، احتمالاً مسئول یک کاهش در گرده افشانی/ اسپورزایی گونه‌های گیاهی تالاب (دم اسب و جگن) بوده است. این توده‌های جنگلی باید تحت تسلط ممرز و بلوط همراه با (افزایش سهم) راش، نارون، آزاد، افرا و انگور بوده باشند. نشانه اولیه دخالت انسان در این زون را می‌توان با منحنی گرده گردو دریافت کرد.

اجتماع گرده‌ای SRT-VI (زمان حال)

زون پایانی با مقادیر بسیار بالایی از انواع گرده‌های با دیواره گرده ضخیم و بسیار مقاوم از جمله Lactuceae، *Sinapis* type و Caryophyllaceae مطابقت دارد. کاهش گرده‌های درختی در این زون چشمگیر است و با توجه به خاطره ساکنان محلی شکردشت، توده‌های جنگلی عمدتاً متشکل از بلوط (*Quercus macranthera*) و لور (*Carpinus orientalis*) این منطقه را تا چند دهه پیش پوشش می‌داد. جنگل‌زدایی انسانی اخیر در مناطق مرتفع یکی از علل کاهش جنگل‌ها به شمار می‌آید که این دخالت انسانی در بخش غربی کوه‌های البرز (تالش) نیز گزارش شده است (Homami Totmaj et al., 2020, 2021).

سپاسگزاری

از گروه پالینولوژی و تغییرات اقلیمی دانشگاه گوتینگن در آلمان که آماده‌سازی نمونه‌های گرده‌شناسی این پژوهش را به عهده گرفته و همچنین آزمایشگاه رادیوکربن Poznań کشور لهستان که سن‌سنجی نمونه‌ها را انجام دادند قدردانی می‌شود.

منابع

عبداللهی، ب.، ا.، رمضانی و ه.، یوستن. (۱۴۰۰). بازسازی گرده شناختی تاریخچه جنگل‌های راش منطقه هیرکانی مرکزی در ۱۴۰۰ سال گذشته. پژوهش و توسعه جنگل، شماره هفت، جلد یک، ۱۰۷-۱۲۱.

رمضانی، ا. (۱۳۸۷). بررسی پالینولوژیک (گرده‌شناسی) تحول جنگل‌های خزری در هولوسن و کاربردهای جنگل‌شناسی آن (مطالعه موردی: جنگل‌های ماشالک نوشهر). رساله دکتری، دانشگاه تهران، ۱۳۲ صفحه.

طالبی، ط.، (۱۳۹۲). بازسازی پالینولوژیک تاریخچه پوشش گیاهی و آب و هوایی پارک ملی دریاچه ارومیه در اواخر هولوسن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه. ۱۰۴ صفحه.

Behre, K. E. (1981). The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. Pollen spores 23, 225-245.

Bradley, R. S., Briffa, K. R., Cole, J., Hughes, M. K., and Osborn, T. J. (2003). The climate of the last millennium. *Paleoclimate, global change and the future*, 105-141.

Fægri, K. and Iversen, J., (1989). Textbook of pollen analysis (revised by Fægri, K., Kaland, P.E. and Krzywinski, K.). John Wiley and sons, 328P.

Homami Totmaj, L., Alizadeh, K., and Behling, H. (2022). Late Holocene paleoenvironmental changes inferred from multi-proxy studies of the Kholasht-Kouh Lake sediments in the Gilan mountains, northern Iran. *Journal of Paleolimnology*, Vol. 68. No. 4. 361-374.

Homami Totmaj, L., Ramezani, E., Alizadeh, K., and Behling, H. (2020). Four millennia of vegetation and environmental history above the Hyrcanian forest, northern Iran. *Vegetation History and Archaeobotany, 30,* 611-621.

Madanipour, S., Yassaghi, A., Ehlers, T.A., Enkelmann, E. (2018). Tectonostratigraphy, structural geometry and kinematics of the NW Iranian Plateau margin: insights from the Talesh Mountains, Iran. *American Journal of* Science, *Vol.* 318. No. 2, 208–245.

Moore, P. D., Webb, J. A., and Collison, M. E. (1991). Pollen analysis (pp. viii+-216).

Ramezani, E., de Klerk, P., Naqinezhad, A., Theuerkauf, M. and Joosten, H. (2023a). Long-term dynamics of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in the Hyrcanian forests of northern Iran. Review of Palaeobotany and Palynology, Vol. 312. p.104871.

Ramezani, E., de Klerk, P., Mrotzek, A., and Joosten, H. (2023b). From the coldest ice age to green carpets of beauty: A 20,000-year vegetation history from the Hyrcanian forest refugium of northern Iran. Quaternary Science Reviews, Vol. 320. 108352.

Ramezani, E., Mrotzek, A., Mohadjer, M.R.M., Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., and Joosten, H. (2016). Between the mountains and the sea: Late Holocene Caspian Sea level fluctuations and vegetation history of the lowland forests of northern Iran. Quaternary International, Vol. 408. 52-64.

Ramezani, E., Marvie Mohadjer, M.R., Knapp, H.D., Ahmadi, H., and Joosten, H., (2008). The late-Holocene vegetation history of the Central Caspian (Hyrcanian) forests of northern Iran. The Holocene, Vol. 18. No.2. 307-321.

Ramezani, E., Mohadjer, M. R. M., Knapp, H. D., Theuerkauf, M., Manthey, M., and Joosten, H. (2013). Pollen–vegetation relationships in the central Caspian (Hyrcanian) forests of northern Iran. Review of Palaeobotany and Palynology, Vol. 189. 38-49.

Sadeghi, S. H., and Hazbavi, Z. (2022). Land degradation in Iran. In Global Degradation of Soil and Water Resources: Regional Assessment and Strategies (pp. 287-314). Singapore: Springer Nature Singapore, pp. 287-314.

Reimer, P. J., Austin, W. E., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., and Talamo, S. (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). Radiocarbon, Vol. 62. No. 4. 725-757.

Totmaj, L. H., Alizadeh, K., Giahchi, P., Khatooni, J. D., and Behling, H. (2021). Late Holocene Hyrcanian forest and environmental dynamics in the mid-elevated highland of the Alborz Mountains, northern Iran. Review of Palaeobotany and Palynology, Vol. 295. 104507.

Walker, M. (2005). Quaternary dating methods. John Wiley and Sons.

The Late Holocene forest dynamics under climate change and human activity: a pollen record from western Hyrcanian region

F. Nourmohammad[1], E. Ramezani Kakroudi[2*] and H. Behling[3]

1- Student of Faculty of Natural Resources, Urmia University.
2- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University.
3- Prof., Department of Palynology and Climate Dynamics, University of Göttingen, Göttingen.

Abstract

High-altitude mires are sensitive to environmental change and may provide useful insights into past climate change and human impact. Here we present the results of a palynological study on a mire close to the boundary of a forest-steppe ecotone in western Hyrcanian area of northern Iran. Two major phases of anthropogenic deforestation were detected: one during the period 600–500 cal yr BP and the other over the last decades of the twentieth century. The cold episode of the Little Ice Age was possibly responsible for the abandonment of the original village and expansion of sparse stands of *Quercus macranthera-Carpinus orientalis* in association with *Fagus orientalis*, *Ulmus carpinifolia/U. glabra*, *Acer campestre* and *Vitis vinifera*. Our data are crucial for choosing suitable species in reforestation programmes in the highlands of western Alborz Mountains.

Keywords: Hyrcanian forests, Palynology, Vegetation reconstruction.

*Corresponding author Tel: +98 9143884194 Email: e.ramezani@urmia.ac.ir

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی مقاومت کششی ریشه برخی گونه‌های درختی رایج حاشیه جاده‌ها و رودخانه‌های جنگلی

زهره غلامی*[۱] و آیدین پارساخو[۲]

۱- دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

چکیده

این مطالعه به بررسی مقاومت کششی ریشه برخی گونه‌های درختی رایج در حاشیه جاده‌ها و رودخانه‌های جنگل شصت‌کلاته پرداخته است. ناپایداری‌های دامنه‌ای، به‌ویژه در ایران، چالش‌های زیست‌محیطی قابل‌توجهی را ایجاد کرده است. هدف این تحقیق، تحلیل تأثیر ریشه درختان بر تقویت خاک و پایداری شیب‌ها با تمرکز بر سه گونه افرا (*Acer*)، انجیلی (*Parrotia persica*) و ممرز (*Carpinus betulus*) در دو محیط مختلف (حاشیه جاده و حاشیه رودخانه) است. روش‌شناسی این تحقیق شامل جمع‌آوری نمونه‌های ریشه از دو گونه افرا و ممرز در حاشیه جاده و دو گونه انجیلی و ممرز در حاشیه رودخانه بود. برای این منظور، ترانشه‌هایی به عمق ۰٫۵ متر در فاصله یک متری از درختان حفر شد و از قطرهای ۲-۵ و ۵-۷ میلی‌متر، ۱۰ نمونه به‌طور تصادفی انتخاب و آزمایش‌های مقاومت کششی با استفاده از دستگاه کشش اینسترون انجام شد. داده‌ها با استفاده از آزمون t جفتی در نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل گردید. نتایج نشان داد که بین مقاومت کششی ریشه گونه‌های مختلف در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به‌طور خاص، مقاومت کششی ریشه درختان ممرز حاشیه جاده بیشتر از درختان افرا و همچنین بیشتر از درختان ممرز حاشیه رودخانه بود. همچنین، مقاومت کششی ریشه‌های انجیلی حاشیه رودخانه نیز بیشتر از ریشه‌های ممرز بود. این یافته‌ها نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه ریشه درختان بر تقویت خاک و پایداری دامنه‌ها است و می‌تواند به بهبود روش‌های مدیریت پایدار منابع طبیعی کمک کند. به‌علاوه، نتایج این مطالعه می‌تواند به تحلیل رابطه ریشه-خاک و توسعه استراتژی‌های مؤثر برای تثبیت دامنه‌ها و کاهش خطرات ناپایداری کمک کند. در نهایت، این تحقیق بر اهمیت بررسی ویژگی‌های بیومکانیکی ریشه‌ها به‌عنوان عاملی کلیدی در مدیریت پایدار منابع طبیعی تأکید دارد.

واژگان کلیدی: مقاومت کششی ریشه، تثبیت شیب، پوشش گیاهی، تحلیل رابطه ریشه- خاک.

مقدمه

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۹۱۰۶۲۵۰۵۹ ایمیل: ghlamyzhrh@gmail.com

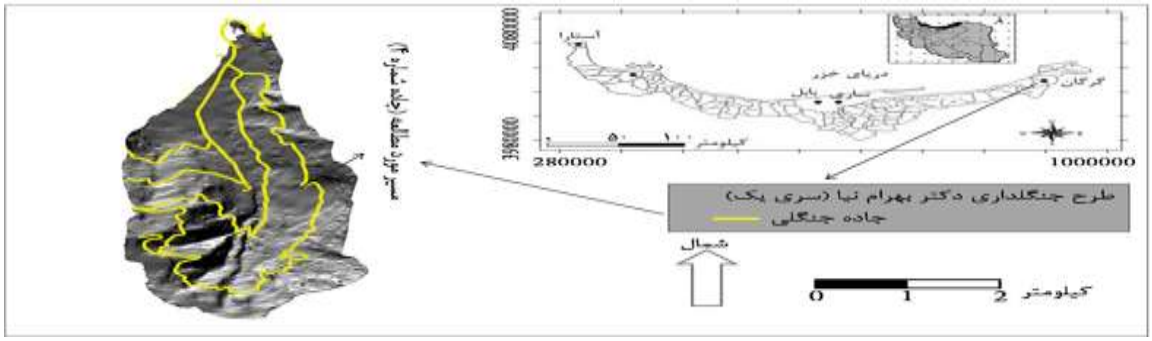
در طی چند قرن گذشته با افزایش جمعیت و پیشرفت بشر میزان بهره‌برداری و بهره‌وری انسان از منابع طبیعی نیز چندین برابر شده و روزبه روز تخریب بیشتری در طبیعت صورت می‌گیرد (Mohseni Pour et al. (2020) as cited in Zarroni et al., 2016). ازجمله پدیده‌هایی که در ایران و در بسیاری از نقاط جهان به وفور دیده می‌شود، وقوع ناپایداری‌های دامنه‌های کنار جاده ای است (Mohseni Pour et al. (2020) as cited in Soroush, 2006). روش‌های گوناگونی برای تثبیت شیروانی‌های خاکی طبیعی اعم از دامنه‌های کوهستانی، ترانشه‌های طبیعی و سواحل رودخانه‌های عمیق وجود دارد که از این میان روش بیومکانیکی و استفاده از ریشه درختان به دلیل سنخیت بیشتر با مسائل زیست محیطی اولویت خاصی دارد، به طور کلی خاک در مقابل نیروهای فشاری دارای مقاومت بیشتر و در مقابل نیروهای کششی دارای مقاومت کمتری است (Davoudi and Aqda, 2009). Quinn et al. (1980) اثر پوشش گیاهی بر نیروهای وارده بر زمین را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند پوشش گیاهی از طریق جذب مستقیم بخشی از نیروهای وارده به زمین، توده‌های شیبدار را به طور مکانیکی تثبیت می‌کند. از طرف دیگر ریشه در مقابل فشار مقاومت کم ولی در برابر کشش مقاومت بیشتری دارد. در نتیجه حضور ریشه در خاک، ماتریس مسلح شده ای تشکیل می دهد که در فرآیند بارگذاری خاک تنش کششی را به ریشه‌ها منتقل می سازد (Pollen, 2007). Davoudi et al. (2005) در منطقه طالقان نشان دادند که ریشه درخت سبب افزایش مقاومت برشی و چسبندگی ظاهری خاک و کاهش ناچیز زاویه اصطکاک داخلی خاک می‌شود. بنابراین تاثیر گیاهان بر افزایش مقاومت برشی خاک به مقدار زیادی وابسته به مقاومت کششی ریشه است و برخی پژوهشگران از مقاومت کششی به عنوان مهمترین فاکتور کنترل کننده پایداری خاک نام می برند (Stokes, 2002). Shirdeli (2013) تثبیت سواحل رودخانه‌ها و شیب‌ها را با استفاده از روش‌های زیست مهندسی مطالعه نموده است و در نتایج بیان نموده است که درختان گز، پده، نارون و بید سبب افزایش مقاومت برشی خاک می‌شوند، همچنین در جهت جریان و شیب نیز بین متوسط مقاومت کششی ریشه‌ها در بالادست و پایین دست، تفاوت معنی داری وجود ندارد. هرچند اثر شیب و جریان روی مقاومت کششی ریشه‌ها ناچیز؛ اما تأثیر شیب بیشتر از تأثیر جریان است. بنابراین جریان رودخانه و شیب ساحل تأثیر ناچیزی بر مقاومت کششی ریشه دارند. تعیین مقاومت کششی ریشه، اطلاعات مورد نیاز در تحلیل رابطه ریشه - خاک را فراهم می‌نماید. حداکثر نیروی لازم برای گسیختن ریشه به عنوان مقاومت آن در نظر گرفته می شود و با تقسیم نیرو بر سطح مقطع ریشه، مقاومت کششی آن به دست می آید. تاکنون پژوهش‌های زیادی در مورد مقاومت کششی ریشه گونه‌های مختلف گیاهی انجام گرفته و مقاومت آنها از هزاران تا میلیون‌ها پاسکال گزارش شده است. بررسی‌های مختلف، تفاوت‌های قابل ملاحظه ای در مورد مقاومت کششی نشان داده و مقاومت کششی را تابع شرایط رویشگاه، آب و هوا، فصل سال، گونه و قطر ریشه دانسته‌اند (Bischetti et al., 2005). Genet et al. (2005) بیان داشتند که با توجه به اینکه مورفولوژی ریشه‌ها تحت تاثیر شرایط محلی قرار دارد و از طرفی ترکیب شیمیایی ریشه، بر مبنای مورفولوژی متفاوت می‌باشد ممکن است شرایط محیط محلی بر میزان سلولز هم تاثیر داشته باشد. در نتیجه ممکن است در یک رویشگاه نیز پایه‌های مختلف یک گونه دارای مقاومت‌های مختلف باشد. Abdi et al. (2011)به منظور بررسی تغییرات درون‌گونه‌ای مقاومت کششی ریشه سه گونه راش، ممرز و انجیلی در مقیاس منطقه ای، نمونه‌های ریشه سه گونه مورد نظر از سمت بالا و پایین شیب، جمع آوری و مقاومت کششی آنها با استفاده از یک دستگاه اینسترون استاندارد اندازه‌گیری کردند. نتایج آنالیز کوواریانس نشان داد که قطر ریشه به عنوان

عامل کوواریت در همه تیمارها معنی دار است. همچنین با توجه به آنالیز کوواریانس، به جز در مورد پروفیل‌های بالای انجیلی در بقیه موارد نتایج حاکی از معنی دار بودن اثر پایه‌های مختلف درختی بر میزان مقاومت کششی و در واقع معنی دار بودن تفاوت‌های درون‌گونه‌ای می‌باشد. مقاومت کششی ریشه در شرایط تجدید حیات طبیعی بیشتر از تجدید حیات مصنوعی و در زمستان نسبت به تابستان بیشتر گزارش شده است (Genet et al., 2005).

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

سری یک طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا با وسعتی برابر ۱۷۱۳/۳ هکتار در جنوب غربی شهرستان گرگان قرار دارد. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به ترتیب ۲۱۰ و ۹۹۵ متر از سطح دریا است. این طرح بین ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه و ۶ ثانیه و ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۲۷ ثانیه عرض جغرافیایی و ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه و ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه طول جغرافیایی قرار دارد. مساحت قابل بهره‌برداری سری ۱۶۳۱/۵ هکتار می‌باشد. تیپ غالب این رویشگاه راش - ممرزستان (*Carpinus betulus* L. and *Fagus orientalis* Lipsky) و متوسط شیب زمین ۲۵ درصد است. طول کل جاده‌های جنگلی طرح جنگل‌داری دکتر بهرام نیا برابر با ۳۰/۳ کیلومتر است، میزان تراکم طولی ۱۷/۶۸متر در هکتار است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

اندازه‌گیری مقاومت کششی ریشه

برای بررسی مقاومت کششی ریشه گونه‌های رایج در حاشیه جاده‌ها و رودخانه‌های شصت کلاته از حاشیه جاده دو گونه افرا و ممرز و از حاشیه رودخانه دو گونه انجیلی و ممرز به عنوان نمونه انتخاب گردید. برای اندازه‌گیری نمونه‌برداری ریشه از روش حفر ترانشه استفاده شد. ترانشه در فاصله یک متری از درخت نمونه و تا عمق ۰,۵ متر حفر شد. سپس از هر درخت و از قطرهای مختلف ۵-۲ میلیمتر و ۷-۵ میلیمتر ۱۰ نمونه در طول‌های ۱۴ سانتی‌متری به طور تصادفی انتخاب و برش داده شد (۲۰ نمونه ریشه از هر گونه و در کل ۸۰ نمونه). سپس نمونه‌ها در کیسه‌های حاوی الکل ۱۵٪ قرار گرفت و طی کمتر از یک هفته آزمایش مقاومت کششی با سرعت ۱۰ میلیمتر بر دقیقه به‌اجرا درآمد. مقاومت-

کششی ریشه‌های جمع‌آوری‌شده در آزمایشگاه توسط دستگاه کشش اینسترون استاندارد اندازه‌گیری شد. با تقسیم نیروی لازم برای گسیختن ریشه به سطح مقطع ریشه مقدار مقاومت کششی بدست آمد (شکل ۲). نمونه‌هایی که گسیختگی از محل نزدیک فک دستگاه رخ می‌داد، قابل قبول نبوده و نتایج آنها حذف شد (شکل ۳). تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب آزمون t جفتی در نرم‌افزار spss به‌اجرا در آمد.



شکل ۲- اندازه‌گیری قطر ریشه‌ها با کولیس دیجیتال



شکل ۳- نحوه عملکرد دستگاه اینسترون

نتایج

نتایج نشان داد که اثر متقابل تعداد درخت و موقعیت درختان بر مقدار مقاومت کششی ریشه به احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). میانگین مقاومت کششی ریشه درختان حاشیه جاده بیشتر از مقاومت کششی ریشه درختان حاشیه رودخانه بود (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس مقاومت کششی ریشه

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی داری
مدل تصحیح شده	7002/708[a]	3	2334/236	70/372	0/000
عرض از مبدا	100074/2	1	100074/2	3/02E+03	0/000
موقعیت	3437/686	1	3437/686	103/638	0/000
تعداد درخت	7002/708[a]	3	2334/236	70/372	0/000
تعداد درخت×موقعیت (اثر متقابل)	3561/569	1	3561/569	107/373	
خطا	2388/247	72	33/17		
کل	111710/6	76			
کل تصحیح شده	9390/955	75			

a. R Squared = /746 (Adjusted R Squared = /735)

شکل ۴ میانگین مقاومت کششی ریشه درختان حاشیه جاده و حاشیه رودخانه را باهم مقایسه نموده، با توجه به شکل، مقدار مقاومت کششی ریشه درختان کنار جاده بیشتر از درختان کنار رودخانه بوده و در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی دار می‌باشد (علامت * نشان دهنده معنی دار بودن در سطح ۹۵٪ می‌باشد).

جدول ۲- آمار نمونه‌های زوجی درختان کنار جاده و رودخانه

		میانگین	تعداد	انحراف معیار	اشتباه معیار
Pair 1	درختان کنار جاده	41/3444	36	8/06815	1/34469
	درختان کنار رودخانه	29/6028	36	8/57936	1/42989

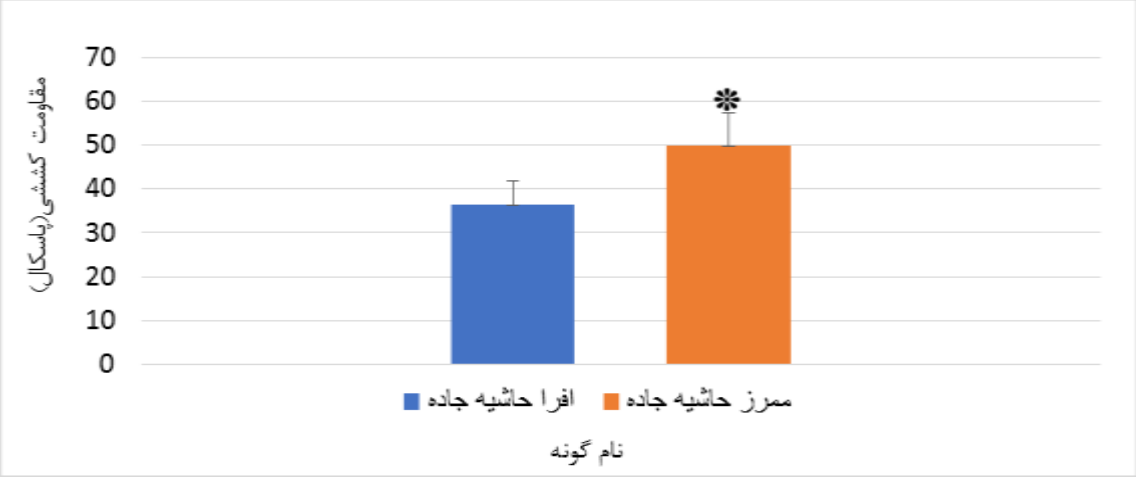


شکل ۴- مقایسه مقاومت کششی ریشه درختان کنار جاده و رودخانه

نتایج نشان داد مقدار مقاومت کششی ریشه درختان ممرز حاشیه جاده به طور معنی‌داری بیشتر از مقاومت کششی ریشه درختان افرا حاشیه جاده می‌باشد (جدول ۳). شکل ۵ میانگین مقاومت کششی ریشه درختان افرا و ممرز حاشیه جاده را باهم مقایسه نموده، با توجه به شکل، مقدار مقاومت کششی ریشه درختان ممرز حاشیه جاده بیشتر از درختان افرا بوده و در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی دار می‌باشد (علامت * نشان دهنده معنی دار بودن در سطح ۹۵٪ می‌باشد).

جدول ۳- آمار نمونه‌های زوجی درختان افرا و ممرز حاشیه جاده

		میانگین	تعداد	انحراف معیار	اشتباه معیار
Pair 1	افرا حاشیه جاده	36/3650	20	5/29809	1/18469
	ممرز حاشیه جاده	49/7800	20	7/41312	1/65762

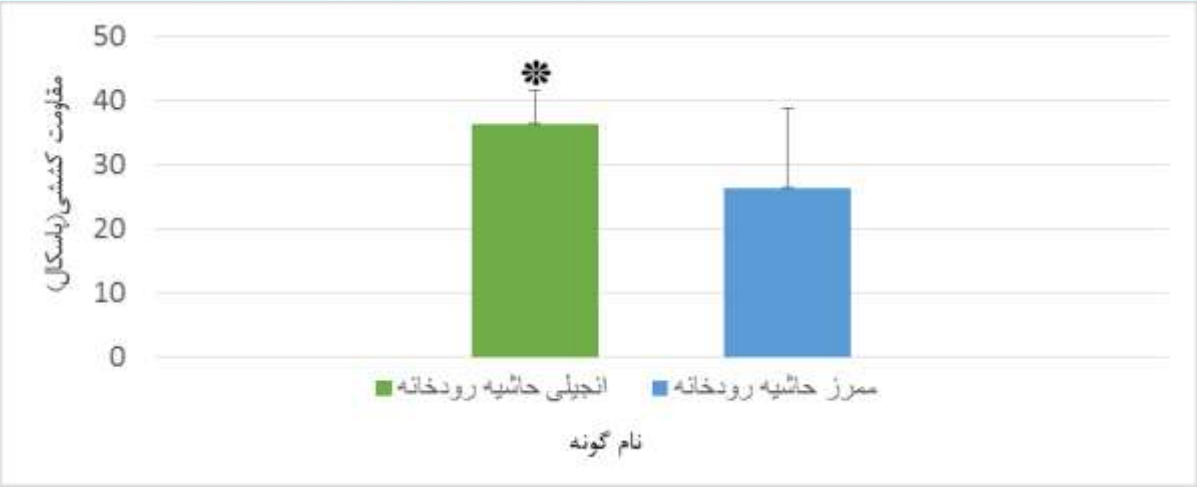


شکل ۵- مقایسه مقاومت کششی ریشه درختان افرا و ممرز حاشیه جاده

مقدار مقاومت کششی ریشه درختان انجیلی حاشیه رودخانه به طور معنی‌داری بیشتر از مقاومت کششی ریشه درختان ممرز حاشیه رودخانه می‌باشد (جدول ۳). شکل ۶ میانگین مقاومت کششی ریشه درختان انجیلی و ممرز حاشیه رودخانه را باهم مقایسه نموده، با توجه به شکل، مقدار مقاومت کششی ریشه درختان انجیلی حاشیه رودخانه بیشتر از درختان ممرز بوده و در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی دار می‌باشد (علامت * نشان دهنده معنی دار بودن در سطح ۹۵٪ می‌باشد).

جدول ۴- آمار نمونه‌های زوجی درختان انجیلی و ممرز حاشیه رودخانه

		میانگین	تعداد	انحراف معیار	اشتباه معیار
Pair 1	انجیلی حاشیه رودخانه	36/2800	20	5/36535	1/19973
	ممرز حاشیه رودخانه	26/4000	20	12/31986	2/75480

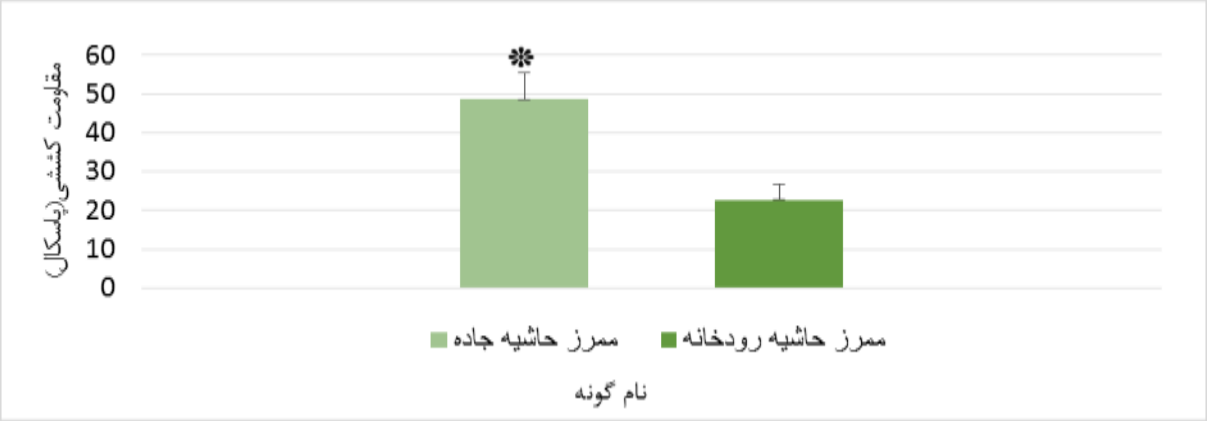


شکل ۶- مقایسه مقاومت کششی ریشه درختان انجیلی و ممرز حاشیه رودخانه

مقدار مقاومت کششی ریشه درختان ممرز حاشیه جاده به طور معنی‌داری بیشتر از مقاومت کششی ریشه درختان ممرز حاشیه رودخانه می‌باشد (جدول ۵). شکل ۷ میانگین مقاومت کششی ریشه درختان ممرز حاشیه جاده و ممرز حاشیه رودخانه را با هم مقایسه نموده، با توجه به شکل، مقدار مقاومت کششی ریشه درختان ممرز حاشیه جاده بیشتر از درختان ممرز حاشیه رودخانه بوده و در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی دار می‌باشد (علامت * نشان دهنده معنی دار بودن در سطح ۹۵٪ می‌باشد).

جدول ۵- آمار نمونه‌های زوجی درختان ممرز حاشیه رودخانه و ممرز حاشیه جاده

		میانگین	تعداد	انحراف معیار	اشتباه معیار
Pair 1	ممرز حاشیه جاده	48/5778	18	6/78533	1/59932
	ممرز حاشیه رودخانه	22/6000	18	4/08239	1/96223



شکل ۷- مقایسه مقاومت کششی ریشه درختان ممرز حاشیه جاده و ممرز حاشیه رودخانه

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش‌های مقاومت کششی در این تحقیق نشان داد که بین مقاومت کششی گونه‌های مختلف در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی دار است. مقدار مقاومت کششی درختان کنار جاده بیشتر از درختان کنار رودخانه بوده و در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی دار می‌باشد. Shirdeli (2013) تثبیت سواحل رودخانه‌ها و شیب‌ها را با استفاده از روش‌های زیست مهندسی مطالعه نموده است و در نتایج بیان نموده است که درختان گز، پده، نارون و بید سبب افزایش مقاومت برشی خاک می‌شوند، همچنین در جهت جریان و شیب نیز بین متوسط مقاومت کششی ریشه‌ها در بالادست و پایین دست، تفاوت معنی داری وجود ندارد. هرچند اثر شیب و جریان روی مقاومت کششی ریشه‌ها ناچیز؛ اما تأثیر شیب بیشتر از تأثیر جریان است. بنابراین جریان رودخانه و شیب ساحل تأثیر ناچیزی بر مقاومت کششی ریشه دارند.

مقدار مقاومت کششی درختان ممرز حاشیه جاده بیشتر از درختان افرا بوده و در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی دار می‌باشد، همچنین مقدار مقاومت کششی درختان انجیلی حاشیه رودخانه بیشتر از درختان ممرز بوده و در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی دار می‌باشد، Abdi et al. (2011) به منظور بررسی تغییرات درون گونه‌ای مقاومت کششی ریشه سه گونه راش, ممرز و انجیلی در مقیاس منطقه ای، نمونه‌های ریشه سه گونه مورد نظر از سمت بالا و پایین شیب، جمع آوری و مقاومت کششی آنها با استفاده از یک دستگاه اینسترون استاندارد اندازه‌گیری کردند. نتایج آنالیز کوواریانس نشان داد که قطر ریشه به عنوان عامل کوواریت در همه تیمارها معنی دار است. همچنین با توجه به آنالیز کوواریانس، نتایج حاکی از معنی دار بودن اثر پایه‌های مختلف درختی بر میزان مقاومت کششی و در واقع معنی دار بودن تفاوت‌های درون گونه‌ای می‌باشد. مقدار مقاومت کششی درختان ممرز حاشیه جاده بیشتر از درختان ممرز حاشیه رودخانه بوده و در سطح ۹۵٪ تفاوت معنی دار می‌باشد. Genet et al. (2005) بیان داشتند که با توجه به اینکه مورفولوژی ریشه‌ها تحت تاثیر شرایط محلی قرار دارد و از طرفی ترکیب شیمیایی ریشه، برمبنای مورفولوژی متفاوت می‌باشد ممکن است شرایط محیط محلی بر میزان سلولز هم تاثیر داشته باشد. در نتیجه ممکن است در یک رویشگاه نیز پایه‌های مختلف یک گونه دارای مقاومت‌های مختلف باشد.

منابع

Abdi Ehsan, M., Majnoonian Paris, M., Rahimi, H., Zibari, M., Habibi Bi Balani, Q. (2011). Intraspecies variations of tree root tensile strength as Ecoengineering materials in local scale (Case study: Kheyrud Forest). *Journal of Natural Environment, 64(2)*, 144-137. (In Persian)

Bischetti, G.B., E.A. Chiaradia, T. Simonato, B. Speziali, B. Vitali, P. Vullo and A. Zocco, (2005). Root strength and root area ratio of forest species in Lombardy (Northern Italy), *Plant and Soil*, *278*: 11–22.

Davoudi, M.H., Fatemi Aqda, S. M. (2009). Effect of Diameter and Density of Willow Roots on Shear Resistance of Soils. *Journal of Earth Sciences*, *18*(71), 143-148. (In Persian)

Davoudi, M.H., Fatemi Aqda, S. M., Nozari, H., Shah Alipour, G. R. (2005). Investigation of the effect of root diameter of trees on the shear resistance of soil. In *Proceedings of the Fourth Conference on Engineering Geology and Environmental Geology of Iran*, 90-98. (In Persian)

Genet, M., Stokes, A., Salin, F., Mickovski, S. B., Fourcaud, T., Dumail, J. F., and Van Beek, R. (2005). The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots. *Plant and soil*, *278*, 1-9.

Mohseni Pour Sowmeh Saraei, H., Najafi Nejad, A., Hosseinalizadeh, M., Forouzeh, M.R., ParsaKhoo, A. (2021). The Role of Vegetation on Debris Slope Stability (Case study: Tuskestan–Chaharbagh Road, Golestan Province). *Journal of Water and Soil Conservation*, *27(5)*, 185-200. (In Persian)

Morgan, R. P. C., and Smith, A. J. (1980). Simulation of soil erosion induced by human trampling. *Journal of Environmental Management*, *10*, 155-165.

Pollen, N. (2007). Temporal and spatial variability in root reinforcement of streambanks: accounting for soil shear strength and moisture. *Catena*, *69*(3), 197-205.

Quinn, N.W., Morgan, R. P. C., and Smith, A. J. (1980). Simulation of soil erosion induced by human trampling. *Journal of Environmental Management*, *10*, 155-165.

Shirdeli, A. (2013). Bioengineering studies for stabilizing riverbanks and slopes. *Journal of Watershed Management and Engineering in Iran*, 7(23), 52-63. (In Persian)

Stokes, A. (2002). Biomechanics of tree root anchorage. In *Plant roots* (pp. 297-314). CRC Press.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

Investigating the tensile strength of the roots of some common tree species along the forest roads and rivers

Z. Gholami[1*] and A. Parsakhoo[2]

1- Ph.D. student, Department of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
2- Associate Prof., Department of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Abstract

This study investigated the tensile strength of the roots of some common tree species on the side of the roads and rivers of Shastkalateh forest. Domain instabilities, especially in Iran, have created significant environmental challenges. The aim of this research is to analyze the effect of tree roots on soil strengthening and slope stability, focusing on three species of *Acer*, *Parrotia persica* and *Carpinus betulus* in two different environments (roadside and riverside). The methodology of this research included the collection of root samples from two species of *Acer* and *Carpinus betulus* on the roadside and two species of *Parrotia persica* and *Carpinus betulus* on the river bank. For this purpose, trenches with a depth of 0.5 meters were dug at a distance of one meter from the trees, and 10 samples were randomly selected from the diameters of 2-5 and 5-7 mm, and tensile strength tests were performed using the Instron tensile device. The data were analyzed using the paired t test in SPSS software. The results showed that there is a significant difference between the tensile strength of the roots of different species at the 95% level. In particular, the tensile strength of the roots of the road-side *Carpinus betulus* trees was higher than the Acer trees and also more than the *Carpinus betulus* trees along the river. Also, the tensile strength of the *Parrotia persica* roots along the river was higher than the roots of the *Carpinus betulus*. These findings indicate the significant effect of tree roots on soil strengthening and slope stability, and can help to improve the sustainable management methods of natural resources. In addition, the results of this study can help to analyze the root-soil relationship and develop effective strategies to stabilize the slopes and reduce the risks of instability. Finally, this research emphasizes the importance of examining the biomechanical characteristics of roots as a key factor in the sustainable management of natural resources.

Keywords: Root Tensile Strength, Slope Stabilization, Vegetation Cover, Root-Soil Relationship Analysis.

*Corresponding author Tel: +98 9910625059 Email: ghlamyzhrh@gmail.com

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

مروری بر اثر گرادیان ارتفاعی بر تنوع پوششی گیاهان

چیاکو نظری *

- دانشجو دکتری، رشته علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.

چکیده

تنوع گونه‌ها یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مسائل در اکولوژی است. مطالعه حاضر به منظور بررسی اثرات شیب ارتفاعی بر تنوع زیستی انجام شده است. با بررسی تنوع زیستی در جوامع مختلف می‌توان به شرایط حاکم بر اکوسیستم‌ها دست پیدا کرد. علاوه بر این، شناسایی گونه‌های مناسب و آگاهی دقیق از وضعیت مناطق در جهت حفظ جوامع گیاهی آنها نقش مهمی دارد. به عنوان مثال، بررسی تغییرات گونه‌ها در ارتفاعات مختلف می‌تواند به مدیریت بهینه پوشش گیاهی در بازه‌های زمانی گوناگون کمک کند. همچنین یکی از مناسب‌ترین روش‌ها جهت جلوگیری از فرسایش خاک و یا کاهش تراکم آن، حفظ و احیای پوشش گیاهی می‌باشد. بنابراین آشنایی و آگاهی از ویژگی‌های پوشش گیاهی، از جمله تنوع گونه‌ها (غنا)، به عنوان اولین و اساسی‌ترین ابزار بیولوژیکی جهت حفاظت از این پوشش، ضروری است. در این تحقیق، به بررسی تاثیر ارتفاع بر گستردگی یا به عبارت دیگر، اثر گرادیان ارتفاعی بر گونه‌های گیاهی به صورت مطالعه مروری پرداخته می‌شود.

واژگان کلیدی: تنوع زیستی، گرادیان، ارتفاع، پوشش گیاهی، اکوسیستم، زیستگاه.

مقدمه

جوامع گیاهی به طور ذاتی دارای پویایی بوده و تغییر در عوامل محیطی مانند تغییرات اقلیمی، دخالت‌های انسانی، خاک و پستی و بلندی عوامل موثر بر این پویایی هستند (Kacholi, 2014). پژوهشگران عوامل زنده و غیرزنده متعددی را که اساساً در تشکیل ساختار جامعه گیاهی مؤثرند مورد مطالعه قرار داده‌اند. این پژوهش‌ها به درک الگوی پراکنش، ترکیب و تنوع گونه‌ها و جوامع گیاهی کمک می‌کنند. متغیرهای غیرزنده ویژگی‌های شناخته‌شده‌ای هستند که در هر دو بعد زمان و مکان بر روی جوامع گیاهی اثرگذارند که از آنها به گرادیان یا شیب تغییرات محیطی یاد می‌شود (مصداقی، ۱۳۸۰).

به عنوان مثال، هنگامی که فرد از پایه (دامنه کوه) به سمت قله حرکت می‌کند، ممکن است با انواع مختلفی از جنگل‌ها، علفزارها و پوشش گیاهی کوهستانی مواجه شود که هر کدام با شرایط محیطی خاصی در مناطق گوناگون از لحاظ ارتفاعی، سازگار هستند. علاوه بر دما، الگوهای بارندگی نیز با افزایش ارتفاع تغییر می‌کنند به طوری که این عامل نیز بر

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۸۹۷۰۵۰۰۸ ایمیل: nazari.chiako@gmail.com

تنوع گیاهان تأثیر می‌گذارد (Neves et al., 2021). از آنجایی که در ارتفاعات بالاتر، اغلب رطوبت بیشتری در کوهستان-ها وجود دارد، در نتیجه گونه‌های گیاهی منحصر به فرد سازگار با شرایط مرطوب‌تر نیز ایجاد می‌شوند. برعکس، ارتفاعات پایین‌تر ممکن است شرایط خشک‌تری را ایجاد کند که آن شرایط هم به نفع گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی است. علاوه بر این، تغییر در نوع خاک در امتداد شیب ارتفاعی نیز نقش مهمی در شکل دادن به تنوع گیاهان دارد. ارتفاعات مختلف ممکن است خواص متفاوتی در خاک داشته باشند، مانند مواد مغذی، مقیاس تعین میزان بازی و اسیدی بودن[1] و زهکشی، که تمامی این عامل حائز اهمیت بوده و بر انواع گیاهانی که می‌توانند در یک منطقه خاص رشد کنند، تأثیرگذار است. رشد و گستردگی برخی از گونه‌های گیاهی ممکن است به انواع خاصی از خاک محدود شود که منجر به توسعه یافتن گونه‌های گیاهی متمایز در ارتفاعات مختلف می‌شود (Haddaway et al., 2020).

شدت نور خورشید نیز عامل مهم دیگری است که با افزایش ارتفاع تغییر می‌کند و بر تنوع پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد. گیاهان در ارتفاعات بالاتر معمولاً نور خورشید بیشتری دریافت می‌کنند که همین مسئله می‌تواند برای گونه‌های گیاهی نورپسند مفید باشد و یک مزیت محسوب می‌شود. برعکس، ارتفاعات پایین‌تر ممکن است شرایط سایه‌دار بیشتری داشته باشند که این وضعیت نیز به نفع گیاهان سایه پسند است. این تنوع در دسترسی به نور در طول شیب ارتفاعی به تنوع گونه‌های گیاهی موجود در ارتفاعات مختلف کمک می‌کند (Kaleem et al., 2024).

به طور کلی، شیب ارتفاعی تأثیر قابل‌توجهی بر تنوع گیاهی دارد و منجر به تشکیل مناطق پوشش گیاهی متمایز با جوامع گیاهی منحصر به فرد می‌شود که با شرایط محیطی خاص هر ارتفاع سازگار شده‌اند. درک رابطه بین ارتفاع و تنوع گیاهی برای تلاش‌های حفاظتی و مدیریت اکوسیستم ضروری است، چرا که تغییرات ارتفاع می‌تواند تأثیرات معنی‌دار بر توزیع و فراوانی گونه‌های گیاهی داشته باشد. با مطالعه و حفاظت از جوامع گیاهی متنوع موجود در امتداد شیب ارتفاعی، می‌توانیم محافظت بیشتر و بهتری از غنا و پیچیدگی اکوسیستم‌های کوهستانی و تپه‌ای به عمل آوریم. همچنین از طریق مطالعه تنوع گیاهی، می‌توان پویایی جامعه گیاهی و پراکنش گونه‌ها را در محیط بررسی کرد و با تاکید بر پویایی اکوسیستم توصیه‌های مدیریتی مناسبی ارائه نمود. بنابراین لازم است تا روابط بین غنا، تنوع گونه‌ای و فاکتورهای فیزیوگرافی به وِیژه ارتفاع از سطح دریا تعیین شود تا بتوان با شیوه‌های مناسب و اصولی، اکوسیستم‌های طبیعی کشور را، که اغلب تخریب شده‌اند، محافظت کرد (جاهدی‌پور و همکاران، ۱۴۰۱).

مطالعات پیشین

Korner and Spehn (2019) درمطالعه‌ای به این نکته اشاره داشته‌اند که کوه‌های سراسر جهان ۱۳ تا ۲۵ درصد از سطح زمین را پوشش می‌دهند و میزبان تنوع زیستی بیشتری نسبت به هر اکوسیستم زمینی دیگری هستند. Tenorio et al. (2023) در پژوهشی با عنوان «شیب تنوع عرضی قوی‌تر مناطق کوهستانی نسبت به دشت‌ها» کوه‌ها را به عنوان کانون‌های تنوع زیستی برای موجودات بزرگ و کوچک، بی‌تحرک و متحرک معرفی کرده‌اند که عملکردهای اساسی اکوسیستم مانند جذب دی‌اکسید کربن و تنظیم جریان آب در آنجا اعمال می‌شود. Colwell and Less (2000) اهمیت

1- pH

درک چگونگی واکنش گونه‌های طبقه‌بندی شده و متمایز نسبت به تغییر ارتفاع به منظور ایجاد پیش‌بینی‌هایی در مورد پاسخ توزیع پوشش‌های گیاهی تحت تغییر در عصر آنتروپوسن را در تحقیق خود بیان کرده‌اند. علاوه بر این، Immerzeel et al. (2020) الگوهای ارتفاعی غنا و تنوع گونه‌های گیاهی و پیامدهای عدم حفاظت از گونه‌های در معرض خطر را مطرح نموده‌اند. در پژوهش دیگری با عنوان «چه چیزی سبب الگوهای جهانی تنوع زیستی کوهستانی می‌شود؟» که توسط Rahbek et al. (2019) انجام شده است، گونه‌های گیاهی که در برخی مناطق بومی، تحت آسیب و دخالت انسانی قرار دارند، همچنین شیب‌های ارتفاعی در سراسر قاره‌ها، عرض‌های جغرافیایی و پوشش‌های اقلیمی متمایز و اهمیت این معیارها در توزیع گونه‌های مختلف گیاهی، بیان شده است. براساس ادعای Tenorio et al. (2023) با وجود تلاش‌های گسترده برای یافتن الگوهای غنا در شبکه‌های اکولوژیکی (بوم‌شناختی) منسجم و کلان، این موضوع Castro et al. (2020) بر این عقیده بوده‌اند که کاهش تنوع پوشش گیاهی به صورت یکنواخت در ارتفاعات بالا و بالعکس یعنی افزایش گونه‌های گیاهی با کمتر شدن ارتفاع مرتبط است.

Whittaker (2020) در پژوهشی پیشنهاد داده بود که برخی از الگوهای متفاوت موجود در بررسی‌ها و مطالعات یکپارچه که به توزیع غنای گونه‌ها در شیب‌های محیطی می‌پردازند، به دلیل اینکه عمدتاً به صورت ناسازگار طبقه‌بندی شده و مجموعه داده‌های نامناسبی برای آن‌ها بکار گرفته شده است، نیاز به بررسی جامع‌تری دارند. سایر نویسندگان مانند Werenkraut and Ruggiero (2011) نیز به طبقه‌بندی و جهت‌گیری‌های بالقوه در روش‌های آماری اجرا شده برای شناسایی چنین الگوهای توزیع غنای گونه‌ها در مقیاس بزرگ به عنوان یک مسئله قابل تأمل، پرداخته‌اند. به عنوان مثال، در مطالعات Vetaus (2021) و Whittaker et al. (2011) توصیه شده است که اثرات مقیاس‌بندی، اندازه نمونه‌ها، کامل بودن داده‌ها، رویکردهای آماری و متغیرهای متفاوت مانند وجود دخالت انسانی به عنوان عواملی که تأثیرات معنی‌دار بر الگوهای توزیع غنای گونه‌ها دارند، بیشتر مورد توجه قرار گیرند.

براساس بررسی‌های صورت گرفته، دانش کامل از توزیع مکانی تنوع زیستی، به ویژه در مقیاس‌های کلان اکولوژیکی، عملا غیرممکن است. از همین رو، کمبود دانش تنوع زیستی معمولاً با ناتوانی ما در مورد در نظر گرفتن این پدیده از طریق نمونه‌برداری‌های میدانی که به صورت ناقص یا محدود انجام می‌شود مرتبط است و همین امر، می‌تواند نتایج آماری را تضعیف کند. این به اصطلاح کمبود دانش، تنوع بالایی از گونه‌ها و مناطق جغرافیایی زیستی را در بر می‌گیرد و در ابعاد متمایز تنوع زیستی که در ادامه این مقاله بیشتر به مفهوم این عبارت می‌پردازیم، مشترک است.

اثر گرادیان ارتفاعی

از عوامل توپوگرافی، عامل ارتفاع از سطح دریا به دلیل تأثیر در اقلیم منطقه بر پراکنش گونه‌های گیاهی نقش مؤثرتری دارد (Torresani et al., 2020). با افزایش ارتفاع از سطح دریا، متوسط دمای هوا کاهش یافته، در نتیجه نواحی گیاهی با تنوع گونه‌ای ویژه ایجاد می‌شود (Kumar et al., 2019).

یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی بوم‌شناسان، درک الگوهای تغییرات مکانی و زمانی در تنوع گونه‌ها است (Lomolino, 2001; Gonzales and Lopez, 2005). با این حال، الگوهای تنوع در شیب‌های ارتفاعی، کمتر شناخته شده است و اخیراً به طور مستند، تحقیقات در سطح جهانی این فرضیه را تایید می‌کند که تنوع گونه‌ها به طور یکنواخت

می‌تواند با افزایش ارتفاع کاهش پیدا کند (Wang et al., 2002; Fallahchay and Mohadjer, 2005). مطالعات متعددی الگوهای یکنواخت، یک‌وجهی یا چند مدل را در غنای گونه‌ای همراه با ارتفاع نشان داده‌اند. بنابراین، الگوی یکنواخت کاهش خطی در غنای گونه‌ای با افزایش ارتفاع بیان شده است (Rahbek, 1995). برخی دیگر از مطالعات نیز کاهش خطی و آشکار را در غنای گونه‌ها با افزایش ارتفاع نشان داده‌اند (Behera andd Kushwaha, 2007; Zhu et al., 2010). گزارش شده است که غنای گونه‌های درختی با افزایش ارتفاع به طور یکنواخت کاهش پیدا می‌کند. پس از بررسی کامل منابع مختلف، نشان داد، اگرچه تنوع گونه‌ها با افزایش ارتفاع کاهش پیدا می‌کند، اما این روند یکنواخت نیست (Salas and Meave, 2012).

تغییرات ارتفاعی و پوشش گیاهی

با توجه به وضعیت توپوگرافی و کوهستانی‌بودن جنگل‌های زاگرس، تنوع عوامل فیزیوگرافی (ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی) در این منطقه زیاد است. اصولاً هرکدام از این عوامل روی ویژگی‌های کمی درختان و تنوع گونه‌ای گیاهی تأثیر دارد. گونه‌های گیاهی که دارای نیازها و ویژگی‌های بوم‌شناسی یکسانی هستند دارای الگوی پراکنش مشابهی به‌خصوص در امتداد تغییرات ارتفاعی هستند (غفاری و همکاران، ۱۳۹۹). تنوع پوشش گیاهی، یک جنبه کلیدی از هر اکوسیستمی است که نقش مهمی در حفظ تعادل اکولوژیکی و همچنین حمایت از طیف وسیعی از موجودات دارد. یکی از جنبه‌ها، تنوع گیاهی که محور اصلی این پژوهش است، تغییر در پوشش گیاهی با افزایش ارتفاع است. همانطور که پیش‌تر نیز اشاره شد، با افزایش ارتفاع، عوامل مختلفی مانند دما، بارندگی و ترکیبات خاک تغییر می‌کند که به طور کلی منجر به تغییر در ترکیب و تنوع پوشش گیاهی می‌شود. بنابراین می‌توان گفت با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از این عوامل، پوشش‌های متنوعی از گیاهان در مناطق مختلف با هر سطح ارتفاعی رشد می‌کنند. در ارتفاعات پایین‌تر، جایی که دما معمولاً گرمتر و میزان بارندگی بیشتر است، گونه‌های گیاهی متنوع‌تر و فراوان تر هستند. این مناطق معمولاً از تنوع بیشتری از زندگی گیاهی، از جمله درختان بزرگ، درختچه‌ها و گیاهان علفی پشتیبانی می‌کنند. با افزایش ارتفاع، به دلیل اینکه دما کاهش پیدا می‌کند و سطوح بارندگی نیز ممکن است در نوسان باشد، شرایطی محیطی به نحوی است که منجر به ایجاد وضعیت چالش برانگیزتری برای رشد گیاهان می‌شود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی برگ گونه بلوط ایرانی نشان داده است که اثر فصل بر روی تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به غیر از ویژگی رطوبت نسبی در ارتفاع متوسط معنی‌دار بوده است.

در واقع براساس بررسی‌ها و نتایج بدست آمده از (رستم‌پور و همکاران، ۱۳۹۶)، می‌توان نتیجه گرفت که اثر متقابل فصل و طبقه ارتفاعی بر pH، هدایت الکتریکی، رطوبت نسبی، کلروفیل کل، پرولین، کربوهیدرات، آنزیم کاتالیز و کلروفیل آنزیم پراکسیداز در این پژوهش، معنی‌دار بوده است. در ارتفاعات بالاتر، جایی که دما سردتر و میزان بارندگی کمتر است، تنوع گیاهی نیز کاهش پیدا می‌کند. در چنین شرایطی فقط گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط سخت می‌توانند زنده بمانند. رشد گیاهانی مانند خزه‌ها، گلسنگ‌ها و درختچه‌ها در این مناطق معمولا رایج‌تر هستند، به طوری که سازگاری‌های آنها برای مقابله با دمای سرد، بادهای شدید و دسترسی محدود به مواد مغذی نسبت به سایر گونه‌های گیاهی بیشتر است.

به طور کلی، تغییر در پوشش گیاهی با افزایش ارتفاع، سازگاری گونه‌های گیاهی را با شرایط مختلف محیطی به عنوان یک موضوع مهم مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد. این تنوع نه تنها به زیبایی مناظر کوهستانی می‌افزاید، بلکه نقش مهمی در ایجاد زیستگاه‌های گوناگون برای طیف وسیعی از موجودات نیز دارد. همچنین، درک الگوهای تنوع گیاهی با افزایش و کاهش ارتفاع به منظور تلاش‌های حفاظتی و مدیریت اکوسیستم ضروری به نظر می‌رسد، زیرا همین دیدگاه، امکان شناسایی مناطق کلیدی برای حفاظت و بازسازی برای حفظ اکوسیستم‌های سالم و انعطاف‌پذیر را فراهم می‌کند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹).

تنوع زیستی

تنوع زیستی، ضامن انعطاف‌پذیری و سازگاری اکوسیستم با محیط اطراف است. به طوری که تنوع زیستی معیاری ضروری برای حفاظت خاک، حفاظت آب، گونه‌های جانوری و غیره به شمار می‌رود. لازم به توضیح است که در سال ۱۹۸۵ میلادی، واژه تنوع زیستی برای نخستین بار توسط فردی به نام رُزن[1] معرفی شده است (Guswin and Kwame, 2022). در یک تعریف کلی از تنوع زیستی می‌توان گفت، تنوع گونه‌های گیاهی، تنوع ساختاری آنها، الگوی پراکندگی و فراوانی پوشش‌های گیاهی، همگی به عنوان شاخصی جهت استفاده در برنامه‌های مدیریت جنگل‌ها بکار گرفته می‌شود. تنوع یا گوناگونی زیستی، انعطاف‌پذیری و ظرفیت سازگاری اکوسیستم جنگلی با محیط اطراف را تضمین می‌کند. تنوع زیستی دربرگیرنده مجموعه‌ای از اشکال مختلف و متنوع جوامع گیاهی و جانوری در کره زمین است. بنابراین اهمیت تنوع زیستی به دلیل آنکه نقش موثری در حفظ پایداری اکوسیستم‌ها دارد مورد توجه قرار گرفته است.

هر چقدر گونه‌های بیشتری از گیاهان در یک منطقه وجود داشته باشند، اکوسیستم‌های طبیعی نیز ساختار پیچیده‌تری پیدا خواهند داد و در نتیجه، این اکوسیستم‌ها در پاسخ به تغییرات و گستردگی‌ها، باید توانایی سازگاری و یا پایداری بیشتری داشته باشند. به هر میزان که شناخت بیشتری از تنوع زیستی وجود داشته باشد، امکان ارزیابی و بررسی عوامل مؤثر بر گوناگونی جانداران در زیستگاه‌ها نیز بیشتر می‌شود. بنابراین، کنترل و ارزیابی شاخص‌های تنوع زیستی در روند تغییرات اکوسیستم‌ها همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است (چراغی و رحمانی، ۱۳۹۲).

روش تحقیق

هدف از مطالعه

هدف اصلی این مطالعه‌ی مروری، بررسی تأثیر ارتفاع و اثر گرادیان بر تنوع گونه‌های گیاهی بوده است. توپوگرافی که عوامل مختلفی را در حوزه شکل‌گیری و نمایش پستی و بلندی‌ها و سایر عوارض طبیعی در سطح زمین مورد بررسی قرار می‌دهد و همچنین عاملی مانند ارتفاع از سطح دریا به دلیل تأثیراتی که در اقلیم مناطق مختلف بر پراکنش گونه‌های

1- Rosen

گیاهی دارد، در بررسی‌ها جهت تنظیم این مقاله مد نظر قرار گرفته است. نتایج حاصل از مطالعات در این زمینه نشان داده است که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، متوسط دمای هوا کاهش یافته، در نتیجه مناطق و حوزه‌هایی با پوشش گیاهی خاص با ایجاد تنوع در گونه‌ها شکل می‌گیرد. بدین ترتیب، می‌توان گفت با افزایش یافتن ارتفاع از سطح دریا، به همان نسبت که از تعدا گونه‌ها (غنا) کاسته می‌شود اما فراوانی یا به عبارت دیگر، یکنواختی گونه‌ها افزایش پیدا می‌کند.

معیار انتخاب مقالات

این پژوهش، یک مرور سیستماتیک بوده که نوع مطالعه بیشتر براساس بررسی مقالات و پژوهش‌های تجربی و مروری منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ انجام شده است.

روش جستجو

پژوهش حاضر، از طریق جستجوی عبارات کلیدی در موتورهای جستجوی Web of Science (ISI) و Scopus با استفاده از ترکیب کلیدواژه‌هایی که در ادامه به آن اشاره می‌شود، هم به زبان فارسی هم انگلیسی انجام شده است: «ارتفاع»، «گرادیان»، «شیب»، «کوهستان»، «جنگل»، «ارتفاع از سطح دریا»، «غنای گونه»، «پوشش گیاهی»، «غنا یا تنوع گیاهی» و «تنوع زیستی».

نحوه گزینش منابع

از بین بیش از ۱۰۰ مطالعه منتشر شده که براساس واجد شرایط بودن، غربالگری شدند، مطالعاتی را انتخاب کردیم که داده‌های مربوط به اثر گردیان ارتفاعی و روابط غنای گونه را گزارش کرده بودند. این جستجو شامل داده‌های جهانی در تمام قلمروهای جغرافیایی زیستی، همه قاره‌ها، به جز قطب جنوب، و مناطق جزیره‌ای بوده است. اغلب مدل‌های گزارش‌شده بر به وجود آمدن و گسترش میکروارگانیسم‌ها، بی‌مهرگان، مهره‌داران و گیاهان، در اکوسیستم‌های زمینی متمرکز بوده‌اند. در نهایت، مقالات و پژوهش‌ها با توجه به بررسی عنوان و چکیده آنها، به نحوی انتخاب شدند که به موضوع مورد نظر در این پژوهش، نزدیک‌تر بودند و بقیه مطالعات نیز حذف شده‌اند. در برخی از موارد نیز دسترسی به مقالات به دلیل محدودیت‌های گوناگون، میسر نشد.

چالش‌های تحقیق

با در نظر گرفتن تاثیرات قابل توجه گرادیان بر تنوع پوشش گیاهی می‌توان گفت این امر چالش‌های مختلفی را نیز به همراه دارد که برخی از آنها عبارتند از: تغییرات در الگوی آب و هوایی و اقلیمی به نحوی که نوع و پراکنش گیاهان دچار تغییر شود. از دیگر چالش‌ها می‌توان به دخالت انسانی مانند گسترش دامنه شهرنشینی و توسعه زمین‌ها جهت سکونت و زندگی انسانی اشاره کرد که همین می‌تواند کاهش تنوع زیستی و حتی نابودی زیستگاه‌ها را به دنبال داشته باشد. علاوه بر این، استفاده از سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی در کشاورزی صنعتی می‌تواند به طور جدی به پوشش‌های گیاهی آسیب وارد کند. عدم مدیریت و نظارت صحیح عوامل اجرایی و هر گونه تغییرات اکولوژیکی در اثر فعالیت‌های انسانی نیز

می‌تواند تبعات نامطلوبی در خصوص کاهش یا از بین رفتن پوشش‌های گیاهی به دنبال داشته باشد. بدین ترتیب، برای برطرف نمودن چنین چالش‌هایی مدیریت اصولی منابع طبیعی، حفاظت از زیستگاه‌ها و ترمیم اکوسیستم‌ها، پژوهش‌های اکولوژیکی برای درک بهتر تغییرات اقلیمی و انسانی بر نحوه گسترش یا از بین رفتن تنوع گیاهی، بکارگیری فناوری‌های مدرن برای پایش و سنجش وضعیت حتی از راه دور و مدل‌سازی‌های به روز و پیشرفته پیشنهاد می‌شود. بدیهی است که اجرای چنین راه حل‌ها و به دنبال آن، حصول نتایج مفید و موثر، مستلزم همکاری میان جوامع مختلف از جمله دولت‌ها، محققان و سازمان‌های مرتبط به صورت پایدار و یکپارچه است.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای مطالعات آتی

برای از بین بردن شکاف‌های مطالعاتی، یک مرور جامع که تقریبا تحقیقات یک دهه اخیر را در بر می‌گرفت و رابطه بین شیب ارتفاع و تنوع زیستی را ارزیابی می‌کرد، در این تحقیق ارائه و مفاهیم پایه مانند تنوع زیستی و تاثیرات مختلف ارتفاع بر شکل‌گیری پوشش‌های گیاهی نیز به منظور طراحی مطالعات آینده در مورد تنوع زیستی زاگرس شمالی، بیان شد. مراحل بعدی شامل ترکیب پوشش گیاهی، آب و هوا، بهره‌وری و داده‌های زمین‌شناسی برای درک بهتر مکانیسم‌های الگوری غنای گونه است که در سطح جهانی شناسایی شده‌اند. بنابراین، این مراحل نه تنها درک ما از چنین مفاهیمی را بهبود می‌بخشد، بلکه به ما به عنوان پژوهشگر کمک می‌کند تا قدرت پیش‌بینی‌ها در مورد آینده‌ی تنوع زیستی را در تغییرات محیطی جهانی به شکل پویاتر افزایش داده و تسریع کنیم. یکی از نقاط ضعفی که در این مقاله به آن رسیدیم، مدل‌های بدست آمده در تحقیقات پیشین هستند که نشان داده‌اند علی‌رغم پیشرفت‌های اخیر، میزان تأثیر کیفیت داده‌های اولیه بر تشخیص الگوهای کلان اکولوژیکی غنای گونه‌ها در شیب‌های ارتفاعی، به ویژه زمانی که به قلمروهای جغرافیایی زیستی متمایز و گروه‌های تنوع زیستی پرداخته می‌شود، همچنان در تحقیقات نادیده گرفته شده است. همچنین، به منظور برطرف نمودن چالش‌های اثر گرادیان ارتفاعی بر تنوع پوشش گیاهی علاوه بر اینکه به محققان توصیه می‌شود از داده‌های آماری معتبری در این زمینه استفاده کنند، همکاری با سیاست‌گذاران و جوامع فعال در حوزه‌های زیست‌محیطی و منابع طبیعی در راستای حفظ و بهبود تنوع زیستی پیشنهاد می‌شود.

منابع

جاهدی پور، س.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و رضوانی مقدم، ص.، (۱۳۹۱). تأثیر عوامل فیزیوگرافیک بر تنوع زیستی گیاهی اکوسیستم‌های طبیعی کویری کاخک گناباد. مهندسی اکوسیستم بیابان، ۵(۱۳)، ۱-۱۲.

صفورا چراغی و رامین رحمانی، (۱۳۹۲). بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر تنوع گونه‌های درختی، اولین همایش ملی مهندسی ومدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار.

غفاری، س.، قربانی، ع.، معمری، م.، مصطفی زاده، ر. و بیدارلرد، م.، (۱۳۹۸). ترکیب و ساختار گونه‌ها در امتداد شیب ارتفاعی در مراتع مغان-سبلان، ایران. مجله علم کوه، ۱۵(۶)، ۱۲۰۹-۱۲۲۸.

کبری عزیزی، حمید رضا ناجی، حمید حسنیان خوشرو و مهدی حیدری (۱۳۹۹). تأثیر ارتفاع از سطح دریا و فصل بر خصوصیات فیزیولوژیکی برگ گونه بلوط ایرانی در جنگلهای زاگرس (مطالعه موردی: ایلام). فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۹، شماره ۳۵.

مسلم رستم پور، محمد جعفری، علی طویلی، حسین آذرنیوند و سید وحید اسلامی (۱۳۹۶). الگوهای غنا و تنوع گونه‌ای گیاهی در طول گرادیان ارتفاعی منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی. حفاظت زیست بوم گیاهان.، ۵ (۱۱) :۲۱۷-۲۳۱.

مصداقی، م.، (۱۳۸۰). توصیف و تحلیل پوشش گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی.

Behera M.D and Kushwaha S.P.S. (2007). An analysis of altitudinal behavior of tree species in Subansiri district, Eastern Himalaya – Biodiversity of Conser.

Castro, F. S., Silva, P. G., Solar, R., Fernandes, G. W., and Neves, F. S. (2020). Environmental drivers of taxonomic and functional diversity of ant communities in a tropical mountain. Insect Conservation and Diversity.

Colwell, R. K., and Lees, D. C. (2000). The mid-domain effect: Geometric constraints on the geography of species richness. Trends in Ecology and Evolution, 15(2), 70–76.

Fallahchay M.M and Mohadjer M.M. (2005). Ecological role of altitude in diversity of tree species in Siahkalforests, north of Iran – Iranian Journal of Natural Resources.

González A.S and López-Mata L. (2005). Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico – Diversity and Distributions.

Guswin de Wee and Kwame Asmah-Andooh (2022). Using science of conceptual systems to guide policy and theory of social change: a push towards more accurate anticipatory system modelling. International Journal of General System.

Haddaway, N. R., Bethel, A., Dicks, L. V., Koricheva, J., Macura, B., Petrokofsky, G., Pullin, A. S., Savilaakso, S., and Stewart, G. B. (2020). Eight problems with literature reviews and how to fix them. Nature Ecology and Evolution.

Immerzeel, W. W., Lutz, A. F., Andrade, M., Bahl, A., Biemans, H., Bolch, T., Hyde, S., Brumby, S., Davies, B. J., Elmore, A. C., Emmer, A., Feng, M., Fernández, A., Haritashya, U., Kargel, J. S., Koppes, M., Kraaijenbrink, P. D. A., Kulkarni, A. V., Mayewski, P. A., Baillie, J. E. M. (2020). Importance and vulnerability of the world's water towers. Nature, 577(7790).

Kaleem, M., Anesss, Sh., Rehman, A., Rehman, N., Muhammad, S., Shahzad, F., Liu, Q., Alharabi, S., Alfarraj, S., Ansari, M and Razzaq khan, W. (2024). Assessment of climatic influences on net primary productivity along elevation gradients in temperate ecoregions. Elsevier, Trees, Forests and People.

Kacholi, D.S. (2014). Analysis of Structure and Diversity of the Kilengwe Forest in the Morogoro Region, Tanzania. International Journal of Biodiversity, 22(3), 1-8.

Körner, C., and Spehn, E. (2019). A humboldtian view of mountains. Science, 365(6458), 1061.

Kumar, A., Kishore, B. S. P. C., Saikia, P., Deka, J., Bharali, S., Singha, L. B., and Khan, M. L. (2019). Tree diversity assessment and above ground forests biomass estimation using SAR remote sensing: A case study of higher altitude vegetation of North-East Himalayas, India. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 111(3), 53-64.

Lomolino M.V. (2001) – Elevation gradients of species-density historical and prospective view – Global Ecology and Biogeography, 10: 3–13.

Neves, F. S., Silva, P. G., Solar, R., Nunes, C. A., Beirão, M. V., Brant, H., de Castro, F. S., Dáttilo, W., Guevara, R., and Fernandes, G. W. (2021). Habitat generalists drive nestedness in a tropical mountaintop insect metacommunity. Biological Journal of the Linnean Society.

Rahbek C. (1995). The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? – Ecography, 18: 200–205.

Rahbek, C., Borregaard, M. K., Colwell, R. K., Dalsgaard, B., Holt, B. G., Morueta-Holme, N., Nogues-Bravo, D., Whittaker, R. J., and Fjeldså, J. (2019). Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity? Science, 365(6458), 1108–1113.

Salas-Morales S.H and Meave J.A. (2012). Elevational patterns in the vascular flora of a highly diverse region in southern Mexico – Plant Ecology.

Tenorio, E. A., Montoya, P., Norden, N., Rodríguez-buriticá, S., SalgadoNegret, B., and Gonzalez, M. A. (2023). Mountains exhibit a stronger latitudinal diversity gradient than lowland regions. Journal of Biogeography.

Wang G., Zhou G., Yang L., Li Z. (2002). Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China – Plant Ecology.

Werenkraut, V., and Ruggiero, A. (2011). Quality of basic data and method to identify shape affect richness–altitude relationships in meta-analysis. Ecology, 92(1), 253–260.

Whittaker, R. J. (2010). The productivity-diversity relationship: Varying aims and approaches. Ecology, 91(9), 2522–2533.

Whittaker, R. J., Willis, K. J., and Field, R. (2001). Scale and species richness: Towards a general, hierarchical theory of species diversity. Journal of Biogeography.

Zhu H., Yong C., Zhou S., Wang H., Yan L. (2015). Vegetation, floristic composition and species diversity in a tropical mountain nature reserve in southern Yunnan, SW China, with implications for conservation – Tropical Conservati.

A Review of the Effect of Elevation Gradient on Plant Cover Diversity

Ch. Nazari*

- Ph.D. student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University.

Abstract

Species diversity is one of the most critical and fundamental issues in ecology. This study aims to examine the effects of elevation gradient on biodiversity. By analyzing biodiversity across different communities, insights into the prevailing conditions of ecosystems can be gained. Moreover, identifying suitable species and understanding the precise status of regions play a significant role in preserving their plant communities. For instance, studying species variations across elevations can aid in the optimal management of plant cover over different time periods. Additionally, one of the most effective methods to prevent soil erosion or reduce its density is the preservation and restoration of vegetation cover. Therefore, understanding and being aware of vegetation characteristics, particularly species diversity (richness), serves as the primary and essential biological tool for vegetation conservation. This research reviews the impact of elevation on the distribution of plant species, or more specifically, the effect of elevation gradient on plant diversity.

Keywords: biodiversity, gradient, elevation, vegetation cover, ecosystem, habitat.

*Corresponding author Tel: +98 9189705008 Email: nazari.chiako@gmail.com

تحلیل پارادایم نوین محیط‌زیستی و تمایل به پرداخت شهروندان برای خدمات اکوسیستم جنگل (مطالعه موردی: شهرستان ساری)

ساره حسینی[1*] و حمید امیرنژاد[2]

۱- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- استاد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

کارکردها و خدمات اکوسیستمی زمینه‌ی تعامل فیزیکی، فرهنگی و اقتصادی انسان را با عرصه‌های طبیعی فراهم می‌کنند و در رفاه انسانی نقش دارند. از اینرو بررسی نگرش و رفتار جوامع جهت حفاظت از آنها اهمیت زیادی دارد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی و تحلیل پارادایم نوین محیط‌زیستی و تمایل به پرداخت شهروندان شهرستان ساری برای خدمات اکوسیستم جنگلی این شهرستان می‌باشد. پژوهش حاضر از پژوهش‌های کاربردی و از نظر ماهیت و روش جزء پژوهش‌های توصیفی تحلیلی مبتنی بر پیمایش است. جامعه آماری این پژوهش شامل ۱۵۰ شهروند ساروی (ساکنان شهر ساری) می‌باشد که از خدمات اکوسیستم جنگلی منطقه بهره‌مند می‌شدند. ابزار پژوهش حاضر پرسشنامه‌ای است که روایی آن توسط تعدادی از متخصصان جنگلداری مورد تأیید قرار گرفت و پایایی گویه‌های ابعاد پارادایم نوین محیط‌زیستی آن با استفاده آزمون آلفای کرونباخ محاسبه گردید. در این مطالعه از آزمون t تک‌نمونه‌ای جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات ابعاد پارادایم نوین محیط‌زیستی شامل محدودیت رشد، انسان محوری، معافیت بشر، تعادل طبیعت و بحران‌های محیط‌زیستی استفاده شد. متغیرهای اقتصادی-اجتماعی در این تحقیق شامل هفت متغیر سن، تأهل، جنسیت، شغل، سطح تحصیلات، هزینه و درآمد بوده است. در این پژوهش نتایج حاصل از بررسی پارادایم نوین محیط‌زیستی شهروندان نسبت به خدمات اکوسیستمی جنگل نشان داد که به ترتیب ۸۵، ۶۳، ۶۲، ۴۴ و ۴۲ درصد از شهروندان با گویه‌های ابعاد محدودیت رشد، بحران‌های محیط‌زیستی، تعادل طبیعت، معافیت بشر و انسان محوری موافق و کاملا موافق هستند و ۴۹، ۴۷، ۲۸، ۲۷ و۶ درصد به ترتیب مخالف و کاملاً مخالف با ابعاد معافیت بشر، انسان محوری، بحرانه‌ای محیط‌زیستی، تعادل طبیعت و محدودیت رشد هستند. همچنین یافته‌های حاصل از آنالیز گویه‌ها نشان داد که در میان گویه‌های پارادایم نوین محیط‌زیستی، ۹۵ درصد شهروندان با گویه "علارقم توانایی‌ها و استعداد بشر، او هنوز تابع قوانین طبیعت است" و ۹۳ درصد آنها با "منابع زیادی در زمین وجود دارد اگر بشر چگونگی بدست آوردن آن را یاد بگیرد" و گویه" طبعیت بسیار حساس است و به سادگی از بین می‌رود" موافق هستند. همچنین نتایج نشان داد ۹۱ درصد شهروندان با گویه "اصطلاح بحران محیط‌زیستی که بشر با آن روبرو است بسیار اغراق شده است" و ۸۱ درصد با گویه "بشر بلاخره

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۹۵۵۸۵۲۷ ایمیل: S.Hosseini@guilan.ac.ir

راه چگونگی کنترل و سلطه طبیعت را پیدا خواهد کرد" و ۷۷ درصد شهروندان با گویه "هدف از خلقت انسان حکمروایی بر سایر طبیعت است" مخالف هستند. نتایج بررسی اثر ۱۵ گویه پارادایم نوین محیطزیستی بر تمایل به پرداخت شهروندان نیز نشان داد که تنها ۵ گویه از گویه‌های ابعاد پارادایم نوین محیطزیستی بر تمایل به پرداخت شهروندان اثری نداشته است و بقیه گویه‌ها به ترتیب در سطح یک درصد معنی‌دار (دو گویه)، پنج درصد (۵ گویه) و ده درصد (دو گویه) اثر معنی‌دار بر تمایل به پرداخت داشتند. بنابراین مطابق فرضیه تحقیق، بین پارادایم نوین محیطزیستی و تمایل به پرداخت شهروندان رابطه همبستگی مثبت و معنادار وجود دارد. همچنین از میان متغیرهای اقتصادی و اجتماعی، متغیرهای مخارج، درآمد، جنسیت، وضعیت تأهل و تحصیلات اثر مثبت مستقیم بر تمایل به پرداخت افراد دارند، این نشان از آن است که شهروندان محیطزیست و منابع پیرامونی را متعلق به خود می‌دانند و برای حفاظت از آن تلاش می‌نمایند. با توجه به نتایج پژوهش پیشنهاد می‌شود موضوع حفاظت از اکوسیستم جنگل توسط شهروندان و آموزش‌های محیطزیستی به آنها به‌عنوان یکی از ذینفعان خدمات اکوسیستم جنگل در اولویت قرار گیرد.

واژگان کلیدی: شهروند، بحران محیطزیستی، تعادل طبیعت، پارادایم، ساری.

مقدمه

تداوم استفاده‌ها از اکوسیستم‌های طبیعی مستلزم برنامه‌های حفاظت و بهبود وضعیت محیطزیستی آن است که خود نیازمند مشارکت دادن ذینفعان و آگاهی یافتن از رفتارهای محیطزیست‌گرایانه و ترجیحات آنها برای حفاظت از اکوسیستم است. بر این مبنا، بررسی نگرش‌های ارزشی محیطزیستی هدف اصلی بسیاری از پژوهشگران است تا نگرش اکثر مردم را نسبت به مسائل محیطزیستی درک کنند (Dunlap et al., 2000). نظریات جامعه‌شناختی مختلفی در مورد اینکه چرا و چگونه مردم رفتارهایشان را در رابطه با محیطزیست تغییر خواهند داد وجود دارند. پارادایم نوین محیطزیستی[1] یکی از این نظریه‌ها و تبیین‌ها است که برای نخستین بار توسط دانلپ و ون‌لایر در سال ۱۹۷۸ مطرح شد (Arrowin, 2001). از نظر دانلپ و ون‌لایر، مقصود از پارادایم نوین محیطزیستی، نوعی نگرش نسبت به محیطزیست می‌باشد یعنی تمایلاتی که از طریق ارزشیابی محیط-زیست با درجاتی از علاقه یا بی‌علاقگی ابراز می‌شود. براساس آن فرد معتقد است الف: انسان بر طبیعت غلبه ندارد ب- باید بین انسان و طبیعت تعادل وجود داشته باشد و ج- برای رشد و توسعه اقتصادی محدودیت وجود دارد (صالحی، ۲۰۱۰). اما با انتقادهایی که بر پارادایم نوین محیطزیستی وارد شد دانلپ برای رسیدن به یک تعادل بهتر میان نظرات موافق و مخالف آن و نیز برای وسعت دادن به محتوای مقیاس تغییراتی در آن ایجاد کرد. بدین ترتیب این مقیاس نگرش محیطزیستی را در ۵ بُعد هر بُعد سه گویه مورد سنجش قرار می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر، یک دسته ۱۵ آیتمی ساخته شد تا ۵ بُعد فرضی نگرش محیطزیستی یعنی محدودیت رشد[1]، انسان محوری[2]، تعادل طبیعت[3]، معافیت بشر[4]، بحران‌های

1- Reality of Limits to Growth
2- Anti Anthropocentrism
3- Fragility of Nature’s Balance
4- Rejection of Human Exceptionalism

محیط‌زیستی[1] را مورد بررسی قرار دهد (Dunlap et al., 2000). به رغم برخی از محققان پارادایم نوین محیط‌زیستی در وهله اول راهی برای تعیین نگرش ما نسبت به محیط‌زیست بوده و در مرحله بعدی محقق را در موقعیتی قرار می‌دهد که روابطش را با رفتار معنی‌دار محیط‌زیستی ردیابی کند (عابدی سروستانی، ۱۳۹۰). بسیاری بر این باورند که مشکلات محیط‌زیستی در ارزش‌ها و باورهای اجتماع ریشه دارد و به همین علت باید دانست افراد اجتماع نسبت به محیط‌زیست چگونه فکر می‌کنند. چه شناختی نسبت به آن دارند و تا چه اندازه طبیعت و محیط‌زیست برای آنها دغدغه است (Stern et al., 2000). از سوی دیگر دستیابی به تغییرات رفتاری در جلب مشارکت افراد در حفاظت از اکوسیستم جنگل و سایر ابعاد مرتبط با آن نقش موثری خواهد داشت. مطالعات بسیار اندکی در ارتباط با پارادایم نوین محیط‌زیستی و تمایل به پرداخت شهروندان برای خدمات اکوسیستم جنگل انجام شده است از جمله آنها: صالحی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی خود با استفاده از پارادایم نوین محیط‌زیستی بر پایه مقیاس دانلپ و ون‌لایر به بررسی نقش جنسیت در جهت‌گیری‌های محیط‌زیستی پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد افراد مورد بررسی در متغیر نگرش محیط‌زیستی نمره بالایی کسب کردند. همچنین تفاوت معنی‌داری بین زنان و مردان در نگرش محیط‌زیستی آن‌ها وجود ندارد. بادآهنگ گله بچه و همکاران (۱۳۹۷)، به بررسی دیدگاه جنگل‌نشینان استان گلستان نسبت به پارادایم نوین محیط‌زیستی و ارتباط آن با ویژگی‌های اجتماعی اقتصادی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که دیدگاه جنگل‌نشینان نسبت به پارادایم نوین محیط‌زیستی در سطح متوسط به بالا قابل ارزیابی است. همچنین نتایج پارادایم نوین محیط‌زیستی با ۱۵ گویه در قالب طیف لیکرت نشان داد که از بین گویه‌ها بیشترین میانگین مربوط به گویه گیاهان و حیوانات به اندازه آدمی حق حیات دارند و کمترین مربوط به گویه این حق مسلم انسان‌ها است که برای بر طرف کردن نیازهایشان هر طور که می‌خواهند طبیعت را تغییر دهند، است. حاجی‌زاده و همکاران (۱۴۰۱)، ترجیحات جوامع بومی برای حفاظت خدمات اکوسیستم جنگل‌های شیاده و دیوا را با استفاده از روش آزمون انتخاب بررسی نمودند. نتایج مطالعه نشان داد تمایل به پرداخت جوامع بومی جهت حفاظت خدمات تنظیمی و بهبود آن در اولین اولویت قرار گرفت و خدمات زیستگاهی و اطلاعاتی جایگاه‌های بعدی را به‌خود اختصاص دادند. امیرنژاد و حسینی (۱۴۰۲)، پرداخت برای جنگل‌های هیرکانی جهت کنترل سیلاب را با استفاده از روش آزمون انتخاب بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد خسارت‌دیدگان ویژگی‌های پرداخت بلند مدت، مدیریت جنگل و مدیریت آبخیزداری را جهت حفظ اکوسیستم جنگل برای کاهش سیلاب ترجیح می‌دهند. در مطالعات خارج از کشور نیز محققینی مانند Taye et al. (2018) نگرش محیطی برای توضیح تغییرات تمایل به پرداخت هزینه برای خدمات اکوسیستم جنگلی را با استفاده از پارادایم نوین محیط‌زیستی و آزمون انتخاب بررسی نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد بیش از ۶۰ درصد پاسخ‌دهندگان با گویه‌های پارادایم نوین محیط‌زیستی موافقت داشتند. Eriksson and Klapwijk (2019) در مطالعه خود نگرش دانشجویان را نسبت به حفظ تنوع‌زیستی و ذخیره-سازی کربن در جنگلداری سوئد مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد نظرات گروه‌های دوستدار طبیعت نسبت به حفظ تنوع‌زیستی و ذخیره‌سازی کربن مثبت بوده است. Bamwesigye et al. (2020) تمایل به پرداخت افراد برای موجودیت و پایداری جنگل در اوگاندا را بررسی نمودند. در این مطالعه اطلاعات مورد نظر از ۲۰۳ شهر و روستا اوگاندا با استفاده از پرسشنامه جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد نتایج نشان

1- Possibility of an Eco crisis

داد ۸۱/۹ درصد از نمونه‌های مورد بررسی حاضر به پرداخت هزینه و ارزش پایداری جنگل هستند. Doyeon et al. (2021) در مطالعه خود به بررسی ادراک ساکنان محلی نسبت به محیط طبیعی در سه کشور کره جنوبی، تایوان و اندونزی پرداختند. در این پژوهش درک شهروندان در حفاظت از محیط‌زیست طبیعی با استفاده از نظرات ۶۶۴ بازدیدکننده جنگل شهری از طریق بررسی پارادایم نوین محیط‌زیستی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان این سه کشور با تاریخ، فرهنگ و توسعه اقتصادی متفاوت، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در همه موارد دارند. Yang et al. (2020) ارزش حفاظتی پارک جنگلی ملی دالیان در شمال شرقی چین را با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط براساس پارادایم نوین محیط‌زیستی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد روابط معناداری بین نگرش‌های محیط‌زیستی و تمایل به پرداخت شهروندان وجود دارد.

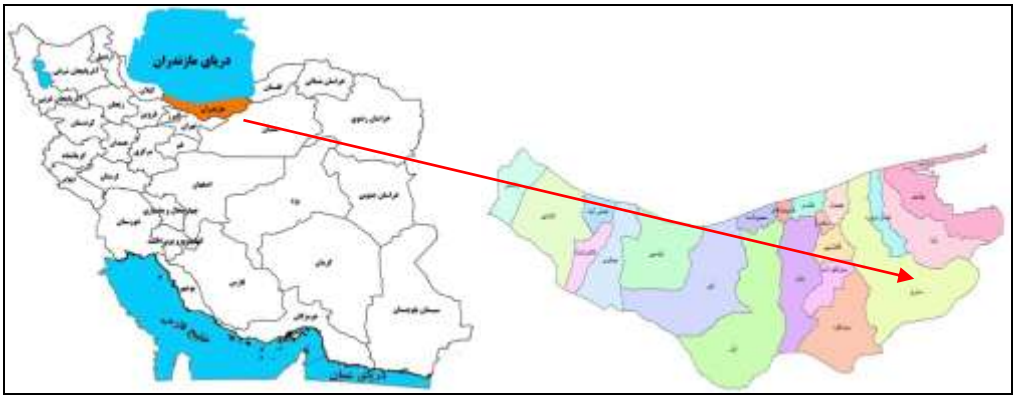
جمع‌بندی مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد یکی از مهم‌ترین بخش‌های محیط‌زیست جنگل‌ها می‌باشند که فراهم‌کننده‌ی بیشترین خدمات اکوسیستمی[1] هستند (MA, 2005). اما تاکنون ارزش‌های واقعی محیط‌زیستی آن به‌درستی مشخص نشده است. متاسفانه این ارزش‌ها عمدتاً به‌دلیل کیفی بودن، قابل لمس نبوده و نادیده گرفته می‌شوند. در حالی‌که این کارکردها و خدمات رایگان نیستند و ارزش و بهای اقتصادی نهفته‌ای دارند. در صورتی‌که این خدمات رایگان تلقی شوند اکوسیستم‌های جنگلی مورد بهره‌برداری و سودجویی بی‌رویه قرار می‌گیرند (Hosseini et al., 2024). بنابراین تداوم استفاده‌ها از این جنگل‌ها مستلزم برنامه‌های حفاظت و بهبود وضعیت محیط-زیستی آن است که خود نیازمند مشارکت‌دادن ذینفعان و آگاهی یافتن از رفتارهای محیط‌زیست گرایانه و ترجیحات آنها در برنامه‌های حفاظت و ارزشگذاری خدمات اکوسیستمی جنگل است. زیرا نگرش محیط‌زیستی به‌عنوان یک تمایل روانی برای بیان ارزیابی محیط‌زیست با درجه‌ای از نفع یا عدم رضایت تعریف شده است (Bartczak et al., 2015). از سوی دیگر، پارادایم نوین محیط‌زیستی یکی از متغیرهای مورد استفاده در ارزشگذاری خدمات اکوسیستمی و تمایل به پرداخت[2] افراد است (Arrow et al., 1993). زیرا تمایل به پرداخت ترجیحات رفتاری افراد را بیان می‌کند (Choi et al., 2013). بدیهی است که باید صریحاً نگرش محیط‌زیستی را در برآورد تمایل به پرداخت افراد برای بهبود کیفیت کالاهای محیط‌زیستی ترکیب کرد (Dunlap et al., 2000). بنابراین، با توجه به اهمیت جنگل‌ها لازم است تأثیر ارزش‌های محیط‌زیستی در شکل‌دهی نگرش افراد نسبت به خدمات آن از یک‌طرف و اهمیت و جذابیت درک میزان ارتباط ارزش-های محیط‌زیستی اکوسیستم جنگلی با پارادایم نوین محیط‌زیستی از طرف دیگر در آن مورد مطالعه قرار گیرد. زیرا استفاده گسترده از پارادایم نوین محیط‌زیستی توسط محققان در کشورهای مختلف جهان حاکی از آن است که این الگو، ابزار مناسبی برای سنجش نگرش‌های مربوط به محیط‌زیست فراهم می‌کند و می‌تواند به‌عنوان چهارچوبی برای توضیح رفتار محیط‌زیستی در برابر تمایل به پرداخت آنها در نظر گرفته شود و نحوه نگرش مردم را از رایگان تلقی‌نمودن ارزش خدمات غیربازاری تغییر دهد. بنابراین این مطالعه در نظر دارد اثر پارادایم نوین محیط‌زیستی را بر تمایل به پرداخت شهروندان برای خدمات اکوسیستم جنگل در شهرستان ساری مورد بررسی قرار دهد.

1 - Ecosystem Services
2 - Willingness to Pay

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

برای انجام پژوهش حاضر خدمات اکوسیستم جنگلی شهرستان ساری واقع در استان مازندران مد نظر قرار گرفت. شهرستان ساری یکی از شهرستان‌های ایران و مرکز و پرجمعیت‌ترین شهر استان مازندران است که در ۲۵۰ کیلومتری شمال شرق تهران، پایتخت ایران واقع شده است. شهرستان ساری واقع در کوهپایه‌های رشته کوه البرز دارای دو ناحیه دشتی و کوهپایه‌ای می‌باشد و ارتفاع آن تا ۵۴ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد. این شهرستان دارای جنگل‌های انبوه می‌باشد. جنگل‌های شهرستان ساری دارای انواع پوشش‌های جنگلی، گیاهی و دارای درختان ارزشمند مثل راش، ملج، توسکا، بلوط، افراپلت، شیردار، نمدار، گیلاس وحشی، بارانک و غیره است که به‌دلیل وجود درختان سر به فلک کشیده و سطح صعب‌العبور آن و دارا بودن منابع گوناگون اعم از جاذبه‌های طبیعی، چشم‌اندازها، پوشش گیاهی منحصر به فرد و گونه‌های جانوری متنوع، جلوه‌های انسانی و فرهنگی خاص همواره از کانون‌های مورد توجه طبیعت‌دوستان در شمال ایران محسوب می‌شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

پژوهش حاضر به لحاظ هدف کاربردی و از نظر ماهیت و روش توصیفی-تحلیلی مبتنی بر پیمایش است. در این مطالعه به منظور تحلیل اثر پارادایم نوین محیط‌زیستی بر تمایل به پرداخت شهروندان برای خدمات اکوسیستم جنگل، ابتدا گویه-های پارادایم نوین محیط‌زیستی با توجه به ماهیت پژوهش حاضر از مقاله دانلپ و همکاران استخراج و گردآوری گردید (Dunlap et al., 2000). سپس فهرستی از گویه‌های پارادایم نوین محیط‌زیستی در قالب پرسشنامه محقق ساخته بر مبنای طیف لیکرت با پرسش‌های بسته در بین پاسخگویان مختلف جهت امتیازدهی توزیع گردید. پرسشنامه این پژوهش شامل سه بخش بود که در بخش اول ویژگی‌های فردی (اجتماعی-اقتصادی)، بخش دوم بروشور اطلاعاتی در مورد خدمات اکوسیستم جنگلی شهرستان ساری و در بخش آخر سؤالات مربوط به رفتارهای محیط‌زیستی و تمایل به پرداخت پاسخگویان مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پرسشنامه از پاسخگویان درخواست گردید تا نظرات نهایی خود را راجع به گویه‌های متغیر پارادایم نوین محیط‌زیستی با تعیین یکی از پنج درجه اهمیت مقیاس لیکرت (۱: کاملاً مخالفم، ۲:

مخالفم، ۳: بی‌تفاوت (نظری ندارم)، ۴: موافقم و ۵: کاملاً موافقم) و تمایل به پرداخت با طیف‌های ۱: تمایل به پرداخت خیلی کم، ۲: کم، ۳: تمایل ندارم (بی‌تفاوت) ۴: زیاد و ۵: خیلی زیاد بیان کنند (امیرنژاد و حسینی، ۱۴۰۲). در این مطالعه برای اولویت‌بندی نگرش پاسخ‌دهندگان از میانگین حاصل از گویه‌های ابعاد پارادایم نوین محیط‌زیستی استفاده گردید. همچنین برای رتبه‌بندی گویه‌ها آماره میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات هر گویه محاسبه شد (ضریب تغییرات کمتر نشان‌دهنده توافق بیشتر بر گویه و اهمیت بالاتر آن نزد پاسخ‌دهندگان می‌باشد). در این پژوهش جهت بررسی اثر پارادایم نوین محیط‌زیستی و متغیرهای اقتصادی و اجتماعی شهروندان شامل هفت متغیر سن، تأهل، جنسیت، شغل، سطح تحصیلات، هزینه و درآمد بر تمایل بر پرداخت آنها نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شده است (حاجی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۱).

جامعه آماری پژوهش حاضر را شهروندان شهرستان ساری تشکیل می‌دهند که براساس آمار جمعیت شهرستان ساری توسط سرشماری سال ۱۳۹۵ و با استفاده از فرمول کوکران (با سطح خطای ۵ درصد)، حجم نمونه مورد نظر محاسبه گردید که تعداد ۲۰۰ نفر به عنوان نمونه به روش نمونه‌گیری تصادفی اقدام به تکمیل پرسشنامه نمودند که ۵۰ پرسشنامه به دلیل کامل نبودن اطلاعات حذف گردید و در نهایت از داده‌های ۱۵۰ پرسشنامه جهت آنالیز اطلاعات استفاده شد. در این مطالعه روایی پرسشنامه پژوهش توسط تعدادی از متخصصان مورد تأیید قرار گرفت و پایایی دسته گویه‌های پرسشنامه پژوهش با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ محاسبه شده است. در این پژوهش جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شده است.

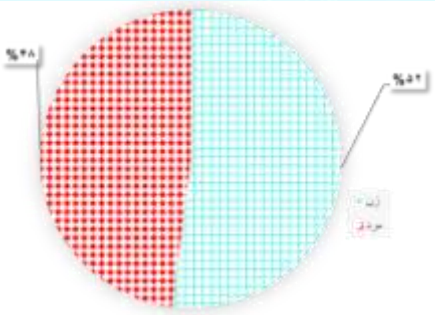
نتایج و بحث

در این مطالعه جهت تحلیل پارادایم نوین محیط‌زیستی شهروندان شهرستان ساری نسبت به خدمات اکوسیستم جنگلی، پایایی پرسشنامه‌ها با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ محاسبه شده است که مقدار آلفای (۷۸٪) به دست آمده قابل اعتماد بودن آن را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج پژوهش، ۵۲ درصد جامعه پژوهش را زنان و ۴۸ درصد از آن را مردان تشکیل می‌دهند. همچنین در این پژوهش افراد مورد مطالعه از نظر نوع اشتغال به دو دسته کارمندی و غیرکارمندی تقسیم شدند. بیشترین فراوانی شغلی افراد مربوط به شغل غیرکارمندی (افرادی که شغل غیرکارمندی دارند شامل متخصص، کشاورز، دامدار، مشاغل آزاد و غیره می‌باشد به عبارت دیگر افرادی که درآمد آنها از حقوق دولتی نمی‌باشد) با ۷۵ درصد می‌باشد. از نظر سطح تحصیلی نیز بیشترین افراد نمونه مورد مطالعه (۶۷ درصد) پایین‌تر از سطح کارشناسی تحصیلات علمی داشتند و تقریباً حدود ۳۳ درصد از پاسخگویان دارای تحصیلات علمی کارشناسی و بالای سطح کارشناسی بودند. همچنین نتایج آنالیز اطلاعات پرسشنامه نشان داد، میانگین سنی افراد مورد مطالعه ۵۳ سال بوده است که کمترین آنها ۲۵ سال و بیشترین آنها ۸۰ سال سن داشت. همچنین بیشترین فراوانی افراد مورد مطالعه مربوط به گروه سنی بین ۳۵ تا ۴۵ بوده است که فراوانی ۳۳ درصد را به خود اختصاص داده است. درصد فراوانی هر یک از متغیرهای مورد بررسی در شکل ۲ قابل مشاهده است.

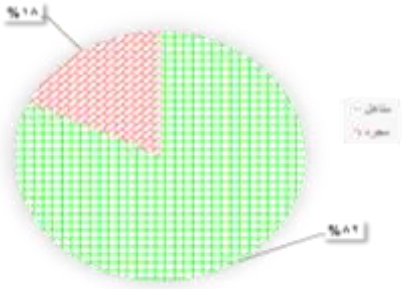
بررسی آمار سطح مخارج و درآمد زندگی افراد مورد مطالعه نشان داد میانگین درآمد و مخارج ماهانه خانوارها به‌ترتیب برابر با ۱۸۰ و ۱۲۰ میلیون ریال می‌باشد. از نظر سطح درآمدی بیشتر افراد نمونه مورد مطالعه (۷۰ درصد) درآمد ماهانه

بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلیون ریال داشتند و از نظر سطح هزینه‌ای بیشتر افراد نمونه مورد مطالعه (۵۳ درصد) مخارج ماهانه بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلیون ریال داشتند. همچنین حداقل و حداکثر درآمد ماهانه خانوارها به ترتیب ۲۵۰ و ۴۴۰ میلیون ریال و حداقل و حداکثر مخارج ماهانه خانوارها به ترتیب ۲۸۰ و ۱۰ میلیون ریال بوده است. نتایج بررسی درصد فراوانی مخارج و درآمد خانوارهای مورد بررسی در شکل ۲ نشان داده شده است.

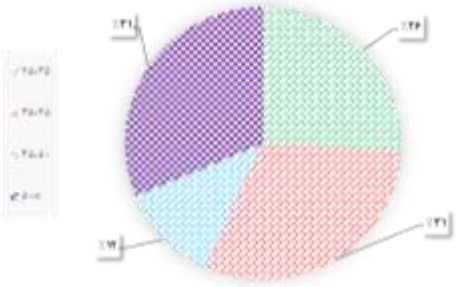
نتایج تحقیق نشان می‌دهد که میانگین نمره متغیر پارادایم نوین محیط‌زیستی در بین پاسخگویان ۳/۴۱ است. حداقل نمره گویه پارادایم نوین محیط‌زیستی کسب شده توسط گویه "اصطلاح بحران محیط‌زیستی که بشر با آن روبرو است بسیار اغراق شده است." بوده است یعنی ۹۱ درصد شهروندان با این گویه مخالف بودند و بیان داشتند بحران محیط‌زیستی بسیار جدی است و اغراق نیست و حداکثر میانگین نمره متغیر پارادایم نوین محیط‌زیستی در بین پاسخگویان مربوط به گویه "منابع زیادی در زمین وجود دارد اگر بشر چگونگی بدست آوردن آن را یاد بگیرد" با میانگین ۴/۴۷ بوده است به عبارت دیگر ۹۳ درصد شهروندان با این گویه موافق بودند و بیان داشتند اگر انسان بداند چگونه منابع جدید را بدست آورد و استفاده کند از فشار روی بهره‌برداری منابع طبیعی به ویژه اکوسیستم جنگل کاسته می‌شود (جدول ۱).



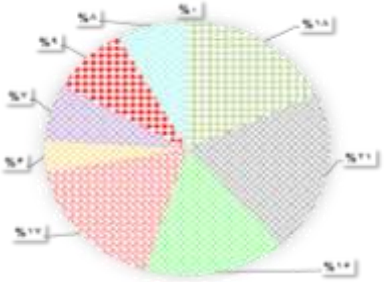
جنسیت



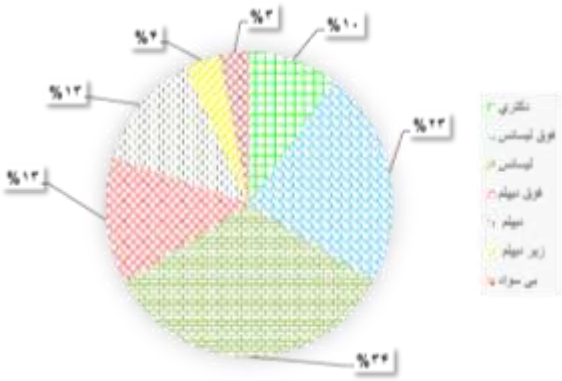
وضعیت تأهل



سن

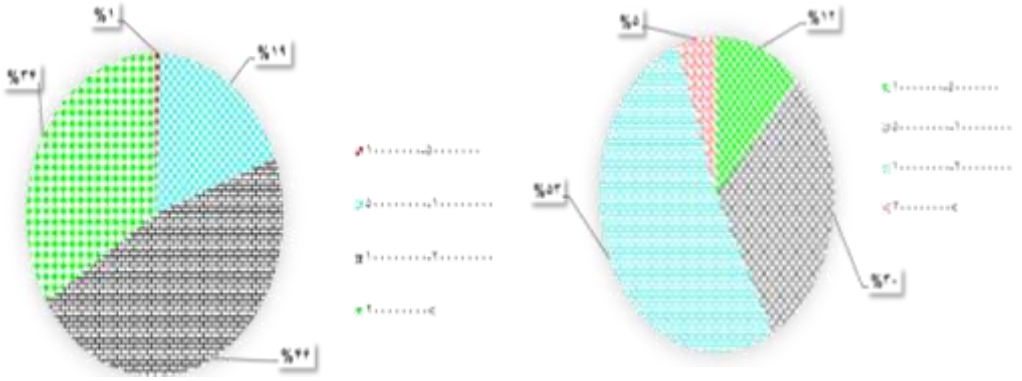


شغل



تحصیلات

شکل ۲- درصد فراوانی هر یک از ویژگی‌های اجتماعی مورد بررسی



درآمد هزینه

شکل ۳- توزیع درصد فراوانی مخارج و درآمد ماهانه پاسخگویان

جدول ۱-آماره‌های توصیفی گویه‌های پارادایم نوین محیط‌زیستی شهروندان نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل

ردیف	متغیر	گویه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
۱	محدودیت رشد	زمین گنجایش جمعیت بیشتر از این را ندارد.	۳/۸۴	۱/۱۰	۰/۲۹
۲		منابع زیادی در زمین وجود دارد اگر بشر چگونگی بدست آوردن آن را یاد بگیرد.	۴/۴۷	۰/۶۵	۰/۱۵
۳		کره زمین شبیه یک سفیه فضایی است که منابع و فضای آن محدود است.	۴/۳۹	۰/۷۷	۰/۱۷
۴	انسان محوری	انسان‌ها حق دارند محیط طبیعی را متناسب با نیاز خود دستکاری کنند.	۲/۰۶	۱/۳۲	۰/۶۴
۵		هدف از خلقت انسان حکمروایی بر سایر طبیعت است.	۲/۲۹	۱/۳۶	۰/۵۹
۶		گیاهان و حیوانات به اندازه انسان حق زندگی ندارند.	۴/۴۳	۰/۷۵	۰/۱۷
۷	تعادل طبیعت	دخل و تصرف انسانها در طبیعت اغلب نتایج فاجعه آمیزی را به دنبال داشته است.	۴/۰۱	۰/۹۳	۰/۲۳
۸		طبیعت آنقدر قوی و محکم است که می‌تواند در مقابل کارهای مخرب انسان دوام بیاورد	۲/۱۴	۱/۲۳	۰/۵۷
۹		طبعیت بسیار حساس است و به سادگی از بین می‌رود.	۴/۲۵	۰/۶۲	۰/۱۵
۱۰	معافیت بشر	به کارگیری عقل و خرد بشر می‌تواند مانع از تخریب کره زمین شود.	۴/۳۷	۰/۶۹	۰/۱۶
۱۱		علارقم توانایی‌ها و استعداد بشر، او هنوز تابع قوانین طبیعت است.	۴/۳۷	۰/۶۱	۰/۱۴
۱۲		بشر بلاخره راه چگونگی کنترل و سلطه‌ی طبیعت را پیدا خواهد کرد.	۱/۸۹	۰/۷۶	۰/۴۰
۱۳	بحران‌های محیط‌زیستی	انسان‌ها به شدت به محیط زیست سوء استفاده می‌کنند و تخریب می‌کنند.	۴/۰۶	۱/۰۸	۰/۲۶
۱۴		اصطلاح بحران محیط‌زیستی که بشر با آن روبرو است بسیار اغراق شده است.	۱/۶۶	۰/۷۵	۰/۴۵
۱۵		اگر همه چیز به روال فعلی ادامه پیدا کند ما به زودی یک فاجعه بزرگ محیط‌زیستی را تجربه خواهیم کرد.	۳/۰۳	۱/۲۷	۰/۴۲

وضعیت میانگی پارادایم نوین‌محیط‌زیستی شهروندان نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل در جدول ۲ نشان می‌دهد بُعد " محدودیت رشد" بیشترین میزان میانگین و بُعد "انسان محوری" کمترین میزان میانگین را داشته است. بدین معنا که شهروندان مسائل محیط‌زیستی را جدی دانسته‌اند.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی مؤلفه‌های پارادایم نوین محیط‌زیستی شهروندان نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل

ردیف	متغیر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
۱	محدودیت رشد	۴/۲۳	۰/۹۰	۰/۲۱
۲	انسان محوری	۲/۹۲	۱/۴۴	۰/۴۹
۳	تعادل طبیعت	۳/۴۷	۱/۳۴	۰/۳۹
۴	معافیت بشر	۳/۵۴	۱/۳۶	۰/۳۸
۵	بحران‌های محیط‌زیستی	۲/۹۳	۱/۵۹	۰/۵۴

نتایج حاصل از آنالیز گویه‌ها نشان داد که در میان گویه‌های پارادایم نوین محیط‌زیستی ۹۵ درصد شهروندان با گویه "علارقم توانایی‌ها و استعداد بشر، او هنوز تابع قوانین طبیعت است" و ۹۳ درصد آنها با گویه‌های" منابع زیادی در زمین وجود دارد اگر بشر چگونگی بدست آوردن آن را یاد بگیرد" و "طبیعت بسیار حساس است و به سادگی از بین می‌رود" موافق هستند. همچنین نتایج نشان داد ۹۱ درصد شهروندان با گویه" اصطلاح بحران محیط‌زیستی که بشر با آن روبرو است بسیار اغراق شده است" و ۸۱ درصد با گویه "بشر بلاخره راه چگونگی کنترل و سلطه‌ی طبیعت را پیدا خواهد کرد" و ۷۷ درصد شهروندان با گویه "هدف از خلقت انسان حکمروایی بر سایر طبیعت است" مخالف هستند. داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد که احساس مسئولیت نسل حاضر در قبال نسل‌های آینده در ارتباط با حفاظت اکوسیستم جنگل، به خوبی در بین افراد جا افتاده است و تقریبا ۹۲ درصد از شهروندان، خود را ملزم به حفاظت از اکوسیستم جنگل می‌دانند. نتایج تحقیق حاضر نشان داده است که حداقل و حداکثر میانگین رفتار محیط زیستی گزارش شده شهروندان به ترتیب ۲ و ۹۵ درصد بوده است. این بدین معنی است که نمونه‌های مورد بررسی، رفتار محیط زیستی نسبتاً بالایی را گزارش داده‌اند. جدول ۳ اطلاعات جزئی‌تری را ارائه می‌دهد.

جدول ۳- درصد آماره‌های توصیفی گویه‌های پارادایم نوین محیط‌زیستی شهروندان نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل

ردیف	متغیر	گویه	موافق و کاملا موافق		بی‌تفاوت		مخالف و کاملا مخالف	
			فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد
۱	محدودیت رشد	زمین گنجایش جمعیت بیشتر از این را ندارد.	۱۰۸	۷۲	۱۷	۱۱	۲۵	۱۷
۲		منابع زیادی در زمین وجود دارد اگر بشر چگونگی بدست آوردن آن را یاد بگیرد.	۱۳۹	۹۳	۱۰	۷	۱	۱
۳		کره زمین شبیه یک سفیه فضایی است که منابع و فضای آن محدود است.	۱۳۵	۹۰	۱۴	۹	۱	۱
۴	انسان محوری	انسان‌ها حق دارند محیط طبیعی را متناسب با نیاز خود دستکاری کنند.	۲۶	۱۷	۸	۵	۱۱۶	۷۷
۵		هدف از خلقت انسان حکمروایی بر سایر طبیعت است.	۳۵	۲۳	۱۵	۱۰	۱۰۰	۶۷
۶		گیاهان و حیوانات به اندازه انسان حق زندگی ندارند.	۱۳۶	۹۱	۹	۶	۵	۳
۷	تعادل طبیعت	دخل و تصرف انسانها در طبیعت اغلب نتایج فاجعه آمیزی را به دنبال داشته است.	۱۱۵	۷۷	۲۲	۱۵	۱۳	۱
۸		طبیعت آنقدر قوی و محکم است که می‌تواند در مقابل کارهای مخرب انسان دوام بیاورد	۲۷	۱۸	۱۹	۱۳	۱۰۴	۶۹
۹		طبعیت بسیار حساس است و به سادگی از بین می‌رود.	۱۳۹	۹۳	۹	۶	۲	۱
۱۰	معافیت بشر	به کارگیری عقل و خرد بشر می‌تواند مانع از تخریب کره زمین شود	۱۳۸	۹۲	۹	۶	۳	۲
۱۱		علارقم توانایی‌ها و استعداد بشر، او هنوز تابع قوانین طبیعت است.	۱۴۲	۹۵	۷	۵	۱	۱
۱۲		بشر بلاخره راه چگونگی کنترل و سلطه‌ی طبیعت را پیدا خواهد کرد.	۳	۲	۲۳	۱۵	۱۲۴	۸۳
۱۳	بحران‌های محیط‌زیستی	انسان‌ها به شدت به محیط زیست سوء استفاده می‌کنند و تخریب می‌کنند.	۱۱۷	۷۸	۱۹	۱۳	۱۴	۹
۱۴		اصطلاح بحران محیط‌زیستی که بشر با آن روبرو است بسیار اغراق شده است.	۴	۳	۱۰	۷	۱۳۶	۹۱
۱۵		اگر همه چیز به روال فعلی ادامه پیدا کند ما به زودی یک فاجعه بزرگ محیط‌زیستی را تجربه خواهیم کرد.	۶۸	۴۵	۲۱	۱۴	۶۱	۴۱

نتایج حاصل از بررسی علاقمندی پارادایم نوین محیط‌زیستی شهروندان شهرستان ساری نسبت به خدمات اکوسیستمی جنگل در جدول (۴) نشان می‌دهد که ۸۵ درصد از شهروندان با گویه‌های بُعد محدودیت رشد موافق هستند به عبارت دیگر آنها مسئله کمیابی منابع‌طبیعی و نامحدود بودن نیازهای بشری را قبول دارند و بر این باورند که جمعیت در حال رشد است اما طبیعت به همان سرعت رشد نمی‌کند. همچنین نتایج نشان داد که ۶۳ شهروندان نگران مسائل محیط-زیستی هستند زیرا زندگی اکثر آنها به خدمات اکوسسیتم جنگل وابستگی دارد. همچنین نزدیک به ۶۲ درصد آنها موافق با گویه‌های تعادل طبیعت می‌باشند.

جدول ۴- درصد آماره‌های توصیفی ابعاد پارادایم نوین محیط‌زیستی شهروندان نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل

ردیف	ابعاد	موافق و کاملا موافق	بی‌تفاوت	مخالف و کاملا مخالف
۱	محدودیت رشد	۸۵	۹	۶
۲	معافیت بشر	۴۴	۷	۴۹
۳	تعادل طبیعت	۶۲	۱۱	۲۴
۴	بحران‌های محیط‌زیستی	۶۳	۹	۲۸
۵	انسان محوری	۴۲	۱۱	۴۷

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، میانگین رتبه‌ای ابعاد پارادایم نوین محیط‌زیستی نشان می‌دهد که مؤلفه‌های محدودیت رشد، معافیت بشر و تعادل طبیعت نسبت به سایر مولفه‌ها میانگین بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۵- رتبه‌بندی مولفه‌های پارادایم نوین محیط‌زیستی براساس رفتار شهروندان نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل

ردیف	متغیر	میانگین	رتبه براساس میانگین
۱	محدودیت رشد	۴/۲۳	۱
۲	معافیت بشر	۳/۵۴	۲
۳	تعادل طبیعت	۳/۴۷	۳
۴	بحران‌های محیط‌زیستی	۲/۹۳	۴
۵	انسان محوری	۲/۹۲	۵

نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین تحلیل پارادایم نوین محیط‌زیستی و تمایل به پرداخت شهروندان برای خدمات اکوسیستم جنگل شهرستان ساری در جدول ۶ نشان داد که از میان ۱۵ گویه ابعاد پارادایم نوین محیط‌زیستی تنها ۵ گویه اثری بر تمایل به پرداخت شهروندان نداشت و بقیه گویه‌ها به ترتیب در سطح یک درصد معنی‌دار (دو گویه)، پنج درصد (۵ گویه) و ده درصد (دو گویه) معنی‌دار شدند و ۶ گویه فاقد ارتباط با تمایل به پرداخت می‌باشند که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- ضریب همبستگی پیرسون بین گویه‌های پارادایم نوین محیط زیستی با تمایل پرداخت برای خدمات اکوسیستم جنگل

ردیف	متغیر	گویه	معنی‌داری (Sig)
۱	محدودیت رشد	زمین گنجایش جمعیت بیشتر از این را ندارد	۰/۲۷
۲		منابع زیادی در زمین وجود دارد اگر بشر چگونگی بدست آوردن آن را یاد بگیرد.	۰/۰۰۰***
۳		کره زمین شبیه یک سفیه فضایی است که منابع و فضای آن محدود است.	۰/۰۰۷*
۴	انسان محوری	انسان‌ها حق دارند محیط طبیعی را متناسب با نیاز خود دستکاری کنند.	۰/۰۰۰***
۵		هدف از خلقت انسان حکمروایی بر سایر طبیعت است.	۰/۰۲۲**
۶		گیاهان و حیوانات به اندازه انسان حق زندگی ندارند.	۰/۰۰۳**
۷	تعادل طبیعت	دخل و تصرف انسانها در طبیعت اغلب نتایج فاجعه آمیزی را به دنبال داشته است.	۰/۱۱۸
۸		طبیعت آنقدر قوی و محکم است که می‌تواند در مقابل کارهای مخرب انسان دوام بیاورد	۰/۱۵۶
۹		طبیعت بسیار حساس است و به سادگی از بین می‌رود.	۰/۰۸۲**
۱۰	معافیت بشر	به کارگیری عقل و خرد بشر می‌تواند مانع از تخریب کره زمین شود	۰/۰۰۲**
۱۱		علارقم توانایی‌ها و استعداد بشر، او هنوز تابع قوانین طبیعت است.	۰/۰۱۱**
۱۲		بشر بلاخره راه چگونگی کنترل و سلطه‌ی طبیعت را پیدا خواهد کرد.	۰/۱۲۸
۱۳	بحران‌های محیط‌زیستی	انسان‌ها به شدت به محیط زیست سوء استفاده می‌کنند و تخریب می‌کنند.	۰/۵۴۱
۱۴		اصطلاح بحران محیط‌زیستی که بشر با آن روبرو است بسیار اغراق شده است.	۰/۰۰۸*
۱۵		اگر همه چیز به روال فعلی ادامه پیدا کند ما به زودی یک فاجعه بزرگ محیط‌زیستی را تجربه خواهیم کرد.	۰/۱۷۷

*معنی‌دار در سطح ۹۰ درصد، **معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ***معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

بررسی تأثیر متغیرهای اجتماعی- اقتصادی بر روی میزان تمایل به پرداخت شهروندان شهرستان ساری برای حفاظت از خدمات اکوسیستم جنگل با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون در جدول (۷) نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود، ضریب همبستگی بین متغیرها با تمایل به پرداخت عددی بین ۱ تا ۱- بوده است. نتایج همبستگی پیرسون آزمون نشان داد تمام متغیرها با میزان تمایل به پرداخت، ضرایب مورد انتظار را دارا نبوده و تنها برخی از متغیرها از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شده است. همچنین بین متغیر مخارج، درآمد، سن، جنسیت، وضعیت تاهل و تحصیلات شهروندان با تمایل به پرداخت آنها رابطه همبستگی مثبت وجود دارد. یعنی با افزایش هر یک از متغیرهای مخارج، درآمد، سن و تحصیلات شهروندان، میزان تمایل به پرداخت شهروندان برای حفاظت از خدمات اکوسیستم جنگل افزایش می‌یابد. اما بین متغیرهای سن و شغل شهروندان با تمایل به پرداخت همبستگی وجود ندارد و معنی‌دار نمی‌باشد. یعنی اینکه با افزایش سن احتمال پذیرش برای پرداخت را کاهش می‌دهد. همچنین با کاهش شغل

غیر دولتی به علت عدم دریافت حقوق ماهانه میزان تمایل به پرداخت شهروندان برای حفاظت از خدمات اکوسیستم جنگل کاهش می‌یابد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد هر چه افراد تحصیلات بالاتری داشته باشند، نگرانی بیشتری برای حفظ خدمات اکوسیستم جنگل دارند.

جدول ۷- ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای اقتصادی و اجتماعی شهروندان با تمایل پرداخت آنها برای خدمات اکوسیستم جنگل

تمایل به پرداخت	آماره	درآمد	مخارج	سن	جنسیت	وضعیت تأهل	شغل	تحصیلات
	معنی‌داری	۰/۰۶۸**	۰/۰۸۳**	۰/۵۴۳	۰/۰۰۰***	۰/۰۱۴**	۰/۷۸۸	۰/۰۱۱**

*معنی‌دار در سطح ۹۰ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، *** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از اجرای تحقیق حاضر نشان داد که اکثر گویه‌های پارادایم نوین محیط‌زیستی شهروندان تأثیر مثبت و معناداری بر تمایل پرداخت آنها برای حفاظت خدمات اکوسیستم جنگل دارند. این رابطه خطی، بدین معنی است که هرچه افراد، نمره نگرش بالاتری نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل کسب کنند، به همان میزان نیز رفتار محیط زیستی مسئولانه‌تری خواهند داشت و تمایلی بیشتری برای حفاظت آنها خواهند داشت. این نتایج، تأییدی آماری بر فرضیه اصلی تحقیق است. محققانی مانند توسط امیرنژاد و همکاران (۱۴۰۳)، Taye et al. (2018)، Yang et al. (2023) و Doyeon et al. (2021) در تحقیق خود به رابطه مثبت بین دو متغیر پارادایم نوین محیط زیستی و تمایل به پرداخت پی بردند که مؤید نتایج تحقیق اخیر است.

با توجه به تأیید فرضیه اساسی تحقیق، نتایج پژوهش نشان داد عواملی اقتصادی و اجتماعی شهروندان مانند مخارج، درآمد، سن، جنسیت، وضعیت تاهل و تحصیلات شهروندان با تمایل به پرداخت آنها در ایجاد رابطه مثبت بین نگرش نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل و تمایل پرداخت آنها نقش داشته است. نتایج مطالعه امیرنژاد و حسینی (۱۴۰۲) و Bamwesigye et al.(۲۰۲۰) نیز مؤید نتایج این تحقیق می‌باشد. همچنین، اثر غیرمستقیم متغیر مخارج جهت بهبود و حفاظت از خدمات اکوسیستم جنگل مثبت معنی‌دار بوده است. این نتیجه بیانگر این موضوع است که مخارج تاثیر مثبت بر روی بهره‌مندی و حفاظت شهروندان از خدمات اکوسیستم جنگل دارد یعنی با افزایش هزینه‌های زندگی تمایل به استفاده آنها از این خدمات کاهش نمی‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی پژوهش نشان می‌دهد بی شک نگرش یا پارادایم نوین محیط‌زیستی شهروندان تنها عامل موثر و تعیین‌کننده در بر تمایل پرداخت شهروندان برای حفاظت خدمات اکوسیستم جنگل نیست و مجموعه‌ای از عوامل در شکل‌گیری رفتار و تمایل به پرداخت واقعی آنها تاثیر می‌گذارند. همچنین نتایج برخی تحقیقاتی که در کشورهای مختلف صورت گرفته است نشان می‌دهد که باید نقش پر رنگ نگرش را در تبیین رفتار فرد مورد توجه قرار داد. بنابراین، بایسته است در تصمیم‌گیری‌های کلان و سیاستگذاری‌های ملی بر عواملی که در شکل‌گیری نگرش افراد و تقویت این ارتباط با رفتار و تمایل آنها تأثیرگذار هستند مورد توجه قرار گیرد. در ادامه پیشنهاد می-

شود ابعاد نگرش نوین محیطزیستی و رفتارهای محیطزیستی افراد در ارتباط با هریک از کارکردها و خدمات اکوسیستم جنگل به صورت مجزا مد نظر قرار گیرد و میزان اثرگذاری هر یک از ابعاد و مولفه‌های پارادایم نوین محیطزیستی بر میزان تمایل به پرداخت با معادلات ساختاری مورد بررسی قرار گیرد. همچنین از طریق آموزش‌های همگانی با استفاده از وسایل ارتباط جمعی، برگزاری رده‌های آموزشی و همایش‌های محیطزیستی، خدمات اکوسیستم جنگل به نحو بهتری به جامعه بشری به‌عنوان یکی از ذینفعان خدمات اکوسیستم جنگل شناسانده شود و در اولویت قرار گیرد.

منابع

امیرنژاد، ح.، حسینی، س.، (۱۴۰۲). بررسی عوامل مؤثر بر ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی جنگل‌های هیرکانی (مطالعه موردی: ارزش کنترل سیلاب). اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۷(۱)، ۱-۱۶.

حاجی‌زاده، ح.، فلاح، ا.، حسینی، س.، (۱۴۰۱). ارزیابی کارکردهای بوم‌سازگان جنگلی با بهره‌گیری از روش‌های تلفیقی تصمیم‌گیری چندمعیاره (استان مازندران، بوم سازگان جنگلی شیاده و دیوا). بوم‌شناسی جنگل‌های ایران (علمی- پژوهشی)، ۱۰(۲۰): ۴۲-۳۳.

صالحی، ص.، کبیری، ا.، کریم‌زاده، س.، (۱۳۹۵). بررسی نقش جنسیت در جهت‌گیری‌های زیست‌محیطی (مورد مطالعه: شهر ارومیه). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(۱): ۱۶۱-۱۴۹.

عابدی سروستانی، ا.، (۱۳۹۰). واکاوی نگرش و رفتارهای زیست‌محیطی: مطالعه‌ای درباره دانشجویان کارشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. نشریه علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۷(۲): ۹۳-۷۷.

گله بچه، ا.، عابدی سروستانی، ا.، و محبوبی، م.، (۱۳۹۳). بررسی نگرش روستاییان حاشیه جنگل نسبت به تغییر کاربری اراضی جنگلی (مطالعه موردی استان گلستان). نشریه مدیریت اراضی، ۶(۲): ۱۵۱-۱۴۳.

Eriksson, L., Klapwijk, M., (2019). Attitudes towards biodiversity conservation and carbon substitution in forestry: A study of stakeholders in Sweden. Forestry an International Journal of Forest Research, 92: 219–229.

Bamwesigye, D., Hlavackova, P., Sujova, A., Fialova, J., and Kupec, P., (2020). Willingness to pay for forest existence value and sustainability. Sustainability, 12 (3): 891.

Doyeon, K., Avenzora, R., Lee, J., (2021). Exploring the outdoor recreational behavior and nnew environmental paradigm among urban forest visitors in Korea, Taiwan and Indonesia. Forests, 12, no. 12: 1651. https://doi.org/10.3390/f12121651

Yang, Y., Wang, E., Wang, Z., (2023). Valuing nonuse value of a national forest park with consideration of the local residents' environmental attitudes forests 14(7): 1487. https://doi.org/10.3390/f14071487

MA., (2005). Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis. World Island Press, Washington DC, 137.

Salehi, S., (2010). People and the environment. Lambert Academic Publication, 9: 17-29.

Stern, P. (2000). Toward a coherent theory of environmentally significant behavior, Journal If Social Issue, 56 (3): 407-424.

Bartczak, A., (2015). The role of social and environmental attitudes in non-market valuation: An application to the Białowieża Forest. Forest Policy and Economics, 50: 357-365.

Arrow, K., Solow, R., Portney, P.R., Leamer, E.E., Radner, R., Schuman, H., (1993). Report of the NOAA Panel on contingent valuationBook in federal register. Washington, DC: national oceanic and atmospheric administration. 1–66.

Choi, A.S., K.S. Fielding., (2013). Environmental attitudes as WTP predictors: A case study involving endangered species. Ecological Economics, 89: 24–32.

Hosseini, S., Oladi, J., Amirnejad, H., (2021). The evaluation of environmental, economic and social services of national parks, Environ Dev Sustain 23(6), 9052-9075. DOI: 10.1007/s10668-020-01011-6.

Hosseini, S., Amirnejad H., Azadi, H., (2024). Impacts of Hyrcanian forest ecosystem loss: the case of Northern Iran. Environ Dev Sustain, 22 pp. https://doi.org/10.1007/s10668-023-04408-1.

Dunlap, R., Liere, K.V., Mertig, A., Jones R.E., (2000). Measuring endorsement of the new ecological paradigm: A revised NEP scale, Journal of Social, 3(56): 425-442.

Taye, F., Vedel, S., Jacobsen, J., (2018). Accounting for environmental attitude to explain variations in willingness to pay for forest ecosystem services using the new environmental, Journal of Environmental Economics and Policy. 2160-6544: 22 pp.

Analysis of the new environmental paradigm and the willingness to pay of citizens for forest ecosystem services (case study: Sari city)

S. Hosseini[1*] and H. Amirnejad[2]

1- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Rasht, Iran.
2- Prof., Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran.

Abstract

Ecosystem functions and services provide the physical, cultural and economic interaction of humans with natural ecosystem and play a role in human well-being. Therefore, it is very important to survey the attitude and behavior of communities in order to protect them. Therefore, the purpose of the current research is to investigate and analyze the new environmental paradigm (NEP) and the willingness to pay (WTP) of Sari citizens for the forest ecosystem services. The research is one of the applied researches, and in terms of its method, it is part of descriptive analytical researches based on survey. The statistical population of the study includes 150 Saravi citizens (residents of Sari city) who benefited from the forest ecosystem services of the region. The instrument of the research is a questionnaire whose validity was confirmed by a number of forestry experts and its reliability was calculated using Cronbach's alpha test. In this study, one-sample t-test was used to analyze data on the dimensions of the NEP, including limits to growth, anti anthropocentrism, fragility of nature's balance, rejection of human exceptionalism, possibility of an ecocrisis. Socio-economic variables in this research included seven variables: age, marital status, gender, job, education level, cost and income. In this research, the results of investigating the citizens NEP towards forest ecosystem services showed that 85, 63, 62, 44 and 42 percent of citizens with the dimensions of limits to growth, possibility of an ecocrisis, fragility of nature's balance, rejection of human exceptionalism and anthropocentricity agree and completely agree, and 49, 47, 28, 27 and 6 percent are respectively against and completely against the rejection of human exceptionalism, anthropocentricity, possibility of an ecocrisis, fragility of nature's balance and limits to growth. Also, the findings from the analysis of the items showed that among the items of the NEP, 95% of the citizens agree with the item "The beauty of creatures and human talent, he is still the laws of nature" and 93% of them agree with items "There are many resources in the Earth, if man can learn it" and "nature is very sensitive and easily destroyed". Also, the results showed that 91 % of citizens said "the term environmental crisis that mankind is facing is greatly exaggerated" and 81% said "man will finally find a way to control and dominate nature" and 77 % citizens disagree with the statement "the purpose of human creation is to rule over other natures." The results of examining the effect of 15 items of the NEP on the citizens' WTP showed that only five items of the dimensions of the NEP had no effect on citizens' WTP, and the rest of the items were respectively at significant level 1% (2 items), 5% (5 items) and 10% (two items) had a significant effect on WTP. Therefore, according to the hypothesis of the research, there is a positive and meaningful correlation between the NEP and the citizens WTP. Also, among the economic and social variables, the variables of expenses, income, gender, marital status and education have a direct positive effect on people's WTP, this shows that citizens consider the environment and surrounding resources as their own and they try to protect it. According to the results of the research, it is suggested that the issue of forest ecosystem protection by citizens and environmental education should be given priority to them as one of the beneficiaries of forest ecosystem services.

*Corresponding author Tel: +98 9119558527 Email: S.Hosseini@Guilan.ac.ir

Key words: Citizen, Possibility of an ecocrisis, Fragility of Nature's Balance, Paradigm, Sari.

اثر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مناطق جنگلی (منطقه مورد مطالعه: جنگل مانشت، ایلام)

مهسا قیصری[۱] و حمیدرضا ناجی[۲*]

۱- دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
۲- دانشیار، گروه علوم جنگل، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

چکیده

یکی از پدیده‌های مهم در اکوسیستم‌های جنگلی، آتش‌سوزی می‌باشد که تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک ایجاد می‌کند. این پژوهش در منطقه جنگلی مانشت، ایلام که در تیر ماه سال ۱۴۰۳ دچار آتش‌سوزی شدند، انجام شد. برای تعیین مشخصه‌های اسیدیته اشباع، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و نیتروژن کل از نمونه‌های خاک عرصه سوخته و سالم که در مجاورت هم بودند، استفاده شد. نمونه‌ها به‌صورت ترانسکت خطی در طول شیب جمع‌آوری شدند. ده چاله به فاصله ۲۱ متری در طول عرصه سوخته و شاهد در جهت شیب از یکدیگر حفر شده و نمونه‌های خاک از عمق صفر تا پنج سانتی‌متر و پنج تا ۲۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شدند پس از آمادسازی خاک، اسیدیته اشباع، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و نیتروژن کل اندازه‌گیری شدند. محاسبات آماری نشان داد که میانگین اسیدیته در خاک عمقی شاهد کمتر از میانگین اسیدیته در خاک عرصه سوخته بود. همچنین آتش‌سوزی به‌طور مستقیم خاک سطحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه براین، تفاوت معنی‌داری بین مشخصه‌های میانگین اسیدیته اشباع، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب و نیتروژن کل در منطقه شاهد و سوخته وجود داشت که میزان تاثیرپذیری بخش‌های زیرین خاک کمتر بوده و گرما کمتر به لایه‌های زیرین نفوذ کرده است.

واژگان کلیدی: آتش‌سوزی جنگل، عناصر خاک، ویژگی‌های شیمیایی، رشد درخت، جنگلهای زاگرس.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۴۵۸۹۷۷۴ ایمیل: h.naji@ilam.ac.ir

مقدمه

یکی از پدیده‌های مهم تاثیرگذار بر اکوسیستم‌های جنگلی، آتش‌سوزی می‌باشد که به‌صورت طبیعی (توسط تغییرات اقلیمی) و فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود. آتش‌سوزی در جنگل سبب ایجاد تغییراتی در ویژگی خاک از نظر فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌شود. بنابراین آتش‌سوزی را می‌توان یکی از اثرات منفی فعالیت‌های بشری در اراضی‌های جنگلی برشمرد که به‌صورت عمد و غیرعمد در آنها اتفاق می‌افتد.

آتش‌سوزی ایجاد شده اثرات منفی خود را بر روی فعالیت‌های خاکی در جهت تولید اکوسیستم جنگلی ناپایدار بر جا گذاشته و دیگر امیدی برای تجدید منطقه جنگلی وجود نخواهد داشت. خاک جنگل در اثر آتش‌سوزی کاملاً تغییر کرده و احیاء آن نیاز به گذشت زمان زیادی دارد. در نتیجه مدیریت خاک‌های جنگلی آتش گرفته در جهت احیاء آنها، نیازمند شناخت اثرات اکولوژی آتش‌سوزی روی خاک‌های جنگلی می‌باشد (Certin, 2005). از شایع ترین اثرات آتش‌سوزی می‌توان به تغییر در ترکیب و میزان ماده آلی خاک اشاره کرد (Terefeetal, 2008). آتش‌سوزی به عنوان عامل مهم در تخریب اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود (Grangedetal, 2011). تغییرات ذخایر ماده آلی خاک بسیار پیچیده می‌باشد، در شدت آتش‌سوزی کم محتوای کربن می‌تواند افزایش یابد ولی در شدت‌های بیشتر، مقدار آن کاهش می‌یابد (Bodietal, 2012). آتش ثبات ذرات خاکدانه‌های خاک را به‌دلیل سوختن کربن آلی خاک و تغییرات ماده آلی خاک تحت تاثیر قرار می‌دهد (Kardiretal, 2005).

آتش‌سوزی معمولاً به‌عنوان عامل اکولوژیکی تخریب و یا بازسازی جنگل محسوب می‌شود (Certini, 2005). آتش‌سوزی‌های شدید اصولاً دارای اثرات منفی بیشتری بر روی مشخصه‌های مختلف خاک می‌باشند (Rab, 1996). آتش‌سوزی مستقیماً خاک سطحی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به‌طوری که دما به سطوح پایین تر خاک نفوذ نکرده و خاک عمیق زیاد تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد (DeBano, 2000; Hartford and Frandsen, 1992; Gillonetal,1995; Campbelletal, 1995; Certini, 2005). پس از آتش‌سوزی وزن مخصوص پایداری ساختار خاک کاهش می‌یابد که علت آن از بین رفتن مواد آلی (هیدروفنیک‌ها) از بخش معدنی، که نقش سیمان‌های آلی برای ذرات معدنی خاک بوده‌اند، البته بعد از مدتی سیمان‌های اسیدهای معدنی خاک در افزایش پایداری ساختمان خاک نقش ایفا می‌کنند. با توجه به اهمیت، ضرورت شناخت و مدیریت خاکهای جنگلی، هدف از این پژوهش بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های جنگلی منطقه مانشت استان ایلام در اثر آتش‌سوزی بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در بخش شمال غربی استان ایلام در منطقه جنگلی مانشت با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۶۰۰ متر و شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد انجام شد. تیپ پوشش گیاهی جنگلی مانشت، بلوط-زالزالک با گونه غالب بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.) است. این منطقه دارای تابستان‌های گرم (تیر و مرداد گرم ترین ماه) و زمستان‌هایی سرد می‌باشد که میانگین بارندگی سالیانه حدود ۵۷۰

میلی‌متر در سال است. این منطقه جنگلی دارای خاک شنی-رسی هستند. از نظر زمین‌شناسی این منطقه به دوره کواترنر (Quaternary) تعلق دارد.

روش پژوهش

برای تعیین مشخصه‌های اسیدیته اشباع، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و نیتروژن کل از خاک عرصه سوخته در تیر ماه سال ۱۴۰۳ به‌وسعت ۳۷ هکتار نمونه‌برداری شد. به‌همین صورت، از خاک جنگل سالم و دست نخورده در مجاورت این عرصه نیز به‌عنوان منطقه شاهد نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها به‌صورت ترانسکت خطی در طول شیب جمع‌آوری شدند. ده چاله به فاصله ۲۱ متری در طول عرصه سوخته و شاهد در جهت شیب از یکدیگر حفر شده و نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۵ سانتی‌متر و ۵ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از بیلچه برداشته شدند. سپس نمونه‌های خاکی خشکانده شده و از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شده‌اند تا در آزمایشگاه برای اندازه‌گیری صفات اسیدیته اشباع، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و نیتروژن کل استفاده شوند.

فسفر قابل جذب (اندازه‌گیری با روش بی‌کربنات)

با استفاده از محلول بی‌کربنات سدیم نیم نرمال، تجزیه و تحلیل خاک‌ها انجام شد. این محلول در خاک‌های آهکی، قلیایی و خنثی سبب رسوب کلسیم می‌شود در نتیجه غلظت فسفر در محلول افزایش می‌یابد.

پتاسیم قابل جذب

با استفاده از محلول استات آمونیوم نرمال اندازه‌گیری شد.

نیتروژن کل

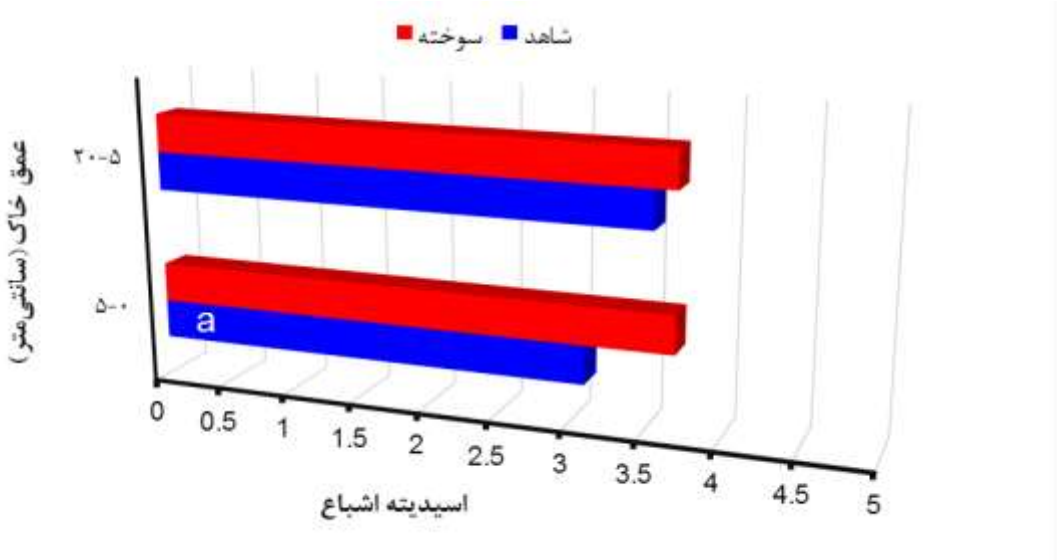
نمونه خاک با استفاده از هیدروژن پراکسید و یک اسید قوی (اسید هیدروکلریک) از کربنات‌ها و مواد آلی عاری شده، سپس نمونه خاک به دو بخش تقسیم شد. یک بخش از نمونه خاک با استفاده از یک محلول استاندارد نیترات آمونیوم (NH_4NO_3) و یک نشانگر pH اسیدی (فنولفتالین) ترکیب شده و با استفاده از یک محلول استاندارد اسید سولفوریک (H_2SO_4)، pH نمونه به دو رسید که در این حالت نیتروژن آمونیوم خاک به شکل یون آمونیوم (NH_4^+) تبدیل شد. بخش دیگر از نمونه خاک با استفاده از یک محلول استاندارد هیدروکسید سدیم (NaOH) ترکیب کرده و با استفاده از یک نشانگر pH قلیایی، pH آن به حدود ۱۲ تغییر یافت. در این حالت نیتروژن خاک به شکل یون نیترات (NO_3^-) تبدیل می‌شود سپس با استفاده از دستگاه کجلدال، مقدار نیتروژن آمونیوم و نیتروژن نیترات حاصل از هر بخش را جداگانه اندازه‌گیری کرده و مجموع آنها به‌عنوان مقدار کل نیتروژن در خاک گزارش شد.

اسیدیته اشباع

اسیدیته با استفاده از دستگاه pH متر مستقیما در کل اشباع ثبت شد. در این پژوهش به‌منظور مقایسه میان دو منطقه آتش‌سوزی شده و آتش‌سوزی نشده به‌دلیل نرمال بودن کلیه داده‌ها از آزمون تی غیرجفتی استفاده شد.

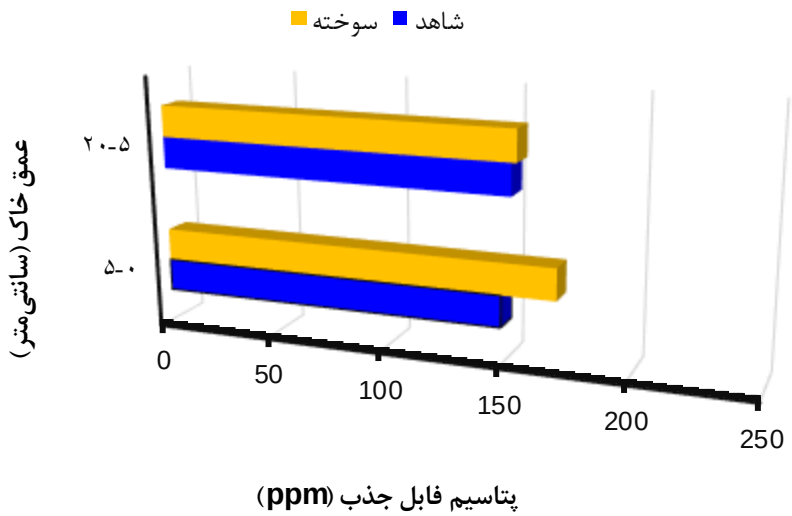
نتایج

محاسبات آماری نشان داد که میانگین اسیدیته در خاک عمقی عرصه کنترل کمتر از میانگین اسیدیته در خاک عمقی عرصه سوخته شده بود. همچنین، مقدار اسیدیته اشباع در خاک سوخته و در عمق صفر تا ۵ سانتی‌متر، ۳/۷۵ و مقدار اسیدیته اشباع در خاک منطقه شاهد و در عمق ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر، ۳/۷ برآورد شد. بین میانگین اسیدیته منطقه شاهد و سوخته در خاک سطحی به‌احتمال ۹۵٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (شکل ۱).



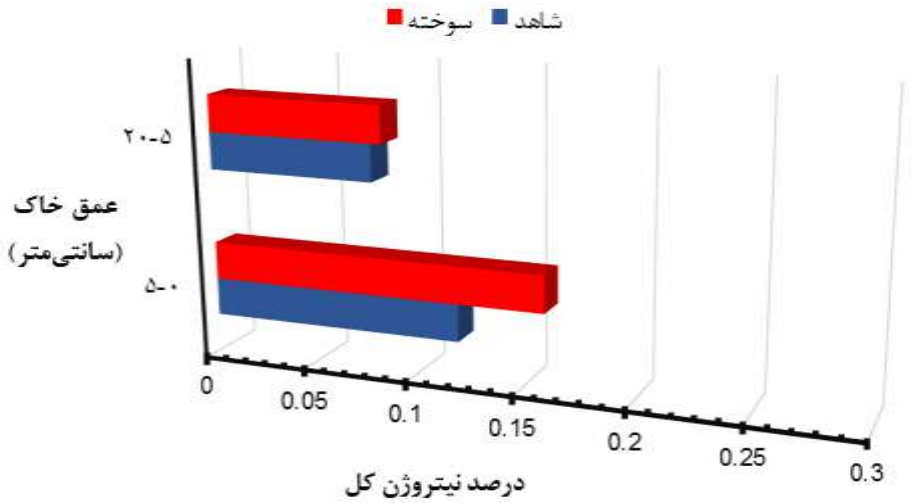
شکل ۱- مقایسه میانگین اسیدیته اشباع در عمق‌های مختلف عرصه‌های سوخته و شاهد (میانگین $\pm$ اشتباه معیار)

مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک سطحی منطقه شاهد و منطقه سوخته به‌ترتیب ۱۴۸/۱و ۱۷۰/۶ برآورد شد. همچنین تفاوت پتاسیم قابل جذب در خاک سطحی (عمق ۰ تا ۵ سانتی‌متر) معنی‌دار بود. در عرصه منطقه دچار سوختگی در عمق ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر میزان پتاسیم قابل جذب افزایش یافت (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین پتاسیم قابل جذب در عمق‌های مختلف عرصه‌های سوخته و شاهد

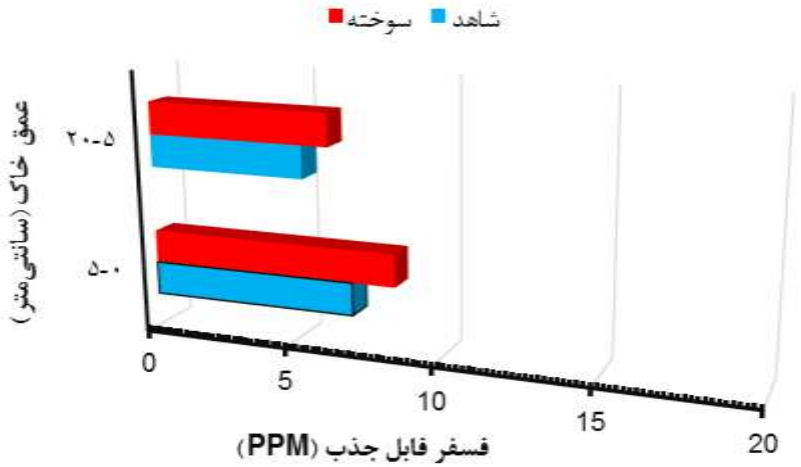
با توجه به محاسبات انجام‌گرفته، مقایسه میانگین نیتروژن کل در عمق‌های مختلف عرصه‌های سوخته و شاهد نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین عرصه شاهد و عرصه سوخته وجود ندارد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین درصد نیتروژن کل در عمق‌های مختلف عرصه‌های سوخته و شاهد

میزان فسفر در عرصه سوخته خاک عمقی بیشتر از مقدار فسفر در عرصه شاهد خاک عمقی (۲۰-۵ سانتی‌متر) بود، ولی تفاوت معنی‌دار بین عرصه سوخته عرصه شاهد در خاک عمقی وجود نداشت. همچنین مقدار فسفر قابل جذب خاک

سطحی در عرصه سوخته و شاهد به‌ترتیب ۸/۵ و ۷/۰۵ برآورد شد که به‌احتمال ۹۵٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین فسفر قابل جذب در عمق‌های مختلف عرصه‌های سوخته و شاهد (میانگین $\pm$ اشتباه معیار)

بحث

آتش‌سوزی یکی از پدیده‌های طبیعی و انسانی است که تأثیر عمیقی بر اکوسیستم‌های جنگلی داشته و به تغییرات اساسی در ساختار شیمیایی و فیزیکی خاک منجر می‌شود. این تغییرات به‌ویژه در خاک‌های سطحی مشهود است و شامل افزایش اسیدیته، تغییر در محتوای مواد آلی و توزیع عناصر غذایی می‌باشد. آتش‌سوزی مواد آلی موجود در خاک را می‌سوزاند و عناصر مختلفی مانند فسفر، پتاسیم و نیتروژن را آزاد می‌کند که به خاک افزوده می‌شوند. این تغییرات ممکن است کوتاه‌مدت یا بلندمدت باشند و بسته به شدت و نوع آتش‌سوزی می‌توانند اثرات متفاوتی بر ساختار خاک و تجدیدپذیری پوشش گیاهی داشته باشند (Certini, 2005). بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تحت تأثیر آتش‌سوزی تغییر می‌کند. آتش‌سوزی علاوه بر تخریب جنگل‌ها سبب خسارت‌های اقتصادی، آلودگی محیط زیستی و اثرات مضر بر حاصل‌خیزی خاک‌های جنگلی می‌شود در این پژوهش ملاحظه شد که آتش‌سوزی به‌طور مستقیم، خاک سطحی عمق (صفر تا ۵ سانتی‌متر) را تحت تأثیر قرار داده است. همچنین تفاوت معنی‌دار آماری بین مشخصه‌های مورد بررسی (میانگین اسیدیته اشباع، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب و نیتروژن کل) در منطقه شاهد و سوخته وجود داشت، اما دما به بخش‌های زیرین خاک (خاک عمقی با عمق ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر) نفوذ نکرده است. به‌همین دلیل تفاوت معنی‌دار در خاک در عمق عرصه سوخته و شاهد وجود نداشت. در پژوهش حاضر که در منطقه جنگلی مانشت استان ایلام انجام شد، تأثیر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که آتش‌سوزی سبب افزایش اسیدیته خاک در لایه‌های سطحی می‌شود. این افزایش اسیدیته می‌تواند به تغییر در ترکیب شیمیایی خاک منجر شود و اثرات قابل‌توجهی بر جذب عناصر غذایی و رشد گیاهان در اکوسیستم‌های جنگلی بگذارد. مطابق با نتایج این پژوهش و یافته‌های مطالعات پیشین، این تغییرات ناشی از آزاد شدن عناصر معدنی از

بقایای سوخته و تجزیه مواد آلی است که در اثر دمای زیاد آتش‌سوزی رخ می‌دهد (DeBano, 2000). علاوه بر افزایش اسیدیته، یکی دیگر از اثرات مهم آتش‌سوزی، افزایش در دسترس بودن فسفر و پتاسیم در خاک‌های سطحی است. احتراق مواد آلی سبب آزادسازی فسفر و پتاسیم از بقایای گیاهی شده و این عناصر به خاک افزوده می‌شوند. پژوهش‌های متعددی نیز این نتایج را تأیید کرده‌اند و نشان می‌دهند که آتش‌سوزی موجب افزایش در دسترس بودن این عناصر می شود. این افزایش عناصر غذایی می‌تواند به رشد مجدد پوشش گیاهی در مناطق سوخته کمک کند و شرایط مناسبی برای بازیابی اکوسیستم فراهم آورد (Terefe et al., 2008; Granged et al., 2011). در رابطه با نیتروژن، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که آتش‌سوزی ممکن است تأثیرات متفاوتی بر میزان نیتروژن خاک داشته باشد. در کوتاه‌مدت، نیتروژن موجود در خاک ممکن است به‌دلیل دمای بالا کاهش یابد، اما در بلندمدت و با تجزیه بقایای گیاهی و بازگشت مواد آلی به خاک، مقدار نیتروژن افزایش می‌یابد. این یافته با پژوهش‌های پیشین هم‌خوانی دارد و نشان می‌دهد که پس از آتش سوزی، خاک به مرور زمان و در مراحل مختلف به تعادل می‌رسد و با شروع فعالیت گیاهان جدید، نیتروژن دوباره به چرخه خاک باز می‌گردد (Bodi et al., 2012).

همچنین در بررسی‌های انجام شده مشخص شد که دمای آتش‌سوزی تنها به لایه‌های سطحی خاک نفوذ کرده و لایه های عمیق‌تر کمتر تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. این مسئله به‌دلیل نقش عایق حرارتی خاک است که از نفوذ حرارت به لایه های زیرین جلوگیری می‌کند (Hartford and Frandsen, 1992). این ویژگی به حفظ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در اعماق بیشتر کمک کرده و مانع از تغییرات عمده در این لایه‌ها می‌شود. حفظ لایه‌های عمیق‌تر خاک از تغییرات ناشی از آتش‌سوزی به پایداری بیشتر اکوسیستم و امکان بازسازی و تجدیدپذیری بهتر آن کمک می‌کند. از نتایج و دستاوردهای اصلی این پژوهش می‌توان به چند نکته مهم اشاره کرد، نخست اینکه افزایش اسیدیته خاک در لایه های سطحی ناشی از آتش‌سوزی می‌تواند بر جذب عناصر غذایی و رشد گیاهان اثرات عمده‌ای داشته باشد. دوم، دسترسی به فسفر و پتاسیم در خاک‌های سطحی منطقه سوخته افزایش یافته که این امر به بهبود شرایط تغذیه‌ای خاک کمک کرده و زمینه‌ساز بازیابی پوشش گیاهی در این نواحی است. سوم، کاهش موقت نیتروژن در خاک پس از آتش سوزی با تجزیه بقایای گیاهی جبران می‌شود و در طول زمان به حالت تعادل باز می‌گردد و در نهایت، محدود شدن اثرات آتش‌سوزی به لایه‌های سطحی و حفظ لایه‌های عمیق‌تر خاک از تغییرات شیمیایی، به حفظ کیفیت خاک و پایداری اکوسیستم کمک می‌کند. فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاهان بوده و جز عناصر معدنی در خاک‌های جنگلی می‌باشد که در صورت مناسب بودن مقدار آن شادابی و طراوت در برگ درختان ایجاد شده و به‌طور غیر مستقیم در تبدیل شیره پرورده در آوندهای تنه درختان دخالت می‌کند. کمبود فسفر موجب زردی برگ درختان، همچنین وقفه در جذب عناصر غذایی می‌شود. مقدار فسفر قابل جذب در خاک سطحی (عمق صفر تا ۵ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌دار در حدود ٪۹۵ وجود داشت. تحقیقات زیادی بر روی میزان کل نیتروژن خاک در آتش‌سوزی انجام شده که افزایش، کاهش و عدم تغییر را در نتایج مختلف نشان می‌دهد. نیتروژن در دوره طولانی بعد از آتش‌سوزی کاهش می‌یابد تا زمانی که دوباره گیاهان و فعالیت‌های ریشه‌ای در خاک آغاز گردد. در نهایت می‌توان گفت که آتش‌سوزی به‌دلیل بازگرداندن مواد معدنی موجود در لاشه گیاهان و درختان عرصه سوخته سبب افزایش مواد معدنی و عناصری مانند فسفر، پتاسیم، نیتروژن و کربن خاک می‌شود و به‌دلیل افزایش حضور این عناصر، اسیدیته خاک در عرصه سوخته نیز افزایش می‌یابد.

به‌طور کلی، آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از پدیده‌های طبیعی و انسانی در اکوسیستم‌های جنگلی، تأثیرات متنوع و گاه متضادی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک دارد. در حالی که افزایش عناصر غذایی مانند فسفر و پتاسیم می‌تواند به بازسازی سریع‌تر پوشش گیاهی کمک کند، افزایش اسیدیته و کاهش کوتاه‌مدت نیتروژن ممکن است به‌عنوان چالشی برای رشد مجدد گیاهان عمل کند. این نتایج نشان دهنده اهمیت مدیریت و بازسازی خاک در مناطق جنگلی پس از آتش‌سوزی و نیاز به برنامه‌های مدون برای حفظ و بازیابی پایداری این اکوسیستم‌ها است.

منابع

Certini, G., (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia, 143 (1): 1-10.

Terefe, T., Marisical-Sancho, I., peregrina, F., and Espejo, R. (2008).Influence of heating on various properties of six Mediterranean soils. A laboratory study. Geoderma. 143: 273-280.

Granged, A.J.P., Jordan, A., Zavala, L.M., Munoz-Rojas, M., and Mataix-Solera, J. (2011a): Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia), Geoderma. 167: 125-134.

Bodi, M.B., Cerda, A., Mataix-Solera, J., and Doerr, S.H. (2012). A review of fire effects on veget action and soil in the meditaranian basin. Boletin De La asociacion De Geografos Espanoles. 58: 33-55.

Kavdir, Y., Ekinci, H., Yuksel, O., and Mermut, A.R. (2005). Soil aggregate stability and 13C CP/MAS-NMR assessment of organic matter in soils influenced by forest wildfires in Canakkale, Turkey. Geoderma. 129: 219-29.

Certini, G., (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia, 143 (1): 1-10.

Rab, M.A., (1996). Soil physical and hydrological properties following logging and slash burning in the Eucalyptus regnans forest of southeastern.

DeBano, L.F., (2000). The role of fire and soil heating on water repellence in wildland enviroments: a review. Hydrology Journals, 231 (1): 195-206.

Hartford, R.A. and frandsen, W.H., (1992). When it's hot, it's hot… or maybe it's not! (Surface aiming may not portend extensive soil heating). International Journal Wildland Fire, 2 (1): 139-144.

Gillon, D., Gomendy, V., Houssard, C., Marechal, J. and Valette, J.C., (1995). Combustion and nutrient losses during laboratory burns. International Journal Wildland Fire, 5(1): 1-12.

Certini, G., (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia, 143 (1): 1-10.

DeBano, L.F. (2000). The role of fire and soil heating on water repellence in wildland environments: A review. Hydrology Journals, 231(1): 195-206.

Terefe, T., Marisical-Sancho, I., Peregrina, F., and Espejo, R. (2008). Influence of heating on various properties of six Mediterranean soils. A laboratory study. Geoderma, 143: 273-280.

Granged, A.J.P., Jordan, A., Zavala, L.M., Munoz-Rojas, M., and Mataix-Solera, J. (2011). Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia). Geoderma, 167: 125-134.

Bodi, M.B., Cerda, A., Mataix-Solera, J., and Doerr, S.H. (2012). A review of fire effects on vegetation and soil in the Mediterranean basin. Boletin De La Asociacion De Geografos Espanoles, 58: 33-55.

Hartford, R.A. and Frandsen, W.H. (1992). When it's hot, it's hot… or maybe it's not! (Surface aiming may not portend extensive soil heating). International Journal of Wildland Fire, 2(1): 139-144.

Effect of Forest burning on Chemical Elements of the Soils (Manesht Forest of Ilam province)

M. Gheysari[1] and H.R. Naji[2*]

1- Ph.D. Student of Forest Ecology, Ilam University, Ilam, Iran.
2- Associate Prof., Department of Forest Sciences, Ilam University, Ilam, Iran.

Abstract

One of the important phenomena affecting the forest ecosystems is the forest fire, which naturally (due to climate change) and human activities causes serious changes in the soil physical, chemical and biological characteristics. In addition to destroying forests, fire causes economic losses, environmental pollution and harmful effects on the fertility of the soils. This research was conducted in Manesht forest area in the northwestern part of Ilam. The soil samples were collected in a linear transect along the slope, with 10 holes at a distance of 21 meters along the burnt and control areas. Parameters of saturated acidity, absorbable phosphorus and potassium and total nitrogen were measured. They were dug from each other in the slope direction and soil samples were taken from the depth of 0 to 5 cm and 5 to 20 cm of the soil using a shovel. Then, the soil was dried and passed through a 2 mm sieve to determine the parameters in the laboratory. Statistical analyses showed that the average acidity in the deep soil of the control area was lower than the average acidity in the burnt area. Furthermore, the amount of saturated acidity in burnt soil (depth 0 to 5 cm) was about 3.75 and for the saturated acidity in the soil of the control area (depth 5 to 20 cm) was about 3.7. In this research, it was observed that the forest fire directly affects the surface soil and makes changes in it. Similarly, there was a statistically significant difference between the studied parameters (average saturated acidity, absorbable potassium, absorbable phosphorus, and total nitrogen) in the control and burnt areas, but the lower parts of the soil (deep soil) was not significantly affected. For this reason, there was no significant difference in the soil in the depth of the burned field and the control field. These results indicate the importance of soil management and restoration in forest areas after fires and the need for documented programs to maintain and restore the sustainability of these ecosystems.

Keywords: Forest Burning, Soil elements, Chemical features, Tree growth, Zagros forest.

*Corresponding author Tel: +98 9124589774 Email: h.naji@ilam.ac.ir

تعیین میزان ترسیب کربن به‌عنوان یکی از خدمات اکوسیستم در کاربری‌های مختلف اراضی استان گیلان

طوبی عابدی[1*] و مریم حقیقی[1]

۱- استادیار پژوهشکده محیط زیست جهاددانشگاهی رشت.

چکیده

ذخیره‌سازی و ترسیب کربن یکی از متداول‌ترین خدمات تنظیمی مورد ارزیابی، نقشه‌سازی و کمی‌سازی کوسیستم‌ها است که در ارزیابی‌های محیط‌زیستی، بررسی‌های مربوط به این خدمت اکوسیستمی در مقیاس‌های بزرگ آبخیز یا سرزمین به‌دلیل محدودیت در زمان و بودجه، امکان نمونه‌برداری‌های متعدد و کافی برای نمایش تغییرات مکانی-زمانی امکانپذیر نمی باشد. بدین منظور از مدل ذخیره و ترسیب کربن InVEST برای سنجش تغییرات فضایی-زمانی ذخیره‌سازی و ترسیب کربن استفاده می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی اثر تغییر کاربری بر ذخیره و ترسیب کربن به‌صورت مکانی و در مقیاس کاربری‌های متفاوت اراضی استان گیلان با به‌کارگیری نرم‌افزار InVEST است. بدین منظور با طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای لندست ۹ سال ۲۰۲۳ نقشه کاربری اراضی استان گیلان تهیه شد و مدل ذخیره‌سازی و ترسیب کربن با مدل‌سازی ترسیب کربن با مدل InVEST بدست آمد. عامل کاربری اراضی عامل غالب در تعیین ذخیره کربن است و نقشهٔ ذخیره و ترسیب کربن همراه با سایر نقشه‌های خدمات اکوسیستمی را می‌توان برای شناسایی نواحی با عرضهٔ بالای خدمات اکوسیستمی به‌کار گرفت. در این تحقیق براساس نقشه کاربری اراضی استان گیلان و استفاده از منابع IPCC به تهیه نقشه ترسیب کربن استان پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: ترسیب کربن، نقشه‌سازی، InVEST، استان گیلان.

مقدمه

در سالهای اخیر محققان عرصه منابع طبیعی به ارزش‌گذاری و سنجش نقش منابع طبیعی در تامین رفاه جوامع انسانی پرداخته‌اند و مطالعات متعددی در جهان نقش و اهمیت اکوسیستم‌های طبیعی را در ایجاد کارکردها و خدمات مختلف تایید می‌کنند. در مدیریت محیط زیست، میزان، توزیع، رابطه متقابل و تعیین ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی برای رویارویی با چالش‌های آینده بر سر منابع بسیار اهمیت دارد. ترسیب کربن به‌عنوان یک خدمت اکوسیستمی در تنظیم اقلیم به‌دلیل تغییرات کاربری و تخریب زمین برای برآورده کرده نیازهای جمعیت روز افزون انسانی همواره در حال کاهش است.

از گذشته تا حال، انسان با هدف تولید بیشتر از طریق کاربری‌های کشاورزی و دامپروری در حال مدیریت مستقیم طبیعت بود و به این صورت انسان همواره از اهمیت آنچه که امروزه خدمات اکوسیستم نامیده می‌شود آگاه بوده است. واژه خدمات

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۳۸۳۸۷۹۲ ایمیل: t.abedi@acecr.ac.ir

اکوسیستم، مانند مفهوم اکوسیستم واژه نسبتا جدیدی است که برای اولین بار در دهه ۱۹۷۶ به‌کار گرفته شد. در این زمان با هدف حفاظت از طبیعت، ارزشگذاری اقتصادی فرایندهای طبیعت و اکوسیستم برای جامعه مورد توجه قرار گرفت.

واژه خدمات اکوسیستم برای توضیح منافع همگانی اکوسیستمها در دهه ۱۹۹۰ معرفی شد. در اولین تلاش برای ارزشگذاری اقتصادی اکوسیستم، Costanza و همکاران (۱۹۹۷) خدمات اکوسیستمی را برشمردند. با وجود بسیاری از تلاشها در حال حاضر تعریف مشخصی از خدمات اکوسیستمی که مورد قبول همگان باشد، وجود ندارد. اکوسیستم‌ها سودمندی‌های گوناگونی برای افراد فراهم می‌سازد. سودمندی‌های حاصل از اکوسیستم، خدمات اکوسیستم نامیده می‌شود که در این میان می‌توان به تولید غذا، آب شیرین، خاک حاصلخیز و ایجاد فرصت تفرج اشاره نمود. با توجه به این که تعریف ارائه شده بر پایه بوم‌شناسی تاکید داشته و یا کاربرد اقتصادی از آن مدنظر می‌باشد، تعریف خدمات اکوسیستمی در طول زمان تغییر کرده است. تعاریف ارائه شده عبارتند از؛

شرایط و فرایندهایی که به‌واسطه آن تنوع زیستی اکوسیستم‌های طبیعی و گونه‌هایی که در آنها زیست می‌کنند بقا یافته و حیات انسانی امکانپذیر می‌شود.

منافعی که جمعیت‌های انسانی به شکل مستقیم یا غیر مستقیم از عملکردهای اکوسیستم به‌دست می‌آورند.

آن دسته از اجزاء اکوسیستم که در جهت رفاه انسانی به‌صورت مستقیم مصرف شده، مورد استفاده قرار گرفته و یا از آنها لذت برده می‌شود.

منافعی که افراد به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم، از اکوسیستم به‌دست می‌آورند.

وجوهی از اکوسیستم که به شکل فعال و یا غیرفعال در جهت رفاه انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تاثیر مستقیم یا غیرمستقیم اکوسیستم در رفاه انسانی

توسعه مدلها و روشهای تحلیلی جدید و نوآوری و ابتکاراتی نظیر سیستم‌های طبقه‌بندی خدمات اکوسیستمی در سطح بین‌المللی مانند ارزیابی هزاره اکوسیستم و برنامه مطالعه اقتصاد اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی از آن جمله‌اند.

خدمات تنها در صورتی دارای ارزش هستند که انسان برای آنها، به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم، ارزشی در نظر گیرد. ارزش با توجه به داد و ستد و معاملات، اندازه‌گیری می‌شود و در نتیجه امری نسبی است. به این منظور به‌طور معمول، پول به‌عنوان یک واحد حساب استفاده می‌شود و ارزش کل جامعه، مجموع ارزشهای فردی است. ارزش‌گذاری اقتصادی، منافع حاصل از استفاده از منابع را با هزینه‌ها مقایسه می‌کند. هزینه‌ها همان مزایای از دست رفته هستند. ارزشگذاری اقتصادی، فرآیند تعیین ارزش کالاها و خدمات محیط زیستی است. این کار به‌منظور دستیابی به یک خروجی منفرد انجام می‌شود. در ارزشگذاری اقتصادی کالاها و خدمات محیط‌زیستی، موجودی کالاها و خدمات (منابع طبیعی) در محیط زیست و تغییر در عملکرد هر یک از کالاها و خدمات محیط‌زیستی (منابع طبیعی) مورد ارزش‌گذاری واقع می‌شود. در برنامه‌ریزی‌های محیط زیستی، ارزیابی اقتصادی شامل تعیین ارزش پولی تغییر خدمات و عملکردها و میزان سرمایه‌های محیط زیست است. رویکرد ارزشگذاری اقتصادی تغییرات محیط زیستی براساس ترجیحات مردم برای تغییرات محیط خود می‌باشد. سودها و زیان‌های محیط زیستی در قالب اصطلاحاتی چون افزایش یا کاهش سلامتی انسانی (رفاه یا سودمندی) تعریف شده‌اند. ارزشگذاری اقتصادی روشی برای مقایسه سودمندی‌ها و هزینه‌های وارد بر اکوسیستم ارائه می‌دهد و سعی در محاسبه آنها و بیان آنها به‌صورت واحد پولی دارد. روشهای ارزشگذاری معمولا نتایج خود را به‌صورت واحدهای پولی بیان می‌کنند تا ارزش کالاها و خدمات با واحدی بیان شود که به آسانی مشخص شود. تلاش برای تبدیل ارزش‌ها به واحد پولی و تسهیل مقایسه بین فعالیت‌هایی همچون آموزش و سلامت نیز وجود داشته است. هنگامی که تمامی اثرات تغییرات در اکوسیستم‌ها به واحد

پولی بیان شود به آسانی می‌توان با استفاده از چارچوبی همچون تحلیل هزینه-فایده به ارزیابی و مقایسه گزینه‌های جایگزین پرداخت. استفاده از واحد پولی برای مقایسه ارزش‌های محیط‌زیستی به این معنی نیست که تنها خدماتی که به‌صورت مستقیم سودمندی‌های پولی تولید می‌کنند در فرایند ارزشگذاری وارد می‌شود. در مقابل اساس کار ارزشگذاری منابع محیط‌زیستی یافتن راهی برای اندازه‌گیری سودمندی‌هایی است که وارد بازار نمی‌شوند و بنابراین به‌طور مستقیم نمی‌توان آنها را با ارزش پولی بیان کرد. ارزشگذاری خدمات اکوسیستمی، داده‌هایی برای تصمیم‌گیری در تمامی سطوح فراهم می‌سازد که طیفی از سیاست‌های تصمیم‌گیری ملی و بین‌المللی تا منطقه‌ای و زیرمنطقه‌ای و برنامه‌ریزی‌های محلی را شامل می‌شود. چالش اصلی در هر سطح، شناسایی تمامی خدمات اکوسیستمی که تحت‌تاثیر سیاست‌های تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد و همچنین جمع‌آوری اطلاعات به‌منظور ارزیابی و بررسی خدمات اکوسیستمی که شامل ارزیابی تغییرات در فراهم‌سازی خدمات اکوسیستمی به‌منظور بررسی میزان تغییرات در رفاه انسانی است، می‌باشد. فرایند ارزشگذاری کالاها و خدمات اکوسیستمی چهار رویکرد عمده را در برمی گیرد که بایکدیگر ارتباط داشته و هر یک براساس دیگری توسعه یافته است و چهار روش متفاوت برای بررسی ارزش یک اکوسیستم ارائه می‌دهند که اگر به‌درستی به‌کار روند نقش مهمی در بهبود تصمیمات حفاظتی ایفا می‌کنند. از نقطه نظر اقتصادی، ارزش یک اکوسیستم از دو جنبه مورد بررسی قرار می‌گیرد. دیدگاه اول یکپارچه‌سازی ارزش خدمات اکوسیستمی در یک حالت معین که نشان دهنده ارزش اقتصادی کل است و دیدگاه دوم ظرفیت اکوسیستم برای نگهداشت ارزش‌های آن در برابر تغییرات و آشفتگی‌های وارد شده به آن است. برخی موارد دیدگاه نخست به‌عنوان ارزش تولیدی و دیدگاه دوم به‌عنوان ارزش ذخیره استفاده می‌شود (عبدالهی و ایلدرمی، ۱۴۰۱؛ Bottalico et al., 2015).

یکی از خدمات مهم اکوسیستمی تنظیمی که نقش تعیین کننده‌ای در حفظ اکوسیستم و کارکردهای آن دارد، خدمت ذخیره و ترسیب کربن است. اکوسیستم‌ها با اضافه و حذف گازهای گلخانه‌ای، مانند دی اکسیدکربن از سطح اتمسفر نقش مهمی در تنظیم اقلیم به‌عنوان یک خدمت اکوسیستمی ایفا می‌کنند. با توجه به اثرات اجتناب ناپذیر تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی بر بخش‌های کشاورزی و منابع طبیعی، باید کلیه گزینه‌های ممکن در اصلاح یا سازگاری با پدیده تغییر اقلیم مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. به دام انداختن کربن اتمسفری یا ترسیب کربن به شکل طبیعی از طریق اقدامات مدیریتی اراضی از جمله راهکارهای شناخته شده است، در حقیقت جنگل‌ها، مراتع و سایر اکوسیستم‌های خشکی، کربن را چهار بار بیش از آنچه که در اتمسفر مشاهده می‌شود، ذخیره می‌کنند. علاوه بر ذخیره کربن، اکوسیستم‌ها طی زمان در حال انباشت کربن در خاک و گیاهان هستند که موجب ترسیب کربن مازاد در هر سال می‌شود. باید توجه داشت که نوع کاربری اراضی و مدیریت آنها مهم‌ترین عامل در توان ترسیب کربن خاک اکوسیستم به‌حساب می‌آید و ذخیره کربن آلی خاک با تغییر پوشش و کاربری تغییر می‌کند. ادغام مفهوم خدمات اکوسیستم در مباحث مدیریت کاربری اراضی و انتخاب مناطق حفاظتی اکوسیستم نیازمند وجود اطلاعاتی از توزیع مکانی خدمات است. برای خدمت ترسیب کربن باید دانست که چه میزان کربن و در کجا ذخیره می‌شود، چه میزان کربن در طول زمان ترسیب شده و یا از دست می‌رود و تغییر کاربری اراضی، میزان کربن ذخیره و ترسیب شده را در طول زمان چگونه تحت تأثیر قرار می‌دهد؟ (جهانداری و همکاران، ۱۴۰۱).

برخی از خدمات اکوسیستم به‌طور کامل در بازارهای تجاری قابل داد و ستد نیستند و به گونه‌ای که قابلیت مقایسه با خدمات اقتصادی و سرمایه تولید باشند کمی‌سازی نمی شوند و اغلب اهمیت کمی در سیاست‌گذاری‌ها دارند. از این رو حفظ و ارتقای تامین خدمات غیر بازاری یک اکوسیستم مانند ترسیب کربن اتمسفری هم از جنبه انسانی و هم اقتصادی بسیار مهم است. از طرفی یافتن راهکاری جهت مدیریت اصولی می‌تواند به حفظ ارزش کمک کند. چرا که افزایش غلظت کربن در

اتمسفر پیامدهای ناگواری را به‌دنبال خواهد داشت. از این رو طبق پیش‌بینی انتشار گاز دی اکسید کربن طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ به‌طور متوسط سالانه ۱/۷۵ درصد افزایش خواهد یافت و در سال ۲۰۲۵ به ۳۸۲۶۳/۱ میلیون تن خواهد رسید. بنابراین به‌دنبال بحث‌ها و مجادلات فراوان در مورد کنترل و کاهش گازهای گلخانه ای، تعدادی از کشورهای صنعتی بر طبق پیمان کیوتو در سال ۱۹۹۷ متعهد شدند که انتشار گازهای گلخانه‌ای را با روش‌های کارآمد و کم هزینه و نیز مدیریت اصولی اکوسیستم طی دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ حداقل ۵ درصد در مقایسه با سطح آن در دهه ۱۹۹۰ کاهش دهند. در این میان ارزش‌گذاری کارکردهای کالاها و خدمات محیط زیست از دیدگاه اقتصاد دانان و اکولوژیست‌ها برای شناخت منافع محیط زیستی و اکولوژیکی اکوسیستم‌ها صورت گرفت (مفیدی و همکاران، ۱۴۰۰). جنگل‌ها، مراتع و تالاب‌ها و سایر دارایی‌های طبیعی در مجموع ، سهم بیشتری از کربن را نسبت به آنچه در اتمسفر وجود دارد در خود ذخیره می‌کنند. با ذخیره کربن در چوب، انواع زیست توده و خاک، اکوسیستم‌ها، دی‌اکسیدکربن را خارج از جو زمین نگه می‌دارند و از تغییر اقلیم ممانعت می‌کنند. فراتر از آن اینکه بسیاری از نظام‌های طبیعی با استمرار انباشت کربن در گیاهان و خاک در طول زمان مازاد کربن را در هر سال ترسیب می‌کنند. اختلال در نظام‌های طبیعی در اثر آتش‌سوزی، بیماری‌ها و تغییر پوشش کاربری اراضی می‌تواند به انتشار مقادیر زیادی دی اکسید کربن منجر شود. بنابراین شیوه مدیریت اکوسیستم‌ها برای تنظیم اقلیم بسیر حیاتی است. ذخیره و ترسیب کربن توسط اکوسیستم یکی از شناخته شده ترین انواع خدمات اکوسیستمی است. مدیریت سرزمین برای ذخیره و ترسیب کربن مستلزم اطلاعاتی درباره مقدار و محل ذخیره کربن و ترسیب آن در طول زمان است و اینکه چگونه تغییرات در کاربری زمین می‌تواند بر این مقدار تاثیر بگذارد. بنابراین نقشه‌های ذخیره و ترسیب کربن می‌توانند کمکی مطلوب برای مدیران باشد تا بهتر تشخیص دهند محل‌های حفاظت، برداشت و توسعه را از کجاها انتخاب کنند، به‌نحوی که تدارک این خدمت توسط اکوسیستم نیز استمرار یابد (فدایی و همکاران، ۱۳۹۹).

این مطالعه در نظر دارد تا ذخیره‌سازی و ترسیب کربن را به‌عنوان یکی از متداول‌ترین خدمات تنظیمی مورد ارزیابی، نقشه‌سازی و کمی‌سازی قرار دهد. به‌طور معمول در ارزیابی‌های محیط‌زیستی بررسی‌های مربوط به این خدمت اکوسیستمی در مقیاس‌های بزرگ آبخیز یا سرزمین به‌دلیل محدودیت در زمان و بودجه، امکان نمونه‌برداریهای متعدد و کافی برای نمایش تغییرات مکانی-زمانی امکانپذیر نمی باشد. بدین منظور از مدل ذخیره و ترسیب کربن InVEST برای سنجش تغییرات مکانی-زمانی ذخیره‌سازی و ترسیب کربن در استان گیلان استفاده می‌شود. InVEST ابزار مکانی مناسبی از نوع مدل‌های منبع باز است که برای نقشه‌سازی و کمی‌سازی خدمات اکوسیستمی منابع طبیعی استفاده می‌شود. این نرم‌افزار از داده‌های محیط زیستی استفاده می‌کند تا چگونگی تغییرات در اکوسیستم‌ها و تأثیر آنها بر مزایایی که به مردم می‌رسد را برآورد کند. به‌دلیل کارایی زیاد و سادگی از این مدل در مطالعات زیادی استفاده شده است.

تلاش برای برآورد خدمات اکوسیستم و کارکردهای آنها از آنجا ضرورت می‌یابد که هم‌اکنون فشارهای گوناگون ناشی از انگیزه‌ها و مقاصد اقتصادی، زمینه‌ساز تخریب و تغییر این منابع شده است. از آنجا که تراکم و الگوی مکانی توسعه، اثر مهمی بر بسیاری از جنبه‌های محیط زیستی دارد، در هر راهبرد مدیریت محیط زیست شهری باید سرمایه و هزینه‌های مرتبط با الگوی مکان، سود و زیان حفاظت از منابع و هزینه‌های اشغال غیررسمی اراضی در نظر گرفته شود. از این‌رو ضرورت دارد از نظر اقتصادی نیز خدمات اکوسیستمی مهم طبیعی ارزشگذاری شوند؛ بنابراین، هدف دیگر این مطالعه شناسایی و ارزشگذاری اقتصادی خدمت ترسیب کربن است. به‌طور کلی در این پژوهش ضمن ارزیابی روند تغییرات میزان ترسیب کربن در دوره زمانی معین با نقشه‌سازی کاربری اراضی منطقه پرداخته می‌شود.

Marques Fernandes et al. (2020) به بررسی تغییرات پوشش و کاربری اراضی و ارزشگذاری ترسیب کربن در منطقه نیمه خشک Sergipe برزیل در دوره ۲۰۳۰-۱۹۹۲ پرداختند. آنها نقشه کاربری و پوشش را برای سه دوره ۱۹۹۲ و ۲۰۱۷ را از روی تصاویر ماهواره‌ای تهیه کرده و تا سال ۲۰۳۰ را پیش‌بینی کردند. در سناریوی حفاظت این مقدار کربن به ۱۷/۷ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ می‌رسد و هزینه اجتماعی کربن ۱۰/۳ تا ۳۰/۲ میلیون تن در هکتار می‌رسد.

Bottalico et al. (2016) به بررسی وضعیت کنونی و آینده خدمات اکوسیستم در جنگل‌های مدیترانه‌ای Molis در ایتالیا با استفاده از یک رویکرد چندمعیاره پرداختند. آنها مدل InVest را برای شبیه‌سازی اکوسیستم جنگل استفاده کردند. از مدل‌های برپایه GIS و تدوین سناریو برای تعیین خدمات اکوسیستم و ارزشگذاری اقتصادی این خدمات استفاده کردند.

حسینی و همکاران (۱۳۹۶) ارزشگذاری خدمات و کارکردهای بوم نظام جنگلی پارک ملی کیاسر را انجام دادند. در این بررسی روشهای ارزشگذاری مستقیم بازار، انتقال منافع، روشهای مبتنی بر هزینه و روش هزینه جایگزین به‌ترتیب برای تعیین ارزش فرآورده‌های غیرچوبی، ارزشهای تفریحی و حفاظتی، ارزش کارکردهای حفاظت آب، خاک، تنظیم گاز و خاکزائی استفاده شد. نتایج نشان داد در سال ۹۳ ارزش کل اقتصادی این اکوسیستم جنگلی ۲۱۳۲/۶۴ میلیارد ریال بود.

فدایی و همکاران (۱۳۹۹) مدل‌سازی ترسیب کربن به‌عنوان خدمات اکوسیستمی مبتنی بر تغییرات پوشش و کاربری سیمای سرزمین با به‌کارگیری نرم‌افزار InVEST در منطقهٔ حفاظت شدهٔ جهان نما مورد بررسی قرار دادند. در سال ۲۰۳۶ رشد کاهشی ۴۰ درصدی ایجاد شده که به کاهش ترسیب کربن معادل ۴۰۰۸۵۹ تن در سرزمین منجر می‌شود.

قنبری مطلق و همکاران (۱۴۰۰) ذخایر کربن در جنگل‌های راش ناو اسالم، سرد آبرود مازندران و کردکوی گلستان مورد مطالعه قرار دادند. برآوردها حاکی از آن بود که قابلیت ذخیره کربن جنگلهای راش کشور به‌طور ۲۲۷/۴ تن در هکتار در بخش روزمینی درختی و ۲۰۵/۱۹ تن در هکتار در بخش زیرزمینی (خاک) می‌باشد.

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر تغییر کاربری بر ذخیره و ترسیب کربن به‌صورت مکانی و در مقیاس کاربری‌های متفاوت اراضی استان گیلان با به‌کارگیری نرم‌افزار InVEST می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، استان گیلان و نقشه‌های آمایش سرزمین استان است و مراحل انجام پژوهش شامل:

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی استان گیلان با توجه به نقشه‌های آمایش سرزمین استان و از طریق طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای لندست ۹ سال ۲۰۲۳

مدل‌سازی ترسیب کربن با مدل InVEST: مدل ذخیره‌سازی و ترسیب کربن شامل ابزار ارزیابی بیوفیزیکی است

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در واقع فرایندی است که در آن یک تصویر ماهواره‌ای که از باندهای مختلفی در طیف‌های متنوع امواج الکترومغناطیس تشکیل شده را به یک نقشه کاربری تبدیل کنیم (علوی پناه، ۱۳۸۲) که در واقع بیانگر کلاس‌های مختلف است و هر کلاس نیز ارائه دهنده یک کاربری خواهد بود (صدیقی و امینی، ۱۳۹۹). در این فرایند هر یاخته‌ای که دارای ویژگی همسانی با بقیه یاخته‌های مشابه هستند در یک کلاس و طبقه قرار می‌گیرد (Kantakumar and Neelamsetti, 2015). از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نقشه‌های موضوعی بدست می‌آید که نشان دهنده توزیع جغرافیایی پدیده‌هایی از قبیل خاک، آب و گیاه خواهد بود. نظر به اینکه در روش طبقه‌بندی رقومی، جداسازی کلاس‌ها براساس وضعیت و الگوی طیفی پدیده‌های مورد مطالعه صورت می‌گیرد (Yuan et al., 2005)، بنابراین میزان موفقیت طبقه‌بندی رقومی بستگی به میزان تمایز بازتابهای طیفی پدیده‌ها از یکدیگر دارد. براساس نمونه‌های تعلیمی که تعریف می‌شود تعداد

کلاس و نوع کلاس‌بندی شخص می‌گردد (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۸). طبقه‌بندی در این مطالعه طبقه‌بندی نظارت شده و روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال (Maximum likelihood) بوده (Apan et al., 2002) و از نرم‌افزار ENVI استفاده شد. ابتدا برای هر کلاس نمونه‌های مجزا برداشت شد و سپس نمونه‌ها به نرم‌افزار معرفی و براساس رفتار طیفی یا امضاء طیفی این نمونه‌ها طبقه‌بندی صورت می‌گیرد. سپس جهت اعتبارسنجی از ضریب کاپا استفاده شد (زبیری و مجد، ۱۳۹۲) و مساحت کلاس‌های کاربری از نقشه نهایی طبقه‌بندی استخراج شد.

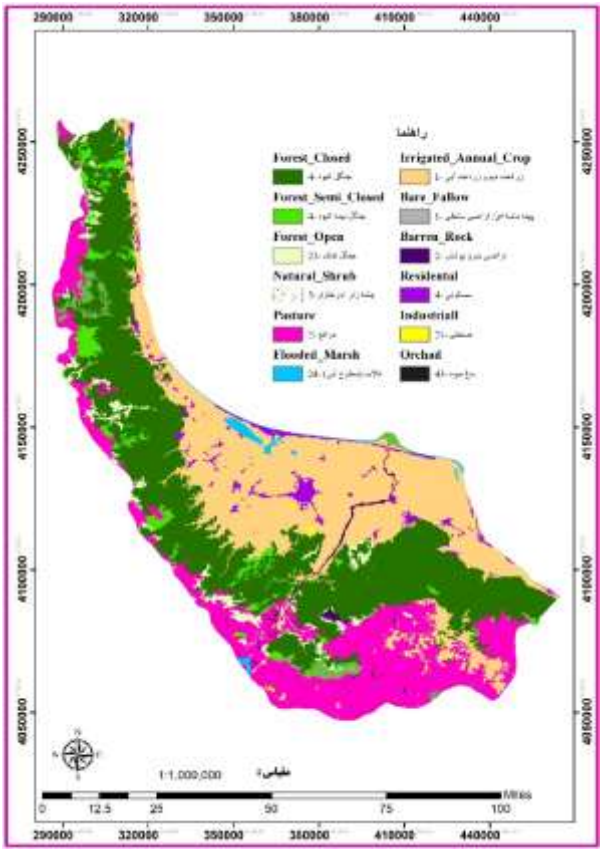
مدل ذخیره‌سازی و ترسیب کربن در InVest یک ابزار ارزیابی بیوفیزیکی سرزمین است که برای برآورد موجودی کربن ذخیره شده در واحد سرزمینی و تعیین کمی ترسیب کربن طی یک دوره زمانی به‌کار گرفته می‌شود. این مدل با به‌کارگیری نقشه‌های پوشش/ کاربری زمین و مقدار کربن ذخیره شده در این مخازن، مقدار خالص کربن ذخیره شده در هر محدودهٔ زمین را در طول زمان برآورد می‌کند و با مقایسه خروجی‌های مدل می‌توان تعیین کرد که مقدار ترسیب کربن چه تغییراتی داشته است. بنابراین، اثر تغییر کاربری اراضی بر ذخیره و ترسیب کربن طی دوره‌های گذشته تاکنون بررسی شده و ادامه روند با سناریوهای تغییرات کاربری در آینده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

ارزیابی بیوفیزیکی: تعیین مجموع مقدار کربن ذخیره شده در زیتوده بالای زمین، زیر زمین، خاک و مواد آلی مرده با استفاده از نرم‌افزار InVest به‌صورت نقشه. برآورد موجودی کربن ذخیره شده در واحد سرزمینی و تعیین کمیت ترسیب کربن طی یک دوره زمانی و مقایسه خروجی‌های مدل که تعیین کننده تغییرات مقدار ترسیب کربن است.

افزایش ترسیب کربن برابر افزایش بیوماس گیاهی، افزایش تولید، بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی است به‌همین سبب ترسیب کربن علاوه بر ارزش حفاظتی به‌دلیل افزایش تولید بیوماس، از نظر اقتصادی دارای ارزش است و به‌عنوان یکی از خدمات مهم اکوسیستم در جهان به‌شمار می‌رود. ذخیره کربن و عرضه اکسیژن عموماً بدون قیمت تلقی می‌شوند، بنابراین ارزشگذاری این بخش از خدمات اکوسیستم‌های طبیعی، گام مهمی برای تصحیح آن نوع از تصمیمات زیست محیطی -اقتصادی خواهد بود که به این کارکردها و خدمات به‌عنوان خدمات رایگان می‌نگرد (جهانداری و همکاران، ۱۴۰۱). در این تحقیق برای تعیین میزان ترسیب کربن در انواع کاربری‌ها از اسناد IPCC استفاده شده است.

یافته‌ها

نقشهٔ کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی تصویرلندست ۹ مربوط به سال ۲۰۲۳ در شکل ۱ ارائه شده است. میزان ذخیرهٔ کربن در کاربری‌های مختلف اراضی در شکل ۲ ارائه شده است.



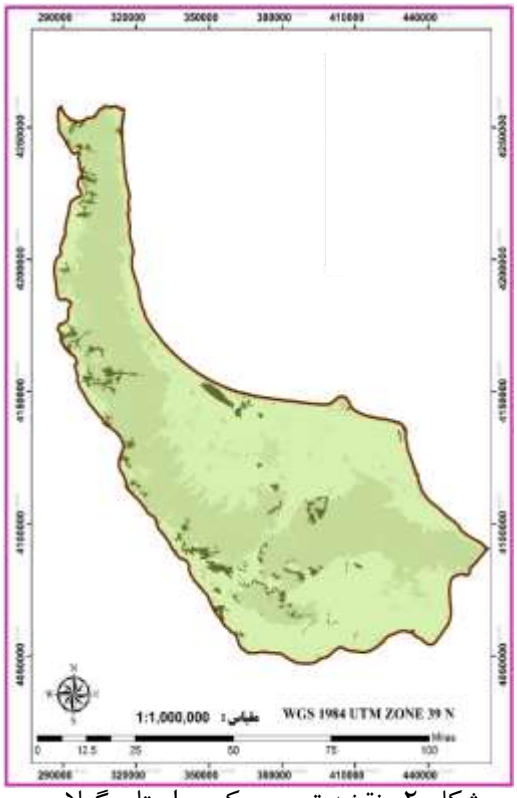
شکل ۱- نقشه کاربری اراضی استان گیلان

جدول ۱- مساحت کاربری‌های مختلف در استان گیلان

انواع کاربری	مساحت (کیلومترمربع)	درصد	انواع کاربری	مساحت (کیلومترمربع)	درصد
جنگل انبوه	۵۲۸۵/۴۶	۳۷/۶۴	زراعت دیم و آبی	۴۳۳۸/۱۰	۳۰/۸۹
جنگل نیمه انبوه	۴۲۲/۲۱	۳/۰۱	پهنه ماسه ای/ اراضی ساحلی	۷/۳۳	۰/۰۵
جنگل تنک	۴۱۳/۰۹	۲/۹۴	اراضی بدون پوشش	۶۸/۲۰	۰/۴۹
بیشه زار/ درختزار	۲۴۳/۷۶	۱/۷۴	مسکونی	۳۳۰/۹۱	۲/۳۶
مرتع	۲۷۷۸/۶۳	۱۹/۷۹	صنعتی	۱۷/۲۱	۰/۱۲
تالاب	۱۱۶/۲۶	۰/۸۳	باغ میوه	۲۱/۲۸	۰/۱۵

جدول ۲- میزان ترسیب کربن کاربری‌های مختلف در استان گیلان براساس اسناد IPCC

انواع کاربری	ترسیب کربن (تن در هکتار)			
	کربن بیوماس سطح زمین	کربن بیوماس زیرزمین	کربن لایه آلی خاک	کربن لایه معدنی خاک
جنگل انبوه	۱۸۰	۱۲۰	۱۲۰	۵۵
جنگل نیمه انبوه	۸۰	۵۰	۱۰۰	۲۵
جنگل تنک	۷۵	٤۵	۸۵	۲۰
بیشه زار/ درختزار	۸	۸	۲۵	۳
مرتع	۵	٤	۲۵	۱
تالاب	۱۰	۵	۲۰	۰
زراعت دیم و آبی	۲	۱	۱۰	۰
پهنه ماسه ای/ اراضی ساحلی	۱	۱	۱۰	۰
اراضی بدون پوشش	۱۰	۲۰	۱۰	۵
مسکونی	۰	۰	۰	۰
صنعتی	۰	۰	۰	۰
باغ میوه	۱۲۵	۵	۱۱۵	۱



شکل ۲- نقشه ترسیب کربن استان گیلان

بحث و نتیجه‌گیری

با به‌کارگیری نرم‌افزار InVest می‌توان ذخیره کربن به شکل مکانی را تجسم کرد و حتی تغییرات ذخیره کربن و ترسیب کربن را در دوره‌های مختلف زمانی تعیین و پیش‌بینی نمود. عامل کاربری اراضی عامل غالب در تعیین ذخیره کربن است بنابراین وقوع مخاطراتی مانند آتشسوزی، شیوع بیماریها و ... اثر مهمی بر ذخیره و ترسیب کربن خواهد داشت. علاوه بر این، الگوهای بارش و دما که تعیین کننده فرایندهای اکوسیستم مانند تولید اولیه خالص و فرسایش خاک هستند، از عوامل تعیین کننده ذخیره و ترسیب کربن است. بهترین استراتژی به‌کارگیری داده‌های مربوط به ذخیره و ترسیب کربن در مقیاس محلی، طبقه‌بندی کاربری اراضی براساس آن دسته از ویژگی‌های سیمای سرزمین که وضعیت میکروکلیما را منعکس می‌کند، که در پژوهش حاضر تلفیق داده‌های جهانی و نمونه‌برداری برای تعیین ترسیب کربن در وضع جاری سرزمین به‌کار گرفته شده است. نقشهٔ ذخیره و ترسیب کربن همراه با سایر نقشه‌های خدمات اکوسیستمی را می‌توان برای شناسایی نواحی با عرضهٔ بالای خدمات اکوسیستمی به‌کار گرفت و با اجرای سناریوی کاربری اراضی/پوشش گیاهی می‌توان بر کاهش انتشار دی اکسید کربن تأکید کرد و میزان ترسیب کربن مازاد را تخمین زد که در نهایت به تلاش‌هایی برای کاهش جنگل زدایی و انتشار کربن منجر شود.

منابع

افقی، ز.، (۱۳۹۳)، بررسی عوامل موثر بر رفتار خرید مشتریان محصولات صنعتی، دوازدهمین کنفرانس بین المللی مدیریت، آبان ۱۳۹۳.

جهانداری، ج.، حجازی ر.، جوزی، ع.، مرادی، ع.، (۱۴۰۱). کاربرد مدل خدمات بوم‌سازگان عرضه آب InVEST برای پیش‌بینی فرسایش آبی در زیرحوضه بندرعباس. پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۱۲ (۴) :۱۰۱-۱۲۳.

حسینی، س، امیرنژاد، ح، و عفر اوالدی،ج.، (۱۳۹۶). ارزشگذاری خدمات و کارکردهای بوم نظام جنگلی پارک ملی کیاسر، اقتصاد کشاورزی، ۱۱ (۱): ۲۱۱-۲۹۳

زبیری، محمود و مجد، علیرضا، (۱۳۹۲). آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۱۸.

صدیقی، محمد، امینی، امیرشاهرخ، (۱۳۹۹). طبقه‌بندی حوضه آبی دریاچه پریشان به‌روش طبقه‌بندی جنگل تصادفی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۲ (۳): ۶۲۱-۶۳۴

عبداللهی، ص و ایلدرمی، ع.، (۱۴۰۱). ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی؛ مفاهیم و روش‌ها انسان و محیط زیست، ۲۰ (۱) :۱-۱۸.

عبدالهی، علی اصغر، خبازی، مصطفی و درانی، زهرا، (۱۳۹۸). مدلسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر الهیجان با رویکرد توسعه پایدار، فصلنامه شهـر پایـدار، ۲ (۴): ۱۷-۳۰

علوی پناه، س.ک.، (۱۳۸۲).کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران.

فدایی، ا، میرسنجری، م و امیری م.ج.، (۱۳۹۹). مدل‌سازی خدمات اکوسیستمی مبتنی بر تغییرات پوشش و کاربری سیمای سرزمین با به‌کارگیری نرم‌افزار InVEST در منطقه حفاظت شده جهان نما (مورد مطالعه: خدمت اکوسیستمی ترسیب کربن)، آمایش سرزمین، ۱ (۱۲): ۱۵۳- ۱۷۳

محمدیان، ی.، اسکندری، م.، مهدوی، م.، حسینی نژاد، ا.، (۱۳۸۹)، بررسی وضعیت رضایت شغلی و تعهد سازمانی کارکنان یک دانشگاه نظامی، فصلنامه روانشناسی نظامی، ۱ (۲): ۴۰-۲۵ .

مفیدی چلان م.، شیدای کرکج الف.، قریشی ر.، (۱۴۰۰). برآورد ارزش اقتصادی حاصل از ترسیب کربن در بخشی از شورەزارهای اینچەبرون، استان گلستان. مرتع. ۱۵ (۲) :۲۶۹-۲۸۱

Apan, A. A., Raine, S. R., and Paterson, M. S., (2002). Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia. Landscape and Urban Planning, vol. 59, no. 1, pp. 43-57.

Bottalico, F., Pesola, L., Vizzarri, M., Antonello, L., Barbati, A., Chirici, Gh., Corona, P., Cullotta, S., Garfi, V., Giannico, V., Lafortezza, R., Lombardi, F., Marchetti, M., Nocentini, S., Riccioli, F., Travaglini, D., Sallustio, L., (2015). Modeling the influence of alternative forest management scenarios on wood production and carbon storage: A case study in the Mediterranean region. Environmental Research, 144: 72-87. http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.10.025.

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, M. Grass, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Rakin, P. Sutton and M. Van den Belt, (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, Nature, 387: 253-260.

Hartmann, Patrick and Apaolaza Ibanez, Vanessa (2006). Green Value Added. Marketing Intelligence and Planning, Vol. 24, No. 7. 673-680.

Horppu, M. and Kuivalainen, O. and Tarkiainen, A. and Ellonen, H.K. (2008). Online satisfaction, trust and loyalty, and the impact of the offline parent brand. Journal of Product and Brand Management, Vol. 17. No. 6. 403-413.

Kantakumar, N.L. and Neelamsetti, P., (2015). Multi-temporal land use classification using hybrid approach. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, vol. 18, no. 2, pp. 289-295.

Marques Fernandes, M., Rodrigues de Moura Fernandes, M., Ruiz Garcia, J., Aparecido Trondoli Matricardi, E., Quintão de Almeida, A., Siqueira Pinto f, Rômulo Simões Cezar Menezes, A., de Jesus Silva, A., Herculano de Souza Lima, A., (2020). Assessment of land use and land cover changes and valuation of carbon stocks in the Sergipe semiarid region, Brazil: 1992-2030, Land use policy, 104795.

Yuan, F., Sawaya, K.E., Loeffelholz, B.C., Bauer, M.E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. Remote Sensing of Environment 98,317-328.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

Determining the amount of carbon sequestration as one of the ecosystem services in different land uses in Gilan province

T. Abedi[1*] and M. Haghighi[1]

1- Assistant Prof., Academic Center for Education, Culture and Research, Environmental Research Institute. Rasht, Iran.

Abstract

Carbon storage and sequestration is one of the most common regulatory services assessed, mapped, and quantified in ecosystems. In environmental assessments, examining this ecosystem service at large watershed or landscape scales is often limited by time and budget constraints, making it difficult to conduct sufficient and repeated sampling to represent spatial and temporal changes. To address this, the InVEST carbon storage and sequestration model is used to measure spatial and temporal changes in carbon storage and sequestration. This study aims to investigate the impact of land use change on carbon storage and sequestration spatially and at different land use scales in Guilan Province using the InVEST software. To this end, a land use map of Guilan Province was created by classifying Landsat 9 satellite imagery from 2023, and the carbon storage and sequestration model was developed using the InVEST carbon sequestration model. Land use is the dominant factor in determining carbon storage, and the carbon storage and sequestration map, along with other ecosystem services maps, can be used to identify areas with high ecosystem service supply. In this research, based on the land use map of Gilan province and using IPCC resources, the carbon sequestration map of the province has been prepared.

Keywords: Carbon sequestration, mapping, InVEST, Guilan Province.

*Corresponding author Tel: +98 9113838792 Email: t.abedi@acecr.ac.ir

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

تاثیر گونه درختی بر شاخص‌های کیفیت خاک (مطالعه موردی: پارک ملی خجیر)

مریم تیموری*[۱]، هومن روانبخش [۱]، محمد متینی‌زاده[۲]، طاهره علی‌زاده[۳] و الهام نوری[۳]

۱- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۳- کارشناس محقق، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

جنگل‌هـــای ایران تورانی وسیع‌ترین ناحیه رویشی کشور را شامل می‌شود. این رویشگاه به دلیل قرار گرفتن در ناحیه خشک و نیمه‌خشک ایران که منجر به شکننده آن بودن آن می‌شود اهمیت زیادی دارد. بنابراین پایش آن به‌ویژه پایش ویژگی‌های موثر در کیفیت و سلامت خاک آن بسیار حیاتی است. در این پروژه اثر دو گونه بنه (*Pistacia atlantica*) و تنگرس (*Amygdalus lycioides*) بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در پارک ملی خجیر واقع در استان تهران بررسی شد. از خاک سطحی زیر تاج‌پوشش بنه، تنگرس و شاهد، ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری در جهت شرق به‌صورت تصادفی برداشت شد. سپس هر سه نمونه خاک به خوبی با یکدیگر مخلوط شده و یک نمونه ترکیبی بدست آمد. با استفاده از روش‌های استاندارد ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در نمونه‌های گرفته شده اندازه‌گیری شدند. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که مقادیر سیلت و رس (ویژگی‌های فیزیکی)، هدایت الکتریکی، اسیدیته، کربن آلی، ازت، عناصر روی، مس، آهن و منگنز (ویژگی‌های شیمیایی) و تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون (ویژگی‌های زیستی) تفاوت معنی‌دار دارند. براساس یافته‌های این پژوهش، تفاوت موجود در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک از الگوی ثابتی پیروی نمی‌کند، اما به‌نظر می‌رسد وجود درختان و تاج پوشش آنها در بهبود کیفیت خاک اهمیت دارد. تاج پوشش و اثرات مرتبط با آن سبب افزایش شاخص‌های مهمی مانند درصد کربن آلی، درصد ازت کل و برخی فعالیت‌های زیستی خاک شده است. این امر نشان دهنده اهمیت حفظ و افزایش پوشش گیاهی موجود به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که به لحاظ شرایط محیطی حالت شکننده‌ای داشته و در معرض خطر می‌باشد. از تفاوت‌های موجود می‌توان برای اصلاح شرایط و بهبود کیفیت خاک استفاده کرد.

واژگان کلیدی: ایران- تورانی، بنه، پایش، تنگرس، خاک.

مقدمه

بیش از یک سوم وسعت ایران را مناطق بیابانی و کویری تشکیل می‌دهد که نقش مهمی در تعادل میان اکوسیستم‌های کشور و حتی منطقه دارد. رویشگاه‌های جنگلی ناحیه ایران – تورانی با ۳۳۰۰۰۰۰ هکتار مساحت وسیع‌ترین ناحیه رویشی کشور را شامل می‌شود (ثاقب‌طالبی و همکاران، ۱۳۸۴). خاک بخش مهمی از اکوسیستم‌ها به حساب می‌آید. کیفیت و

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۵۳۳۸۵۱۹ ایمیل: mteimouri69@gmail.com

سلامت خاک از عوامل موثر در پایداری و عملکرد صحیح اکوسیستم‌های جنگلی است. سلامت و کیفیت خاک که گاهی از آن تحت عنوان حاصلخیزی خاک نیز نام برده می‌شود و با استفاده از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک برآورد می‌شود، تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار دارد. بررسی و پایش کیفیت خاک و عوامل موثر بر آن در مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی به‌ویژه نواحی خشک و نیمه‌خشک که شرایط شکننده‌ای دارند اهمیت حیاتی دارد. گونه‌های مختلف درختی با تفاوت در زی‌توده روزمینی و زیرزمینی، ساختار تاج، کیفیت و کمیت لاشبرگ تحت شرایط عرصه‌ای یکسان بر ویژگی‌های خاک و در نتیجه کیفیت و سلامت خاک اثرات متفاوتی دارند (Moradi et al., 2017). کرمیان و حسینی (۱۳۹۵) نشان داده‌اند که تاج پوشش بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک اثرگذار بوده و این تأثیر در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک کاملاً مشهود است. نتایج مطالعه انجام شده در سروآباد استان کردستان نشان داده است که تک درختان بنه قادرند سبب افزایش میزان کربن آلی و ازت کل در خاک زیر تاج‌پوشش در مقایسه با بیرون آن شوند (رستمی‌زاد و همکاران، ۱۳۹۷). بررسی رابطه بین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک زیر تاج پوشش و فضای باز توده‌های کُنار در منطقه ایذه توسط بازگیر و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که میانگین کربن آلی خاک زیر تاج، ۵/۲۳ درصد بیشتر از خاک بیرون از تاج بود. به‌علاوه پتاسیم قابل دسترس خاک، کربن و ازت زی‌توده میکروبی در زیر تاج درختان کُنار به شکل معنی‌داری بیشتر از فضای بیرون از تاج بود. همچنین خاک زیر تاج، بیشترین میزان تنفس پایه (۲۹/۱۹ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در کیلوگرم خاک در روز) و بهره میکروبی (۶۸/۱ درصد) را داشت. نتایج پژوهش حیدری و همکاران (۱۴۰۱) نشان داد که ساختار جنگل نیز بر شاخص‌های میکروبی خاک شامل تنفس پایه، تنفس برانگیخته و کربن زی‌توده میکربی اثرگذار است. در بررسی انجام شده در جنگل‌های غرب مازندران توسط هوشمند و همکاران (۱۳۹۸) بررسی خصوصیات خاک و جنگل‌شناسی گونه‌های گیلاس وحشی و افراپلت نشان داد که خصوصیات خاک در توده‌های مختلف تفاوت معنی‌دار دارند و با توجه به یکسان بودن شرایط رویشگاه قبل از کاشت این گونه‌ها، این تفاوت‌ها ناشی از تأثیر گونه‌های درختی بر ویژگی‌های خاک از طریق مواد برگشتی و ریشه‌ها می‌باشد. بررسی اثر گونه‌های سوزنی‌برگ (ارس، کاج تدا، دارتالاب) و پهن‌برگ (سفیدپلت، توسکای قشلاقی و بلندمازو) بر ویژگی‌های خاک نشان داد که خاک رویشگاه بلوط بلندمازو بیشترین درصد کربن آلی را داشت که نشان دهنده اهمیت نوع گونه در میزان کربن آلی خاک به‌عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت خاک است (آقاجمالی و همکاران، ۱۴۰۱). براساس یافته‌های Thomas et al. (2010) میزان تنفس میکروبی خاک زیر تاج‌پوشش گونه‌های راش، نمدار، افرا، زبان گنجشک و ممرز بسیار متفاوت می‌باشد. بیشترین مقادیر مشخصه مذکور در بخش تحتانی گونه‌های نمدار و افرا مشاهده شد و کمترین مقدار آن به گونه راش اختصاص داشته است. مقایسه میزان تنفس میکروبی خاک در اکوسیستم جنگلی پهن‌برگ معتدله (شامل گونه‌های راش، افرا، نمدار و ممرز) نشان داد که میزان این شاخص خاک تحت تأثیر کیفیت لاشبرگ و فعالیت ریشه‌ای گونه‌های مختلف درختی قرار دارد (Thoms and Gleixner, 2013).

با وجود اهمیت و وسعت ناحیه رویشی ایران – تورانی مطالعات ناچیزی در زمینه تاثیر گونه‌ها بر ویژگی‌های خاک صورت گرفته است. هدف از این مطالعه مقایسه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تحت پوشش بنه (*Pistacia atlantica*) و تنگرس (*Amygdalus lycioides*) در پارک ملی خجیر واقع در استان تهران بوده است.

مواد و روش‌ها

مختصات جغرافیایی

پارک ملی خُجیر با وسعت بیشتر از ۱۰ هزار هکتار در فاصله ۲۵ کیلومتری شرق کلان‌شهر تهران و در موقعیت جغرافیایی '۴۵ °۳۵ الی '۳۶ °۳۵ عرض شمالی و '۴۰ °۵۱ الی '۴۹ °۵۱ طول شرقی واقع شده است. میانگین بارندگی و دمای سالانه این منطقه به‌ترتیب ۲۳۱/۹ میلی‌متر و ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد است.

نمونه‌برداری

در پارک ملی خجیر ابتدا یک قطعه به وسعت یک هکتار (۱۰۰ × ۱۰۰ متر) انتخاب شد. در محدوده پلات ۱۵ درخت بنه و ۱۵ درخت تنگرس به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌برداری از خاک برای هر گونه از عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری در زیر تاج درختان (در فاصله میان تنه تا لبه انتهایی تاج) در جهت شرق درخت انجام شد. خاک هر ۳ درخت به‌خوبی مخلوط و به یک نمونه ترکیبی تبدیل شد. برای نمونه‌های کنترل، در بیرون از تاج و محلی که گیاه وجود نداشته باشد، ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی تهیه و با مخلوط کردن هر سه نمونه خاک یک نمونه ترکیبی کنترل تهیه شد.

تعیین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک

برای اندازه‌گیری بافت خاک با روش هیدرومتری درصد اجزای سازنده خاک شامل شن، رس و سیلت تعیین و سپس با استفاده از مثلث خاک، بافت آن تعیین شد (Toogood, 1958). اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) خاک در سوسپانسیونی که به نسبت ۱:۲/۵ با آب مقطر تهیه شده بود با استفاده از دستگاه pHمتر و ECمتر (JENWAY) اندازه‌گیری شدند (Mc Lean, 1982). برای تعیین درصد وزن خشک خاک، وزن خاک خشک شده در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت تعیین و با استفاده از درصد کاهش وزن خاک، درصد رطوبت خاک محاسبه شد (Schlichting and Blumer, 1990). برای اندازه‌گیری کربن آلی، فسفر در دسترس و ازت کل خاک به‌ترتیب از روش‌های اکسیداسیون مرطوب (Walkley and Black, 1934)، آبی‌مولیبدات (Olsen and Summers, 1982) و روش کجلدال (Bremner and Mulvaney, 1982) استفاده شد. برای اندازه‌گیری کربن زی‌توده میکروبی، تنفس پایه، تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون به‌ترتیب از روش‌های تدخین- استخراج (Vance et al., 1987)، تیتراسیون (Isermeyer, 1952; Jaggi, 1976)، تیتراسیون (Isermeyer, 1952) و سوبسترا- محصول (Berg and Rosswall,1985) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

ابتدا مفروضات تجزیه واریانس با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (برای نرمال بودن داده‌ها) و لون (برای همگنی واریانس) بررسی شد. سپس تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام شد. همچنین برای مقایسه هر عامل بین گونه‌های گیاهی مختلف و شاهد، از مقایسه میانگین به روش آزمون مقایسه میانگین چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. تمام داده‌ها با نرم‌افزار R (V. 3.6.32020) تجزیه و تحلیل آماری شدند.

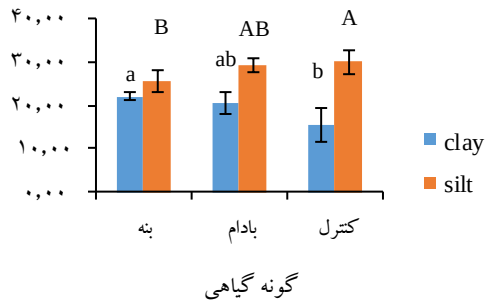
یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیکی خاک

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه ویژگی‌های فیزیکی خاک در جدول ۱ ارائه شده است. این نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌دار میزان رس است. مقایسه میانگین اجزای تشکیل دهنده خاک نشان داد که میزان سیلت و رس به‌ترتیب در نمونه‌های کنترل و بنه بیشتر است (شکل ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس یک طرفه ویژگی‌های فیزیکی خاک

پارامتر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F value	P value
رس	۲	۱۰۹/۰۳	۱۵/۱۹	۰/۰۰۱**
سیلت	۲	۴۷/۷۸	۸/۳۲	۰/۰۱*
شن	۲	۱۸/۲۲	۰/۵۸	۰/۴۵ns
وزن مخصوص ظاهری	۲	۰/۱۱	۳/۳۸	۰/۰۸ns



شکل ۱- مقایسه میانگین مقدار رس و سیلت
(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است)

ویژگی‌های شیمیایی خاک

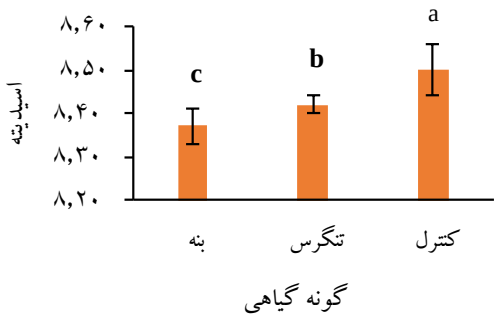
نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه ویژگی‌های شیمیایی سایت خجیر در جدول ۲ ارائه شده است. این نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌دار اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، ازت کل، روی، آهن و مس است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس یک طرفه ویژگی‌های شیمیایی خاک

پارامتر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F value	P value
اسیدیته	۲	۰/۴۴	۳۰/۲۶	۰/۰۰۰**
هدایت الکتریکی	۲	۰/۰۲	۷/۳۲	۰/۰۱**
کربنات کلسیم	۲	۲۷/۲۲	۱/۰۱	۰/۳۳ns
کربن آلی	۲	۱/۲۹	۱۳/۳۲	۰/۰۰۱**
ازت کل	۲	۰/۱	۲۶/۶۲	۰/۰۰۰**
فسفر	۲	۹۳/۰۲	۰/۱۴	۰/۷۱ns

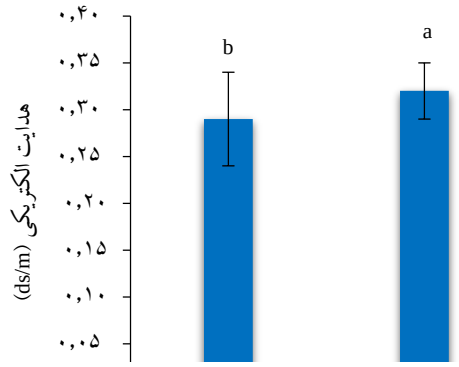
** و * بترتیب معنی‌داری در ۱ و ۵ درصد. ns عدم معنی‌داری

مقایسه میانگین به روش آزمون مقایسه میانگین چنددامنه‌ای دانکن نشان داد که مقدار اسیدیته در کنترل بیش از زیر تاج‌پوشش درختان بنه و بادام است (شکل ۲). در شکل ۳ میانگین مقادیر هدایت الکتریکی مقایسه شده است. نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو گونه مورد مطالعه و کنترل است.



شکل ۲- مقایسه میانگین مقدار اسیدیته خاک

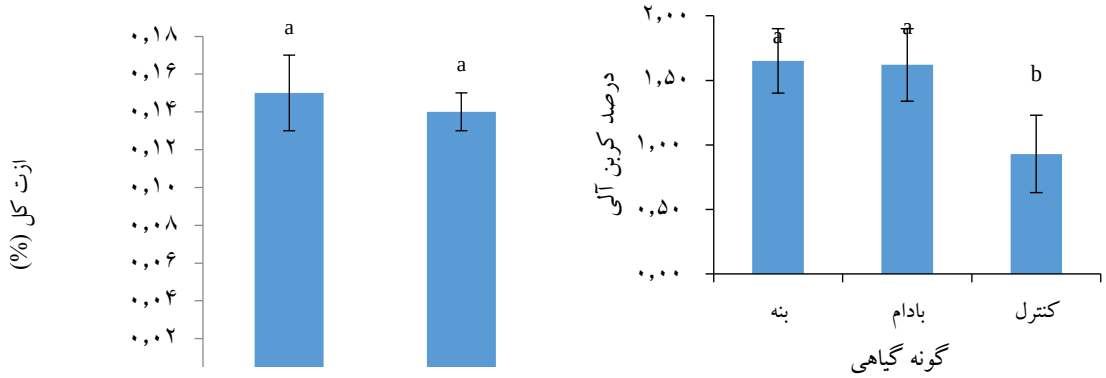
(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است)



شکل ۳- مقایسه میانگین مقدار هدایت الکتریکی خاک

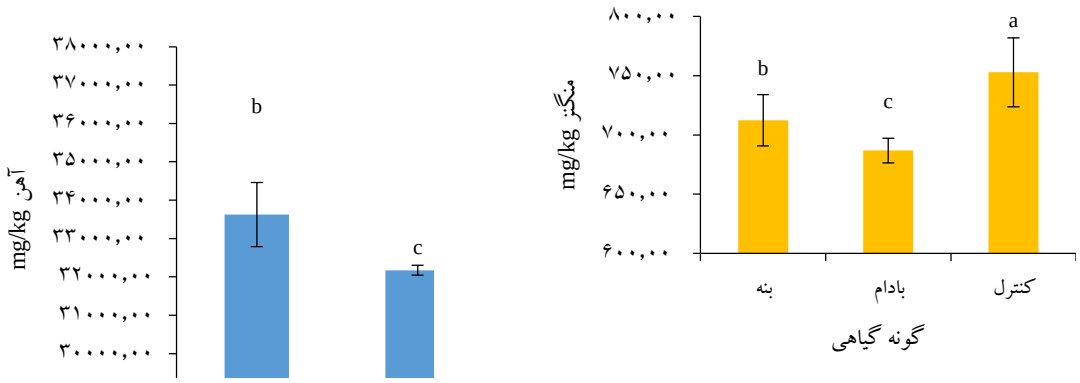
(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است)

مقایسه میانگین مقادیر کربن آلی و ازت کل نشان داد که مقادیر کربن و ازت در زیر تاج‌پوشش هر دو گونه بیش از کنترل است (شکل ۴، الف و ب). مقایسه میانگین مقادیر عناصر مس و روی نشان داد (شکل ۵) که در مورد عنصر مس از نظر آماری بین دو گونه تفاوت معنی‌دار وجود نداشته و مقدار آن در نمونه‌های کنترل بیش از خاک زیر تاج پوشش گونه بنه است. مقادیر عنصر روی در نمونه‌های کنترل بیش از مقدار آن در خاک زیر تاج پوشش گونه‌های مورد مطالعه است.



شکل ۴- مقایسه میانگین درصد کربن آلی و ازت کل

(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است)



شکل۶ - مقایسه میانگین مقدار منگنز و آهن

(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است)

نتایج ویژگی‌های زیستی خاک

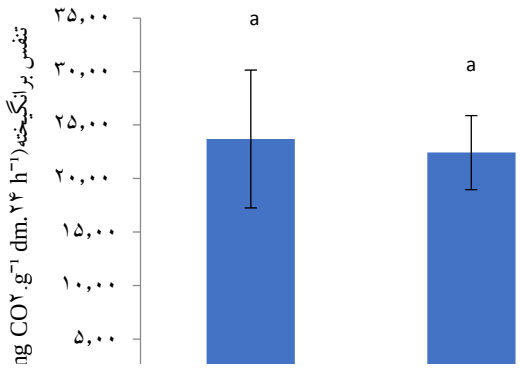
نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه ویژگی‌های زیستی خاک سایت خجیر در جدول ۳ ارائه شده است. این نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌دار تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون است.

جدول ۳- تجزیه واریانس یک طرفه ویژگی‌های زیستی

پارامتر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F value	P value
تنفس پایه	۲	۱/۳۴	۲/۹۱	۰/۱۱^{ns}
تنفس برانگیخته	۲	۳۷۱/۷۳	۱۵/۱۴	۰/۰۰۱**
کربن زی‌توده میکروبی	۲	۰/۶۶	۱/۰۸	۰/۳۱^{ns}
پتانسیل نیتریفیکاسیون	۲	۲۲۱۷۶۵	۲۴/۴۲	۰/۰۰۰**

** و * بترتیب معنی‌داری در ۱ و ۵ درصد. ns عدم معنی‌داری.

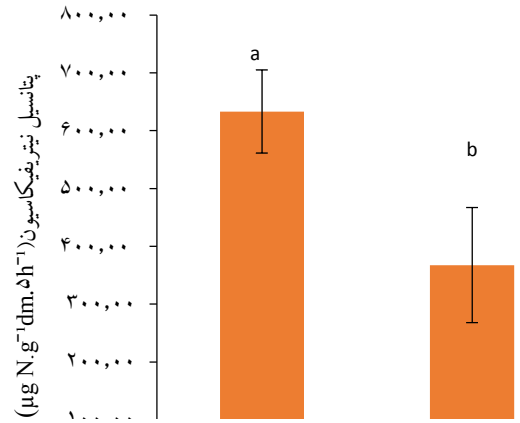
مقایسه میانگین مقادیر تنفس برانگیخته نشان دهنده مقدار بیشتر آن در خاک زیر تاج‌پوشش دو گونه مورد مطالعه از کنترل بود (شکل ۷).



شکل ۷- مقایسه میانگین مقدار تنفس برانگیخته

(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است)

مقایسه میانگین مقادیر پتانسیل نیتریفیکاسیون نشان دهنده مقدار بیشتر آن در خاک زیر تاج‌پوشش گونه بنه از تنگرس و کنترل بود (شکل ۸).



شکل ۸- مقایسه میانگین مقدار پتانسیل نیتریفیکاسیون

(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است)

بحث و نتیجه‌گیری

پایداری بوم‌سازگان جنگلی به ویژگی‌های خاک و سلامت و کیفیت آن بستگی دارد. به همین دلیل پایش ویژگی‌های خاک و عوامل موثر بر آن اهمیت ویژه‌ای دارد. در این مطالعه تاثیر تاج‌پوشش دو گونه بنه و تنگرس در پارک ملی خجیر بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک بررسی شد.

نتایج ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک تحت تاثیر تاج‌پوشش دو گونه بنه و تنگرس نشان داد که مقادیر متفاوتی از سیلت و رس در زیر تاج‌پوشش دو گونه مورد مطالعه وجود دارد. مقدار رس در بافت زیر تاج‌پوشش بنه بیش از کنترل است، اما از نظر آماری با بادام تفاوت معنی‌داری ندارد. اما در مورد سیلت الگو متفاوت است و مقدار آن در کنترل بیش از بنه است. تفاوت‌های مشاهده شده می‌تواند ناشی از تمایل درختان به رشد در بافت‌های مختلف خاک با درصدهای متفاوت از ذرات

سازنده خاک (شن، رس و سیلت) باشد. با توجه به اینکه بافت خاک بر بسیاری دیگر از خصوصیات خاک موثر است می‌توان از این اثر گونه برای اصلاح بافت خاک به‌منظور افزایش حاصلخیزی و کیفیت خاک استفاده کرد.

اسیدیته (pH) خاک از طریق بهبود شرایط فیزیکی خاک، در دسترس بودن مواد غذایی و نیز تجزیه مواد غذایی و تبدیل آن‌ها به مواد مورد نیاز گیاهان، در کیفیت خاک و در نتیجه پایداری اکوسیستم جنگل اهمیت دارد. عوامل مختلفی مانند رطوبت و دمای خاک، میزان ماده آلی، فعالیت ریشه‌های گیاهان و فلور میکروبی خاک و نیز در خاک‌های زراعی کاربرد و زمان استفاده از کودها بر اسیدیته خاک تاثیر می‌گذارند (Mureithi et al., 2014; Zarekia et al., 2012). میزان اسیدیته در خاک شاهد قلیایی و بیش از زیر تاج‌پوشش گونه بنه و بادام است. به‌علاوه مقدار اسیدیته خاک در زیر تاج‌پوشش بنه بیش از بادام و قلیایی است. تفاوت مشاهده شده در بین دو این دو گونه و نیز با شاهد می‌تواند ناشی از تفاوت در ترکیبات مترشحه از ریشه این دو گونه باشد که منجر به تفاوت معنی‌دار شده است. به‌علاوه احتمال دارد که دلیل این تفاوت تمایل خود گونه به انتخاب محیطی اسیدی‌تر و یا قلیایی‌تر برای رشد و نمو باشد (پورمجیدیان و مرادی، ۱۳۸۸; Sedighi Chafjiri et al., 2016).

نتایج نشان داد که اثر تاج پوشش بر میزان هدایت الکتریکی خاک موثر بوده و میزان آن در خاک زیر تاج‌پوشش بیش از کنترل بوده است که با یافته‌های کرمی و عرفان‌زاده (۱۳۹۶) و کارگر و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت دارد. وجود رطوبت و تجمع لاشبرگ در ناحیه زیر تاج درختان سبب تسریع در تجزیه لاشبرگ و آزاد شدن کانیون‌ها و در نتیجه افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شود (Stefanowicz et al., 2021).

کربن آلی خاک سبب بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و در نتیجه رشد پایدار گیاهان می‌شود. کربن آلی خاک نقش مهمی در تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان، افزایش قدرت تبادل یونی خاک، بهبود شرایط توده خاک، افزایش توان نگهداری آب و حمایت از فعالیت زیستی خاک دارد (Bationo et al., 2007). تغییر در کربن آلی خاک در پاسخ به طیف وسیعی از عوامل محیطی صورت می‌گیرد. در این مطالعه میانگین کربن آلی در زیر تاج‌پوشش دو گونه بنه و بادام بیش از شاهد است. به‌دلیل وجود لاشبرگ فراوان در زیر تاج‌پوشش و نیز شرایط مناسب رطوبتی و حرارتی که منجر به افزایش فعالیت زیستی در آن محدوده می‌شود، میزان کربن آلی در زیر تاج‌پوشش بیش از بیرون آن است (Tiruneh Asaye, 2017; Zarafshar et al., 2023).

ازت پس از آب دومین نیاز تغذیه‌ای گیاهان برای رشد و نمو است. بنابراین از شاخص‌های مهم در کیفیت و سلامت خاک محسوب می‌شود. میزان ازت کل در زیر تاج‌پوشش بیش از نمونه‌های کنترل بوده است که دلیل آن وجود مقادیر زیاد لاشبرگ در زیر تاج پوشش درختان و نیز وجود شرایط لازم از نظر دما و رطوبت برای تجزیه آنها توسط فلور میکروبی خاک است (فخاری و همکارن، ۱۴۰۱؛ خان‌محمدی و متینی‌زاده، ۱۴۰۲).

تفاوت مشاهده شده و مقادیر بیشتر عناصر کم مصرف مقادیر مس، روی، آهن و منگنز در کنترل می‌تواند به دلیل نیاز و جذب بیشتر این عناصر در خاک زیر تاج‌پوشش توسط ریشه‌های گیاهان و همین طور مقادیر آنها در لاشبرگ گونه‌های مختلف باشد (Agusto et al., 2002; Hagen-Thorn et al., 2004).

جمعیت‌های میکروبی خاک و فعالیت‌های آنها اهمیت ویژه‌ای در انجام عملکرد صحیح اکوسیستمی مثل جنگل دارند. تقریباً تمام واکنش شیمیایی که در خاک رخ می‌دهد توسط میکرو ارگانیسم‌های خاک صورت می‌گیرد. گردش مواد غذایی، تجزیه مواد آلی، مواد دفعی و سمیت‌زدایی، حفظ ساختار خاک از جمله عملکردهای مفید جوامع میکروبی خاک هستند (Aislabie and Deslippe, 2013). در این مطالعه میزان دو شاخص زیستی تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون دارای تفاوت

معنی‌دار بودند. تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون در زیر تاج‌پوشش بنه بیش از کنترل بود. مناسب بودن شرایط محیطی از جمله دما، رطوبت و سوبستراهای مناسب برای رشد و فعالیت جوامع میکروبی در زیرتاج پوشش می‌تواند دلیل بیشتر بودن تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون باشد.

منابع

آقاجمالی، ز.، شعبانپور، م.، فرقانی، ا.، کهنه، ا.، (۱۴۰۱). بررسی تأثیر نوع جنگلکاری با گونه‌های مختلف بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۵ (۴) ، ۲۷۹-۲۶۷.

بازگیر، م.، نوروزی، ا.، مقصودی، ز.، (۱۳۹۸). مطالعه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک توده‌های کنار(Ziziphus spina-christi L.) در منطقه ایذه، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۷(۲)، ۲۴۳-۲۳۲.

پورمجیدیان، م.، مرادی، م.، (۱۳۸۸). بررسی ویژگیهای رویشگاهی و جنگلشناسی گونه *Juniperus excelsa* در جنگلهای طبیعی ایلان در استان قزوین، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷ (۳): ۴۸۷-۴۷۵.

ثاقب‌طالبی، خ.، ساجدی، ت.، یزدیان، ف.، (۱۳۸۴). نگاهی به جنگلهای ایران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران، ۵۶ صفحه.

حیدری، م.، تیموری م.، پورهاشمی، م.، علی زاده، ط.، (۱۴۰۱). تغییرات تنفس میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک در توده‌های جنگلی با ساختار متفاوت در استان کردستان، بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۱۰ (۲): ۷۲-۶۴.

خان‌محمدی، ز.، متینی‌زاده، م.، (۱۴۰۲). ارزیابی ویژگیهای خاک زیر تاج پوشش درختان بنه (*Pistacia atlantica* Desf) و بادام کوهی (*Prunus orientalis* (Mill.) Koehne) (مطالعه موردی: تنگ خشک، سمیرم). روابط آب و خاک، ۱۴(۲): ۱۰۸-۹۳.

رستمی‌زاد، پ.، حسینی، و.، محمدی سمانی، ک.، (۱۳۹۷). اثر تاج تک درختان بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) بر میزان عناصر مغذی خاک جنگل (منطقه سروآباد استان کردستان). آب و خاک، ۲۲ (۲)، ۲۹۳-۲۸۳.

کارگر، م.، جعفریان، زی.، قربانی پاشاکلایی، ج.، (۱۳۸۹). بررسی تغییرپذیری برخی خصوصیات خاک تحت تأثیر تاج پوشش و تراکم بوته‌های درمنه کوهی (مطالعه موردی: مراتع واوسر کیاسر). مرتع، ۴(۲): ۲۴۹-۲۴۰.

کرمیان، م.، حسینی، و.، (۱۳۹۵). تاثیر تاج‌پوشش درختان و توپوگرافی بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک (مطالعه موردی: جنگلهای ایلام، منطقه دالاب)، اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۷ (۱)، ۹۷-۸۱.

کرمی، ه.، عرفان‌زاده، ر.، (۱۳۹۶). تأثیر تاج پوشش گونه *Onobrychis cornuta* بر برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی و تنفس میکروبی خاک در علفزارهای البرز میانی، کنفرانس بین المللی کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی در هزاره سوم، رشت.

فخاری، ن.، جلیلوند، ح.، حجتی، س.م.، واعظ موسوی، س.م.، (۱۴۰۱). بررسی تغییرات خصوصیات خاک در روشنه‌ها و تاج پوشش جنگلهای طبیعی خالص و آمیخته راش (مطالعه موردی: جنگل شصت کلاته گرگان). پژوهش در مهندسی عمران و معماری ایران، ۲۷ :۲۰-۱۲.

هوشمند، ع.، مشکی، ع.، ملاشاهی، م.، امیری، م.، کیانیان، م.ک.، (۱۳۹۸). خصوصیات خاک و جنگل‌شناسی در جنگل‌کاری‌های گیلاس وحشی و افرایلت جنگل‌های غرب مازندران. ۲۶ (۱)، ۴۸-۳۷.

Aislabie, J., Deslippe, J.R., (2013). Soil microbes and their contribution to soil services. In: Dymond JR ed. Ecosystem services in New Zealand–conditions and trends. Lincoln, New Zealand, Manaaki Whenua Press. pp. 112–161.

Bationo, A., Kihara, J. Vanlauwe, B. Waswa, B., Kimetu, J., (2007). Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. Agricultural Systems, 94 (1): 13–25.

Berg P., Rosswall, T., (1985). Ammonium oxidizer number, potential and actual oxidation rates in two Swedish arable soils. Biology and Fertility of Soils, Vol. 1. 131-140.

Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., (1982). Nitrogen-total. In A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy, Vol. 9. 595–624.

Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Nihlgård, B., (2004). The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land, Forest ecology and management, vol. 195. 373-384.

Isermeyer H., (1952). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der 262 Carbonate im Boden. Z Pflanzenernaehr Bodenkd, Vol. 56. 26–38.

Jaggi, W., (1976). Die Bestimmung der COz-Bildung als Mag der bodenbiologischen Aktivitat. 264 Schw Landw Forsch. 371–380.

Mc Lean, E.O., (1982). Soil pH and lime requirement. In. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2th ed., Page, A., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.). Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.

Moradi, J., Mudrak, O., Kukla, J., Vicentini, F., Simackova, H., Frouz, J., (2017). Variations in soil chemical properties, microbial biomass, and faunal populations as related to plant functional traits, patch types, and successional stages at Sokolov post-mining site - A case study. European Journal of Soil Biology, Vol. 83, 58–64.

Mureithi, S.M., Verdoodt, A., Gachene, C.K.K., Njoka, J.T., Wasonga, V.O., De Neve, S., Meyerhoff, E., Van Ranst, E., (2014). Impact of enclosure management on soil properties and microbial biomass in a restored semi-arid rangeland, Kenya. Journal of Arid. Land, Vol. 6. 561-570.

Olsen, S. R., Summers, L. E., (1982). Phosphorus. In Page. A. L., Keeney, D.R. (Eds.). Methods of soil analysis. Madison, WI: Soil Science Society of America, Inc. 421–422.

Schlichting, E., Blumer, H.P., (1990). Methods of Soil Analysis, Hamburg, 1994 Schinner, F., and Von Mersi, W., Xylanase, CM-cellulase and invertase activity in soil, as improved method. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 22: 511-515.

Sedighi Chafjiri, A.N., Taheri Abkenar, K., Hassanzad Navroodi. I., Pourbabae, H., (2016). Distribution of Plant Species and Their Relation to Soil Properties in Protected and Degraded Stands of *Quercus macranthera* in Northern Iran. Ecologia Balkanica, Vol. 8. No.2. 53-63.

Stefanowicz, A.M., Rozek, K., Stanek, M., Rola, K., Zubek, S., (2021). Moderate effects of tree species identity on soil microbial communities and soil chemical properties in a common garden experiment. Forest Ecology and Management, 482. https://doi.org/10.1016/j. foreco.2020.118799.

Thoms, C., and Gleixner, G., (2013). Seasonal differences in tree species' influence on soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 66. 239-248.

Thoms, C., Gattinger, A., Jacob, M., Thomas, F.M., Gleixner, G., (2010). Direct and indirect effects of tree species diversity drive soil microbial diversity in temperate deciduous forest. Soil Biology and Biochemistry. Vol. 42, No. 9. 1558-1565.

Toogood, J.A., (1958). A simplified textural classification diagram. Canadian Journal of Soil Science, 38: 54–55.

Walkley, A.; Black, I.A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, Vol. 37. 29-38.

Tiruneh Asaye, Z. (2017). Effects of scattered *Acacia tortilis* (Forssk) hayne on soil properties in different land uses in Central Rift Valley of Ethiopia. Journal of Sustainable Forestry, Vol. 36. 164–176.

Vance, E.D., Brookes. P.C., Jenkinson, D.S., (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 19. 703-707.

Zarafshar, M., Rousta, M.J., Matinizadeh, M., Sagheb Talebi, K., Alizadeh, T., Nouri, E., Karl-Friedrich Bader, M., (2023). Scattered wild pistachio trees profoundly modify soil quality in semi-arid woodlands. Catena, 224. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.106983.

Zarekia, S., Jafari, M., Arzani, H., Javadi, S.A., Jafari, A.A., (2012). Grazing effects on some of the physical and chemical properties of soil. World Applied Science Journal, Vol. 20. No. 2. 205-212.

The effect of species on soil quality indicators (Case study: Khojir National Park)

M. Teimouri [*1], H. Ravanbakhsh[1], M. Matinizadeh[2], T. Alizadeh[3] and E. Nouri [3]

1- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.
2- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.
3- Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.

Abstract
The forests of Iran-Tourani include the largest vegetation area of the country. This area is critical due to its location in the arid and semi-arid region of Iran, which makes it fragile. Therefore, its monitoring, especially soil quality and the affecting parameters, is crucial. The aim was to study the effect of *Pistacia atlantica* and *Amygdalus lycioides* on the physical, chemical, and biological properties of soil in Khojir National Park, Tehran province. Fifteen soil samples were randomly taken from a depth of 0 to 15 cm in the eastern direction under the crown of *Pistacia atlantica* and *Amygdalus lycioides* and without crown (controls). Each three samples was mixed to make a compound sample. The soil's physical, chemical, and biological properties were measured by standard methods. Data were analyzed by one-way Anova. Results indicated that amounts of silt and clay (physical properties), electrical conductivity, soil pH, organic carbon, total nitrogen, zinc, and copper (chemical properties), and induced respiration and nitrification potential (biological properties) had significant differences. The presence of trees and their canopy is important in improving soil quality. The canopy and its related effects have increased important indicators such as organic carbon percentage, total nitrogen percentage, and some soil biological activities. This shows the importance of preserving and increasing existing vegetation, especially in arid and semi-arid areas, which are fragile and at risk in terms of environmental conditions. The existing differences can be used to correct the conditions and improve the quality of the soil.

Keywords: *Amygdalus lycioides*, Iran- Tourani, Monitoring, *Pistacia atlantica*, Soil.

*Corresponding author Tel: +98 9125338519 Email: mteimouri69@gmail.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی اثر گونه‌های اوری (*Quercus macranthera*) و لور (*Carpinus orientalis*) بر ویژگی‌های فیزیکی ، شیمیایی و زیستی خاک در ارسباران

مریم تیموری[1*]، محمد متینی‌زاده[2]، طاهره علی‌زاده[3] و الهام نوری[3]

۱- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۳- کارشناس محقق، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

جنگل‌هـــای ارسباران از قدیمی‌ترین و باارزشترین جنگل‌های دنیا محسوب می‌شوند. آنها به دلیل منشاء، قدمت و تنوع ژنتیکی گونه‌های درختـــی، درختچـــه‌ای، بوتـــه‌ای، علفـــی و جانـــوری اهمیت ویژه‌ای دارند. بنابراین حفاظت از آنها بسیار حیاتی است. کیفیت و سلامت خاک از عوامل مهم در پایداری اکوسیستم جنگل بشمار می‌رود. به همین دلیل پایش سلامت و کیفیت آن با استفاده از ویژگی‌های مختلف خاک اهمیت دارد. در این مطالعه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در نمونه‌های گرفته شده از زیر تاج‌پوشش اوری (*Quercus macranthera*)، لور (*Carpinus orientalis*) و شاهد واقع در جنگل ارسباران، استان آذربایجان شرقی با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. آنالیزآماری داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که مقادیر سیلت و رس (ویژگی‌های فیزیکی)، اسیدیته، کربن آلی، فسفر در دسترس (ویژگی‌های شیمیایی) و پتانسیل نیتریفیکاسیون (ویژگی‌های زیستی) تفاوت معنی‌دار دارند. براساس یافته‌های این پژوهش، تفاوت موجود در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک از الگوی ثابتی پیروی نمی‌کند. به‌طوریکه مقدار سیلت در اوری و لور، رس در شاهد و اوری، اسیدیته در شاهد و اوری، کربن آلی در لور، فسفر در دسترس در لور، و پتانسیل نیتریفیکاسیون در اوری بالاتر است. تفاوت‌های مشاهده شده را می‌توان به تاثیر عواملی مانند انتخاب گونه، اثر گونه و شرایط مناسب برای فعالیت جوامع میکروبی نسبت داد. از تفاوت‌های موجود می‌توان برای اصلاح شرایط و بهبود کیفیت خاک استفاده نمود.

واژگان کلیدی: ارسباران، اوری، پایش، خاک، لور.

مقدمه

جنگل‌های ارسباران به دلیل وجود شرایط اقلیمی خاص، تنوع زیستی بالا، حضور گونه‌های کمیاب گیاهی و جانوری و همچنین حضور عناصر رویشی مربوط به اقلیم‌های متعدد از سایر نواحی رویشی ایران متمایز هستند. وجود روستاهای فراوان، تبدیل اراضی جنگلی به زمین‌های زراعی، قطع بی رویه درختان جهت مصرف سوخت، دامداری و تخلف در شکار از جمله فعالیت‌هایی هستند که سیمای طبیعی ارسباران را در دهه اخیر به‌شدت تغییر داده است. بنابراین بایستی توجه ویژه-

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۵۳۳۸۵۱۹ ایمیل: mteimouri69@gmail.com

ای به این جنگلها صورت گیرد تا از تخریب بیشتر آنها جلوگیری شود. خاک بخش مهمی از اکوسیستم‌ها به حساب می‌آید. کیفیت و سلامت خاک از عوامل موثر در پایداری و عملکرد صحیح اکوسیستم‌های جنگلی است. سلامت و کیفیت خاک که گاهی از آن تحت عنوان حاصلخیزی خاک نیز نام برده می‌شود و با استفاده از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک برآورد می‌شود تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار دارد. گونه‌های مختلف درختی با تفاوت در زی‌توده روزمینی و زیرزمینی، ساختار تاج، کیفیت و کمیت لاشبرگ تحت شرایط عرصه‌ای یکسان بر ویژگی‌های خاک و در نتیجه کیفیت و سلامت خاک اثرات متفاوتی دارند (Moradi et al., 2017). کرمیان و حسینی (۱۳۹۵) نشان داده‌اند که تـاج پوشـش بر ویژگیهای شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک اثرگذار است. نتایج مطالعه تغییرات کربن آلی جنگل‌های اوری (*Q. macranthera*) واقع در رویشگاه‌های مختلف استان گرگان نشان داد که اگر چه مقادیر کربن آلی و ازت کل در لایه فوقانی و زیرین خاک در بین رویشگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما مقدار فسفر و پتاسیم قابل جذب در عمق‌های مختلف خاک بین رویشگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار داشت. به‌علاوه تغییرات عناصر غذایی (NPK) و کربن آلی مستقل از یکدیگر بودند و همبستگی معنی‌داری نداشتند (واحدی و همکاران، ۱۴۰۱). مطالعه تاثیر نوع گونه و فصل بر فعالیت مزوفون و خصویات شیمیایی و میکروبی خاک در زیر تاج گونه‌های مختلف نشان داد که مقادیر ویژگی‌های شیمیایی خاک (ازت کل، پتاسیم در دسترس و کربن آلی)، میکروبی (کربن و ازت زی‌توده میکروبی، تنفس پایه و برانگیخته) و شاخص‌های تنوع زیستی در خاک زیر درختان بیش از خاک زیر درختچه‌ها بود (Heydari et al., 2020). مطالعه انجام شده توسط میردار هریجانی و همکاران (۱۴۰۰) نشان داد که وجود گونه درختی ممرز در توده‌های راش، سبب بهبود شاخص‌های زیستی خاک می‌شود. بنابراین توصیه می‌کنند که در هنگام عملیات نشانه‌گذاری، برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و جنگل‌کاری در رویشگاه‌های این دو گونه، حفظ آمیختگی آن‌ها در اولویت قرار گیرد. بررسی اثر جنگلکاری با گونه‌های مختلف سوزنی‌برگ و پهن‌برگ بر برخی از خصوصیات خاک نشان داد که پایداری خاکدانه‌ها در تیپ‌های بادام کوهی و کاج بروسیا بیش از خاک سرو نقره‌ای و شاهد بود. به‌علاوه بادام‌کوهی سبب افزایش معنی‌دار میانگین‌های وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها و ترسیب کربن شد (زیدی جودکی و همکاران، ۱۴۰۰). بررسی خصوصیات شیمیایی و زیستی خاک نشان داده است که کاشت درختان اقاقیا در اراضی که در آنها قبلاً معدن وجود داشته باشد می‌تواند سبب احیا زمین‌های تخریب شده شود (Oneț et al., 2022). نتایج مطالعه انجام شده توسط Shen et al. (2022) نشان داد که کیفیت خاک به نوع جنگل بستگی دارد. آنها یک رابطه منفی بین غنای پوشش و کیفیت خاک در جنگل‌های پهن‌برگ و درختچه‌ای مشاهده کردند، در حالی که این رابطه در جنگل‌های سوزنی-برگ، مخلوط سوزنی‌برگ و پهن‌برگ و جنگل‌های بامبو مثبت بود. مطالعه تاثیر حذف جنگل‌های شاخه‌زاد بر برخی از خصوصیات خاک نشان داد که این تیمار سبب افزایش رطوبت روزانه، دمای روزانه، بیشینه دمای روزانه، و کمینه دمای روزانه شد. حذف این جنگل تاثیری بر میزان شن، رس، سیلت، چگالی ذرات، اسیدیته و هدایت الکتریکی نداشت (Aytekin and Gökbulak, 2020). بررسی اثر گونه‌های سوزنی‌برگ (ارس، کاج تدا، دارتالاب) و پهن‌برگ (سفید پلت، توسکای قشلاقی و بلوط بلندمازو) بر ویژگی‌های خاک نشان داد که خاک رویشگاه بلوط بلندمازو بیشترین درصد کربن آلی را داشت که نشان دهنده اهمیت نوع گونه در میزان کربن آلی خاک به عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت خاک است (آقاجمالی و همکاران، ۱۴۰۱). براساس یافته‌های Thomas et al. (2010) میزان تنفس میکروبی خاک زیر تاج‌پوشش گونه‌های راش، نمدار، افرا، زبان گنجشک و ممرز بسیار متفاوت می‌باشد. بیشترین مقادیر مشخصه مذکور در بخش تحتانی گونه‌های نمدار و افرا مشاهده شد و کمترین مقدار آن به گونه راش اختصاص داشته است. مقایسه میزان تنفس میکروبی خاک در اکوسیستم

جنگلی پهن‌برگ معتدله (شامل گونه‌های راش، افرا، نمدار و ممرز) نشان داد که که میزان این شاخص خاک تحت تأثیر کیفیت لاشبرگ و فعالیت ریشه‌ای گونه‌های مختلف درختی قرار دارد (Thoms and Gleixner, 2013).

هدف از این مطالعه مقایسه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تحت پوشش اوری (*Quercus macranthera*) و لور (*Carpinus orientalis*) در جنگل ارسباران واقع در استان آذربایجان شرقی بوده است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

در سایت انتخاب شده در جنگل‌های ارسباران یک قطعه به وسعت یک هکتار (۱۰۰ × ۱۰۰ متر) انتخاب شد. در پلات ۱۵ درخت لور و ۱۵ درخت اوری به‌شکل تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌برداری خاک برای هر گونه از عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری در زیر تاج درختان (در فاصله میان تنه تا لبه انتهایی تاج) در جهت شرق درخت انجام شد. خاک هر ۳ درخت به خوبی مخلوط و به یک نمونه ترکیبی تبدیل شد. برای نمونه‌های شاهد، در بیرون از تاج و محلی که گیاه وجود نداشته باشد، ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی تهیه شد. همانند نمونه‌های گرفته شده از خاک زیر درختان، هر سه نمونه خاک به‌خوبی مخلوط و به یک نمونه ترکیبی شاهد تبدیل شدند. برای سنجش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه-های خاک پس از هوا خشک شدن، برای حذف بقایای گیاهی با الک ۲ میلی‌متری الک و در دمای محیط نگهداری شدند. برای بررسی ویژگی‌های زیستی نمونه‌های خاک در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

تعیین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک

برای اندازه‌گیری بافت خاک با روش هیدرومتری درصد اجزای سازنده خاک شامل شن، رس و سیلت تعیین و سپس با استفاده از مثلث خاک، بافت آن تعیین شد (Toogood, 1958). اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) خاک در سوسپانسیونی که به نسبت ۱:۲/۵ با آب مقطر تهیه شده بود با استفاده از دستگاه pHمتر و ECمتر (JENWAY) اندازه-گیری شدند (Mc Lean, 1982). برای تعیین درصد وزن خشک خاک، وزن خاک خشک شده در دمای ۱۰۵ درجه سانتی-گراد به‌مدت ۲۴ ساعت تعیین و با استفاده از درصد کاهش وزن خاک، درصد رطوبت خاک محاسبه شد (Schlichting and Blumer, 1990). برای اندازه‌گیری کربن آلی، فسفر در دسترس و ازت کل خاک به‌ترتیب از روش‌های اکسیداسیون مرطوب (Walkley and Black, 1934)، آبی‌مولیبدات (Olsen and Summers, 1982) و روش کجلدال (Bremner and Mulvaney, 1982) استفاده شد. برای اندازه‌گیری کربن زی‌توده میکروبی، تنفس پایه، تنفس برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون به‌ترتیب از روش‌های تدخین- استخراج (Vance et al., 1987)، تیتراسیون (Isermeyer, 1952; Jaggi, 1976)، تیتراسیون (Isermeyer, 1952) و سوبسترا- محصول (Berg and Rosswall,1985) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

ابتدا مفروضات تجزیه واریانس با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (برای نرمال بودن داده‌ها) و لون (همگنی واریانس) بررسی شد. سپس آنالیز واریانس یک طرفه انجام شد. همچنین برای مقایسه هر فاکتور بین گونه‌های گیاهی مختلف و شاهد، از مقایسه میانگین به روش آزمون مقایسه میانگین چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. تمام داده‌ها توسط نرم‌افزار R (v. 3.6.32020) تجزیه و تحلیل آماری شدند. نمودارها و جداول در محیط اکسل و ورد رسم شدند.

یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیکی خاک

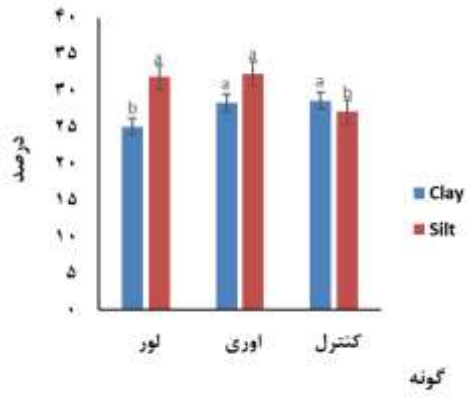
در جدول ۱ نتایج آنالیز واریانس یک طرفه ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده ارائه شده است. همانطور که در جدول مشخص است فقط درصد رس و سیلت در سطح ۱و ۵ درصد معنی‌دار است.

جدول ۱- آنالیز واریانس یک طرفه ویژگی‌های فیزیکی خاک

پارامتر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F value	P value
درصد رس	۲	۳/۱۷۹	۲۵/۵۷	۰/۰۰۰**
درصد سیلت	۲	۵۶/۳۱	۱۳/۲۷	۰/۰۰۲*
درصد شن	۲	۳/۴۹	۰/۴۳	۰/۵۱ ns
وزن مخصوص ظاهری	۲	۰/۳۲	۲/۹۸	۰/۱ ns

** و * بترتیب معنی‌داری در ۱ و ۵ درصد. ns عدم معنی‌داری

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد رس در زیر تاج‌پوشش اوری و شاهد بیشتر است، در حالی که مقدار سیلت در زیر تاج‌پوشش لور و اوری بیشتر است (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین مقادیر رس و سیلت در زیر تاج پوشش لور، اوری و شاهد

ویژگی‌های شیمیایی خاک

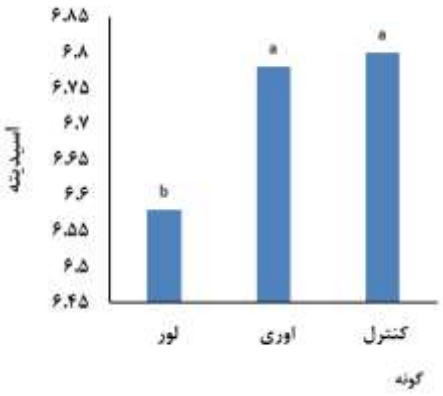
در جدول ۲ نتایج آنالیز واریانس یک طرفه ویژگی‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده در خاک‌نمونه قطعه ارائه شده است. اثر تیمار اعمال شده بر اسیدیته، کربن آلی، ازت کل و فسفر دردسترس معنی‌دار است (جدول ۲).

جدول ۲ - آنالیز واریانس یک طرفه ویژگی‌های شیمیایی

پارامتر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F value	P value
اسیدیته	۲	۰/۱۲	۶/۶۸	۰/۰۲*
هدایت الکتریکی	۲	۰/۴۰	۰/۹۹	۰/۳۳ns
کربن آلی	۲	۱۳/۱۳	۹۰/۰۴	۰/۰۰**
ازت کل	۲	۰/۰۰۳۶۱	۵۳/۱۳	۰/۰۰۰**
فسفر	۲	۴۳۹۲۹	۳۸/۹۴	۰/۰۰**

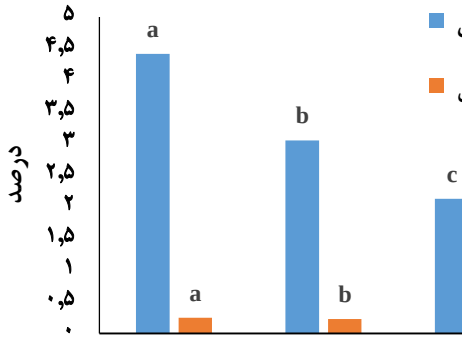
** و * بترتیب معنی‌داری در ۱ و ۵ درصد. ns عدم معنی‌داری

مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن نشان داد که اسیدیته خاک در زیر تاج‌پوشش درختان لور کمتر از زیر تاج‌پوشش درختان اوری و شاهد است (شکل ۲).



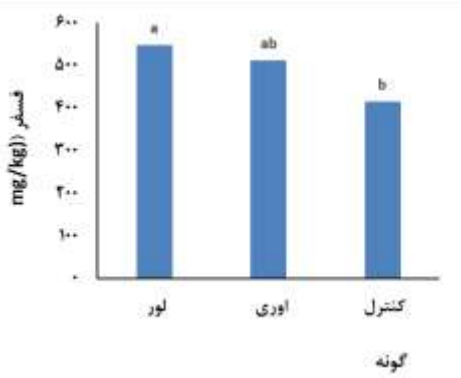
شکل ۲- مقایسه میانگین اسیدیته خاک در زیر تاج‌پوشش لور، اوری و شاهد

کربن آلی و ازت از مهمترین ویژگی‌های شیمیایی خاک بوده و نقش مهمی در حاصلخیزی و کیفیت خاک دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده مقادیر بیشتر این دو ویژگی در زیر تاج‌پوشش گونه لور است (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین کربن آلی خاک در زیر تاج‌پوشش لور، اوری و شاهد

شکل ۴ نشان می‌دهد که مقدار فسفر دردسترس در زیرتاج‌پوشش لور بیشتر از شاهد و از نظر آماری تفاوت معنی-دار است.



شکل ۴- مقایسه میانگین فسفر دردسترس خاک در زیر تاج‌پوشش لور، اوری و شاهد

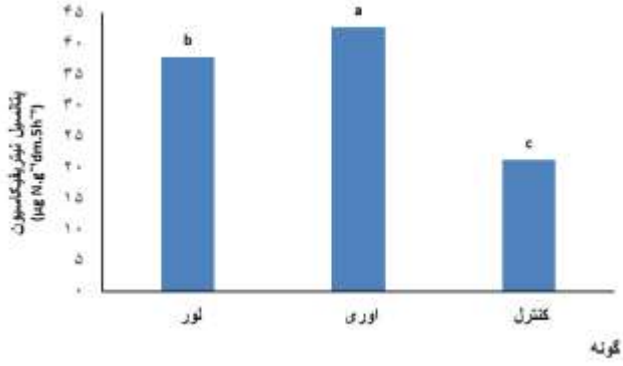
نتایج ویژگی‌های زیستی خاک

در جدول ۳ نتایج آنالیز واریانس یک طرفه ویژگی‌های زیستی اندازه‌گیری شده در خاک سایت مورد مطالعه ارائه شده است که نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در پتانسیل نیتریفیکاسیون است (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار پتانسیل نیتریفیکاسیون در خاک زیر تاج‌پوشش گونه اوری بیش از خاک زیرتاج‌پوشش گونه لور و شاهد است (شکل ۵).

جدول ۳- آنالیز واریانس یک طرفه ویژگی‌های زیستی خاک

پارامتر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F value	P value
تنفس پایه	۲	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۷
تنفس برانگیخته	۲	۶۷/۲۸	۱/۴۵	۰/۲۴
کربن زی‌توده میکروبی	۲	۰/۴۷	۱/۵۳	۰/۲۳
پتانسیل نیتریفیکاسیون	۲	۶۶۸/۹	۶/۳۴	۰/۰۲

** و * بترتیب معنی‌داری در ۱ و ۵ درصد. ns عدم معنی‌داری



شکل ۵- مقایسه میانگین پتانسیل نیتریفیکاسیون در زیر تاج‌پوشش لور، اوری و شاهد

بحث و نتیجه‌گیری

پایداری بوم‌سازگان جنگلی بستگی به ویژگی‌های خاک و سلامت و کیفیت آن دارد. به همین دلیل پایش ویژگی‌های خاک و عوامل موثر بر آن اهمیت ویژه‌ای دارد. در این مطالعه تاثیر تاج‌پوشش گونه بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک بررسی شد.

نتایج ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک تحت تاثیر تاج‌پوشش دو گونه مورد بررسی لور و اوری نشان داد که مقادیر متفاوتی از سیلت و رس در زیر تاج‌پوشش دو گونه مورد مطالعه وجود دارد. تفاوت‌های مشاهده شده می‌تواند ناشی از این باشد درختان مختلف بافت‌های مختلف خاک را برای رشد و نمو ترجیح می‌دهند و حتی از این ترجیح می‌توان برای اصلاح بافت خاک به منظور افزایش حاصلخیزی و کیفیت خاک استفاده کرد.

اسیدیته خاک عامل مهمی در تغذیه گیاهان است، زیرا می‌تواند میزان در دسترس بودن عناصر غذایی را برای گیاهان تعیین کند و در نتیجه به عنوان یکی از ویژگی‌ها و شاخص‌های مهم در حاصلخیزی خاک شناخته می‌شود و در برنامه‌های پایش خاک تعیین تغییرات آن جایگاه مهمی دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان اسیدیته در خاک زیر تاج‌پوشش گونه اوری در مقایسه با گونه لور بیشتر و قلیایی است. تفاوت مشاهده شده در بین دو گونه لور و اوری می‌تواند ناشی از تفاوت در ترکیبات مترشحه از ریشه این دو گونه باشد که منجر به تفاوت معنی‌دار شده است. به‌علاوه احتمال دارد که دلیل این تفاوت تمایل خود گونه به انتخاب محیطی اسیدی‌تر و یا قلیایی‌تر برای رشد و نمو باشد (پورمجیدیان و مرادی، ۱۳۸۸; Sedighi Chafjiri et al., 2016).

کربن آلی خاک سبب بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک به‌منظور رشد پایدار گیاهان می‌شود. کربن آلی خاک نقش مهمی در تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان، افزایش قدرت تبادل یونی خاک، بهبود شرایط توده خاک، افزایش توان نگهداری آب و حمایت از فعالیت زیستی خاک دارد (Bationo et al., 2007). تغییر در کربن آلی خاک در پاسخ به مدیریت اعمال شده و نیز طیف وسیعی از عوامل محیطی صورت می‌گیرد. کربن آلی خاک شاخص مدیریت پایدار زمین بوده و می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات در زمینه حاصلخیزی خاک باشد. یافته‌های ما نشان داد میانگین کربن آلی در زیر تاج‌پوشش دو گونه لور و اوری بیش از شاهد است. تاثیر تاج پوشش بر میزان کربن آلی توسط افراد زیادی بررسی و ثابت شده است به دلیل وجود لاشبرگ فراوان در زیرتاج پوشش و نیز شرایط مناسب رطوبتی و حرارتی که منجر به افزایش فعالیت زیستی در آن محدوده می‌شود میزان کربن آلی در زیر تاج‌پوشش بیش از بیرون تاج‌پوشش است (Tiruneh Asaye, Z. 2017; Zarafshar et al., 2023). تفاوت موجود در بین دو گونه می‌تواند ناشی از میزان لاشبرگ و تجزیه‌پذیری زیستی لاشبرگ تولیدی باشد.

ازت پس از آب دومین نیاز تغذیه‌ای گیاهان برای رشد و نمو است. بنابراین از شاخص‌های مهم در کیفیت و سلامت خاک محسوب می‌شود. در این مطالعه در هر دو سایت میزان ازت کل در زیر تاج پوشش بیش از نمونه‌های شاهد بوده است که دلیل آن وجود مقادیر زیاد لاشبرگ در زیر تاج‌پوشش درختان و نیز وجود شرایط لازم از نظر دما و رطوبت برای تجزیه آنها توسط فلور میکروبی خاک است (فخاری و همکارن، ۱۴۰۱؛ خان‌محمدی و متینی‌زاده، ۱۴۰۲).

میزان فسفر در دسترس در زیر تاج گونه لور بیش از شاهد است، اما از نظر آماری با وجود مقدار بیشتر با گونه لور تفاوت ندارد. بین مقدار فسفر در دسترس با بقایای گیاهی و شرایط مناسب برای تجزیه آنها رابطه وجود دارد و معمولا غلظت آن در زیرتاج‌پوشش بیش از خارج آن است (Saaed et al., 2020; Zarafshar et al., 2023).

اکوسیستم خاک شبکه پیچیده‌ای است که از واکنش متقابل هزاران موجود که در بین آن‌ها، جمعیت‌های میکروبی خاک اهمیت ویژه‌ای دارد، تشکیل شده است. تقریباً هر واکنش شیمیایی که در خاک رخ می‌دهد توسط میکرو ارگانیسم‌های خاک صورت می‌گیرد. گردش مواد غذایی، تجزیه مواد آلی، مواد دفعی و سمیت‌زدایی، حفظ ساختار خاک از جمله عملکردهای مفید جوامع میکروبی خاک هستند (Aislabie and Deslippe, 2013). در این مطالعه میزان پتانسیل نیتریفیکاسیون در زیر تاج‌پوشش هر دو گونه بیش از شاهد (خارج تاج‌پوشش) بوده است. مناسب بودن شرایط محیطی از جمله دما، رطوبت و سوبستراهای مناسب برای رشد و فعالیت جوامع میکروبی در زیرتاج پوشش می‌تواند دلیل پتانسیل بیشتر نیتریفیکاسیون باشد. تفاوت مشاهده شده نیز می‌تواند ناشی از اختلاف در کمیت و کیفیت مواد آلی موجود در زیر تاج پوشش دو گونه باشد.

یافته‌های ما، نشان‌دهنده اهمیت وجود درختان و تاج پوشش آنها در بهبود کیفیت خاک است. تاج‌پوشش و اثرات مرتبط با آن سبب افزایش شاخص‌های مهمی مانند درصد کربن آلی، درصد ازت کل و برخی فعالیت‌های زیستی خاک شد. این امر نشان‌دهنده اهمیت حفظ و افزایش پوشش گیاهی موجود بویژه در مناطقی به لحاظ شرایط محیطی حالت شکننده‌ای دارند و در معرض خطر هستند می‌باشد.

منابع

آقاجمالی، ز.، شعبانپور، م.، فرقانی، ا.، کهنه، ا.، (۱۴۰۱). بررسی تأثیر نوع جنگلکاری با گونه‌های مختلف بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۵ (۴) ، ۲۷۹-۲۶۷.

پورمجیدیان، م.، مرادی، م.، (۱۳۸۸). بررسی ویژگیهای رویشگاهی و جنگلشناسی گونه *Juniperus excelsa* در جنگلهای طبیعی ایلان در استان قزوین، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷ (۳): ۴۸۷-۴۷۵.

زیدی‌جودکی، ا.، پیله‌ور، ب.، جعفری‌سرایی، ح.، (۱۴۰۰). تاثیر جنگلکاری با گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ بر پایداری خاکدانه‌ها و ترسیب کربن خاک در منطقه ریمله خرم‌آباد. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۹ (۳): ۲۰۱-۲۱۳.

خان‌محمدی، ز.، متینی‌زاده، م.، (۱۴۰۲). ارزیابی ویژگیهای خاک زیر تاج پوشش درختان بنه (*Pistacia atlantica* Desf) و بادام کوهی (*Prunus orientalis* (Mill.) Koehne) (مطالعه موردی: تنگ خشک، سمیرم). روابط آب و خاک، ۱۴(۲): ۱۰۸-۹۳.

کرمیان، م.، حسینی، و.، (۱۳۹۵). تاثیر تاج‌پوشش درختان و توپوگرافی بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک (مطالعه موردی: جنگلهای ایلام، منطقه دالاب)، اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۷ (۱)، ۹۷-۸۱.

فخاری، ن.، جلیلوند، ح.، حجتی، س.م.، واعظ موسوی، س.م.، (۱۴۰۱). بررسی تغییرات خصوصیات خاک در روشنه‌ها و تاج پوشش جنگلهای طبیعی خالص و آمیخته راش (مطالعه موردی: جنگل شصت کلاته گرگان). پژوهش در مهندسی عمران و معماری ایران، ۲۷: ۲۰-۱۲.

واحدی، ع.ا.، چراتی آرائی، ع.، طالبی اتویی، م.، متینی‌زاده، م.، (۱۴۰۱). تغییرات کربن آلی خاک توده‌های اوری (*Quercus macranthera* C. A. Mey) در جنگل‌های هیرکانی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۳۰ (۴): ۳۴۷-۳۶۴.

Aislabie, J., Deslippe, J.R., (2013). Soil microbes and their contribution to soil services. In: Dymond JR ed. Ecosystem services in New Zealand–conditions and trends. Lincoln, New Zealand, Manaaki Whenua Press. pp. 112–161.

Aytekin, M., Gökbulak, F. (2020). Effect of coppice forest clearance on soil moisture, temperature and certain selected soil characteristics. Forests, Vol. 70. No.2. 116-121.

Bationo, A., Kihara, J. Vanlauwe, B. Waswa, B., Kimetu, J., (2007). Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. Agricultural Systems, 94 (1): 13–25.

Berg P., Rosswall, T., (1985). Ammonium oxidizer number, potential and actual oxidation rates in two Swedish arable soils. Biology and Fertility of Soils, Vol. 1. 131-140.

Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., (1982). Nitrogen-total. In A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy, Vol. 9. 595–624.

Heydari, M., Eslaminejad, P., Valizadeh Kakhki, F., Mirab-balou, M., Omidipour, R., Bernard Prévosto, B., Kooch, Y., Lucas-Borja, M.B., (2020). Soil quality and mesofauna diversity relationship are modulated by woody species and seasonality in semiarid oak forest. Forest Ecology and Management. 473, 118332.

Isermeyer H., (1952). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der 262 Carbonate im Boden. Z Pflanzenernaehr Bodenkd, Vol. 56. 26–38.

Jaggi, W., (1976). Die Bestimmung der COz-Bildung als Mag der bodenbiologischen Aktivitat. 264 Schw Landw Forsch. 371–380.

Mc Lean, E.O., (1982). Soil pH and lime requirement. In. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2th ed., Page, A., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.). Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.

Moradi, J., Mudrak, O., Kukla, J., Vicentini, F., Simackova, H., Frouz, J., (2017). Variations in soil chemical properties, microbial biomass, and faunal populations as related to plant functional traits, patch types, and successional stages at Sokolov post-mining site - A case study. European Journal of Soil Biology, Vol. 83, 58–64.

Olsen, S. R., Summers, L. E., (1982). Phosphorus. In Page. A. L., Keeney, D.R. (Eds.). Methods of soil analysis. Madison, WI: Soil Science Society of America, Inc. 421–422.

Oneț, A., Brejea, R., Dincă, L., Enescu, R., Oneț, C., Besliu, E., (2022). Evaluation of biological characteristics of soil as indicator for sustainable rehabilitation of a post-bauxite-mining land. Diversity, Vol. 14. No. 2. 1087.

Saaed, M.W.B., Alshareef, B.B., Fadel, B.A. (2020). The ability of indigenous legume trees to create islands of fertility in extremely arid and degraded ecosystems Case Study, Al- Kufra Oasis, Libya. Libyan Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 2, No.2. 33–47.

Schlichting, E., Blumer, H.P., (1990). Methods of Soil Analysis, Hamburg, 1994 Schinner, F., and Von Mersi, W., Xylanase, CM-cellulase and invertase activity in soil, as improved method. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 22: 511-515.

Sedighi Chafjiri, A.N., Taheri Abkenar, K., Hassanzad Navroodi. I., Pourbabae, H., (2016). Distribution of Plant Species and Their Relation to Soil Properties in Protected and Degraded Stands of *Quercus macranthera* in Northern Iran. Ecologia Balkanica, Vol. 8. No.2. 53-63.

Shen, Y., Li, J., Chen, F., Cheng, R., Xiao, W., Wu, L., Zeng, L., (2022). Correlations between forest soil quality and aboveground vegetation characteristics in Hunan Province, China. Frontier in Plant Science. 13.

Thoms, C., and Gleixner, G., (2013). Seasonal differences in tree species' influence on soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 66. 239-248.

Thoms, C., Gattinger, A., Jacob, M., Thomas, F.M., Gleixner, G., (2010). Direct and indirect effects of tree species diversity drive soil microbial diversity in temperate deciduous forest. Soil Biology and Biochemistry. Vol. 42, No. 9. 1558-1565.

Toogood, J.A., (1958). A simplified textural classification diagram. Canadian Journal of Soil Science, 38: 54–55.

Tiruneh Asaye, Z. (2017). Effects of scattered *Acacia tortilis* (Forssk) hayne on soil properties in different land uses in Central Rift Valley of Ethiopia. Journal of Sustainable Forestry, Vol. 36. 164–176.

Vance, E.D., Brookes. P.C., Jenkinson, D.S., (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 19. 703-707.

Walkley, A.; Black, I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, Vol. 37. 29-38.

Zarafshar, M., Rousta, M.J., Matinizadeh, M., Sagheb Talebi, K., Alizadeh, T., Nouri, E., Karl-Friedrich Bader, M., (2023). Scattered wild pistachio trees profoundly modify soil quality in semi-arid woodlands. Catena, 224. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.106983.

The effect of *Quercus macranthera* and *Carpinus orientalis* on physical, chemical, and biological properties of soil in Arasbaran forests

M. Teimouri [*1], M. Matinizadeh[2], T. Alizadeh[3] and E. Nouri [3]

1- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.
2- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.
3- Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.

Abstract

Arasbaran forests are one of the world's oldest and most valuable forests. They have special importance because of their origin, and the genetic diversity of trees, shrubs, bushes, grasses, and animals. Their protection is very crucial. The quality and health of the soil is one of the important factors in the stability of the forest ecosystem, which is why it is important to monitor soil health and quality using different soil characteristics. In this study, the physical, chemical, and biological properties of soil under the canopy of *Quercus macranthera*, *Carpinus orientalis*, and control were studied in Arasbaran forests, East Azerbaijan province. Fifteen soil samples were randomly taken from a depth of 0 to 15 cm in the eastern direction under the crown of *Quercus macranthera* and *Carpinus orientalis* and without crown (controls). Each three samples were mixed to make a compound sample. The soil's physical, chemical, and biological properties were measured by standard methods. The statistical analysis of the data using one-way variance showed that the amounts of silt and clay (physical properties), acidity, organic carbon, total nitrogen, and available phosphorus (chemical properties), and nitrification potential (biological characteristics) had significant differences. According to the results of this research, the difference in the physical, chemical, and biological characteristics of the soil did not follow a fixed pattern. As the amount of silt in *Q. macranthera* and *Carpinus orientalis*, clay in control and *Q. macranthera*, acidity in control and *Q. macranthera*, organic carbon in *C. orientalis*, available phosphorus in *C. orientalis*, and nitrification potential was higher in *Q. macranthera*. The observed differences can be explained by the influence of factors such as species selection, species effect, and suitable conditions for the activity of microbial communities. The existing differences can be used to correct the conditions and improve the quality of the soil.

Keywords: Arasbaran, *Carpinus orientalis*, *Quercus macranthera*, monitoring, Soil.

*Corresponding author Tel: +98 9125338519 Email: mteimouri69@gmail.com

بررسی وضعیت زادآوری طبیعی گونه بنه (*Pistacia atlantica*) در چهار ذخیره‌گاه موجود در شهرستان میرآباد استان آذربایجان غربی

مجید پاتو[1*]، ایوب مرادی[2] و جلال هناره[1]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.
۲- کارشناس ارشد جنگل، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان پیرانشهر، استان آذربایجان غربی.

چکیده

این پژوهش به بررسی وضعیت زادآوری طبیعی گونه بنه (*Pistacia atlantica*) در چهار ذخیره‌گاه موجود در شهرستان میرآباد استان آذربایجان غربی می‌پردازد. بنه به‌عنوان دومین گونه جنگل‌های زاگرس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، اما به‌دلیل بهره‌برداری‌های بی‌رویه، بسیاری از توده‌های طبیعی آن از بین رفته یا در حال سیر قهقرایی هستند. هدف این تحقیق، ارزیابی وضعیت زادآوری این گونه و کیفیت رویشگاه‌ها برای اجرای عملیات‌های حفاظتی و احیایی است. نتایج نشان می‌دهد که زادآوری دانه‌زاد بنه در ذخیره‌گاه‌ها تفاوت معنی‌داری دارد، در حالی که بین زادآوری شاخه‌زاد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. زادآوری دانه‌زاد در ذخیره‌گاه‌های سوستان، کانی شیخه و کلاوی نوکان ناچیز بود، ولی در ذخیره‌گاه شیخرش قابل مشاهده بود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برای حفظ و ادامه استقرار گونه بنه، به‌ویژه در پروژه‌های غنی‌سازی و جنگل‌کاری، باید به عوامل فیزیوگرافی و نقش آن‌ها در استقرار زادآوری توجه شود. همچنین، شناسایی و بررسی وضعیت زادآوری این گونه‌ها می‌تواند به‌عنوان یک اقدام کمکی برای جلوگیری از نابودی و افزایش تنوع زیستی جنگل‌های زاگرس شناخته شود. در نهایت، با توجه به تهدیدات جدی که نسل این گونه را تهدید می‌کند، اقدامات حفاظتی و احیایی در این رویشگاه‌ها ضروری است تا از انقراض این گونه ارزشمند جلوگیری شود.

واژگان کلیدی: پسته وحشی، شاخه زاد، دانه زاد، ذخیره گاه جنگلی.

مقدمه

جنگلها از جمله منابع طبیعی مهم تجدید شونده جهان هستند که متاسفانه در اثر بی‌توجهی گسترده‌ای که بشر نسبت به آنها روا داشته سطح وسیعی از پوشش خود را از دست داده ا ند. یکی از راه‌های خاتمه دادن به این روند ویرانگر، شناسایی این رویشگاه‌ها و بررسی میزان زادآوری این گونه‌های جنگلی است. درختان بنه به‌طور عمده اشکوب دوم جنگل‌های بلوط زاگرس را در حالت کلیماکس تشکیل می‌دهند. ریشه درختان بنه عمودی و افشان تا عمق ۵ تا ۶ متر در خاک پیش می‌روند، به‌راحتی در خاک نفوذ می‌کنند و با توجه به سیستم ریشه، این گیاه در برابر کم آبی از مقاومت زیادی برخوردار است.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۴۴۴۹۹۸۶ ایمیل: m.pato@areeo.ac.ir

قدرت تولید ریشه‌های فرعی در درخت بنه بسیار ضعیف است. طول ریشه در درخت بنه به‌ویژه در سال‌های اول رشد (نونهالی) چندین برابر طول اندام هوایی است که این امر در ابتدای کشت به استقرار آن در جهت تهیه آب و مواد غذایی کمک می‌کند (فتاحی، ۱۳۷۴). بنه در استان آذربایجان غربی در جنگل‌های سردشت و پیرانشهر به‌طور توده‌های پراکنده و همراه با سایر گونه‌ها تشکیل تیپ می‌دهد. در بعضی از مناطق استان تشکیل جامعه‌های خالص داده و گاهی به‌صورت تک درختانی دیده می‌شود. این گونه در دامنه ارتفاعی ۲۱۰۰-۸۵۰ متر از سطح دریا در سطح استان گسترش دارد و گونه شناسایی شده آن عمدتاً از نوع گونه *Pistacia atlantica* است.

در یک طرح پروژه تحقیقاتی تحت عنوان بررسی وضعیت زادآوری بنه در مناطق جنگلی استان فارس که توسط (نگهدارصابر و عباسی، ۱۳۸۹) انجام شد، نتایج نشان داد که زادآوری بنه در این جنگلها ۵/۲ اصله در هکتار و تاج پوشش درختان به‌طور متوسط ۸/۵ درصد است. این رویشگاه ها در اراضی کوهستانی پرشیب با بیرون زدگی سنگی و سنگ و قلوه سنگ و عمق خاک کم با فرسایش آبی واقع هستند. قوه نامیه بذور بنه جمع آوری شده بین ۴۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد، ولی بذر رسیده و کامل در معدودی درختان قابل مشاهده است و ضمنا ۵۸/۳ درصد درختان بنه در عرصه‌های جنگلی درختان نر هستند. توسعه اراضی کشاورزی و تجاوز به حریم جنگل، قطع درختان و چرای مفرط دام از مهم ترین عوامل تخریب این جنگلها هستند. حفاظت و حراست و کاشت درختچه‌های جنگلی مانند ارژن و تنگرس می‌تواند سبب بهبود وضعیت این جنگلها گردد

همچنین در بررسی‌هایی که توسط Dlaz-Maroto and Vila-Lameiro (2008) انجام شد بیان گردید که بیشترین مقدار متوسط قطر تاج در ارتفاع کمتر از ۱۴۰۰متر قرار دارد. که این امر بدلیل شرایط طبیعی است که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از مقدار رویش قطری و ارتفاعی درختان کاسته می‌شود. به‌نظر میرسد، در ارتفاعات بالا به‌دلیل کاهش درجه حرارت شرایط رویشی سخت تر می‌شود و قطر برابرسینه و متوسط قطر تاج با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابند. در پژوهشی توسط باقری و همکاران (۱۳۹۳) به‌منظور بررسی خصوصیات کمی، کیفی و زادآوری گونه بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در شرایط مختلف فیزیوگرافی و نقش عوامل تاثیرگذار در نحوه استقرار زادآوری آن در دامنه جنوبی البرز، نتایج حاصل نشان داد که بیشترین تعداد درختان، ارتفاع زادآوری و بهترین وضعیت سلامت برگ درختان و زادآوری بنه در دامنه‌های شمالی و در ارتفاع ۱۶۰۰-۱۵۰۰ متر قرار می‌گیرد. بیشترین ارتفاع و قطر درختان بنه و بیشترین تعداد زادآوری در ارتفاع ۱۵۰۰-۱۴۰۰ متر ثبت شد. این تحقیق نشان داد که درختچه بادام و مناطق صخره سنگی از جمله عوامل مهم در استقرار زادآوری بنه بوده و عوامل فیزیوگرافی نیز در خصوصیات کمی و کیفی درختان و نهال‌های بنه تاثیر معنی‌داری دارند. براساس نتایج این تحقیق به‌منظور حفظ و تدوام استقرار گونه بنه به‌ویژه در پروژه‌های غنی‌سازی و جنگل‌کاری بایستی به عوامل فیزیوگرافی و نقش عوامل موثر در استقرار زادآوری (پرستار زادآوری) توجه کافی داشت. در پژوهشی اثر تناوب بهره‌برداری سقز بر زادآوری طبیعی درختان بنه در استان کردستان (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۵)، نتایج نشان داد که میزان زادآوری در ایستگاه‌های دارای تناوب در بهره‌برداری از شیره درختان سقز در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری با ایستگاه بدون تناوب دارد، به‌طوری که میزان زادآوری در ایستگاه دارای تناوب منظم بیشتر از ایستگاه با تناوب نامنظم و همچنین در ایستگاه با تناوب نامنظم بیشتر از ایستگاه بدون تناوب می‌باشد. نتایج همچنین حاکی از این بود که میانگین قطر برابر سینه درختان در هر دو ایستگاه با تناوب منظم و نامنظم بیشتر از ایستگاه بدون تناوب بوده و از لحاظ آماری اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ وجود داشته و قطر برابر سینه درختان ایستگاه با تناوب منظم بیشتر از ایستگاه با تناوب نامنظم با تفاوت معنی دار در سطح

۵ ٪ بوده است. نتایج نهایی این پژوهش بیانگر تاثیر منفی سقزگیری مستمر و بدون وقفه بر درختان بنه و زادآوری این گونه است.

در تحقیقی (اسماعیلی و همکاران، ۱۴۰۰) به تاثیر ارتفاع از سطح دریا بر ویژگی های کمی و کیفی و برآورد مقدار میوه بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) توده‌های جنگلی شهرستان سردشت، استان آذربایجان غربی پرداختند. نتایج نشان داد که در توده‌های مورد بررسی، بنه ۱۱/۱ درصد آمیختگی را به خود اختصاص داده و میانگین قطر برابرسینه و ارتفاع پایه‌های آن به‌ترتیب در طبقه ارتفاعی کمتر از ۱۰۰۰ و ۱۴۰۰ -۱۰۰۰ متر بیشترین مقدار را دارد. بیشترین درصد دانه زادی پایه‌های بنه در طبقه ارتفاعی ۱۴۰۰-۱۰۰۰ متر و بیشترین درصد سالم بودن پایه‌ها در طبقه ارتفاعی بیشتر از ۱۴۰۰ متر مشاهده شد. دو مشخصه ارتفاع و متوسط قطر تاج با مقدار میوه تولیدی هر پایه به‌طور معنی‌داری همبستگی مثبت نشان دادند. این پژوهش نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از فراوانی گونه بنه کاسته می‌شود.

تحقیق حاضر با هدف بررسی وضعیت زادآوری طبیعی گونه بنه (*Pistacia atlantica*) در چهار ذخیره‌گاه موجود در شهرستان میرآباد استان آذربایجان غربی انجام شده است. که اهداف اصلی این تحقیق عبارتند از:

بررسی وضعیت زادآوری و ارزیابی زادآوری دانه‌زاد و شاخه‌زاد بنه در ذخیره‌گاه‌های مختلف برای شناسایی تفاوت‌های موجود بین آن‌ها.

تحلیل کیفیت رویشگاه: بررسی کیفیت رویشگاه‌های بنه به‌منظور درک بهتر از شرایط محیطی و عوامل مؤثر بر زادآوری این گونه.

پیشنهاد اقدامات حفاظتی: ارائه راهکارهای حفاظتی و احیایی براساس نتایج به‌دست آمده، به‌ویژه در پروژه‌های غنی‌سازی و جنگل‌کاری.

شناسایی عوامل مؤثر: توجه به عوامل فیزیوگرافی و دیگر عوامل مؤثر بر استقرار زادآوری بنه که می‌تواند به بهبود شرایط زادآوری کمک کند.

این اهداف به حفظ و ادامه استقرار گونه بنه و جلوگیری از روند انقراض و نابودی تدریجی رویشگا ه‌ها کمک نماید.

مواد وروش‌ها

این تحقیق در ذخیره‌گاه‌های بنه در جنوب و شرق استان آذربایجان‌غربی انجام شد. محدوده مورد مطالعه از نظر تقسیمات کشوری در استان آذربایجان غربی قرار دارد ولی درتقسیم بندی تکتونیکی یا زمین‌ساختی ایران، محدوده مورد مطالعه جزو پهنه البرز- آذربایجان (زون خوی- مهاباد) محسوب می‌شود. از مشخصات مهم آن ضخامت بیش از حد سنگ‌های دگرگون[1] است. ابتدا محدوده پراکنش بنه شامل مناطقی که بنه به‌صورت تیپ‌های خالص یا مخلوط رویش یافته بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ استخراج گردید، سپس با کسب اطلاعات اولیه و بررسی منابع موجود و جنگل‌گردشی در مناطق پراکنش بنه با راهنمایی‌های کارشناسان محلی در سطح استان، ذخیره‌گاه‌های بنه به تعداد ۴ توده در شهرستان میرآباد انتخاب گردید. برای بررسی وضعیت زادآوری رویشگاه‌های منتخب با توجه به مساحت پراکنش بنه هر یک از ذخیره‌گاه‌ها در راستای افزایش ارتفاع از سطح دریا قطعات نمونه یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰ متر) انتخاب گردید و در هریک از این قطعه نمونه‌ها آماربرداری صددرصد از تعداد اصله در هکتار و با شمارش تعداد زادآوری در دوکلاسه قطری وارتفاعی شمارش

1 -*Metamorphic Rock*

گردید. در داخل هر قطعه نمونه اندازه‌گیری قطر تاج درختان بنه در دو جهت شمال – جنوب و شرق -غرب انجام و در فرم‌های مربوطه یا داشت گردید. سپس داده‌های حاصل از عملیات صحرایی و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر، به‌کمک نرم‌افزارهای Excel و SPSSآنالیز شده و میانگین‌های موردنظر محاسبه گردیدند. مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس به‌کمک آزمون F و هم‌چنین آزمون مقایسه چندگانه دانکن و تعیین همبستگی‌ها به‌کمک ضریب همبستگی پیرسون صورت گرفت.

جدول ۱- وضعیت توپوگرافی ذخیره‌گاه‌های مورد مطالعه

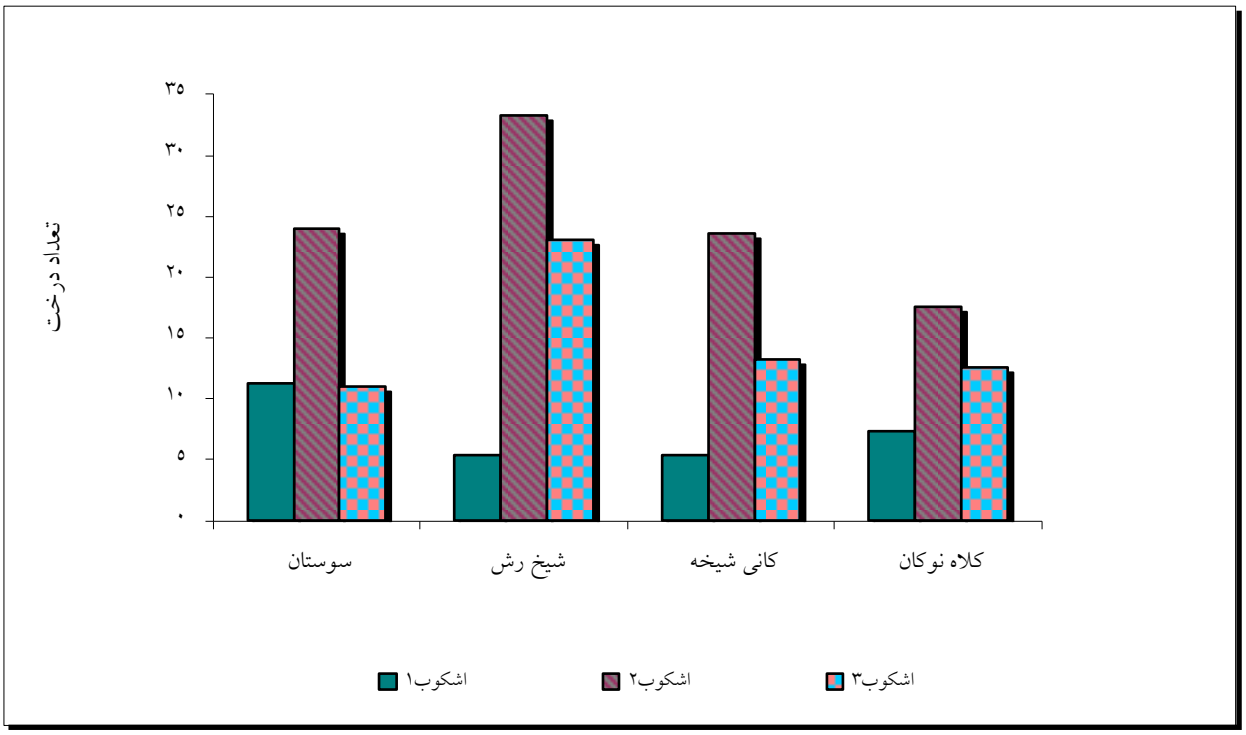
ذخیره‌گاه	مساحت(هکتار)	ارتفاع از سطح‌دریا (متر)	شیب (٪)	جهت غالب
سوستان	۲۰	۱۸۶۵-۱۴۶۵	۵۵-۷۴	جنوب و جنوب‌غربی
شیخ‌رش	۴۰	۱۹۰۰-۱۶۰۰	۳۳-۵۰	جنوب وجنوب‌شرقی
کانی‌شیخه	۲۰	۱۶۲۰-۱۳۲۰	۶۴-۸۵	جنوبی
کلاه نوکان	۵۰	۲۰۰۰-۱۵۵۰	۶۲-۸۶	جنوب و جنوب‌شرقی

یافته‌ها

وضعیت تعداد درختان بنه در اشکوب‌های مختلف ذخیره‌گاه‌ها همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. به‌طورکلی بیشترین پایه‌های بنه در ذخیره‌گاه‌ها با تعداد میانگین ۲۳/۶ اصله در اشکوب دوم استقرار یافته‌اند و بعد از آن به‌ترتیب شاهد بیشترین و کمترین پایه‌ها در اشکوب ۳ و ۱ هستیم (شکل۱).

جدول ۲- آنالیز واریانس تعداد درختان بنه در اشکوب‌های سه‌گانه در ذخیره‌گاه‌های مورد مطالعه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه‌آزادی	میانگین مربعات	میزانF	سطح معنی‌داری
تعداد درختان در اشکوب۱	۸۴/۳۱۷	۳	۲۸/۱۰۶	۰/۹۲۸	۰/۴۶
خطا	۳۳۳/۲۸	۱۱	۳۰/۲۹۸		
کل	۴۱۷/۶	۱۴			
تعداد درختان در اشکوب۲	۴۶۴/۸	۳	۱۵۴/۹۳	۰/۸۲۵	۰/۵۰۷
خطا	۲۰۶۶/۵	۱۱	۱۸۷/۸۶		
کل	۲۵۳۱/۳	۱۴			
تعداد درختان در اشکوب۳	۲۸۷/۷۳	۳	۹۵/۹	۱/۰۳۹	۰/۴۸۴
خطا	۱۰۱۵/۸۶	۱۱	۹۲/۴۵		
کل	۱۳۰۳/۶	۱۴			



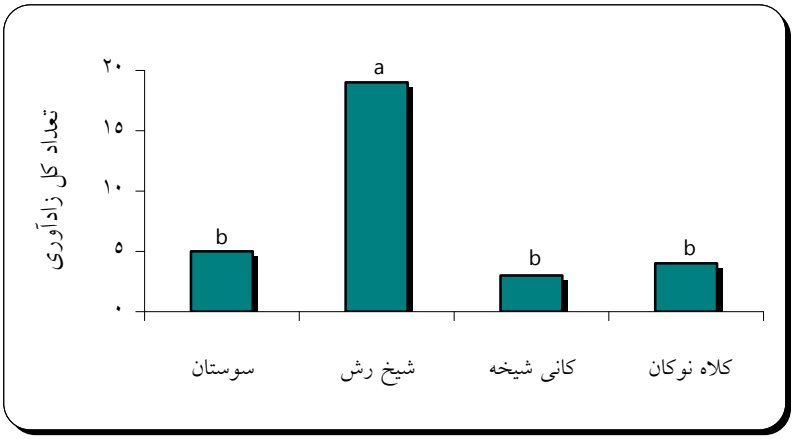
شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد درختان بنه در اشکوب‌های سه‌گانه در ذخیره‌گاه‌های مورد مطالعه

وضعیت زادآوری درختان بنه در ذخیره‌گاه‌ها

همان طورکه در جدول ۳ مشاهده می‌شود زادآوری دانه‌زاد بنه ذخیره‌گاه‌ها اختلاف معنی‌دار با هم دارند، اما بین زادآوری شاخه‌زاد بنه ذخیره‌گاه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول ۴). به‌طورکلی زادآوری دانه‌زاد بنه در ذخیره‌گاه‌های سوستان، کانی‌شیخه و کلاه‌نوکان ناچیز، ولی در ذخیره‌گاه شیخ‌رش قابل ملاحظه بود (شکل ۲) و زادآوری شاخه‌زاد بنه نیز در ذخیره‌گاه شیخ‌رش از تعداد بیشتری برخوردار بود (شکل ۲). در ضمن درختان بنه در ذخیره‌گاه‌های سوستان، کانی‌شیخه و کلاه‌نوکان فرم دانه و شاخه‌زاد دارند اما در ذخیره‌گاه شیخ‌رش فرم رویشی غالبا دانه‌زاد است.

جدول ۳- آنالیز واریانس زادآوری دانه‌زاد بنه در ذخیره‌گاه‌های مورد مطالعه

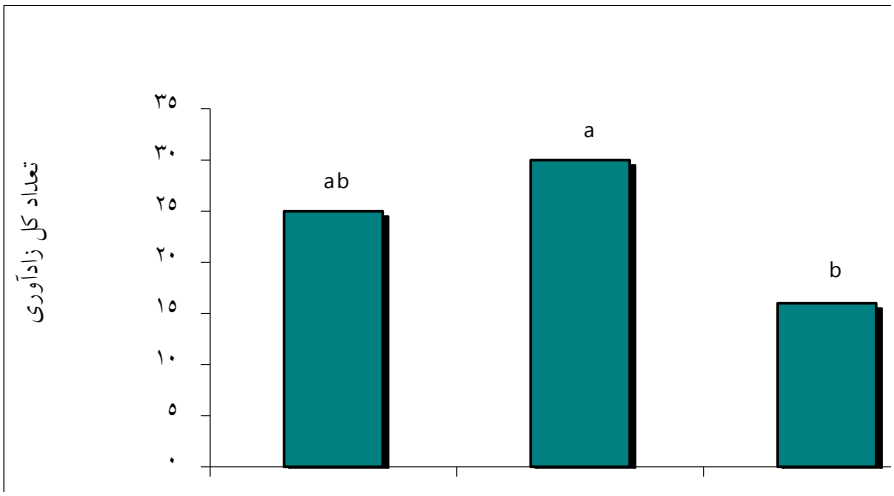
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه‌آزادی	میانگین مربعات	میزانF	سطح معنی‌داری
زادآوری دانه‌زاد	۵۴۰/۹۳۳	۳	۱۸۰/۳۱۱	۳۱/۹۹۱	۰/۰۰۰
خطا	۶۲	۱۱	۵/۶۳۶		
کل	۶۰۲/۹۳۳	۱۴			



شکل ۲- مقایسه زادآوری دانه‌زاد بنه در ذخیره‌گاه‌های مورد مطالعه

جدول ۴- آنالیز واریانس زادآوری شاخه‌زاد بنه در ذخیره‌گاه‌های مورد مطالعه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه‌آزادی	میانگین مربعات	میزان F	سطح معنی‌داری
زادآوری شاخه‌زاد	۳۸۰/۴	۳	۱۲۶/۸	۲/۳۰۲	۰/۱۳۴
خطا	۶۰۶	۱۱	۵۵/۰۹۱		
کل	۹۸۶/۴	۱۴			



شکل ۳- مقایسه زادآوری شاخه‌زاد بنه در ذخیره‌گاه‌های مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش بر ارزیابی وضعیت زادآوری طبیعی *Pistacia atlantica* در چهار منطقه حفاظت شده در بخش میرآباد آذربایجان غربی متمرکز است. این گونه از آنجایی که بخش عمده‌ای از جنگل‌های زاگرس را تشکیل می‌دهد قابل توجه است، اما جمعیت آن به‌دلیل بهره‌برداری بیش از حد در حال کاهش است. نتایج نشان می‌دهد که زادآوری دانه‌زاد بنه در

ذخیره‌گاه‌ها تفاوت معنی‌داری دارد، اما زادآوری شاخه‌زاد اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد. به‌طور کلی، زادآوری دانه‌زاد در برخی از ذخیره‌گاه‌ها ناچیز بود، نتایج پژوهش صورت گرفته بر روی ذخیره‌گاه‌های پسته وحشی در استان آذربایجان غربی نشان داد که باقی مانده توده‌های طبیعی و وسیع این گونه در گذشته بیشتر بوده، اما امروز فقط در نقاط محدودی از استان مشاهده می‌شود که اکثرا در ارتفاع ۱۳۲۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا پراکنده شده‌اند. جهت غالب ذخیره‌گاه‌های مورد مطالعه اغلب جنوبی بوده و شیب حدود ۶۰ درصد دارند که شرایط رویشگاه حدوداً مشابه نتایج تحقیقات نگهدارصابر و عباسی (۱۳۸۹) در استان فارس بود.

بررسی وضعیت تجدید حیات طبیعی درختان بنه از طریق بذر حاکی از اختلافات فاحش بین ذخیره‌گاه‌های مورد مطالعه است که در این مقایسه ذخیره‌گاه شیخرش دارای بیشترین میزان زادآوری به طریقه دانه‌زاد است که این امر می‌تواند ناشی از وزن بالای میوه و دانه و اندوخته کافی بذر بنه در این ذخیره‌گاه باشد که در استقرار بهتر نهالها کمک فراوانی می‌کند. در مطالعه حاضر تأثیر تناوب بهره‌برداری (سقزگیری) بر روی پایه مورد مشاهده قرار گرفت؛ با علم به اینکه زادآوری جنگلهای زاگرس، از جمله درختان بنه متأثر از عوامل عمومی (سرشاخه زنی، چرای دام، تراکم دام، توسعه اراضی زراعی، سوخت و رشد جمعیت) و عوامل اختصاصی متاثر از سقزگیری شامل: تخریب پایه‌های مادری، پوکی و ناسالم بودن بذرها، آفت زدگی بذرها، خاک مردگی و پایکوب شدن نونهالها در نتیجه تردد مداوم سقزگیران هنگام بهره‌برداری است که مهدوی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در تحقیقی تحت عنوان اثر تناوب بهره‌برداری سقز بر زادآوری طبیعی درختان بنه در استان کردستان به نتایج مشابه دست یافتند. به‌طورکلی جمع‌بندی خصوصیات کمی و کیفی وضعیت زاد آوری چهار ذخیره‌گاه مطالعه شده در استان آذربایجان غربی نشان داد که با وجود مشابه بودن درصد پوکی و قوه نامیه بذرها رتبه‌بندی ذخیره‌گاه‌ها بیشتر به خصوصیات کمی بذر ارتباط پیدا می‌کند، به‌طوری‌که اگر هدف داشتن بذوری با اندازه و وزن بیشتر باشد به‌ترتیب اولویت ذخیره‌گاه‌ها عبارتند از شیخرش، کانی‌شیخه، کلاه‌نوکان و سوستان، اما اگر هدف داشتن تعداد میوه یا بذر بیشتر در ذخیره‌گاه‌ها باشد اولویت ذخیره‌گاه‌ها به‌ترتیب کلاه‌نوکان، کانی‌شیخه، سوستان و شیخرش خواهد بود که بسته به سطوح مورد نیاز بذرکاری یا نهالکاری سالیانه بنه در استان از عامل وزن یا تعداد استفاده خواهد شد تا میزان زاد آوری طبیعی در هر رویشگاه افزایش یابد. برای حفظ و تداوم استقرار گونه بنه، توجه به عوامل فیزیوگرافی و شرایط محیطی ضروری است. همچنین، اقدامات حفاظتی و احیایی براساس نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌شود تا از انقراض این امکان از جلوگیری شود. نتایج تحقیق اسماعیلی و همکاران (۱۴۰۰) در تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر ویژگیهای کمی و کیفی و برآورد مقدار میوه بنه توده‌های جنگلی شهرستان سردشت، استان آذربایجان غربی نیز موید نتایج این پژوهش است که بیان می‌کند در توده‌های مورد بررسی بنه، میانگین قطر برابرسینه و ارتفاع پایه‌های آن به‌ترتیب در طبقه ارتفاعی کمتر از ۱۰۰۰ و ۱۴۰۰ - ۱۰۰۰ متر بیشترین مقدار را دارد. بیشترین درصد دانه زاد پایه‌های بنه در طبقه ارتفاعی ۱۴۰۰ - ۱۰۰۰ متر و بیشترین درصد سالم بودن پایه‌ها در طبقه ارتفاعی بیشتر از ۱۴۰۰ متر مشاهده شد. دو مشخصه ارتفاع و متوسط قطر تاج با مقدار میوه تولیدی هر پایه به‌طور معنی‌داری همبستگی مثبت نشان دادند. در نهایت این پژوهش نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از فراوانی گونه بنه کاسته می‌شود.

منابع

اسماعیلی، عایشه، موسوی میرکلا، سید رستم، علیجانپور، احمد، حجاریان، مرضیه، قنبری، سجاد (۱۴۰۰). تأثیر ارتفاع ازسطح دریا بر ویژگی‌های کمی و کیفی و برآورد مقدار میوه بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) توده‌های جنگلی شهرستان سردشت، استان آذربایجان‌غربی. پژوهش و توسعه جنگل ۷ (۴): ۶۷۰-۶۵۳.

باقری جلال، صالحی علی، طاهری آبکنار کامبیز. (۱۳۹۳). عوامل مؤثر بر استقرار زادآوری و خصوصیات کمی و کیفی گونه بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در شرایط مختلف فیزیوگرافی (مطالعهٔ موردی: پارک ملی خجیر) بوم‌شناسی جنگل‌های ایران: ۲ (۳) :۱۲-۱.

نگهدارصابر، محمدرضا و عباسی، علیرضا، (۱۳۸۹). بررسی اثر پوشش زیراشکوب در زادآوری طبیعی جنگل‌های بنه (مطالعه موردی: جنگل تحقیقات بنه، استان فارس)،https://civilica.com/doc/1886028.

فتاحی، محمد، (۱۳۷۴). تاریخچه پوشش گیاهی زاگرس و بالاخص پسته وحشی در ایران و جهان، اولین همایش ملی بنه یا مروارید سبز، استان ایلام، ص ۴۲-۴۹.

مهدوی علی، کرمی طاهر، اخوان، رضا. (۱۳۹۵). اثر تناوب بهره‌برداری سقز بر زادآوری طبیعی درختان بنه (مطالعه موردی: جنگل‌های بنه استان کردستان، سنندج) بوم‌شناسی جنگل‌های ایران: ۴ (۷) :۲۵-۱۸.

Díaz-Maroto, I.; Vila-Lameiro, P., (2008). Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) silviculture in natural stands of NW Spain: Environmental conditioners. *Forest ecology and management*, 256 (4), 702-711.

Investigating the natural reproduction status of *Pistacia atlantica* in four reserves in Mirabad city, West Azerbaijan province

M. Pato[1*], A. Moradi[2] and J. Henarh[1]

1- Research Assistant Prof., Forests and Ranges Research Department, Center for Agricultural Research and Education and Natural Resources of West Azerbaijan province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (areeo), Urmia, Iran.
2- Senior Forestry Expert, Department of Natural Resources and Watershed, Piranshahr, West Azerbaijan province, Piranshahr, Iran.

Abstract
This research examines the natural reproduction status of pistachios (*Pistacia atlantica*) in four reserves in Mirabad city of West Azerbaijan province. As the second species of the Zagros forests, Bene is particularly important, but due to excessive exploitation, many of its natural stands have been lost or are regressing. The aim of this research is to evaluate the state of reproduction of this species and the quality of the habitats for the implementation of conservation and restoration operations. The results show that there is a significant difference in the reproduction of seed and stem in the reserves, while no significant difference was observed between the reproduction of shoots. Seed reproduction was insignificant in Sustan, Kani Sheikheh and Kalavi Nukan reserves, but it was visible in Sheikh Resh reserve. The results of this research show that in order to maintain and continue the establishment of the stem species, especially in enrichment and afforestation projects, attention should be paid to the physiographic factors and their role in the establishment of reproduction. Also, identifying and investigating the reproduction status of these species can be known as a treatment method to prevent their process and the biodiversity of the Zagros forests. Finally, considering the serious threats that threaten the generation of these species, it is a protection and restoration study to Avoid the extinction of this danger.

Keywords: forest reserve, sprout, seed, wild pistachio.

*Corresponding author Tel: +98 9144449986 Email: m.pato@areeo.ac.ir

مطالعه پوشش گیاهی منطقه لغزشی کم عمق تثبیت شده، بخش چهار طرح جنگلداری ظالم‌رود

علی بابائی احمدآباد [۱] و سید عطاالله حسینی [۲*]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی جنگل، عمران و بهره‌برداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۲- استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

چکیده

مدیریت پایدار جنگلها ایجاب می‌نماید که بعد از هر گونه آشفتگی ناشی از بهره‌برداری یا رانش و یا آشفتگی‌های ناشی از بلایای طبیعی، جنگل قادر باشد در حالت طبیعی، بدون دخالت انسان یا با دخالت حداقلی، پوشش گیاهی خود را بازیابی و احیاء نماید. زمین لغزشهای کم عمق با توجه به وسعت کم آنها و با ایجاد روشنه‌هایی که در جنگل بوجود می‌آورند و تغییر مسیرهای زهکشی و جریانهای طبیعی آب می‌دهند، نقش مهمی در تغییر و تنوع گونه‌ای ایجاد می‌کنند. این پژوهش به مطالعه، تخریب و تغییر پوشش گیاهی در منطقه لغزشی، با گذشت هفت سال از وقوع زمین لغزش می‌پردازد. به این منظور یک منطقه لغزشی کم عمق در بخش چهار، جنگل نکاء چوب مازندران، در جنگلهای هیرکانی شمال ایران با لغزش هفت ساله، انتخاب شد و به موازات آن به فاصله ۱۰ متری از منطقه لغزشی، ناحیه‌ای به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. به این منظور، ۴۰ قطعه نمونه به‌صورت یک متر مربعی، به صورت تصادفی سیستماتیک انتخاب شد. از این تعداد،۲۰ قطعه نمونه، مربوط به گیاهان موجود در منطقه لغزشی و ۲۰ قطعه نمونه گیاه برداشت شده مربوط به منطقه شاهد بود. با بررسی داده-های بدست آمده، مشخص گردید، حرکت توده‌ای لغزشی کم عمق، تاثیر معنی‌داری بر تعداد و فراوانی گیاهان در کل ندارد، ولی با بررسی تک گونه‌ها مشخص گردید، تقریباً کلیه گیاهان از نظر تعداد دستخوش تغییرات معنی‌داری شده‌اند. به صورتی که گیاهان چوبی، با کاهش یا حذف مواجه بوده‌اند. ولی گیاهان علفی در استقرار و چیرگی گسترش چشمگیری داشته‌اند. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد که با گذشت مدت هفت سال از زمان حدوث زمین لغزش برخی گیاهان چوبی به منطقه لغزشی بازنگشته‌اند و با تغییر فلور منطقه بعد از آشفتگی صورت گرفته، ممکن است تعدادی از گونه‌ها که سابقاً در منطقه وجود نداشته‌اند، در محل استقرار و تکثیر و توسعه یابند.

واژگان کلیدی: زمین لغزش کم عمق، منطقه لغزشی، آشفتگی، گیاهان چوبی، پوشش گیاهی.

مقدمه

سی درصد از مساحت کره زمین را جنگلها تشکیل می‌دهند، جنگلها زیستگاهی برای انسان، گیاهان، جانوران و گونه‌هایی هستند که برای بقای اکوسیستم ارزشمند هستند (Suguvanam et al., 2017). جنگلهای شمال ایران جزء جنگلهای پهن‌برگ محسوب شده و زمان پیدایش آنها، دوران سوم زمین‌شناسی است (مصدق، ۱۳۹۷). این جنگلها از نظر تعداد

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۱۹۰۴۴۱۳ ایمیل: at.hosseini@ut.ac.ir

گونه‌ها جزء جنگلهای غنی جهان محسوب می‌شوند و در حدود ۸۰ گونه درختی و ۵۰ گونه درختچه‌ای به‌صورت طبیعی در جنگلهای شمال ایران یافت می‌شوند (مهاجر، ۱۳۹۸). حفاظت از تنوع زیستی اکوسیستم‌های جنگل، راهبردی برای جنگلداری پایدار و درک پویایی و ناهماهنگی جنگلهای طبیعی است (Spies and Barnes, 1985).

رانش زمین در اثر بارندگی می‌تواند آسیب‌های قابل‌توجهی به زندگی انسان وارد کند. وقوع زمین لغزشها می‌تواند متاثر از عوامل گوناگونی مانند توپوگرافی، ساختار زمین‌شناسی، عمق خاک و انسجام (چسبندگی ریشه باشد) (بابائی احمدآباد و حسینی، ۱۴۰۲). البته اکثر این لغزشها کم عمق هستند و زمین لغزشهای کم عمق توسط عواملی مانند توپوگرافی، زمین‌شناسی و نوع پوشش گیاهی ایجاد می‌شوند (Asada and Minagawa , 2023).

یکی از روش‌های مناسب تثبیت جهت کاهش ناپایداری و فرسایش در سراشیبی‌ها استفاده از پوشش گیاهی است، پوشش گیاهی در افزایش پایداری دامنه‌ها و بهبود شرایط هیدرولوژیک خاک موثر است. البته در این نوع تثبیت، انتخاب گونه گیاهی بسیار پراهمیت است (چکی زاده و همکاران، ۱۴۰۲). در عمل گیاهان علفی از گونه‌های سریع الرشد و معمولاً پیشرو می‌باشند، چون تنوع گونه‌ها در لایه علفی نسبت به سایر لایه‌ها بیشتر است، تنوع زیستی جنگل به طور قابل‌توجهی حاصل عملکرد جوامع لایه علفی است. واکنش‌های رقابتی درون لایه علفی می‌تواند توالی اولیه گیاهان را تعیین کند که شامل زادآوری گونه‌های درختی غالب آشکوب بالایی می‌باشد (عادل و همکاران، ۱۳۹۰).

جنگلها علاوه بر اثرات مکانیکی سیستم ریشه‌ای خود (Senouci et al., 2021)، بارندگی را نیز از طریق تاج پوشش خود جذب می‌نمایند و میزان تبخیر و تعرق را نیز افزایش می‌دهند. بنابراین می‌توان گفت جنگل‌ها مقدار آبی را که به خاک نفوذ می‌کند را کاهش می‌دهند و این امر منجر به افزایش پایداری شیب می‌گردد (Keim and Skaugset, 2003; Dhakal and Sidle, 2004). گیاهان اعم از گیاهان علفی یا درختی، هر یک در مقاطع زمانی خاص منجر به کاهش صدمات باران‌های شدید و در نتیجه کاهش لغزشهای کم عمق می‌شوند (Stokes et al., 2009). وقتی ریشه‌ها در مناطق غنی از منابع قرار گیرند جذب آب در اطراف مناطق تجمع ریشه‌ها سریعتر از مناطق بدون ریشه می‌شود. بنابراین آب در مناطقی از خاک استخراج می‌شود که کلنی ریشه‌ها در آن مناطق بیشتر باشد (Kazada and Schmid, 2008). تاج پوشش درختان جنگلی و اندام هوایی گیاهان علفی نیز در تثبیت دامنه‌ها و پایداری آنها نقش برجسته‌ای دارند. حسینی و حسینی (۱۳۹۵) در تحقیقی بیان داشتند با وجود اینکه، میزان تنوع پوشش گیاهی در ترانشه خاکبرداری جاده‌ها به علت وقوع پدیده لغزش سطحی(کم عمق) کاهش می‌یابد ولی با گذشت زمان و متناسب شدن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، استقرار پوشش گیاهی سازگار با شرایط محیط فراهم می‌گردد. Asada and Minagawa (2023) در تحقیقی عنوان کردند، درست است که جنگل و پوشش گیاهی علفی می‌توانند در جلوگیری از لغزش‌های کم عمق موثر و تاثیرگذار باشند، ولی با این همه باید توجه داشت، جنگل و پوشش علفی مرتعی تمام موارد لغزشهای کم عمق را سرکوب نمی کنند.

علاوه براین اشاره شده است که ساختار هوایی پوشش گیاهی جنگل تاثیر بسیار زیادی بر پایداری شیب‌ها دارد. به‌صورتی که وقتی شکافهای بوجود آمده (در اثر بهره‌برداری یا هر عامل دیگری) بیش از ۲۰ متر باشد، حساسیت به لغزش را افزایش خواهد داد (Moos, 2015). هدف از این پژوهش مطالعه پوشش گیاهی منطقه لغزشی کم عمق تثبیت شده در یک منطقه لغزشی واقع در بخش چهار طرح جنگلداری ظالم رود در مقایسه با منطقه مجاور آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش، در جنگلهای هیرکانی شمال ایران واقع در استان مازنداران، بخش چهار طرح جنگلداری ظالم رود انجام شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت استان مازندران، شهرستان بهشهر، طرح جنگلداری نکاء چوب مازندران، بخش چهار

متوسط بارش سالیانه این منطقه ۶۱۵ میلی‌متر با متوسط بارش ماهیانه ۵۱/۲۴ میلی‌متر می‌باشد. پر بارش‌ترین ماه آبان ۸/ ۲۰۴ و کم بارش‌ترین ماه مرداد با ۳/ ۱۲ میلیمتر می‌باشد. میانگین دمای سالانه ۶۹/ ۳۴ میلی‌متر که سردترین ماه سال بهمن ماه با دمای ۱۵/۷ درجه و گرمترین ماه سال مرداد با ۱/ ۵۶ درجه سانتی‌گراد. منطقه مورد مطالعه براساس تقسیمات انجام شده در قطعه ۲۵ و ۲۶، سری چهار از بخش چهار نکاء چوب در حوضه آبخیز واقع گردیده است (کتابچه طرح جنگلداری نکا چوب مازندران).

گونه‌های درختی این منطق عبارتند از: راش، ممرز، توسکا، بلوط، شیردار، ون و گردو و سایر گونه‌های صنعتی و هیزمی.

منطقه انتخاب شده لغزشی در این پژوهش در سری چهار، بخش چهار قرار دارد و مساحت کل قطعه انتخاب شده حدود ۶۳ هکتار می‌باشد. در این منطقه سابقاً بهره‌برداری به‌صورت قطع یکسره بوده و متعاقب آن جنگلکاری صورت گرفته است. ۵۰ ٪ از مساحت این منطقه با توجه به شیب زیاد آن حفاظتی بوده و در ۵۰٪ باقیمانده تیپ انجیلی در مرحله رویش شل و خال و پایه‌های پراکنده تیری و تیرک به همراه تک پایه‌های بلوط و آزاد و ممرز (عمدتاً جوان) و کمی میانسال و مسن با پراکنش نامنظم و تاج بر شده (فاقد کیفیت مطلوب هستند)، دیده می‌شود.

منطقه لغزشی: زمین لغزش مورد مطالعه مربوط به حدود هفت سال گذشته بوده و آثار آن کاملاً قابل رویت است. وسعت این منطقه حدود ۷۰۰ متر مربع، با شیب ۲۵ درجه، ارتفاع ۴۸۶ متر از سطح دریا و با مختصات X= E۷۲۶۸۸۶ و Y= N ۴۰۵۹۶۵۰ ، زون s ۳۹.

رستنی‌های این بخش (بخش چهار از سری چهار)، علاوه بر گونه‌های درختی موجود در کل سری عبارتند از درختچه‌های ازگیل، سیاه ولیک، سرخ ولیک، گوجه وحشی و گیاهان علفی و خشبی کف جنگل که عبارتند از آسپرولا، کارکس، کوله‌خاس، سیکلامین، متامتی، پامچال، بنفشه، تمشک، فرفیون، سرخس، سانیکولا و النا است (شکل ۲).



شکل ۲- تصویر منطقه لغزشی مورد مطالعه

روش تحقیق

شناسایی مناطق لغزشی با استفاده از اطلاعات قرقبان‌ها و جنگل گردشی انجام شد. از میان مناطق لغزشی موجود یک منطقه با لغزش‌های کم عمق شناسایی و انتخاب شد. سپس ناحیه‌ای در مجاورت همان شیب با فاصله ۱۰ متر از لبه لغزش به عنوان شاهد با همان تیپ خاک انتخاب شد. نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی سیستماتیک به‌صورت زیگزاگی با قطعه نمونه-های ۱×۱متری و با کوادرات انجام شد. ۲۰ قطعه نمونه از مناطق لغزشی بعلاوه ۲۰ قطعه نمونه از ناحیه شاهد برداشت شد. بعد از قراردادن هرکوادرات تعداد گیاهان و تعداد گونه‌ها به دقت شمارش شده و گونه‌ها شناسایی شدند و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Spss با استفاده از آزمون t مستقل (مقایسه زوجی) صورت گرفت.

نتایج و بحث

با بررسی و تحلیل‌های انجام شده از اطلاعات حاصل از برداشت‌های قطعات نمونه از محل لغزش و به موازات آن قطعات نمونه شاهد، ارقام و اطلاعات زیر بدست آمد.

جدول ۱- نتایج فراوانی تعداد گیاهان شمارش شده به تفکیک گیاهان علفی و درختی

	گیاه درختی		گیاه علفی		
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	کل گیاهان علفی و درختی
منطقه لغزشی	۹	۳	۲۹۲	۹۷	۳۰۱
شاهد منطقه لغزشی	۲۴۸	۸۱	۵۶	۱۸	۳۰۴
جمع	۲۵۷		۳۴۸		۶۰۵

تعداد گیاهانی که در منطقه لغزشی برداشت شدند، ۳۰۱ گیاه بوده که تعداد نه گیاه درختی و ۲۹۲ گیاه علفی بوده (نسبت درختی به کل ۳٪ بوده)، از این تعداد ۹ گیاه مربوط به گونه درختی و ۲۹۲ گیاه علفی بوده است. در قطعه نمونه‌های شاهد نیز تعداد ۳۰۴ گیاه برداشت شد، که تعداد ۲۴۸ گیاه درختی و تعداد ۵۶ گیاه علفی بوده (نسبت گیاهان درختی به کل ۸۲ ٪ بوده است) (جدول ۱).

در میان این برداشت‌ها، بیشترین تعداد گیاهان برداشت شده مربوط به گونه‌های چوبی، ۲۵۷ نهال بوده که به ترتیب عبارتند از: افرا (۱۴۱)، توسکا (۶۰)، ممرز (۳۱) و ازگیل (۲۵) و از تعداد ۳۴۸ گیاه علفی که پر تعدادترین آنها عبارتند از: فرفیون (۸۸)، بنفشه (۵۸)، پیچک (۵۳)، جگن (۴۴)، تمشک خزری (۱۹)، زبرینه جنگلی (۱۶)، چوبلمه (۱۳)، ماشک و گزنه (هر کدام ۱۱) گیاه در ۴۰ کوادرات بالاترین فروانی را به خود اختصاص داده‌اند. تعداد کل گیاهان علفی ۳۴۸ گیاه، و گیاهان چوبی ۲۵۷ گیاه می‌باشد که از این تعداد ۲۹۲ گیاه علفی در منطقه لغزشی و ۹ گیاه چوبی در منطقه لغزشی را به خود اختصاص داده‌اند، بیشترین گونه موجود در منطقه لغزشی مربوط به فرفیون (۷۹)، بنفشه (۵۰) و جگن و پیچک (۴۲) و در میان گیاهان درختی نیز توسکا (پنج) و افرا (چهار) قطعه را به خود اختصاص داده‌اند.

با بررسی گیاهان در دو منطقه لغزشی و شاهد مشخص گردید که بدلیل تغییرات و آشفتگی صورت گرفته، تعداد گیاهان علفی با تفاوت بسیار چشمگیری از گیاهان چوبی بیشتر شده‌اند و جوانه‌زنی گیاهان چوبی، بشدت تحت تاثیر حرکت توده‌ای لغزشی کم عمق قرار داشته است. ولی در منطقه نمونه شاهد، این نهالها و جوانه‌ها (نسبت به وسعت منطقه مورد مطالعه) به وفور و به تعداد ۲۴۸ نهال در ۲۰ قطعه نمونه شاهد مشاهده شده اند.

در میان قطعات نمونه برداشت شده و مقایسه آنها با قطعات شاهد مشخص گردید: گونه‌های پر تعداد چوبی منطقه، شامل افرا، توسکا، ممرز و ازگیل در مناطق مجاور حضور داشتند و در منطقه لغزشی فقط توسکا و افرا به تعداد کم دیده شدند. به‌رغم این نتیجه با در نظر گرفتن آشفتگی حاصل از حرکت توده‌ای لغزش کم عمق صورت گرفته، گونه‌های فرفیون، بنفشه، پیچک، جگن، حضوری پررنگ داشتند.

در مقایسه زوجی کل گونه‌ها که با استفاده از آزمون t مستقل انجام شد، مشخص گردید، رشد گیاهان و استقرار آنها در منطقه لغزشی و شاهد همان منطقه، جوانه‌زنی نهال‌های چوبی در منطقه شاهد به‌صورت معنی‌داری تحت تاثیر حرکت لغزشی کم عمق قرار داشته و جوانه‌زنی گیاهان چوبی با وجود رطوبت بالای منطقه و وجود روشنه و خاک مناسب، کاهش معنی‌داری داشته است (۳۰۱ گیاه در منطقه لغزشی و ۳۰۴ گیاه در منطقه شاهد) و با گذشت زمان گیاهان بومی به درستی در منطقه لغزشی مستقر و احیاء نشده‌اند (جدول ۲). زیرا درصد تشکیل دهنده گیاهان درختی منطقه لغزش ۳٪ به کل و گیاهان علفی ۹۷٪ به کل بوده، در حالیکه در منطقه شاهد نسبت گیاهان چوبی به کل ۸۱/۵٪ و نسبت گیاهان علفی به کل ۱۸٪ بوده است.

در قطعه لغزشی و شاهد آن، صرفنظر از نبود برخی گونه‌های درختی که در بررسی آماری انجام شده با آزمون t مستقل، نتایج به جز دو مورد، در منطقه لغزشی (سیکلامین و پامچال) معنی دار بود، این امر نشان‌دهنده تاثیر شدید حرکت توده‌ای لغزشی کم عمق بر پوشش گیاهی و خصوصاً جوانه‌زنی گونه‌های درختی می‌باشد و این تاثیر در استقرار گیاهان علفی در منطقه لغزشی پس از زمین لغزش بسیار زیاد بوده است، به‌صورتی که در منطقه لغزشی، ۳٪ گیاهان درختی و ۹۷٪ گیاهان علفی بوده‌اند. در بررسی تعداد گونه‌های موجود در کل برداشت‌های منطقه لغزشی و شاهد آن، نتایج نشان داد که از ۱۹ گونه موجود در کل برداشت‌های قطعات نمونه، گونه‌های درختی ممرز، ازگیل و گونه‌های علفی اصلاً در منطقه لغزشی وجود نداشتند ولی سایر گونه‌های کمتر یا بیشتر از منطقه شاهد مشاهده شده اند. ولی همگی به‌صورت چشمگیر و از نظر آماری به‌صورت معنی‌داری تحت تاثیر لغزش کم عمق قرار داشتند (جدول ۳).

حضور و مشاهده گونه‌های کم تعدادی مانند پامچال، پیربهارک نیز تحت تاثیر آشفتگی‌های ناشی از زمین لغزش، می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد. گونه‌هایی مانند افرا، ازگیل، ممرز، توسکا بعد از لغزش و به شدت تحت تاثیر قرار گرفتند و کاهش یافتند ولی گونه‌های علفی غالباً وضعیت متفاوتی داشتند. مثلاً فرفیون، بنفشه، جگن و پیچک بعد از لغزش فراوانی بیشتری داشتند (جدول‌های ۲ و ۳).

جدول ۲- تعداد و درصد فراوانی گونه‌ها در منطقه لغزشی و شاهد

ردیف	گونه	جمع	جمع گیاهان محل لغزش	درصد رویش گیاهان در محل لغزش	جمع گیاهان شاهد	درصد رویش گیاهان شاهد
۱	افرا	۱۴۱	۴	۲/۸۴	۱۳۷	۹۷/۱۶
۲	ممرز	۳۱	۰	۰/۰۰	۳۱	۱۰۰
۳	ازگیل	۲۵	۰	۰/۰۰	۲۵	۱۰۰
۴	توسکا	۶۰	۵	۸/۳۳	۵۵	۹۱/۶۷
۵	جگن	۴۴	۴۲	۹۵/۴۵	۲	۴/۵۵
۶	فرفیون	۸۸	۷۹	۸۹/۷۷	۹	۱۰/۲۳
۷	تمشک خزری	۱۹	۱۶	۸۴/۲۱	۳	۱۵/۷۹
۸	بنفشه	۵۸	۵۰	۸۶/۲۱	۸	۱۳/۷۹
۹	متامتی	۷	۶	۸۵/۷۱	۱	۱۴/۲۹
۱۰	پیچک	۵۳	۴۲	۷۹/۲۵	۱۱	۲۰/۷۵
۱۱	سرخس پری	۸	۸	۱۰۰	۰	۰/۰۰
۱۲	گزنه	۱۱	۷	۶۳/۶۴	۴	۳۶/۳۶
۱۳	سیکلامین	۴	۲	۵۰/۰۰	۲	۵۰/۰۰
۱۴	پامچال	۵	۲	۴۰/۰۰	۳	۶۰/۰۰
۱۵	ماشک	۱۱	۹	۸۱/۸۲	۲	۱۸/۱۸
۱۶	سرخس شاخ گوزنی	۵	۳	۶۰/۰۰	۲	۴۰/۰۰
۱۷	چوبلمه	۱۳	۱۰	۷۶/۹۲	۳	۲۳/۰۸

۱۸	زبرینه جنگلی	۱۶	۱۰	۶۲ /۵۰	۶	۳۷ /۵۰
۱۹	پیربهارک	۶	۶	۱۰۰	۰	۰ /۰۰
		۶۰۵	۳۰۱		۳۰۴	

با توجه به گذشت هفت سال از زمان وقوع زمین لغزش کم عمق در منطقه لغزشی و مهیا بودن شرایط آب و هوایی، رطوبت کافی و بارش مناسب در محل، هنوز گونه‌های موجود در منطقه (در اکثر موارد) تحت تاثیر حرکت توده‌ای قرار داشتند و بعبارت دیگر، تیپ گیاهی و رویشی این مناطق به حالت قبل (با توجه به برداشت‌های صورت گرفته در منطقه شاهد) بازنگشته است.

جدول ۳- تجزیه واریانس مقایسه گیاهان به تفکیک هر گونه در دو منطقه لغزشی و شاهد همان منطقه

۱	افرا	* ۰ /۰۰	۱۱	سرخس پری	* ۰ /۰۰
۲	ممرز	* ۰ /۰۰	۱۲	گزنه	* ۰ /۰۵
۳	ازگیل	* ۰ /۰۰	۱۳	سیکلامین	۰ /۹۲
۴	توسکا	* ۰ /۰۲	۱۴	پامچال	۰ /۴
۵	جگن	* ۰ /۰۰	۱۵	ماشک	* ۰ /۰۰
۶	فرفیون	* ۰ /۰۰	۱۶	سرخس شاخ گوزنی	۰ /۴
۷	تمشک خزری	* ۰ /۰۰	۱۷	چوبلمه	* ۰ /۰۵
۸	بنفشه	* ۰ /۰۰	۱۸	زبرینه جنگلی	۰ /۱۳
۹	متامتی	* ۰ /۰۰	۱۹	پیربهارک	* ۰ /۰۰
۱۰	پیچک	* ۰ /۰۰			

* گونه‌هایی که از نظر آماری، به‌صورت معنی‌دار تحت تاثیر لغزش قرار داشتند.

در بررسی تعداد گونه‌ها نیز نتایج نشان داد که منطقه لغزشی، از نظر وجود تعداد گونه‌ها و تنوع گونه‌ها تحت تاثیر لغزش قرار نداشت و لغزش اتفاق افتاده تاثیر معنی‌داری روی تعداد گونه‌ها نگذاشته است (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس مقایسه منطقه لغزشی

مقایسه کل گونه‌های منطقه لغزشی و شاهد	مقایسه گونه‌های علفی و شاهد	مقایسه گونه‌های درختی و شاهد
۰/۵	۰/۲۳	۰/۱۵

نتیجه‌گیری

آشفتگی‌هایی که در اثر زمین لغزش‌های کم عمق ایجاد می‌شوند، سبب تغییرات جدی در پوشش گیاهی منطقه، می‌گردند. این امر با تحقیقات چکی‌زاده و همکاران (۱۴۰۲) و گرکندی‌پور و همکاران (۱۳۹۶)، Stokes et al. (2009) همخوانی دارد. ممکن است پوشش گیاهی ناحیه مورد لغزش، حداقل در کوتاه‌مدت به حالت اولیه باز نگردد. این مهم با تحقیقات Asada and Minagawa (2023) و همچنین حسینی و حسینی (۱۳۹۵) همخوانی دارد. با توجه به گذشت حدود هفت سال از لغزش کم عمق صورت گرفته، گونه‌های چوبی- درختی هنوز در منطقه به‌صورت معمول و برابر تیپ رویشی، نسبت به منطقه مجاور (شاهد) استقرار نیافته‌اند، پس با تحقیقات Asada and Minagawa (2023) و همچنین با تحقیقات حسینی و حسینی (۱۳۹۵) مطابقت دارد و این امر می‌تواند ناشی از عوامل گوناگون مانند آشفتگی خاک منطقه و مدفون شدن لایه-های فوقانی خاک زیر افق‌های زیرین (زیر و رو شدن خاک) و از بین رفتن باک بذر و مدفون شدن بذور زیر مواد لغزشی، بهم خوردن و مختل شدن زهکشی طبیعی و تغییر در جریان آب‌های زیرسطحی باشد. البته سریع الرشد بودن برخی گونه‌های مطرح و پرتعداد علفی و رقابت بین گونه‌ها از یکسو و بوجود آمدن مکان‌های باز از سوی دیگر، می‌تواند موجب استقرار گونه‌های سریع الرشد علفی نسبت به گونه‌های چوبی و درختی شود. این پژوهش، نشان داد، ممکن است برخی از گونه‌های بومی منطقه بعد از حرکت توده‌ای کم عمق صورت گرفته هرگز به محل رویشی سابق بازنگردند و فرصت استقرار نداشته باشند (در ناحیه لغزشی، گونه‌های ممرز و ازگیل مشاهده نشدند) که با تحقیقات Asada and Minagawa (2023) همخوانی دارد. از طرفی گونه‌هایی مانند افرا و توسکا به‌رغم اینکه در مناطق اطراف پر تعداد می‌باشند ولی در منطقه لغزشی نسبت به منطقه مجاور (شاهد) دارای فراوانی کمتری بودند. در مورد گونه‌های علفی وضع به گونه دیگر بوده و در نبود یا کاهش جوانه‌زنی گونه‌های چوبی این گیاهان، فرصت بیشتری برای استقرار یافته‌اند، به‌صورتی که گونه‌های فرفیون، بنفشه، پیچک، جگن، تمشک و ... بعد از لغزش و در منطقه لغزشی نسبت به شاهد این منطقه چندین برابر افزایش یافته اند.

پیشنهاد می‌گردد، نقش، شکل و الگوی ریشه گیاهان در جلوگیری از روند لغزشی کم عمق منطقه در پژوهش‌های آتی مورد بررسی قرار گیرد و نقش زمین لغزش‌های کم عمق در مختل شدن زهکشی طبیعی منطقه و اختلال در جوانه‌زنی گیاهان و همچنین تاثیرات حرکات توده‌ای بر بانک بذر منطقه و تغییرات آب و هوایی در وقوع، فراوانی و وسعت زمین لغزشهای کم عمق مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد.

منابع

بابائی احمدآباد، ع.، حسینی، ع.،(۱۴۰۲). مروری بر یافته‌های مدلهای فیزیکی و آماری جهت بررسی تاثیر ریشه گیاهان بر کاهش زمین لغزش کم عمق. سومین کنفرانس ملی تغییرات محیطی(با تاکید بر مدیریت منابع آب در مناطق ساحلی).

چکی‌زاده، الف.، حسینی، س.، ع.، عبدی، الف.، بابائی احمدآباد، ع.، (۱۴۰۲). مقایسه و ارزیابی تثبیت مناطق لغزشی با توسکا به دو روش جنگلکاری و زادآوری شده در جنگل خیرود نوشهر. سومین کنفرانس ملی تغییرات محیطی (با تاکید بر مدیریت منابع آب در مناطق ساحلی).

حسینی، س.، حسینی، س.، ع.، (۱۳۹۵). مطالعه منطقه لغزشی تثبیت شده و تثبیت نشده دیواره خاکبرداری جاده جنگلی با توجه به تنوع پوشش گیاهی (مطالعه موردی: سری چاچکام چوب و کاغذ مازندران). محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران. ۶۹ (۲). ۳۶۱ - ۳۷۶.

طالبی،ع.، (۱۳۸۹). نقش جنگلهای بلوط در پیشگیری از زمین لغزش. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری، ۴ (۱۲).

عادل، م.ن.، پور بابائی، ح.، امیدی، ع.، (۱۳۹۰). ارزیابی تنوع گونه‌های علفی در راشستان بهره برداری نشده (مطالعه موردی: رودبار گیلان)، مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۲۷ (۴).

گرکندی پور، م.، حسینی، س.، ع.، عبدی، الف.، زاهدی امیری، ق.، (۱۳۹۶). مقایسه منطقه لغزشی تثبیت شده و بدون لغزش از نظر تنوع زیستی علفی و برخی ویژگی‌های خاک (مطالعه موردی: بخش پاتم، جنگل خیرود). بوم‌شناسی جنگلهای ایران، ۵ (۹).

مصدق، ع.، (۱۳۹۷). جنگلکاری، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۹۶.

مهاجر، م.ر.، (۱۳۹۸). جنگلشناسی، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۰.

Asada,H., Minagawa,T.,(2023). Impact of Vegetation Differences on Shallow Landslides: A Case Study in Aso, Japan. Water, 15.

Abe, K., Ziemer, R.R., (1991). Effect of tree roots on a shear zone. modeling reinforced shear stress. 21,1012–1019.

Dhakal, A.S., Sidle, R.C.,(2004). Pore water pressure assessment in a forest watershed: Simulations and distributed field measurements related to forest practices. Water Resour. Res. 40, W02405.

Godt, J. W. , Baum, R. L. , Savage, W. Z. , Salciarini, D. , Schulz, W. H., Harp, E. L.,(2008). Eng. Geol, 102 , 214. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.019.

Hosseini, M., Movahedi Naeini, S. A. R., Dehghani, A. A., Zeraatpisheh, M. (2018).. Soil Sci. Plant Nutr. 18, 939. https://doi.org/10.4067/S0718-95162018005002702.

Kazda, M., Schmid, L., (2008). Clustered distribution of tree roots and soil water exploitation. In: Lüttge U, Beyschlag W,Büdel B, Francis D (eds) Progress in botany 70. Springer-Verlag, Berlin, 219–235.

Keim, R.F., Skaugset, A.E.,(2003). Modelling effects of forest canopies on slope stability. Hydrol. Process.17, 1457–1467.

Moos, C., Bebi, P., Graf, F., Mattli, J., Rickli, C., Schwarz, M.(2015). How does forest structure affect root reinforcement and susceptibility to shallow landslides? Earth Surf. Process. Landf. 2015, 41, 951–960. [CrossRef].

Persichillo, M. G., Bordoni, M., Meisina,C., (2017). Sci. Total Environ. 574 . https://doi.org/10.1016/j. scitotenv.2016.09.125

Senouci, R., Taibi, N., Teodoro, A. C. , Duarte, L., Mansour, H., Meddah, R. Y., (2021). Sustainability, **13,** 630. https://doi.org/10.3390/su13020630

Stokes,A , Atger ,C, Bengough,A.G , Fourcaud,T ,Sidle, R.C., (2009). Desirable plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides , Plant Soil ,324.

Suguvanam, K. R., Senthil Kumar, R., Partha Sarathy, S., Karthick, K., Raj Kumar, S.(2017). Innovative Protection of Valuable Trees from Smuggling Using RFID and Sensors, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 6(3).

Spies, T. A. , Barnes, B. V.,(1985). Ecological species groups of Upland northern hardwoodhemlock forest ecosystems of the Sylvania Recreation Area. Upper Peninsula, Michigan. Canadian Journal of Forest Reasearch 15: 961- 972.

Watt ,M., McCully, M.E., Jeffree, C.E., (1993). Plant and bacterial mucilages of the maize rhizosphere comparison of their soil binding-properties and histochemistry in a modelsystem. Plant Soil .151,151–165.

Study of vegetation cover of a stabilized shallow landslide area, section four of Zalemroud Forestry Project

A. Babaei Ahmadabad[1] and S.A. Hosseini[2*]

1- Ph.D. student in Forest Science and Engineering, Civil Engineering and Exploitation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
2- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

Abstract

Sustainable forest management requires that after any disturbance caused by exploitation or drift or disturbances caused by natural disasters, the forest is able to recover and restore its vegetation in a natural state, without human intervention or with minimal intervention. Shallow landslides play an important role in species change and diversity due to their small size, creating gaps in the forest and changing drainage paths and natural water flows. This study studies the destruction and change of vegetation cover in the landslide area after seven years of the landslide. For this purpose, a shallow landslide area in Section 4, Neka Choub Forest of Mazandaran, in the Hyrcanian forests of northern Iran, with a seven-year landslide, was selected, and a control area was considered parallel to it at a distance of 10 meters from the landslide area. For this purpose, 40 sample plots of one square meter were selected systematically at random. Of these, 20 sample plots were related to plants existing in the landslide area and 20 sample plots were related to the control area. By examining the data obtained, it was determined that the shallow landslide mass movement did not have a significant effect on the number and abundance of plants in general, but by examining individual species, it was determined that almost all plants have undergone significant changes in terms of number. In a way, woody plants have faced a decrease or elimination. However, herbaceous plants have significantly expanded in establishment and dominance. The results also showed that after seven years since the landslide occurred, some woody plants have not returned to the landslide area, and with the change in the flora of the area after the disturbance, a number of species that were not previously present in the area may establish, reproduce and develop in the area.

Keywords: shallow landslide, landslide area, disturbance, woody plants, vegetation.

*Corresponding author Tel: +98 9121904413 Email: at.hosseini@ut.ac.ir

بررسی تاثیر بازدارندگی قوانین و مقررات داخلی کشورها در مبارزه با تخریب جنگلها و قاچاق چوب

علی بابائی احمدآباد*

- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی جنگل، عمران و بهره‌برداری، دانشکدۀ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

چکیده

منابع طبیعی در قانون اساسی کشور ایران ثروتی متعلق به یکایک ایرانیان قلمداد گردیده و علاوه بر شناسایی حق بهره-مندی از آن برای ساکنان ایران، حفظ، مدیریت پایدار و بهره‌برداری اصولی از آن جهت استیفاء همگان و همچنین نسلهای آینده را از شرایط بهره‌برداری عادلانه از منابع طبیعی دانسته است. در این مطالعه ما به اهمیت بهره‌برداری قانونی از منابع طبیعی و خصوصاً منابع جنگلی و چوب را مورد بررسی و مطالعه قرار داده‌ایم. ابتدا قوانین و مقررات قطع و استحصال، حمل، تولید و فروش محصولات چوبی در کشورهای امریکا، استرالیا، ژاپن و کره جنوبی، به‌صورت اجمالی مورد بررسی قرار گرفت و سپس قوانین و مقررات اساسی و عادی کشور به همراه رویه‌های مبارزه با قاچاق چوب مورد بررسی قرار گرفتند. در کشور ما قوانین اساسی و عادی در جهت جلوگیری از قاچاق چوب و تخریب عرصه‌های جنگلی تدوین و تنظیم شده‌اند. ولی با این وجود هنوز قاچاق چوب به‌صورت گسترده و بعضاً سازمان یافته در حال انجام است. به‌نظر می‌رسد که بعضاً نبود یا کمبود نیروی متخصص جنگلبان و نبود عزم جدی و انگیزه کافی در میان مامورین اجرایی و ناظر و تغییر پی در پی قوانین و مقررات ناظر بر امر تخریب جنگلها و قاچاق چوب و نیز تغییر صلاحیت ذاتی مراجع قضایی و غیرقضایی رسیدگی‌کننده، از عوامل عدم توفیق صد در صدی مبارزه با تخریب جنگلها و قاچاق چوب بوده است.

واژگان کلیدی: قاچاق چوب، قانون Laccy، منابع طبیعی، قانون حفاظت و بهره‌برداری جنگلها، جنگلداری پایدار.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۳۶۰۵۶۲۵ ایمیل: ali.babaei.ahmad@ut.ac.ir

مقدمه

سی درصد از مساحت کره زمین را جنگلها تشکیل می‌دهند. جنگلها زیستگاهی برای انسان، گیاهان، جانوران و گونه‌هایی هستند که برای بقای اکوسیستم ارزشمند هستند (Suguvanam et al., 2017).

منابع طبیعی مانند جنگلها و مراتع از مهمترین دارایی‌ها و ثروتهای هر کشوری محسوب می‌گردند، در کشور ایران و از نظر قانون اساسی نیز این ثروتها به یکایک ایرانیان تعلق داشته و از اینرو باید در راستای منافع آحاد مردم، تحت مدیریت و حفاظت قرار گیرند. زیرا انفال و ثروتهای عمومی مانند منابع طبیعی تنها به یک نسل تعلق نداشته و به نسلهای آینده نیز تعلق دارد (رودگرمی و عموزاده، ۱۳۹۷).

کشور ایران با دارا بودن شرایط اقلیمی متعدد و متنوع و پراکندگی رویشگاه‌های جنگلی در اقلیم‌های متفاوت پتانسیل کافی برای بهره‌برداری از تمام ابعاد گوناگون منافع جنگل مانند استحصال چوب، گیاهان دارویی، طبیعت گردی (اکوتوریسم) را داراست (بابائی احمدآباد، ۱۴۰۲).

در نگاه کشوری و حاکمیتی نیز هر کشوری با نگرش داخلی و با درنظرگرفتن شرایط اقتصادی و معیشتی و فرهنگی کشور خود دست به تدوین قوانین و مقرراتی در خصوص نحوه اداره و مدیریت جنگل‌های کشور خود می‌زند (Wiersum et al., 2020).

مثلاً در کشور امریکا قانونی بنام Laccy در سال ۱۹۰۰ تصویب گردید. این قانون اولین قانون فدرال حفاظت از حیات وحش ایالات متحده بود و در طول یک قرن، این قانون توسعه و گسترش یافت. این قانون شامل نقض قوانین فدرال یا خارجی برای انواع گونه‌ها که شامل ماهی‌ها، حیوانات و گیاهان می‌شود. در سالهای ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ قانون Laccy به گونه‌ای بسط و گسترش یافت که حتی برداشت چوب از کشورهای ناقض قوانین و مقررات جهانی در خصوص برداشت چوب و استعمار کارگران بودند، را نیز در بر می‌گرفت (Lacey Act, 2013).

در قانون حاضر مسئولیت اطمینان از قانونی بودن واردات بر عهده وارد کننده است در نتیجه واردکننده باید دقت لازم را برای شناسایی الوارهای غیرقانونی یا مشکوک را به خرج دهد (TI Working Paper, 2010).

در کشورهای اروپایی مقررات ۲۰۱۰ در سال ۲۰۱۳ اجرائی شد و ورود، بکارگیری، تبدیل، ... محصولات غیرقانونی در بازارهای اتحادیه اروپا ممنوع گردید. در ماده ۵ این مقررات آمده که تاجران ملزم به جمع‌آوری اطلاعات به مدت پنج سال در مورد تامین‌کنندگان و مشتریان خود هستند (Blue Sky, 2022). در ماده سه همین مقررات آمده" محصولاتی که در روی آنها مجوزهای FLEGT و در این اسناد CITES دارند و به‌صورت قانونی برداشت شده‌اند، نیاز به انجام بررسی‌های ماده ۵ ندارند (TEREA et al., 2016; Blue Sky, 2022; EUTR, 2010).

در اواخر سال ۲۰۱۲ پارلمان استرالیا قانون منع برداشت چوب غیرقانونی را (ILPA) تصویب کرد و در آن واردات چوب و محصولات چوبی غیرقانونی را جریمه کرده و تعهد به داشتن دقت لازم را بر واردکنندگان تحمیل نموده است (Blue Sky, 2022).

در مواد ۸ و ۱۰ و ۱۱ واردکنندگان را ملزم نموده که از فروشندگانی که چوب را در کشورهای خود به‌صورت غیرقانونی یا برخلاف عهدنامه‌های بین‌المللی قطع نموده‌اند، چوب خریداری نکنند و همچنین در ماده ۱۳ نیز واردکنندگان را ملزم به ارائه نتایج بررسی‌های خود به گمرک نموده است.

ژاپن در سال ۲۰۱۷ قانون چوب پاک را تصویب کرد. در این قانون شرکت‌ها باید تعهد بدهند از چوب برداشت شده قانونی استفاده کنند (MAFF ,2017) که در ماده ۵ آن تاکید شده درختان باید مطابق با قوانین کشور برداشت شوند (Momiim and Saunders, 2020; MAFF, 2019).

در کشور کره نیز در سال ۲۰۱۲ قانون استفاده از چوب پایدار (ASUT) تصویت شد که در سال ۲۰۱۶، ۲۰۱۷، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۰ نیز اصلاحاتی بر روی آن انجام شد.

در این قانون واردکنندگان چوب یا محصولات چوبی ملزم به ارائه اظهارنامه در سازمان جنگل‌های کره شده‌اند. در ماده ۲ تا ۱۹ این قانون آژانسی برای بررسی اسناد مربوط به قانونی بودن منشاء ورود چوب پیش‌بینی شده که بر قانونی بودن منشاء ورود نظارت می‌کنند، در این قانون (ماده ۳ و ۴) باید واردات، توزیع، تولید و فروش الوار یا محصولات چوبی قطع شده، مطابق قوانین و مقررات تدوین شده صورت گرفته باشد. (Norman and Sandess, 2019; Blue Sky, 2022).

البته در کشورهای دیگر مانند اندونزی، مالزی، غنا، هند و برزیل قوانینی برای کشف منشاء ورود یا استحصال قانونی چوب وجود دارد (Suguvanam et al., 2017) (Wiersum et al., 2020) (TI Working Paper, 2010) (Blue Sky, 2022) که همگی براساس رویکرد داخلی کشورها در حفاظت از جنگل‌های خود و با توجه به شرایط اقلیمی و معیشتی و اقتصادی و سیاسی حاکم بر آن کشورها می‌باشد.

در بعد سوم و نگاه خرد به جنگل‌ها و حفاظت از این ثروت خدادادی، بعد محلی آن در نظر گرفته می‌شود.

جوامع محلی اصلی‌ترین بخش نگاه به جنگلداری پایدار هستند. جوامع محلی در تعامل با مراجع تصمیم‌گیری حقوقی و عرفی به عنوان بازیگران اصلی برای بهبود رفاه، تعادل محیطی و پویایی فرهنگی- اجتماعی در قالب جنگل‌های روستایی می‌باشند (TI Working Paper, 2010).

در دو عرصه جنگلی کشور (هیرکانی و زاگرس) روستائیان و عشایر جوامع محلی و به عبارتی ساکنان جنگل محسوب می‌شوند. جنگل‌های شمال کشور از گذشته محل زندگی روستائیان و جنگل‌نشینان بوده و جنگل‌نشینان معیشت خود را (چراگاه دام، پشتیبان تولید دامداری، عرصه‌ای برای تامین زمین و تولید کشاورزی، محل تهیه مواد لازم برای ساخت و ساز خانه‌های روستایی و در سال‌های اخیر تهیه و فروش چوب به‌صورت قاچاق برای کسب درآمد) از جنگل تامین می‌کرده‌اند (Avatefi Hemmat et al, 2013). این موضوع موجب گردیده که وسعت جنگل‌های شمال از سال ۱۳۴۳ از ۳,۴ میلیون هکتار به ۱,۹ میلیون هکتار در سال ۱۳۹۲ کاهش یافته (Oghnoum et al., 2020). افزون بر این موضوع ترکیب گونه‌ها نیز کاهش یافته است (Avatefi Hemmat et al., 2013). به عبارت دیگر جنگل‌زدایی و تخریب جنگلهای کشور از مسایل نیازمند چاره اندیشی و در دستور کار سیاستگذاران و مدیران هستند.

البته به‌نظر می‌رسد مهمترین تهدید حال حاضر جنگل‌های شمال کشور ناشی از بهره‌برداری‌های غیرمجاز در قالب قطع و برداشت‌های غیرقانونی می‌باشد (Shirzadi Laskookalaye et al., 2021).

در جنگل‌های زاگرس نیز اوضاع به همین منوال و شاید به جهت خشکسالی‌های پی در پی و چرای مفرط دام بدتر باشد، البته شرایط خاص مردمی که در حوزه رویشی زاگرس زندگی می‌کنند، به دلیل نبود عرصه کار و تولید، بالا بودن رشد جمعیت و ... سبب وابستگی شدید مردمان ساکن، به منابع طبیعی در این حوزه رویشی شده است (فتاحی، ۱۳۷۹) و هرچه فقر در این حوزه بیشتر شود، خانوار عشایری وابستگی بیشتری به جنگل و منابع طبیعی پیدا خواهند کرد، که همه این علل سبب ورود آسیب‌های شدیدی به جنگل‌های زاگرس گردیده است (نمیرانیان و همکاران، ۱۳۸۶).

در کشور ما از دیرباز، در قوانین اساسی موضوعه و عادی مقررات زیادی در خصوص سیاست‌گذاری، حفظ و توسعه جنگل‌ها به تصویب رسیده است. در این تحقیق با بررسی برخی از مهمترین این قوانین و مقررات، استحصال غیرقانونی و قاچاق چوب در بعد ملی و محلی را به صورت اجمالی مطالعه خواهیم نمود.

مواد و روش‌ها

شیوه اجرای پژوهش

در تحقیق حاضر که به روش کتابخانه‌ای و مرور مقالات موجود در پایگاه‌های اطلاعاتی و مجلات معتبر داخلی و خارجی انجام شده، با بررسی قوانین و مقررات حاکم بر حفظ و حراست از منابع طبیعی در قبال آسیب‌های وارده از منظر قطع درختان به منظوراستحصال چوب به‌صورت غیرقانونی را مورد بررسی قرار خواهیم داد. این رویکرد بیشتر به جنبه‌های ملی و حاکمیتی نظر دارد. البته تحقیقات و نتایجی که در کشورهای دیگر دنیا از باب مقررات جلوگیری از قطع و خروج چوب به‌صورت غیرقانونی از مبدا و در مقصد نیز مورد بررسی و بهره‌برداری قرار گرفت. در این خصوص از قوانین و مقررات بین-المللی شامل عهدنامه‌ها،کنواسیون‌های جهانی و بین‌الملل و قوانین و مقررات و آراء قضایی داخلی کشورهایی مانند ایران، ایالات متحده امریکا، استرالیا، ژاپن، کره جنوبی و اندونزی نمونه‌هایی جهت نشان دادن عزم بین‌المللی و ملی شکورها بیان می‌گردد (Arnold, 2001; Blue Sky, 2022).

نتایج و بحث

به‌طور سنتی دولت‌ها وظیفه تدوین هنجارها و قوانین را برعهده داشته‌اند (Wiersum et al., 2020). سیاست‌ها برای مدیریت جنگل‌ها و اجرای رویه‌ها و برنامه‌های مربوطه از سوی کارشناسان بخش جنگلداری، متخصصان اقتصادی و آگاهان، صنعت چوب مشخص می‌گردد (Westoby, 1989). با این وصف باید گفت رژیم حقوقی جنگل، مجموعه‌ای از اصول حقوقی، هنجارها، قوانین، رویه‌های عملی قضایی و برنامه‌های همگرا، که توسط کارشناسان و متخصصان رشته‌های مختلف برای تعامل بین مردم و منابع جنگلی وضع می‌گردد (Rayner et al., 2010).

باید در نظر داشت، قوانین و مقررات حاکم بر یک کشور باید سطحی‌نگر و تنها در جهت حفظ منابع طبیعی و آزار به جوامع انسانی نباشد. زیرا نگرانی‌های زیست محیطی و اقتصادی و اجتماعی باید در کنار هم بررسی گردند (Wiersum et al., 2020). این مفاهیم منجر به شناخت این موضوع شد که نیاز به تطبیق بخش جنگلداری تجاری با یک سیستم جنگلداری اجتماعی با هدف توسعه روستا و تامین نیازهای اساسی وجود دارد. این امر سبب توسعه اشکال خاص مدیریت مشارکتی جنگل در قالب جنگلداری اجتماعی و جامعه‌مدار شد (Arnold, 2001; Charnley and Poe, 2007).

در وهله اول در چهارچوب نگرانی‌های زیست محیطی جهانی، جهانیان به این نتیجه رسیدند که قطع درختان به‌صورت غیرقانونی (که در جهان به‌صورت یک کار روزمره در آمده) عامل اساسی تخریب جنگل‌ها می‌باشد و این کار عمدتاً در کشورهای درحال توسعه صورت می‌گیرد (Brack, 2003) . ولی باید به این نکته هم اشاره نمود که جنگل‌نشینان و ساکنان اطراف جنگل‌ها فقط قسمت اندکی از این چوبها را به مصارف خود می‌رسانند و قسمت اصلی این قطع و استحصال مربوط به صادرات چوب و بهره‌برداری صنعتی از آن می‌باشد (FAO, 2005; Tacconi, 2007; Brown et al., 2009).

پس اگر خریداری برای این چوبهای ارزان قیمت نباشد، آیا باز قطع با این وسعت ادامه پیدا می‌کند؟ بیشتر بحث‌ها بر جنگلداری صنعتی متمرکز بود. این سوال نیز مطرح شد که چگونه می‌توان نگرانی‌های مربوط به تعارض قانونی بودن قطع و استحصال چوب با معیشت انسان‌های وابسته به جنگل را برطرف کرد؟ (Ramcilovic-Suominen and Hansen, 2012).

همانگونه که در قسمت مقدمه به تفصیل بیان شد، در آمریکا قانون Lacey (در ۲۰۰۸ اصلاح شد) جهت ورود چوب به بازارهای آمریکا تدوین شد (Blue Sky, 2022). در قانون Lacey، کلیه گیاهان و اجزای گیاه به استثنای محصولات غذایی در قانون گنجانده شد. به‌صورتی که چوب، چوب سوخت، ذغال، چوب اره شده، .... وکلیه افراد دخیل در این امر نیز زیر ذره‌بین قانون قرار گرفته‌اند و هر شخصی که در این صنعت یا بازار در حال فعالیت می‌باشد، باید مانند یک فرد محتاط در موقعیت مشابه عمل کند و مجازات‌های در نظر گرفته شده نیز از درجه مجازات‌های جنایی بوده و تا ۵ سال زندان و ۲۰۰۰۰ دلار جریمه برای هر تخلف قاچاقچیان و همچنین کسانی که اعلام نادرست و برچسب دورغین بر روی الوار نصب کرده‌اند، ۲۵۰۰۰۰ دلار جریمه به همراه ۵ سال زندان می‌باشد (Blue Sky, 2022).

برنامه اقدام اتحادیه اروپا موسوم به FLEGT که منجر به یک موافقت‌نامه بنام (VPA) بین اتحادیه اروپا و کشورهای منتخب گرمسیری شد، ورود چوب به بازارهای اروپا را در چهارچوب قوانین ملی و بین‌المللی قانونی و کنترل نمود.

مقررات اتحادیه اروپا EUTR، الوار و محصولات چوبی فهرست شده در ضمیمه این قانون مانند چوب اره شده، چوب درخت کامل، چوب سوخت (هیزم و ذغال)، تخته چوب، ورق برای روکش .... را احصاء نموده است و اپراتورها و تجار چوب را مکلف به رعایت این قانون نموده‌اند. این اشخاص باید نحوه برداشت چوب از کشور مبداء و نحوه ورود به کشور را رصد نموده و از قانونی بودن کلیه عملیات از برداشت تا ورود به کشور را بررسی نمایند.

تعهد مشمولان این قانون سه مرحله دارد: ۱. مرحله دسترسی به اطلاعات، ۲. ارزیابی ریسک، ۳. عدم انجام معاملات با احتمال وجود هرگونه شبهه در جریان تولید تا مصرف.

مجازات‌های در نظر گرفته شده نیز بسته به کشورهای عضو، متفاوت است که شامل جریمه نقدی و زندان و لغو مجوز فعالیت می‌گردد (Jonsson et al., 2015).

در کشور استرالیا واردکنندگان چوب تحت نظارت قرار گرفته‌اند و تکلیف این بخش، دقت در واردات چوب از کشورهایی که چوب در آن محل برداشت شده، معطوف گردیده است. در این کشور واردکنندگان باید اطلاعات مربوط به چوب یا محصول چوبی را بررسی کنند و زنجیره تامین چوب و شواهدی که نشان دهنده قانونی بود منشاء آن می‌باشد را جمع‌آوری نمایند. در صورت وجود ریسک، مکلف به کسب اطلاعات بیشتر و یا در نهایت خودداری از واردات محصول، توسط واردکنندگان می‌باشد و مجازات‌های در نظر گرفته شده عبارتند از جریمه تا سقف ۱۱۱۰۰۰ دلار استرالیا، توقیف چوب غیرقانونی (Client Earth, 2018; Colbeck, 2019; Blue Sky, 2022).

در کشورهای ژاپن و کره جنوبی نیز تقریباً قوانین مشابه بوده و شمول و دایره محصولات جنگلی منحصر در چوب مبلمان، خمیر کاغذ و چوب و انواع تخته‌هایی می‌باشد و افراد مشمول این قانون هم تجار و اپراتورهای تولید و مجازات‌های در نظر گرفته شد، نیز شامل جریمه و در موارد نادر حبس می‌باشد. البته مقدار جریمه‌ها نیز کمتر از موارد مشابه در امریکا و اتحادیه اروپا می‌باشد (Norman and Sandess, 2018; Norman and Sandess, 2019; Momiim, 2020).

در ایران در دو مقوله، مذهب و قانون به امر سعادت بشری و همچنین ضرورت حفظ و بهره‌برداری از منابع طبیعی مدنظر قرار گرفته است (سوره بقره آیه ۲۰۵- آیه ۶۱ سوره هود و آیه ۱۴۱ سوره انعام) و پیامبر اسلام (ص) در حدیثی می‌فرمایند:" تحفظ من الارض فنها امکم" یعنی از زمین حفاظت کنید، به درستی که آن مادر شماست. در قسمت قوانین و

مقررات موضوعه نیز از زمان حاکمیت مشروطه و تاسیس مجلس تا امروز، قوانین اساسی و عادی و آئین نامه‌های زیادی در خصوص نحوه مالکیت، بهره‌برداری و استیفای منفعت با حفظ و حراست از جنگل‌ها و منابع طبیعی به تصویب رسیده است که به تعدادی از آنها که جنبه کاربردی دارد، اشاره خواهیم نمود.

قانون اساسی

برابر اصول ۴۴ و ۴۵ قانون اساسی منابع طبیعی به عنوان ثروتهای عمومی معرفی شده و این امواد در اختیار دولت قرار گرفته است و در همین راستا برابر بند ۹ اصل سوم و اصل ۴۸ قانون اساسی هرگونه تبعیض بین شهروندان در توزیع این ثروتها ممنوع می‌باشد (بابائی احمدآباد، ۱۴۰۲) و قانونگذار در این موضوع پا را فراتر از نسل حاضر، بلکه در اصل ۵۰ قانون اساسی، حقوق نسل‌ها و انصاف بین نسلی[1] و انصاف درون نسلی[2] را رعایت کرده و متذکر این مهم شده است. زیرا حفظ محیط زیست تنها منافع نسل حاضر را تضمین نمی‌کند و متوجه همه نسل‌ها می‌باشد (مشهدی، ۱۳۹۳).

قوانین عادی

تعداد زیادی از قوانین مصوب شده از گذشته تا حال با موضوع حقوق منابع طبیعی وجود دارد. ولی با گذشت زمان این قوانین یا با قوانین و مقررات جدید نسخ شده‌اند یا موضوعیت خود را ازدست داده‌اند و یا اینکه در تعارض و تضاد با سایر قوانین مواجه شده‌اند.

اهم این قوانین عبارتند از: قانون ملی شدن جنگل‌ها مصوب ۱۳۴۱، قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع مصوب ۲۵/ ۶/ ۱۳۴۶ مجلس شورای ملی که این قانون در سال‌ها و برهه‌های مختلف با اصلاحات و الحاقات بعدی تکمیل و تصحیح شده است.

در قانون ملی شدن جنگل‌های کشور عملاً مالکیت خصوصی و اربابی جای خود را به مالکیت دولتی داد (رودگرمی و عموزاد، ۱۳۹۷).

در قانون حفاظت و بهره‌برداری ۱۳۴۶ (که در صدد تعریف حدود و ثغور حکم مندرجه در قانون ملی شدن جنگل‌ها برآمده) ابتدا تعاریف و کلیاتی از جنگل و مرتع و محصولات جنگلی ارائه داده و در ماده ۲ متولی جنگل‌ها را دولت و به نیابت از دولت، سازمان جنگلبانی قرار داده است. در این قانون برای بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع دو شرط اصلی و لازم قرار داده است. این دو شرط عبارتند از : ۱. داشتن طرح، ۲. تصویب آن در مرجع ذیصلاح (ماده ۳ قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع).

قانونگذار در بدو امر بیشترین توجه خود را به سمت واگذاری اراضی ملی برای توسعه عمرانی و خدماتی و تغییرات کاربری معطوف نموده بود (رودگرمی و عموزاده، ۱۳۹۷). به نوعی با این گفته که: قوانین و مقررات مربوط به منابع طبیعی، عموماً در جهت توسعه پایدار حرکت می‌کنند (Christy et al., 2007)، هماهنگی داشت.

ولی به یکباره در سال ۱۳۹۵، پس از نیم قرن جنگلداری نسبتاً موفق و با دستاوردهای بزرگ و بعد از انجام طرح پایش جنگل‌ها در سال ۱۳۹۲ (Aghajanlou, 2014)، طرحی به تصویب رسید که طرح تنفس جنگل نام گرفت. طبق ماده ۳۸ بند

1- Interegenerational eqity
2- Intera generational eqity

ف قانون پنج ساله ششم مصوب ۱۴ اسفند ۱۳۹۵، هرگونه بهره‌برداری چوبی از درختان جنگلهای کشور از ابتدای سال چهارم اجرای این قانون ممنوع است (موحدی، ۱۳۸۳) و عملاً با تصویب این قانون از سال ۱۳۹۶ بهره‌برداری از جنگل‌ها متوقف و طرح‌های جنگلداری رها و با نبود مجریان طرح‌های جنگلداری بهره‌برداری قانونی و علمی متوقف گردید. با خروج عوامل طرح‌های جنگلداری اعم از مجریان و عوامل کارگری آنها، تخریب جنگل‌ها از طریق عدم رعایت ضوابط استحصال چوب و منابع غیرچوبی جنگل توسط جنگل‌نشینان و روستائیان و همچنین قاچاقچیان چوب شدت گرفت.

شیرزادی لسکوکلایه و همکاران (۱۴۰۰)، در تحقیقی بیان داشتند با توجه به یافته‌های این پژوهش، شش پیامد مثبت و هفده پیامد منفی از جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی برای ممنوعیت بهره‌برداری جنگل در منطقه مورد مطالعه توسط متخصصین و کارشناسان شناسایی شد. ایشان در تحقیق خود افزایش قاچاق چوب، اختلال در نظم صنایع چوب ایران و کاهش اشتغال را از عمده نتایج منفی طرح تنفسی بیان نموده‌اند.

در حال حاضر معضل تخریب جنگل‌ها و قطع، حمل، خرید و فروش چوب به‌صورت غیر قانونی یکی از عمده معضلات کشور در خصوص حفظ و حراست از جنگل‌های شمال و زاگرس می‌باشد. در قانون راجع به جنگل‌ها مصوب ۱۳۲۱ (در ماده ۲) مقرر گردیده بود که بریدن درخت از جنگل و تهیه هیزم و ذغال و تبدیل هر جنگل به زمین زراعی اعم از اینکه جنگل ملک اشخاص یا دولت باشد، بدون داشتن پروانه از وزارت جهاد کشاورزی ممنوع است.

با توجه به اینکه این قانون در زمانی تصویب شده که هنوز قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل مصوب ۱۳۴۶ تصویب نشده بود، چند نکته شایان توجه دارد که به اختصار آنها را بیان می‌نماییم:

۱. در این قانون بزه بریدن درخت جرمی بود که نیاز به مباشر خاص یعنی شخصی که درخت را قطع کرده است.

۲. درخت بریده شده حتماً باید از جنگل می‌بود تا مشمول این ماده شود. این جرم (ماده ۲) ناظر به سایر درختان مانند پارک‌ها، خیابان‌ها، ... نمی‌شد.

۳. عنصر معنوی جرم فقط شامل سه سوءنیت خاص بود که عبارت بودند از تهیه هیزم، ذغال، تبدیل زمین جنگلی به زراعی سپس بقیه نیت‌های مباشر تحت حاکمیت این قانون قرار نمی‌گرفت، زیرا موارد محصور و غیر قابل بسط بود.

۴. در این قانون هنوز جنگل‌ها ملی نشده بودند و ملی شدن جنگل‌ها سال‌ها بعد یعنی در سال ۱۳۴۱ صورت گرفت (مصوب ۲۷/ ۱۰/ ۱۳۴۱ قانون ملی شدن جنگل‌ها و مراتع کشور) و به همین دلیل در متن این قانون جنگلها به دو بخش کلی یا مالکیت دولتی و اشخاص (خصوصی) تقسیم گردیده است.

۵. در این قانون وزارت کشاورزی باید در زمان مناسب و به موقع پروانه‌های بهره‌برداری را صادر می‌کرد تا کسانی که به هر دلیلی احتیاجات سوختی، صنعتی و علوفه‌ای به محصولات جنگلی داشتند بتوانند امر معیشت خود را انجام دهند یا از بهره-برداری لازم سود ببرند (توتونچیان و عیوض لو، ۱۳۷۹).

بعد از ملی شدن جنگل‌ها و تصویب قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع، ماده ۴۸ این قانون ملاک قرار گرفت که بیان می‌داشت: حمل چوب و هیزم و ذغال حاصله از درختان جنگلی در تمام نقاط کشور به استثنای داخله شهرها بدون تحصیل پروانه حمل از سازمان جنگلبانی ممنوع است. در اینجا نکته قابل تامل این است که در این قانون حمل کننده مورد توجه قانونگذار قرار گرفته، در حالیکه حمل کننده الزاماً قطع کننده اشجار یا تبدیل کننده یا فروشنده نیست و از این منظر حتی اگر شخصی برای قطع درخت پروانه داشته باشد باز هم باید از اداره جنگلبانی مجوز حمل تقاضا نماید و این سازمان برای صدور جواز حمل نیز عوایدی دریافت خواهد نمود (توتونچیان و عیوض لو، ۱۳۷۹). در تاریخ ۱۰/ ۷/ ۱۴۰۲ به گفته خبرگزاری ایرنا، رئیس اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان باشت (کهگیلیویه و بویراحمد) میزان جریمه قاچاق چوب

به ازای هر کیلوگرم هیزم تر یکصد و هفتاد هزار تومان، هیزم خشک یکصد و پنجاه هزار تومان و برای هر کیلو ذغال سیصدهزار تومان در نظر گرفته است. برخلاف مصرحه ماده ۴۸ قانون حفاظت جنگل‌ها ماده ۵ قانون مرتکبین قاچاق صراحتاً اعلام می‌نماید، هرگاه مال موضوع عایدات دولت و اشیاء ممنوع الورود یا ممنوع الصدور به توسط مکاری یا اتومبیل و سایر وسایط نقلیه یا به وسایل دیگری نقل شود و حامل نتواند ارسال کننده یا کسی که محصولات باید به او تسلیم شود، تعیین و اثبات کند، علاوه بر ضبط مال باید شخصاً از عهده جزای نقدی مقرر در ماده اول این قانون برآید.

به عبارت دیگر در صورت وجود وجهه برای حاکمیت ماده ۵ قانون مجازات مرتکبین قاچاق، مرتکب حمل بدون سوءنیت را از دایره مجازات خارج نموده است. از طرفی این قانون در سال ۱۳۱۲ به تصویب رسیده و چون قانون خاص می‌باشد، شاید بتوان از این امر در جهت عدم اثبات جرم نسبت به حامل بدون سوءنیت با وحدت ملاک حاصله، بهره برد. بعد از تصویب قانون مجازات اسلامی و تصویب ماده ۶۹۰، یکی از مواد بحث برانگیز در این مورد و همچنین قرار گرفتن بحث قاچاق در زمره صلاحیت‌های محاکم انقلاب قرار گرفته بود (ماده ۵ قانون تشکیل دادگاه‌های عمومی و انقلاب). ولی در سال ۱۳۹۲ قانون آیین دادرسی کیفری در ماده ۳۰۳ صلاحیت‌ها را تغییر داد و بدین ترتیب قاچاق محصولات جنگلی مانند چوب از صلاحیت این دادگاه خارج گردید و در صلاحیت سازمان تعزیرات حکومتی قرار گرفت، ولی با اینحال در اطلاق عنوان جرایم موصوف و نحوه رسیدگی اختلافات زیادی بین محاکم انقلاب، عمومی جزایی و تعزیرات حکومتی وجود دارد، که در همین خصوص آراء متعدد و شایان‌توجهی از سوی دیوان عالی کشور صادر گردیده است، که بررسی حقوقی و علمی آن از حوصله این مقاله خارج می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به وجود اقبال جهانی در برخورد با قطع، استحصال، حمل و عملیات تبدیلی، تولید، فروش، صادرات و واردات و هرگونه نقل و انتقال چوب در سطح ملی و بین المللی و همچنین وجود قوانین و مقررات در داخل کشورها، عملاً فعالیت‌های قاچاق و تخریب جنگلها به شکل چشمگیری باید کاهش می‌یافت، ولی این امر، به خصوص در کشورهای جهان سوم نه تنها کاهش نیافته، بلکه هر ساله به دامنه تخریب جنگلها افزوده شده است.

به‌نظر می‌رسد، عوامل دیگری نیز در امر تخریب جنگلها و قاچاق چوب دخیل هستند، که بازدارندگی‌های قانونی و قضایی را کم اثر می‌نمایند، مانند مشکلات اقتصادی، عدم نظارت کافی بر اجرای قانون، فساد اداری، دخیل بودن منافع مجریان قانون در امر قاچاق و نبود وحدت رویه قضایی در برخورد با این جرایم بر مشکلات کنترل قاچاق و تخریب جنگل افزوده است.

البته باید در نظر داشت که در کشور ایران نهادهای نظارتی و قضایی، اقدام به تشکیل مراجع تخصصی و ایجاد وحدت رویه قضایی نموده‌اند، ولی با توجه به تغییر دائم قوانین و مقررات عملاً مقام‌های قضایی و نظارتی در هر تغییر قانون، مجبور به اصلاح ساختار تشکیلاتی یا مرجع رسیدگی می‌باشند، که این امر خود از نظر تامین و نظارت بر پرسنل متخصص رسیدگی-کننده و ناظر و ایجاد وحدت رویه برای دستگاه قضایی و انتظامی هزینه و زمان علی الحده خواهد داشت.

منابع

شیرزادی لسکوکلایه، س.، امیرنژاد، ح.، حسینی، س.، (۱۴۰۰). بررسی پیامدهای اقتصادی و اجتماعی ممنوعیت بهره‌برداری چوبی جنگل‌های شرق استان مازندران، بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، دوره ۹، شماره ۱۷.

مشهدی، ع.، (۱۳۹۳). اساسی‌سازی ماهوی حق بر محیط زیست در حقوق ایران و فرانسه، مطالعات حقوق تطبیقی. ۵۵۹- ۵۸۰.

توتونچیان، الف.، عیوض لو، ح.، (۱۳۷۹). کاربرد نظریه عدالت اقتصادی در نظام اسلامی توزیع ثروت و در آمد، مجله تحقیقات اقتصادی. ۵۷.

موحدی، م.، (۱۳۸۳). تعیین ویژگی‌های فرهنگ ملی اسلامی، تهران، شورای عالی انقلاب فرهنگی.

بابائی احمدآباد، ع.، (۱۴۰۲). بررسی رابطه بین حقوق حاکم بر منابع طبیعی با سیاستگذاری و کشورداری نوین (با رویکرد اقتصاد جنگل). همایش کشورداری و پایداری سرزمین در ایران سده پانزدهم - دانشگاه خوارزمی.

محسنی، ح.، (۱۳۹۶). عدالت زیست‌محیطی و قاچاق چوب، هیزم و زغال جنگلی (نقد و بررسی مبانی رای وحدت رویه شماره ۷۴۹ مورخ ۲۴/ ۱/ ۱۳۹۵). مطالعات حقوق کیفری و جرمشناسی، دوره ۴، شماره ۱، ۸۵- ۱۰۹.

فتاحی، م.، انصاری، ن.، عباسی، ح.، خانحسنی، م.، (۱۳۷۹). مدیریت جنگلهای زاگرس، انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۲.

نمیرانیان، م.، هناره خلیانی، الف.، زاهدی امیری، ق.، غضنفری، ه.، (۱۳۸۶). بررسی روشهای مختلف احیا و استقرار زادآوری جنسی در جنگلهای بلوط زاگرس شمالی، مطالعه موردی منطقه آرمرده شهرستان بانه، فصنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱ (۴)، ۳۹۷-۳۸۶.

نورزادمقدم، م.، شامخی، ت.، اعتماد، و.، عواطفی همت، م.، (۱۳۹۳). بررسی مصرف هیزم خانوارهای روستایی در مناطق جنگلی ییلاقی شمال ایران و عوامل مرتبط با آن، مطالعه موردی روستاهای ییلاقی ارتفاعات جنوبی جنگل آموزشی- پژوهشی خیرود، مجله جنگل ایران، ۶ (۱)، ۱۲۵-۱۱۳.

Aghajanlou, A., (2014). Collection of laws and regulations of natural resources, Majd Publications, 456.

Arnold, J.E.m. (2001). Forests and people: 25 years of community forestry. FAO, Rome Italy.

Australia. Illegal Logging Prohibition Act 2012 (ILPA). (2018). (No. 166 of 2012, revised 2018).

Avatefi Hemmat, M., and Shamekhi, T. (2006). Indigenous knowledge and technologies of forest dwellers in using some non-timber products that can be grown in the forest (Case study of Chitanvillage), *Social Science Quarterly*, *13* (34-35), 149- 179.https://doi.org/20.1001.1.17351162.1385.13.34.35.4.4.7. [In Persian]

Blue Sky, M (2022). Tackling the trade in illegal timber: a comparative study of legal frameworks, XV WORLD FORESTY CONGRESS, Building a Green, Healthy and Resilient Future with Forests, Coex, Seoul, Republic of Korea. No: 2-6.

Brack, D. (2003). Illegal logging and the illegal trade in forest and timber products, International Forestry Review, 5 (3), 195-198.

Brown, D., Schreckenberg, K., Bird, N. (2009). Legal timber. Verification and governance in the forest sector. London, Overseas Development Institute.

Client Earth. (2018). National EUTR Penalties: Are They Sufficiently Effective, Proportionate and Dissuasive? Available at: https://www.documents.clientearth.org/wp-content/uploads/library/2018-03-02-national-eutr-penalties-are-they-sufficiently-effective-proportionate-and-dissuasive-ce-en.pdf[accessed 25.10.21]

Client Earth. (2018a). Comparison of illegal logging laws in the European Union, the United States, Australia and Japan. Available at: https://www.documents.clientearth.org/wpcontent/uploads/library/2018-03-01-eu-us-australian-japanese-illegal-logging-laws-comparisontable-ce-en.pdf [accessed 25.10.21].

Charnley, S., Poe, M. (2007). Community forestry in theory and practice: where are we now? Annual Review of Anthropology, 36, 301- 336.

Christy, L. C., Di Leva, C. E., Lindsay, J. M., Takoukam, P. T., (2007). Forest Law and Sustainable Development: Addressing Contemporary Challenges through Legal Reform, Washington, DC: World Bank.

Colbeck R. (Senator). (2019). First prosecution for importing illegally logged timber, Media release, Available at: https://inbox.news/newsroom/press-releases/4654/first-prosecution-for-importingillegally- logged-timber [accessed 25.10.21].

Duku, M.H., GU, S. and Hagan, E.B. (2011). A comprehensive review of biomass resources and biofuels potential in Ghana. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (1): 404-415.

European Commission. (2010). Regulation (No. 995/2010) of the European Parliament and of the Council laying down the obligations of operators who place timber and timber products on the market Text with EEA relevance (EUTR).

FAO. (2005). Best practices for improving law compliance in the forestry sector. FAO, Rome, FAO Forestry Paper NO. 145.

Jonsson R, Giurca A, Masiero M, Pepke E, Pettenella D, Prestemon J, Winkel G. (2015). Assessment of the EU Timber Regulation and FLEGT Action Plan. From Science to Policy 1, European Forest Institute, Available at: https://www.efi.int/sites/default/files/files/publicationbank/2019/efi_fstp_1_2015.pdf [accessed 25.10.21].

MAFF. (2019). Annual report of registered timber-related businesses for FY2018 (In Japanese).

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). (2017). About the Clean Wood Act. In: Provision of information on legally harvested timber. Available at: http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/goho/english/english-index.html [accessed 25.10.21].

Momii M, Saunders J. (2020). The Japanese Clean Wood Act: Effectively Cleaning Up?, Forest Trends. Available at: https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2020/06/Japan-CWA-Revised.pdf [accessed 25.10.21].

Norman M, Saunders J. (2017). Regulating the Trade in Illegal Timber – Asian Approaches Compared –State of Play June 2017, Forest Trends Report Series, Forest Trade and Finance, Available at:https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2017/08/doc_5634.pdf [accessed 25.10.21].

Norman M, Saunders J. (2019). Regulating the Trade in Illegal Timber: Republic of Korea Update –State of Play October 2018. Forest Trends Information Brief, Available at https://www.foresttrends.org/wp-content/uploads/2019/01/ Forest-Trends-Korea-Brief-Final-2019.pdf [accessed 25.10.21].

Oghnoum, M., Asgari, M., Beyranvand, A., Avatefi Hemmat, M., and Etemad, V. (2020). Strength sand weaknesses of Forest management planning in the forests of northern Iran. National Conference on Forest Landscape; Management evolution, Karaj -University of Tehran, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Shamim Jangal NGO, Iran, 16 pages. [In Persian].

Pirmohammadi, Z., Mahdavi, A., Avatefi Hemmat, M., Celavazi, M., and Soltani, A. (2020). Investigation on the forest role in livelihood of rural and nomadic households in Kouhdasht City. Iranian Journal of Forest, 12 (2), 189- 202. [In Persian]

Ramcilovic-Suominen, S. Hansen, C.P. (2012) Why some forest rules are obeyed and others violated by farmers in Ghanan: Instrumental and normative perspective of forest law compliance. Forest Policy and Economics, doi: 10.1016/ j.forpol.2012.07.002.

Rayner, J., Buck,A., Katila, P. (2010).Embracing complexity: Meeting the challenges of international forest governance. A global assessment report., International Union of Forest Research Organizations (IUFRO), Vienna, Austria, IUFRO World Series, 28.

Shirzadi Laskookalaye, S., Amirnejad, H., Hoseini, S. (2021). The Investigation on the economic and social consequences of forest logging in Mazandaran Province. Iranian Journal of Forest, 12 (4),491- 506. https://doi.org/10.22034/IJF.2021.127789. [In Persian].

Suguvanam , K. R., Senthil Kumar ,R., Partha Sarathy ,S., Karthick, K., Raj Kumar, S. (2017). Innovative Protection of Valuable Trees from Smuggling Using RFID and Sensors, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 6 (3).

Tacconi, L. (ed.). (2007). Illegal logging: law enforcement, livelihoods and timber trade, Earthscan, London, 302.

TEREA, S-FOR-S, Top perspective. (2016). Final Report, Volume 1 (Main Report), Evaluation of the EU FLEGT Action Plan (Forest Law Enforcement Governance and Trade) 2004–2014. Available at https://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/LEGT%20Eval%20Consultant%20Report%20EN.pdf[accessed 25.10.21].

TI Working Paper. (2010).Timber Trafficking and Laundering: An Anti-Corruption Approach, TRANSPARENCY INTERNATIONAL the global coalition against corruption.

US Department of the Interior. (2013). 2008 Lacey Act – 5.16.13: Testimony of Stephen Guertin. Available at https://www.doi.gov/ocl/hearings/113/2008laceyact_051613 [accessed 25.10.21].

Westoby, J., (1989). Introduction to world forestry: people and their tree, Blackwell Publ., Oxford, UK, 228 p.

Wiersum, K.F, Lesuyer, G., Nketiah, S., Wit, M. (2020). International forest governance regimes**:** Reconciling concerns on timber legality and forest-based livelihoods, https://www.cifor-icraf.org/

A review of domestic laws and regulations in combating the destruction of forests and wood materials

A. Babaei Ahmadabad*

- Ph.D. student in Forest Science and Engineering, Civil Engineering and Exploitation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

Abstract

In the Constitution of Iran, natural resources were considered a wealth belonging to every Iranian and also to recognize the right to benefit from it for the residents of Iran, its conservation, sustainable management and principled exploitation in order to meet the conditions of benefit for everyone and future generations. It has been considered fair exploitation of natural resources. In this study, we have examined and studied the use of natural resources and especially forest and wood resources.

The primary laws and regulations on cutting and harvesting, transporting, producing and selling wood products in the United States, Australia, Japan and South Korea were briefly reviewed, and then the basic and ordinary laws and regulations of the country along with the procedures for combating wood. Wood were reviewed.

In our country, basic and ordinary laws have been set and regulated to prevent the prohibition of wood and forest products. However, no specific type of wood is being carried out, and some are being organized. It seems that some unbearable or unacceptable people of the foresters' expert forces and the lack of serious and sufficient determination among the executive and supervisory officials and the frequent changes in the laws and regulations governing the destruction of forests and wood, as well as the change in the inherent competence of judicial and non-judicial authorities to deal with the perpetrators, have been the factors behind the failure to fully combat the destruction of wood and wood products.

Keywords: Wood, Law of the Forest, Natural Resources, Law on the Protection and Use of Forests, Sustainable Forestry.

*Corresponding author Tel: +98 9123605625 Email: ali.babaei.ahmad@ut.ac.ir

بررسی راهکارهای مناسب برای کاهش تلفات جانوران در تصادفات جاده ای

علی بابائی احمدآباد*

- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی جنگل، عمران و بهره‌برداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

چکیده

بهبود کیفیت زندگی انسان امروزی بدون در نظر گرفتن نقش جاده‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. ولی در عین حال جاده‌ها زندگی حیات وحش و جانوران را به خطر انداخته‌اند. جاده‌ها با تکه تکه کردن زیستگاه‌ها و کاهش تنوع ژنتیکی و تلفات ناشی از تصادف جاده‌ای حیات وحش با ماشین، همچنین کاهش زیستگاه، جمعیت‌های تعداد گونه‌ها را کاهش داده است. عبور جاده‌ها از زیستگاه جانوران علاوه بر اینکه از ابعاد زیستگاه‌های جانوران کاسته است، زیستگاه‌ها را نیز تکه تکه کرده و جانوران برای یافتن غذا و جفت مجبور به عبور از سطح جاده‌ها هستند و این امر سبب تصادف و درنتیجه تلفات برای حیوانات و خسارات مادی و جانی برای انسان می‌شود. رفتارهای جانوران در مواجهه با جاده (اعم از اجتناب از جاده، اجتناب از ماشین و بی‌توجه به جاده و عبور از آن) نیز مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج حاصل از این تحقیقات در این مقاله آورده شده است. تعدادی از تحقیقات انجام شده در کشورهای ایران، هندوستان و ایالات متحده امریکا، هلند و سایر نقاط جهان مورد بررسی واقع شده است. نتایج بدست آمده نشان داد جانوران در مواجهه با جاده سه رفتار متفاوت از خود نشان می‌دهند، گونه‌های بدون توجه به مخاطرات جاده از آن عبور می‌کنند و گاهاً عبور از جاده را فرا می‌گیرند. این گونه بیش از سایر حیوانات در معرض تلفات ناشی از تصادفات می‌باشند. گروه دوم از جاده اجتناب می‌کنند ولی با توجه به اینکه زیستگاه آنها کوچک می‌شود، به‌صورت جمعیت منزوی در می‌آیند و از نظر تنوع ژنتیکی و همچنین کاهش غذا و یا جفت در معرض انقراض قرار می‌گیرند. گروه سوم، گروهی هستند که از ماشین اجتناب می‌کنند. رفتارهای این گروه نیز با مخاطراتی مانند سرعت بالای خودروها در شب یا در ساعاتی که این گروه با اطمینان به جاده پا می‌گذارند، روبروست. محققین با بررسی تاثیرات منفی جاده‌ها راهکارهایی برای کاهش تصادفات و تلفات ناشی از آن پیش‌بینی نموده‌اند که تعدادی از آنها در این مطالعه بررسی شده است که عبارتند از: بهسازی اکولوژیکی، ایجاد گذرگاه‌های حیات وحش، کاستن از سرعت اتومبیل‌ها، محدودیت تردد در ساعات و فصول خاص، حصارکشی، که هرکدام از این راهکارها در تحقیقات انجام شده دارای نتایج مثبت و منفی بوده‌اند که محاسن و معایب هر کدام در تحقیقات انجام شده ذکر گردیده است.

واژگان کلیدی: محدودیت تردد، جانوران، تنوع ژنتیکی، حصار کشی، جاده‌های جنگلی.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۳۶۰۵۶۲۵ ایمیل: ali.babaei.ahmad@ut.ac.ir

مقدمه

جاده‌ها از نظر سطح اشغال، مساحت کمی را نسبت به وسعت کشورها به خود اختصاص می‌دهند، ولی با این حال آثار بسیار زیادی بر روی جوامع زیستی دارند (Coffin, 2007).

شبکه‌های جاده‌ای به‌صورت گسترده و فزاینده‌ای در حال رشد بوده و به دورافتاده‌ترین مناطق نفوذ می‌کنند (Richard et al., 2019).

جاده‌ها فشار فزاینده‌ای بر محیط طبیعی اعم از گیاهان و حیات وحش وارد می‌کنند، جاده ممکن است سبب از بین رفتن زیستگاه و تغییر کیفیت زیستگاه‌ها و یا ایجاد تلفات جاده‌ای و ایجاد اثر مانع در مسیر حرکت و جابجایی جانوران شود (فورمن و همکاران، ۲۰۰۳).

قوانین و مقررات قابل اجرا ایجاب می‌کنند که وضعیت حفاظت از گونه‌های جانوری به‌طور جدی در هنگام تغییر کاربری زمین یا مدیریت زمین در نظر گرفته شود (Vink and Schröder, 2021) و در هنگام اتخاذ تصمیمات کلان مانند ایجاد شبکه جاده و جمعیت حیات وحش ساکن در منطقه در نظر گرفته شود. زیرا افزایش جمعیت بشری، نیاز فزاینده‌ای را به گسترش راه‌های حمل و نقل ایجاد می‌کند و این امر منجر به افزایش تعداد تصادفات حیات وحش با خودروهای عبوری گردد (Bruinderink and Hazebroek, 1996).

البته تاثیر جاده‌ها بر حیات وحش تنها به تصادفات جاده‌ای ختم نمی‌شود بلکه آثاری همانند تکه تکه شدن جمعیت‌های بزرگ و منزوی شدن جمعیت‌های کوچک و انقراض گونه‌ها (Litvaitis and Tash, 2008)، از بین رفتن تنوع ژنتیکی (با توجه به از بین رفتن یکپارچگی سیمای سرزمین) را باید به لیست آثار سوء جاده‌ها اضافه کرد. (همامی و همکاران، ۱۳۹۵). گوشتخواران به دنبال آنها و بعد از تصادف و کشته شدن حیوانات، پای لاشه‌خواران اعم از پرندگان و پستانداران و حشرات را برای تغذیه از لاشه حیوان تلف شده به جاده باز می‌کند (همامی و همکاران، ۱۳۹۵) (Barthelmess and Brooks, 2010; Slater, 2002; Ramp et al., 2006; Grilo et al., 2009).

در تلفات جاده‌ای کاربری اراضی مجاور جاده و دوری و نزدیکی به محل‌های سکونت انسان و حضور گونه‌ها از نظر تعداد هرگونه در فراوانی نوع حیوانات تلف شده موثر می‌باشد. زیرا گونه‌ها تحت تاثیر شرایط منطقه از نظر جستجو برای غذا و جفت اقدام به عبور از جاده‌ها می‌کنند. (Van Bommel et al., 2015).

در تمام کشورهای دنیا تصادف با جانوران مخصوصاً حیوانات متوسط و بزرگ جثه تلفاتی را نیز برای انسان و خسارات مالی برای خودروها و بیمه‌ها به جا می‌گذارد (Lagos et al., 2012). در سال ۲۰۰۳ یک و نیم میلیون برخورد در جاده‌های ایالات متحده با گوزن صورت گرفته که سبب مرگ ۱۵۰ انسان و یک و نیم میلیون گوزن دم سفید شده است (Curtis and Hedlund, 2005) (همامی و همکاران، ۱۳۹۵).

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر از نتایج مطالعات و تحقیقات میدانی صورت گرفته در مورد کاهش تلفات ناشی از تصادف حیات وحش با خودروها در جاده‌ها، با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر عبور و مرور در منطقه و ارائه راهکارهای مناسب جهت کاهش این برخوردها، استفاده شده است. علاوه بر این ما به بررسی تاثیر و نقش جاده‌ها بر افزایش یا کاهش فراوانی حیوانات نیز می‌پردازیم.

مطالعات زیادی، گونه‌های در معرض تلفات جاده‌ای را مورد بررسی رسمی قرار داده‌اند.

Richard et al. (2019) عنوان نمودند؛ مرگ و میر و جراحات ناشی از برخورد وسایل نقلیه جاده‌ها اثرات بسیار زیادی بر روی فراوانی جمعیت گونه‌های در معرض تصادف باقی می‌گذارند.

با این همه تعدادی از محققان بر این عقیده هستند که جاده‌ها برخلاف طعمه‌خواران که طعمه‌های ضعیف را برای شکار انتخاب می‌کنند، جانورانی که عموماً در شرایط جسمانی بهتری قرار دارند از جمعیت حذف می‌کنند (موسوی و همکاران، ۱۳۹۷).

نتایج و بحث

با توجه به اینکه تولیدمثل حیوانات بزرگ جثه همواره با مخاطراتی همراه می‌باشد، در غالب تحقیقات صورت گرفته، این دسته از جانوران بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند (Becker et al., 2011). ولی جانوران دیگری نیز در معرض تصادفات جاده‌ای قرار دارند. محققان نیز بر روی این دسته از جانوران تحقیقات انجام داده‌اند (Ramp et al., 2006; Grilo et al., 2009; Smith- patten and patten, 2008; Alves da Rosa and Bager, 2012; Knapp et al., 2013; Coelho et al., 2012).

بر روی حیواناتی مانند پستانداران کوچک جثه، خفاش‌ها، پرندگان، خزندگان و دوزیستان و حتی حشرات نیز مطالعاتی داشته‌اند (همامی و همکاران، ۱۳۹۵).

عسگری و همکاران (۱۴۰۰) و Bright et al. (2014) تعداد تردد و تغییر در تردد جانوران را بیشتر از تراکم جمعیت حیوانات عامل افزایش تلفات می‌دانند ولی در همین راستا Hosetti and Jagadeesh (2014) استنباط نموده است که نرخ پایین تردد با توجه به دادن حسن اعتماد به ورود جانوران به جاده‌ها، عاملی برای افزایش تصادف و تلفات جانداران باشد.

Jaeger et al. (2005) سه واکنش رفتاری را به جانوران در مواجهه با جاده‌ها نسبت دادند:

اجتناب از سطح جاده

اجتناب از انتشارات ترافیکی و مزاحمت‌های ایجاد شده توسط جاده (مانند صدا، نور، انتشار مواد شیمیایی)

توانایی حیوان برای خارج شدن از مسیر وسیله نقلیه "اجتناب از ماشین"

البته Jaeger et al. (2005) به این نتیجه رسیدند که اجتناب از سطح جاده درست است که از مرگ و میر حیوانات در جاده‌ها می‌کاهد ولی دسترسی این دسته از حیوانات زیستگاه‌ها و سایر منابع را کاهش می‌دهد و اجتناب کامل از جاده را به عنوان "اثر حصار" قلمداد نموده و آن را معادل مانع فیزیکی در نظر گرفته‌اند.

احداث جاده‌های متعدد (و بعضاً بدون نیاز مبرم) خود از عوامل ایجاد تکه تکه شدن زیستگاه می‌باشند. برای نمونه باید گفت: در پارک ملی خجیر، با توجه به وجود چندین ارگان و روستا بود جاده‌های متعدد احداث گردیده و این امر سبب تکه تکه شدن زیستگاه حیات وحش و ایجاد استرس و ناامنی برای حیات وحش شده است (دوره‌گر زواره و همکاران ۱۳۹۴). پارک‌های ملی جهت حفظ ذخایر ژنتیکی گونه‌های گیاهی و جانوری در مناطق طبیعی برجسته و با اهمیت ملی و بین‌المللی برای استفاده علمی آموزشی و تفریحی در نظر گرفته می‌شوند. یکی از مهمترین اهداف پارک‌های ملی حفظ شرایط طبیعی مناطق و از همه مهمتر حفظ بهره‌برداری‌ها و جلوگیری از هرگونه اشغال منطقه که بر موجودیت منطقه تاثیر منفی دارد، می‌باشد (صفیان بلداجی، ۱۳۸۰؛ دوره‌گر زواره و همکاران، ۱۳۹۴).

بحران‌های زیست محیطی اخیر سبب شده است که جمعیت بسیاری از گونه‌های مختلف حیات وحش به دلایلی همچون تخریب زیستگاه (مانند آشفتگی حاصل از عبور جاده‌ها از میان زیستگاه‌ها) و یا شکار بی‌رویه کاهش یابد از این رو شناخت

پارامترهای زیستگاهی که توسط یک گونه جانوری در یک منطقه انتخاب می‌گردد و تعیین زیستگاه مناسب مهم‌ترین فعالیت‌های زیست‌شناسی و حفاظتی حسوب می‌گردد (Trail, 2001). به‌نظر می‌رسد با توجه به نقش جاده‌ها در تکه تکه نمودن زیستگاه یا جانوران از جاده اجتناب می‌نمایند یا اینکه عبور آنها از جاده سبب ایجاد تلفاتی می‌گردد. در پارک ملی خجیر بنظر می‌رسد این روند از زاویه‌ای دیگر نیز قابل بررسی است زیرا ویژگی‌ها و واکنش‌های رفتاری حیوان با جاده‌ها، تعامل دارند تا بر فراوانی حیوانات تاثیر بگذارد. از آنجایی که حیوانات با دامنه حرکتی زیاد معمولاً نرخ تولید مثل پایینی دارند (مثلاً گوشتخواران بزرگ) نمی‌توانند به سرعت مرگ و میر بالاتر از طریق تولید مثل بیشتر جبران کنند، بنابراین مرگ و میر منجر به کاهش جمعیت می‌شود (Lenore and Rytwinski, 2009; Dickson and Beier, 2002). پارک ملی از مهمترین پارکهای ملی کشور است به مساحت ۹۱۸۹۵ هکتار بزرگترین و قدیمی ترین پارک ملی ثبت شده در کشور است. این پارک بین استان‌های گلستان ۶۵٪، خراسان شمالی ۳۰٪ و سمنان ۵ ٪ واقع شده و مدیریت آن با استان گلستان است (همامی و همکاران، ۱۳۹۵؛ کیابی و همکاران، ۱۳۷۲). ۵۵ کیلومتر مربع از مسیر بزرگراه تهران- مشهد از این پارک عبور کرده و این امر موجب شده پارک به دو قسمت شمال و جنوبی تقسیم گردد. به‌صورتیکه یک سوم پارک در قسمت جنوبی و دوسوم آن در منطقه شمالی قرار گرفته است. این پارک زیستگاه پستانداران بزرگی مانند پلنگ، خرس قهوه‌ای، گرگ، شغال، مرال، شوکا، گوسفند وحشی، بز وحشی، آهوی ایرانی و گراز و قوچ و میشل اوریال است. همچنین ۱۴۹ گونه پرنده و پستانداران ریز جثه و مارها و دوزیستان زیادی در آن زندگی می‌کنند و از نظر فلور و فون زیستگاهی منحصر به فرد در ایران به شمار می‌آید. با توجه به عبور جاده از میان این پارک تصادفات زیادی مخصوصاً تصادف گونه‌های بزرگ جثه مانند پلنگ و گراز گزارش شده است. همامی و همکاران (۱۳۹۵) با تقسیم‌بندی جانوران این پارک در ۷ گروه اقدام به ثبت تصادفات در بازه زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۴ نمودند که در این مدت ۵۸۸ تصادف گونه‌های جانوری را در این مسیر ثبت کردند که مربوط به ۳۳ گونه جانوری (بیست گونه پستاندار، ۱۱ گونه پرنده و ۲ گونه خزنده) بوده‌اند. البته واضح است که بعضی از گونه‌ها مانند مارها و مارمولک‌ها و قورباغه‌ها و حتی جوندگان ریز جثه، با توجه به متلاشی شدن یا مسطح شدن باقی مانده آنها و یا اینکه توسط لاشخوران به سرعت خورده می‌شوند در اینگونه آمارها نمود واقعی پیدا نکنند (Richard et al., 2019) با توجه به ثبت تلفات مشخص شد علفخواران بزرگ جثه، گوشتخواران متوسط جثه و پرندگان بیشتر از سایر گونه‌ها در معرض تلفات تصادفات جاده‌ای بوده‌اند. این نتایج تئوری موفقیت تعدادی از گونه‌ها خصوصاً گوشتخواران بزرگ جثه برای اجتناب از ماشین را تا حدودی به اثبات می‌رساند (Lenore and Rytwinski, 2009; Richard et al., 2019).

Whittington et al. (2005) در تحقیقی بیان داشتند، تغییر رفتار پرهیز از جاده و یادگرفتن عبور از جاده در برخی گوشتخواران بزرگ جثه گزارش شده است. (همامی و همکاران، ۱۳۹۵) اعلام نمودند که در پارک ملی گلستان میانگین تعداد تصادفات در ماه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداده است. البته این مورد در گونه‌هایی مانند گراز در فصول مختلف تفاوتهایی وجود داشت. برای گونه گراز در فصل بهار بیشترین تصادفات صورت گرفته و این امر می‌تواند بدلیل زایمان و پرورش نوزادان در گراز باشد. این فعالیت ممکن است خطر ناشی از تصادف را تشدید کرده و موجب افزایش مرگ و میر جاده‌ای در سم‌داران در تولید مثل باشد (همامی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Lagos et al., 2012). این نتایج نشان می‌دهد که پارکهای ملی نیز مخاطراتی برای حیات وحش و جانوران داشته باشد و بدین ترتیب پارکهای ملی و خصوصاً پارکهایی که جاده از میان آنها می‌گذرد، الزاماً مناطق امن برای حیوانات وحشی محسوب نمی‌شوند (همامی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Amet et al., 2002) و بسیاری از جانوران در این پارکها در اثر تصادف تلف می‌شوند.

در تحقیق دیگری که در کشور هندوستان انجام شده مرگ و میر جانوران در بزرگراه ملی ۷۲ و ۷۴ که از منطقه حفاظت شده در شمال هندوستان می‌گذرند مورد مطالعه قرار گرفته است. Joshi and DIXIT (2012) جمع‌آوری داده‌ها بین ژوئن ۲۰۰۹ تا مه ۲۰۱۱ انجام شده، تمام تلفات جاده‌ای ثبت شده و حتی تعدادی از لاشه‌ها که توسط لاشخورها و تغذیه کننده-های لاشه‌ها گرفته می‌شود. در این تحقیق تعدادی از حیوانات کشته شده که توسط لاشه‌خورها به بیرون از جاده برده شده بودند نیز شناسایی و ثبت شدند. این مطالعه محدود شده بر روی دوزیستان، خزندگان، پستانداران و پرندگان در ضمن بعضی از گزارشات توسط مسئولان جنگل و مردم محلی بدست آمد که محققین قبل از ثبت گزارش‌ها، آنها را بررسی نمودند. در مجموع ۳۵۲ فرد از ۳۹ گونه (۳ گونه دوزیست، ۹ گونه خزنده، ۱۸ گونه پستاندار و ۹ گونه پرنده) به صورت تلفات جاده‌ای یافت شد. در میان ۳۵۲ مرگ و میر گزارش شده ٪۳۸ شامل پرندگان، ٪۲۷ پستانداران، ٪۱۷ خزندگان و ٪۱۸ دوزیستان بود. تلفات در تمام ماه‌های سال وجود داشت ولی نرخ تلفات از الگوهای فصلی تبعیت می‌کرد. بیشترین فراوانی تلفات دوزیستان و خزندگان در ماه‌های ژوئن و سپتامبر (موسمی) و در پستاندار ماه‌های مارس تا ژوئن (خشکی) و پرندگان در طول زمستان و تابستان (دسامبر و ژانویه) مشاهده شد.

نکته بسیار مهمی بدست آمد، از این تحقیق این بود که افزایش شدت ترافیک در روز نسبت به شب تاثیر بسیار شگرفی در تلفات حیات وحش در جاده‌ها داشت، در مجموع پستانداران از جمله پلنگ، شغال، آهوی خالدار، گوزن پارس، خرگوش هندی، میمون زروس و دیگر پستانداران در طول شب به ویژه بعد از غروب و قبل از سحر تصادف نموده‌اند. یعنی با توجه به ترافیک شدید منطقه حیوانات به‌خصوص پستانداران، در طول روز به جاده نزدیک نشده‌اند. در عین حال نتایج نشان داد که ترافیک بزرگراه تنها عامل در میزان تصادفات نبوده، زیرا شدت ترافیک رفتار بسیاری از جانوران را تغییر داده، به‌صورتیکه حتی گونه‌ای از گوزن‌ها مجبور به استفاده از زیستگاه جایگزین شدند و عدم عبور از بزرگراه و اجتناب از جاده در بسیاری از گونه‌ها مشاهده شد.

در تحقیق دیگری که در کشور آمریکا بر روی تاثیر جاده‌ها بر جمعیت حیات وحش توسط هاردی و همکاران انجام شد (Yamashita et al., 2021) به خطر افتادن حیات وحش به‌لحاظ عبور جاده‌ها از میان زیستگاه آنها مورد توجه قرار گرفته است. امروزه در بسیاری از نقاط ایالات متحده آمریکا جاده‌ها مانعی جدی برای حفظ ارتباط اکولوژیکی و تهدیدی بسیار جدی برای تداوم نسل حیات وحش و جمعیت آنها هستند (Noss et al., 1996) جاده‌ها به طور قابل‌توجهی بر جمعیت حیات وحش تاثیر داشته‌اند (Gibbs and Steen, 2005).

پارکهای ملی در ایالات متحده دارای اهمیت فراوانی می‌باشند. در سال ۲۰۰۵ نزدیک به ۲۷۰ میلیون و در سالهای ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷، ۲۶۸ میلیون بازدید از این پارکها به عمل آمده است. از سال ۲۰۰۵، ۸۸۵۵ کیلومتر جاده آسفالته و ۷۲۴۵ کیلومتر جاده آسفالت نشده دسترسی عموم به پارکهای ملی را امکانپذیر نموده و توسط ایالتهای محلی نگهداری می‌شوند (National Park Service, 2003). از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۵، ۱۱۶ هزار تصادف خودرو با حیات وحش در پارکهای ملی ایالات متحده گزارش شده است. Kline and Swann (1989) طی تحقیقاتی اعلام کردند که افزایش ترافیک اتوبوس در جاده پارک دنالی حرکات گوزن کاریبو و خرس گریزلی را تحت تاثیر قرار داده است. Ament et al. (2008) به این نتیجه رسیده‌اند که پارکهای حیات وحش الزاماً از جمعیت گونه‌های جانوری حفاظت نمی‌کنند، بلکه می‌توانند خود عاملی برای افزایش نرخ مرگ و میر حیوانات وحشی در جاده‌های درون این پارکها باشند و اثرات قابل‌توجهی بر روی جمعیت‌های خاص (مثل گوزن‌ها) داشته باشند (Bangs et al., 1989).

Whittington et al. (2005) مطالعاتی در مورد اثرات جاده‌ها بر مرگ و میر حیات وحش و تکه تکه شدن زیستگاه جانوران انجام داده‌اند و در نهایت به این نتیجه رسیده‌اند که کاهش تلفات جاده‌ای با ایجاد تمهیداتی و راهکارهایی با بهره‌گیری از فناوری‌های مدرن امکان‌پذیر است، این راهکارها نسبت به خسارات ناشی از تصادفات بسیار کم هزینه‌تر هستند.

راهکارها

راهکارهایی برای کاستن از تلفات جانوران با خودروها با در نظر گرفتن مخاطرات عبور جاده از میان زیستگاه‌های حیات وحش ارائه شده است نباید از نظر دور داشت که جاده‌ها برای مقاصد اقتصادی اجتماعی و اکوتوریسم اهمیت بسزایی دارند.

۱. بهسازی اکولوژیکی

با بکارگیری بهسازی اکولوژیکی می‌توان اکوسیستمی که از حالت تعادل خارج گردیده را بهبود بخشید و پایدار نمود و این امر در حال حاضر به سرعت در سراسر دنیا در حال اجرا می‌باشد (Light and Higgs, 2008). دوره‌گر زواره و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که پارک ملی خجیر از جمله زیستگاه‌هایی است که انسان با فعالیت‌های تخریبی خود آن را به مرز نابودی کشانده و با توجه به این امر باید راهکارهایی برای بهسازی اکولوژیکی آن انجام شود تا این زیستگاه مجدداً بتواند حالت پایدار خود را بازیابی نماید.

۲. ساخت گذرگاه‌هایی برای عبور حیوانات

زیرگذرگاه‌ها مکان‌هایی برای عبور امن جانوران از زیر جاده می‌باشند. که این محل‌های عبور گاهاً به صورت خاص برای عبور حیوانات و همچنین گاهاً دو منظوره برای عبور آب و ماهی‌ها و همچنین حیوانات و دوزیستان، خزندگان در نظر گرفته می‌شوند و در حال حاضر انواع مختلفی با ابعاد کوچک تا بزرگ در زیرراه‌ها و در عرض آنها تعبیه شده‌اند (Walker and Baber, 2003).

Vink and Schröder (2021) در تحقیقی با موضوع کاهش تعداد گورکن‌ها در هلند و ارتباط آن با جاده‌ها ترافیک را علت اصلی مرگ و میر در میان گورکن‌های هلندی دانسته‌اند و ساخت گذرگاه‌های جدید و تعمیر و نگهداری گذرگاه‌های موجود را بهترین راهکار برای کاهش تلفات ناشی از تصادفات دانسته‌اند.

روگذرهای حیات وحش نیز که اصطلاحاً پل سبز یا مجراهای سازگار با محیط‌زیست نیز برای پستانداران بزرگتر طراحی و ساخته می‌شوندکه البته رفتارهای بسیاری از پستانداران در استفاده از روگذر یا زیرگذرها بسیار متفاوت می‌باشد (فورمن و همکاران، ۲۰۰۳). در کالیفرنیای جنوبی و سانفرانسیسکو نتایج قابل‌توجهی از ساخت گذرگاه‌های حیات وحش به دست آمد (Jacobson et al., 2016).

۳. کاستن از سرعت

سرعت بالای توموبیل‌ها همواره عاملی تشدید کننده برای تصادفات جاده‌ای بوده است. علائم جاده‌ها مبنی بر کاهش سرعت از محل‌های عبور حیوانات وحشی در آفریقای جنوبی و استرالیا از گذشته کاربرد فراوانی داشته‌اند (Huijser and McGowe, 2003) هر تصمیمی برای محدود کردن سرعت مجاز در ساعات شبانه در هر نقطه‌ای که لازم باشد می‌تواند به کاهش تلفات

ناشی از تصادفات کمک کند (Vink and Schröder (2021). علائم چشمک زن تابلوها و سرعت‌گیرها می‌توانند تعداد تصادفات جاده‌ای و تلفات جانوران را کاهش دهد ولی در تحقیقی مشخص گردید که ساکنان محلی بعد از مدتی نسبت به این علائم بی‌توجه می‌شدند و عملاً به آنها هیچ واکنشی نشان نمی‌دادند فقط گردشگران به این علائم توجه می‌نمودند (Grace et al., 2017).

۴. ممنوعیت حرکت در برخی از ساعات شبانه روز یا فصول سال

با توجه به کاهش دید رانندگان و تاثیر نور چراغ بر دید حیوانات در شب و کوری موقت برخی حیوانات در نور متمرکز، تلفات جاده‌ای جانوران در شب به صورت چشمگیری افزایش پیدا می‌کند (Joshi and DIXIT, 2012). همچنین در این تحقیق گفته شده؛ با توجه به اینکه جاده در روز ترافیک شدیدی را متحمل می‌شود، جانوران در طول روز اجتناب از جاده می‌نمایند ولی در شب و در هنگام عبور از جاده کشته می‌شوند زیرا توسط چراغ‌های جلوی اتومبیل‌ها عملاً کور می‌شوند (Baskara and Boominathan, 2010). مثلاً جغدها به‌عنوان پرندگان شکاری شب پرواز به تصادفات جاده‌ای حساس می‌باشند (همامی و همکاران، ۱۳۹۵).

در تحقیقی مشخص شد نور جاده‌ها بر توانایی گونه‌ها تاثیر منفی می‌گذارد. به‌نظر می‌رسید فعالیت خفاش‌ها در نزدیکی جاده‌ها کم باشد اما در یک مطالعه در فاصله ۱/۶ کیلومتری جاده‌ها این فعالیت‌ها ۳ برابر شد (Gaston et al., 2012). از طرفی نور بی‌مهرگان را جذب می‌کند و این امر سبب تلفات بیشتر آنها می‌شود (Berthinussen and Altringham, 2012).

بسیاری از تصادفات جانوران با ماشین در فصل یا ماه‌های خاصی از سال افزایش می‌یابد. مثلاً در گونه تشی در دو فصل پاییز و بهار بیشترین تصادف را داشته‌اند که این امر مربوط می‌شود به فعالیت زیاد این حیوانات در این دو فصل (Barthelmess and Brooks, 2010). گراز در فصل بهار هنگام پرورش نوزادان تردد بیشتری در جاده دارد که این امر سبب مرگ و میر ناشی از تصادف می‌گردد (Bruindernik and Hazebroke, 1996). با این وصف اعمال محدودیت‌هایی مانند کاهش سرعت یا منع تردد در فصول خاص می‌تواند راهکاری برای کاهش تصادفات جاده‌ای جانوران گردد.

۵. حصارکشی

حصارکشی برای کاهش تصادفات جاده‌ای پیشنهاد شده است (Rytwinski et al., 2016). البته حیوانات متعددی در آفریقا و آمریکا و سایر مناطق وجود دارند که براحتی می‌تواند از یک حصار ۲ متری پرش نمایند (Eloff et al., 2005). در ضمن در جاده‌های با حصارکشی طولانی توزیع تصادفات جاده‌ای را از حالت تصادفی خارج می‌کند و در یک کیلومتر انتهایی حصار تصادف بیشترین نرخ را داشته است (Clevenger et al., 2001).

یکی دیگر از ایرادهای حصارکشی هزینه اولیه زیاد آن است اما به طور کلی ۸۰ تا ۹۵ درصد تلفات پستانداران بزرگ را کاهش می‌دهد (Clevenger et al., 2001). پیشنهاد شده است، ترکیب حصارکشی با زیر گذر یا روگذر می‌تواند نواقص حصارکشی را کاهش می‌دهد (Huijser et al., 2007; Rytwinski et al., 2016).

نتیجه‌گیری

چاره‌ای جز ایجاد تعادل بین ترقی و پیشرفت و سعادت بشری همراه با حفظ و پایداری محیط زیست و حیات وحش نداریم. صرف نظر از آمار بالای تلفات حیوانات در تصادف با ماشین در اطراف مناطق مسکونی و باغ‌ها (عسگری و همکاران،۱۴۰۰؛ Vink and Schröder, 2021)، زیستگاه‌های جانوران در خارج از شهرها و روستاها نیز برای حیات وحش امن نمی‌باشند (Smith- Patten and Patten, 2008).

جنگل‌ها و پارک‌های ملی در سراسر دنیا از وجود جاده‌ها برای خدمات رسانی به عمق این مناطق، بهره‌برداری از آنها و خدمات اکوتوریسم و پایش بهره می‌برند (دوره‌گر زواره و همکاران، ۱۳۹۴؛ Ament et al., 2008). صرف نظر از اینکه جاده‌ها به درستی و براساس نیاز بشری طراحی و ساخته شده‌اند یا خیر، می‌توان با ارائه راهکارهایی از شدت و تعداد این برخوردها کاست محققین راهکارهای بسیار متعددی را پیشنهاد موده‌اند که تعدادی از آنها در این تحقیق بیان شد. مانند: ۱. بهسازی اکولوژیکی (Trabucchi et al., 2012) که هدف این راهکار به کارگیری تمهیداتی برای بازگرداندن محیط زیست به حالت قبل از تخریب می‌باشد. ۲. ساخت گذرگاه‌ها برای عبور حیوانات با هدف کاستن از برخورد با وسایل نقلیه که این امر با توجه به تحقیقات فراوانی که در مورد نوع و اندازه و مکان یابی به صورت موفق در بسیاری از کشورهای اروپایی و آمریکایی در حال اجرا بوده، نتایج خوبی را نیز در بر داشته است (Grace et al., 2017) (فورمن و همکاران، ۲۰۰۳). ۳. کاستن از سرعت خودروها با تابلوهای هوشمند و یا ایجاد موانع و کنترل و پایش دائمی آنها با دوربین (Huijser et al., 2007; Vink and Schröder, 2021; Grace et al., 2017). ۴. ممنوعیت تردد در برخی ساعات شبانه روز یا فصول خاصی از سال، بسیاری از تصادفات جاده‌ای در زمان کاهش ترافیک جاده در شب‌ها و در زمانی اتفاق می‌افتد. جانور با کاهش ترافیک با اطمینان از عدم حضور ماشین با خیال راحت پای به جاده می‌گذارد (Joshi and DIXIT, 2012؛ عسگری و همکاران،۱۴۰۰).

از طرفی نور جاده‌ها و چراغ اتومبیل‌ها نیز رفتار صحیح جانوران را تغییر داده و صرف نظر از ایجاد پدیده خیرگی، آنها را دچار سردرگمی در مسیریابی و کوری موقت می‌نمایند (Sauer,1958; Barthelmess and Brooks, 2010; Baskaran and Boominathan, 2010; Joshi and DIXIT, 2012). ۵. حصارکشی نیز یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش تصادفات می‌باشد که در بسیاری از بزرگراه‌ها انجام شده و نتایج نسبتا خوبی نیز داشته است (Rytwinski et al., 2016). ولی در عین حال دارای معایبی نیز می‌باشد که عبارتند از: الف: هزینه اولیه زیاد (Clevenger et al., 2001)، ب: بعضی از حیوانات قابلیت عبور از روی حصار ۲ متری و یا عبور از زیر آن را دارند (Eloff et al., 2005). ج: در یک کیلومتر انتهای این حصارها بیشترین نرخ تصادف دیده می‌شود و نرخ توزیع تصادف را از حالت تعادل خارج می‌کند (Clevenger et al., 2001). ولی با تمام این معایب نتایج نشان داده است که ترکیب حصارکشی با زیرگذر یا روگذر حیات وحش می‌تواند این نقایص را به حداقل برساند (Huijser et al., 2007; Rytwinski et al., 2016).

منابع

عسگری، م.، عبدی، الف.، علیزاده شعبانی، الف.، (۱۴۰۰). بررسی تلفات جادهای جانوران در حومه شهر (مطالعه موردی: کمربندی جنوبی شهر رباط کریم). فصلنامه علمی محیط زیست جانوری، سال ۱۳،۱.

همامی،م.ر.، سلیاری،ج.، اسمعیلی، س.، (۱۳۹۵). بررسی تنوع و الگوی تلفات جادهای حیات وحش در پارک ملی گلستان. پژوهشهای محیطزیست، سال ۷، شماره ۴۱، ۲۱۵- ۲۲۴.

دوره‌گر زواره،ر.، فاخران اصفهانی،س.، سفیانیان،ع.، همامی، م.ر.، (۱۳۹۴). شناسایی معیارهای مورد نیاز جهت الویت‌بندی بهسازی اکولوژیکی (مطالعه موردی: پارک ملی خجیر)، فصلنامه علمی پژوهشی محیط‌زیست جانوری، ۸ (۱).

صفیان بلداجی، پ.، (۱۳۸۰). پویایی‌شناسی جمعیت قوچ و میش البرز مرکزی (*Ovis orientalis orientalis*) در پارک ملی خجیر. پایان نامه ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

موسوی،س.م.،کاظمی،الف.، پورسینا،م.، (۱۳۹۷). تلفات جاده‌ای گوشتخواران با تاکید بر تلفات جاده‌ای یوزپلنگ و پلنگ در ایران، فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۴۵.

فورمن،ر.، اسپرلینگ،د.، بیسونت،ج.، کِلِونجر،الف.،کاتشال،ک.، دِیل، لنور فهریگ،و.، فرانس،ر.، گولدمن،چ.، هینو،ک.، جونز،ج.، سوانسون،ف.، تورنتین،ت.، و وینتر،ت.، (۲۰۰۳). سازمان جهاددانشگاهی تهران.

Amet, R., Clevenger, A, P., Yu, O., Hardy, A., (2008). An assessment of road impacts on wildlife populations in U.S. National Parks. Environmental Management. 42, 480-496.

Angelsen, A. and Kaimowitz, D., (1999). Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. The world bank research observer 14 (1): 73-98.

Coffin, A. W., (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads.Journal of Transport Geography. 15, 396–406.

Richard, W., Dean, J., Colleen, L., Seymour, Grant, S., Joseph, Stefan, H., Foord. (2019). A Review of the Impacts of Roads on Wildlife in Semi-Arid Regions. Diversity, 11, 81.

Vink, H., Schröder, J., (2021). Decline of the number of occupied badger (Meles meles) setts in the Veluwe region (the Netherlands) and its possible causes Vink and Schrder / Lutra 64 (1): 5-18.

Litvaitis, J. A., Tash, J. P. (2008). An approach toward understanding wildlife-vehicle collisions. Environmental Management. 42, 688–697.

Barthelmess, E, L., Brooks, M, S. (2010). The influence of body-size and diet on roadkill trends in mammals. Biodiversity Conservation. 19, 1611-1629.

Slater, F. M., (2002). An assessment of wildlife road causalities – the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. Web Ecology. 3, 33- 42.

Ramp, D., Wilson, V, K., Crof, D, B., (2006). Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. Biological Conservation. 129, 48 –359.

Grilo, C., Bissonette, J. A., Santos-Reis, M. (2009). Spatial– temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. 142, 301–313.

Van Bommel, F., Vreugdenhil, S., La Haye, M., (2015). (eds.). De Das. KNNV, Zeist, the Netherlands.Van

Clevenger, A. P., Chruszcz, B. and Gunson, K, E. (2003). Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. Biological Conservation. 109, 15–26.

Lagos, L., Picos, J. and Valero, E. (2012). Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. European Journal of Wildlife Researches. 58, 661-668.

Curtis, P. D. and Hedlund, J. H. (2005). Reducing deer-vehicle crashes. Wildlife damage management fact sheet series. Cornell Cooperative Extension. Ithaca. NY: Cornell University.

Roedenbeck, I. A., L. Fahrig, C. S. Findlay, J. E. Houlahan, J. A. G. Jaeger, N. Klar, S. Kramer- Schadt, and E. A. Van der Grift. (2007). The Rauischholzhausen agenda for road ecology. Ecology and Society 12(1): 11. [online] URL: http: //www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art11/.

Lenore Fahrig and Trina Rytwinski. (2009). Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis, Ecology and Society 14(1): 21, http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/

Smith-Patten, B. D., Patten, M. A. (2008). Diversity, Seasonality, and Context of Mammalian Roadkills in the Southern Great Plains the Southern Great Plains. Environmental Management. 41, 844–852.

Clevenger, A. P., Chruszcz, B., Gunson, K. E., (2001). Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. Wildlife Society Bulletin. 29, 646–653.

Alves da Rosa, C., Bager, A., (2012). Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. Journal of Environmental Management. 97, 1-5.

Knapp, M., Saska, P., Knappova, J., Vonicka, P., Moravec, P., Kurka, A., Andel, P., (2013). The habitat-specific effects of highway proximity on ground-dwelling arthropods: Implications for biodiversity conservation. Biological Conservation. 164, 22–29.

Coelho, I. P., Teixeira, F. Z., Colombo, P., Coelho, A. V. P., Kindel, A., (2012). Journal of Environmental Management.112, 17-26.

Bright, P.W., Balmforth, Z., Macpherson, J.L., (2014). The effect of changes in traffic flow on mammal road kill counts, Applied Ecology and Environmental Research. Vol. 13, No. 1, pp: 171-179.

Jaeger, J. A. G., Bowman, J., Brennan, J., Fahrig, L., Bert, D., Bouchard, J. , Charbonneau, N. , Frank, K., Gruber, B., Tluk von Toschanowitz. K., (2005). Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. Ecological Modeling 185:329–348.

Dickson, B. G., Beier. P., (2002). Home-range and habitat selection by adult cougars in southern California. Journal of Wildlife Management 66:1235–1245.

Whittington, J. St., Clair, C. C., Mercer, G., (2005). Spatial responses of wolves to roads and trails in mountain valleys. Ecological Applications. 15, 543-553.

Kline, N.C., Swann. D.E. (1998). Quantifying wildlife road mortality in Saguaro National Park. Pages 23-31 in: Evink, G., P. Garrett, D. Zeigler, and J. Berry (eds.), Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation. FL-ER-69-98. Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida.

National Park Service. (2003). National Park Service accomplishments on alternative transportation. Alternative Transportation Program.

Bangs, E.E., Bailey, T.N., Portner, M.F., (1989). Survival rates of adult female moose on the Kenai Peninsula, Alaska. Journal of Wildlife Management 53:557-563.

Rytwinski, T., Soanes, K., Jaeger, J.A.G., Fahrig, L., Findlay, C.S., Houlahan, J., Van der Ree, R.,Van der Grift, E.A.(2016). How e_ective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. PLoS ONE, 11, e0166941.

Eloff, P.J., Van Niekerk, A., (2005). Game, fences and motor vehicle accidents: Spatial patterns in the Eastern Cape. S. Afr. J. Wildl. Res., 35, 125–130.

Huijser, M.P., McGowen, P.T., (2003), Overview of animal detection and animal warning systems in North America and Europe. In Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation, Lake Placid, NY,USA, 24–29.

Grace, M.K., Smith, D.J., Noss, R.F. (2017). Reducing the threat of wildlife-vehicle collisions during peak tourism periods using a Roadside Animal Detection System, 109, 55–61.

Gaston, K.J., Davies, T.W., Bennie, J., Hopkins, J., (2012). Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: Options and developments, 49, 1256–1266.

Sauer, E.G.F., (1958). Celestial navigation by birds, Sci, 199, 42–47.

Walker, G., Baber, J.A., (2003). Wildlife use and interactions with structures constructed το μινιμιze vehicle collisions and animal mortality along state road 46, lake county florida, Florida Department of Environmental Protection Division of Recreation and Parks Wekiva River Basin State Parks 1800 Wekiwa Circle Apopka, FL 32712 (407) 884-2006.

Jacobson, S.L., Bliss-Ketchum, L.L., de Rivera, C.E., Smith, W.P., (2016). A behavior-based framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume. Ecosphere 7 (4), e01345.

Baskaran, N., Boominathan, D., (2010). Road kill of animals by highway traffic in the tropical forests of Mudumalai Tiger Reserve, southern India. Journal of Threatened Taxa, 2(3), pp. 753-759.

Berthinussen, A., Altringham, J. (2012).The e_ect of a major road on bat activity and diversity. J. Appl. Ecol, 49, 82–89.

Trabucchi, M., Ntshotsho, P., O'Farrell, P. and Comín, F.A., (2012). Ecosystem service trends in basin-scale restoration initiatives: A review. Journal of environmental management. Vol. 111, pp: 18-23.

Noss, R.F., Quigley, H.B., Hornocker, M.G., Merrill, T., Paquet. P.C., (1996).Conservation biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains. Conservation Biology 10:949-963.

Light, A. and Higgs, E.S., (2008). The politics of ecological restoration. Environmental Ethics. Vol. 18, No. 3, 227-247.

Investigating appropriate solutions to reduce animal casualties on roads

A. Babaei Ahmadabad*

- Ph.D. student in Forest Science and Engineering, Civil Engineering and Exploitation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

Abstract

Improving the quality of life of modern humans is not possible without considering the role of roads. However, at the same time, roads have endangered the lives of wildlife and animals. By fragmenting habitats and reducing the diversity of species and gene losses from road traffic, roads also reduce the number of species by reducing habitat. In addition to reducing the facilities of animal habitats, crossings of animal habitats also fragment the habitats and animals cross the road surface to find food and search, which causes accidents and, as a result, casualties. for animals and material and human losses. The behavior of animals in dealing with the road (including avoiding the road, avoiding cars and ignoring the road and crossing it) has also been studied and the results of this research are presented in this article. The study conducted in Iran, India and the United States of America, the Netherlands and other parts of the world have been examined. The results showed that animals on the road show three different behaviors, species that cross the road without paying attention to the dangers of the road and sometimes learn to cross it. These species are more susceptible to accidents than other animals. The second group avoids the road, but as their habitat shrinks, the population becomes isolated and is at risk in terms of species diversity and reduced food or mates. The third group is a group that avoids cars. The behavior of this group is also affected by information such as high speed of cars at night or during hours when this group confidently sets foot on the road. By examining the negative effects of roads, ways to reduce accidents and fatalities from them are predicted, which have been examined in this study, which include: ecological improvement, creating wildlife crossings, reducing car speeds. Traffic restrictions at certain times and seasons, fencing, each of these solutions shows positive and negative results in research, each with its own adVantages and disadVantages. The research conducted is mentioned.

Keywords: Crude restriction, Animals, Genetic diversity, Fencing, Forest roads.

*Corresponding author Tel: +98 9123605625 Email: ali.babaei.ahmad@ut.ac.ir

مروری بر ششمین دوره آماربرداری سراسری جنگل‌های هیرکانی (سال ۱۴۰۲)

ساسان وفایی*

- کارشناس دفتر جنگلداری و امور بهره‌برداری، معاونت جنگل، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، تهران، ایران.

چکیده

آماربرداری دوره‌ای جنگل یک عملیات منظم ده ساله است که با هدف ارزیابی وضعیت بوم‌سازگان‌های جنگلی صورت می‌گیرد. دوره اخیر یا به عبارت دقیق‌تر دوره ششم آماربرداری سراسری جنگل‌های هیرکانی در سال ۱۴۰۲ توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور به اتمام رسیده است. اساس آماربرداری دوره ششم بر پایه آماربرداری دوره پنجم (۱۳۸۴) شکل یافته است، اما در این دوره بنابر تحولات جهانی صورت‌گرفته در مفاهیم، اهداف، راهبردهای مختلف ارزیابی توده‌های جنگلی، روش‌ها و امکانات، ضمن ارتقاء اهداف دوره‌های پیشین، اجزاء کامل‌تری از بوم‌سازگان بررسی شده و تحلیل‌ها در چارچوب دستورالعمل‌های جهانی صورت گرفته است. به دیگر عبارت، در این دوره هدف از بررسی کمی و کیفی به ارزیابی پایداری، بررسی روند آن و نیز ارزیابی آسیب‌پذیری این جنگل‌ها تغییریافته است. علاوه بر تغییر در نوع و تعداد متغیرهای دوره پنجم، در این دوره استفاده از فناوری روز و ایجاد پایگاه داده، سامانه برخط و اپلکیشن جهت انجام کلیه مراحل آماربرداری مدنظر بوده است. در این راستا تعداد ۲۹۱۲ قطعه نمونه با توزیع در کل گستره جنگل‌های هیرکانی (آستارا تا گلیداغی) و بر مبنای شبکه ۵ ×۱ کیلومتر (همان شبکه دوره پنجم) برداشت شده است. نتایج جامع و کامل و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و ارزیابی پایداری جنگل‌های هیرکانی در بهار ۱۴۰۴ منتشر خواهد گردید.

واژگان کلیدی: آماربرداری سراسری، جنگل هیرکانی، قطعه نمونه ثابت، ارزیابی پایداری.

مقدمه

داده‌های آماری جنگل منبع اطلاعات اولیه برای مدیریت جنگل است. آماربرداری جنگل‌ها به‌منظور بررسی موقعیت، ترکیب و توزیع منابع جنگلی و مقادیر نسبی آن‌ها در یک منطقه مشخص انجام می‌شود. آماربرداری جنگل برای استخراج اطلاعات برای ارزیابی منابع مورد نیاز است که تصمیمات مدیریتی را در سطوح مختلف، مانند برنامه‌های برداشت و توسعه استراتژی‌ها را ممکن سازد (Wulder, 2004).

تاریخچه آماربرداری در جنگل، براساس چندین قرن تلاش و ارزیابی‌های مختلف از سطوح محلی تا ملی و بین‌المللی شکل گرفته است. آماربرداری‌های اولیه که عمدتاً به قرون وسطی بر می‌گردد که بر تخمین منابع چوبی درختان به دلیل کمبود چوب، متمرکز بوده است (Zwng et al., 2015). در اواخر قرن هجدهم، به دلیل نگرانی در مورد کمبود چوب در اروپا، روش بررسی و آماربرداری از درختان شکل گرفت که غالباً حجم و پراکندگی درختان را در جنگل‌ها از طریق روش‌های بصری

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۸۳۷۹۷۶۴۷ ایمیل: sasan.vafaei@gmail.com

تخمین می‌زدند (Knoke et al., 2021). با پیشرفت علم در قرن نوزدهم، تکنیک‌های اندازه‌گیری نیز بهبود یافت و روابط جدیدی بین قطر، ارتفاع و حجم درخت کشف شد که امکان ارزیابی دقیق‌تر جنگل‌ها را فراهم کرد. در اواخر قرن نوزدهم، روش‌های سیستماتیک و مبتنی بر نمونه‌گیری آماری شامل میانگین‌های آماری و تکنیک‌های و دستگاه‌های اندازه‌گیری پیچیده‌تر پیاده‌سازی شدند. در اوایل قرن بیستم شاهد به رسمیت یافتن روش‌های علمی آماربرداری جنگل بودیم و کشورهایی مانند فنلاند و ایالات‌متحده آماربرداری جنگل‌های ملی را آغاز کردند (اخوان، ۱۳۹۹؛ زبیری، ۱۳۸۱).

همانطور که گفته شد، مدیران جنگل تقریباً دو قرن است که به‌طور رسمی اطلاعات مربوط به منابع جنگلی را جمع‌آوری می‌کنند. در همین راستا و نیاز به اطلاعات روزافزون، آماربرداری‌های سراسری در داخل کشور نیز به موازات مطالعات بین‌المللی انجام گرفته است.

آماربرداری جنگل در ایران

در سال ۱۳۰۳ با آغاز فعالیت تشکیلات متولی بر جنگل‌ها، شناسایی و ارزیابی خصیصه و ویژگی اکولوژیکی و اقتصادی جنگلها به‌ویژه وضعیت کمی (حدود و ثغور و وسعت) و وضعیت کیفی (ساختار کیفی جنگل‌ها) مورد توجه مسئولین بوده است صرفنظر از مطالعات انفرادی و موردی که توسط اساتید و کارشناسان در اوان فعالیت تشکیلات جنگلبانی مانند مطالعه و انتشار نشریه‌ای موسوم به شمه‌ای در باره جنگل‌های ایران که شادروان استاد فقید دکتر کریم ساعی در سال ۱۳۲۱ انجام گرفته، مطالعات شناسایی جنگل‌های شمال کشور از ابعاد کمی و کیفی تاکنون به شرح جدول ۱ و توضیحات زیر بوده است (کتابچه دوره پنجم آماربرداری سراسری، ۱۳۸۶):

۱ - نخستین مطالعه در سال ۱۳۳۷ توسط یک شرکت آمریکائی به سرپرستی دکتر راجرز و با همکاری کارشناسان ایرانی آغاز شد. این گروه جنگل‌های شمال کشور را (به‌استثنای شمال تالش) به ۱۸ واحد تقسیم و با اندازه‌گیری ۷۵۳ قطعه نمونه زمینی (هر قطعه نمونه به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع) و ۸۳۱۰ قطعه نمونه روی عکس هوایی نتایج حاصل از ساختار کیفی را به سطح کل جنگل‌ها تعمیم داده اند.

۲- دومین مطالعه در سال ۱۳۵۳ توسط شرکت یاکوپری و همکاری کارشناسان ایرانی انجام گرفت محدوده مطالعه از آستارا تا گلیداغی را پوشش می‌داد. در این دوره کل منطقه به ۵۷۳ بلوک (۵×۵) کیلومتر تقسیم شد و از این تعداد ۱۵۸ بلوک به طور تصادفی انتخاب و در هر بلوک از ۲۵۰ پلات که برروی ۵ لاین قرار گرفت. دو لاین انتخاب و هشت پلات بر روی دو لاین برداشت شد به عبارت دیگر تعداد کل پلات‌های برداشت شده ۱۲۶۴ قطعه نمونه غیرثابت بود.

۳- سومین مطالعه در سال ۱۳۶۴ از جانب دفتر فنی جنگلداری تحت عنوان طرح جامع مقدماتی جنگل‌های شمال کشور مشتمل بر آماربرداری از تعداد ۱۵۰۰۰ قطعه نمونه زمینی غیر ثابت (وسعت هر قطعه نمونه ۱۰۰۰ مترمربع) بر روی شبکه ۲۵۰×۵۰۰۰ متر و مطالعات اجتماعی و اقتصادی به طور صددرصد (سرشماری) و مطالعات پایه شامل هوا و اقلیم، زمین‌شناسی و خاکشناسی بوده که نتایج مطالعات مشتمل بر ۱۰۳ حوضه آبخیز در سال ۱۳۶۹ انتشار یافته است. لازم به ذکر است که در این مطالعات تحولی عظیم شکل گرفت و آن هم پیاده‌سازی شبکه آماربرداری براساس تقاطع شبکه utm طراحی گردید که تا به امروز مرجع آماربرداری‌های دوره‌ای بوده است.

۴- چهارمین مطالعه در سال ۱۳۷۵ توسط دفتر فنی جنگلداری آغاز شد و نتایج آن که متکی بر اندازه‌گیری حدود ۵۰۰۰ قطعه نمونه (وسعت هر قطعه نمونه ۱۰۰۰ مترمربع) ثابت در شبکه‌ای به ابعاد ۱۰۰۰×۵۰۰۰ متر بوده به طور سیستماتیک بر روی شبکه UTM طراحی شد لیکن دسترسی به قطعات نمونه با استفاده از قطب‌نمای سنتو، ارتفاع‌سنج و پیمایش بر

روی خطوط شبکه به وسیله طناب ۲۵ متری با تصحیح شیب انجام پذیرفته است. در این دوره اطلاعات متنوعی گردآوری‌شده که علاوه بر درختان سرپا بررسی اندازه‌گیری درختان افتاده را نیز شامل می‌شود.

۵- پنجمین مطالعه ادواری در سال ۱۳۸۴ موسوم به زیر پروژه ارزیابی کیفی جنگل‌های شمال کشور در قالب پروژه تهیه و تجدیدنظر طرح‌های جنگلداری از طرح جامع صیانت از جنگل‌های شمال کشور انجام گردید. به‌دلیل مضایق اعتباری و کمبود امکانات تعهد سال ۱۳۸۴ به تعویق افتاده و در سال ۸۵ این مطالعه برای کل جنگل‌های شمال کشور با تکمیل و تدوین دستورالعمل در بخش‌های سه‌گانه مبانی شبکه‌بندی، راهنمای تکمیل فرم آماربرداری (نمونه‌برداری) تجزیه‌وتحلیل داده‌های صحرائی، انتخاب مشاورین در چارچوب ضوابط موضوع آیین نامه ارجاع کار با مشاورین از جانب اداره کل منابع طبیعی چهارگانه شمال کشور از نیمه دوم سال آغاز گردید. پس از خاتمه عملیات صحرائی و تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری نتایج مطالعات منتشر گردید.

۶- مطالعه اخیر (۱۴۰۲) که ششمین مطالعه ادواری بوده است با بازنگری و تکمیل دستورالعمل‌های قبلی به‌ویژه دستورالعمل مربوط به ششمین دوره در سال ۱۳۸۴ می‌باشد که توسط کارشناسان دفتر جنگلداری و امور بهره‌برداری با رفع نارسائی‌های قبلی و لحاظ نمودن دیدگاه‌های فنی کارشناسان، امکانات جدید و همچنین با تأکید مدیران بنا به خواست و نیازمندی‌های روز اصلاح و تهیه شده است.

جدول ۱- خلاصه آماربرداریهای سراسری صورت گرفته در جنگل‌های هیرکانی

سال	دوره	چارچوب نمونه‌برداری	تعداد نمونه	نوع آماربرداری
۱۳۳۷	اول	نمونه‌برداری دواشکوبه	۷۵۳	نمونه‌های (زمینی) دائمی
۱۳۵۲	ناتمام	نمونه‌برداری تک‌اشکوبه	-	بازیابی نمونه‌های ۱۳۳۷
۱۳۵۳	دوم	نمونه‌برداری چندمرحله‌ای	۱۲۶۴	نمونه‌های غیر دائمی
۱۳۶۴	سوم	تصادفی سیستماتیک (۲۵۰×۵۰۰۰ متر)	۱۵۰۰۰	نمونه‌های دائمی
۱۳۷۳	چهارم	تصادفی سیستماتیک (۱۰۰۰×۵۰۰۰ متر)	۵۰۰۰	نمونه‌های دائمی
۱۳۸۴	پنجم	تصادفی سیستماتیک (۱۰۰۰×۵۰۰۰ متر)	۲۹۱۱	نمونه‌های دائمی
۱۴۰۲	ششم	تصادفی سیستماتیک (۱۰۰۰×۵۰۰۰ متر)	۲۹۱۲	نمونه‌های دائمی

اهمیت دوره ششم آماربرداری

اهداف

تغییر در نیازمندی‌های اطلاعاتی به دلیل تغییر در اهداف مدیریتی نیز به نوبه خود لزوم داشتن مدیریت انعطاف پذیر و پویا برای ذخیره و به‌کارگیری اطلاعات و پایگاه داده‌ها را افزایش می‌دهد؛ بنابراین از اهداف اصلی آماربرداری در این دوره، جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های آماری در راستای ارتقاء بینش‌های علمی و فنی مدیریت پایدار جنگل است. بعلاوه در دوره اخیر (سال ۱۴۰۲) که دوره ششم آماربرداری سراسری (کلان) جنگل‌های هیرکانی است تحت بازبینی اساسی قرار گرفته است. در این دوره هدف از بررسی کمی و کیفی به ارزیابی پایداری، بررسی روند آن و نیز ارزیابی آسیب‌پذیری این جنگل‌ها تغییر یافته است. به عبارت کامل‌تر، هدف آماربرداری دوره حاضر پایش روند پایداری و آسیب‌پذیری جنگل‌های شمال به

تفکیک حوزه آبخیز به منظور اعمال اصلاحات در سیاست‌ها و برنامه‌ها از طریق دستیابی به آخرین آمار و اطلاعات مرتبط با شاخص‌های کمی و کیفی مدیریت پایدار جنگل است (مصوبه شورای عالی جنگل، ۱۳۹۶).

در این دوره بنابر تحولات جهانی صورت گرفته در مفاهیم، اهداف، راهبردهای مختلف ارزیابی توده‌های جنگلی، روش‌ها و امکانات، ضمن ارتقاء اهداف پیشین، اجزاء کامل تری از بوم سازگان بررسی شده است و تحلیل‌ها در چارچوب دستورالعمل‌های جهانی صورت گرفته است.

شاخص‌ها و معیارها

پس از برگزاری کنفرانس سازمان ملل در خصوص محیطزیست و توسعه در سال ۱۹۹۲، معیارها و شاخص‌های متعددی برای ارزیابی پایدار جنگل توسط گروه‌های مختلف بین‌المللی معرفی شده است.

از آنجا که در سال‌های اخیر، سیاست و برنامه‌های سازمان جهت تهیه طرح برای جنگل‌های هیرکانی براساس مدیریت مبتنی بر پایداری بوم سازگان جنگل می‌باشد، در این دوره سعی شده ، متغیرهای مورد اندازه‌گیری قرار گیرند (همانند وضعیت کیفی درختان، پوشش کف جنگل، قارچ، خزه، آفات و بیماری و...) که بیانگر موقعیت کنونی جنگل در راستای پایداری باشد.

برای این هدف منابع متعددی بررسی گردید که بیشتر آنها هم‌پوشانی بسیار زیادی داشتند. برای تعیین معیارها و شاخص‌های ارزیابی پایداری جنگل‌های هیرکانی، مهم‌ترین منابع مورداستفاده به شرح جدول ۲ و توضیحات زیر است.

- دستورالعمل پایش و ارزشیابی طرح‌های مدیریت منابع طبیعی و آبخیزداری (نشریه ۵۰۵) برای بوم‌سازگان‌های جنگل‌های هیرکانی، ۱۳۸۸
- جنگلداری پایدار (مدیریت پایدار جنگل) در منطقه خاور نزدیک
- Forest Sustainability Assessment, 2015 (The Montréal Process)
- مصوبه هیئت‌وزیران در جلسه مورخ ۱۳۹۲/۹/۲۷ بنا به پیشنهاد شماره ۰۲۰/۳۲۸۵۰ مورخ ۱۳۹۱/۱۰/۲۱ وزارت جهاد کشاورزی
- Forest Resources Assessment, 2015 (FRA)

جدول ۲- مقایسه ۵ معیار از معیارهای هفت‌گانه براساس دستورالعمل‌های مختلف در داخل و خارج از کشور

Forest Sustainability Assessment (The Montréal Process)	جنگلداری پایدار (مدیریت پایدارجنگل) در منطقه خاور نزدیک	Forest Resources Assessment 2015 (FRA)	نشریه ۵۰۵ دستورالعمل پایش و ارزشیابی طرح‌های مدیریت منابع طبیعی و آبخیزداری	مصوبه هیأت وزیران در جلسه مورخ ۱۳۹۲/۹/۲۷
معیار ۱: حفاظت از تنوع زیستی معیار ۲: حفظ تنوع زیستی در اراضی جنگلی معیار۳:. حفظ سلامت و زنده‌مانی اکوسیستم معیار ۴: حفاظت و نگهداری منابع آب و خاک معیار ۵: حفظ سهم جنگل در چرخه جهانی کربن	معیار ۱: وسعت (مساحت) منابع جنگلی معیار ۲: نگهداری توان تولیدی اکوسیستم جنگل معیار ۳: سلامت، شادابی و جامعیت (Integrity) معیار ۴: ظرفیت تولیدی و نقش‌های (Function) جنگل معیار ۵: نقش حفاظتی و زیست محیطی	معیار ۱. گستره منابع جنگلی و ویژگی‌های جنگل معیار ۲. تولید جنگل معیار ۳. کارکردهای حفاظتی خدمات اکوسیستمی معیار ۴. حفظ تنوع زیستی معیار ۵. آشفتگی و زوال جنگل	معیار ۱: گستره منابع جنگلی معیار ۲: حفظ تنوع زیستی در اراضی جنگلی معیار ۳: سلامت و شادابی جنگل معیار ۴: کارکرد تولیدی منابع جنگلی معیار۵: کارکرد حفاظتی منابع جنگلی	معیار ۱: وسعت (مساحت جنگل‌ها) معیار ۳: حفاظت از تنوع زیستی در جنگل‌ها معیار ۴: ظرفیت تولیدی جنگل معیار ۵: نقش و کارکردهای جنگل در چرخه جهانی اکولوژیک معیار ۶: نقش جنگل‌ها در حفاظت از آب و خاک و ارزش‌های زیست محیطی

در مجموع نشریه ۵۰۵ مرجع بهتری برای تنظیم معیارها و شاخص‌هاست که شاخص‌ها و معیارها را برای جنگل‌های هیرکانی کشور تنظیم کرده است، اما کامل نیست و تکمیل آن با استفاده از دیگر منابع صورت گرفت.

با توجه به مطالب گفته شده، معیارهای تنظیم شده برای ارزیابی پایداری جنگل‌های هیرکانی شامل پنج گروه به شرح زیر ۱-گستره منابع جنگل ۲- حفظ تنوع زیستی در جنگل‌ها و اراضی جنگلی ۳- سلامت، شادابی و جامعیت ۴-ظرفیت تولیدی جنگل ۵- نقش جنگل‌ها در حفاظت از آب‌وخاک و ۶- ارزش‌های زیست‌محیطی تعیین شده است. این معیارها در مجموع با ۳۹ شاخص ارزیابی می‌شوند که در ضمیمه ۱ آمده است.

استفاده از فنآوری روز (سامانه محور)

از دیگر نکات شاخص مطالعات این دوره، استفاده از تکنولوژی روز و انجام کلیه فرآیند آماربرداری به‌صورت الکترونیکی و بر پایه سامانه و اپلیکیشن است. با توجه به حجم بسیار زیاد داده‌ها در آماربرداری سراسری (۲۹۱۱ قطعه نمونه، حدود ۳۰ هزار جدول مشاهدات، ۱۲۴ متغیر، ۵۸۲۲ تصویر و ثبت مسیر حرکت آماربردار) و فرآیند پایش، نظارت و ورود و کنترل اطلاعات، نیاز به یک تشکیلات منسجم تحت یک سامانه بسیار ضروری می‌باشد که خوشبختانه در دوره ششم، سامانه‌ای جهت انجام هرچه بهتر مطالعات این دوره ایجاد شد که شامل ۳ بخش بنیادی زیر می‌باشد:

۱- فرم پلات (اپلیکیشن آندرویدی): به‌منظور حذف استفاده از کاغذ، دست کم ۳۰،۰۰۰ برگ A4، افزایش سرعت ثبت داده‌ها، دریافت و ارسال آنلاین اطلاعات با بخش مدیریت، کاهش خطاهای ثبت و ضبط اطلاعات، جلوگیری از دوباره کاری تایپ و رقومی کردن داده‌ها، نظارت نرم‌افزاری بر صحت برداشت داده‌ها، اپلیکیشنی اندرویدی با خصوصیات دریافت و ارسال داده‌ها به صورت آنلاین، قابلیت استفاده به‌صورت آفلاین و جست‌وجوی مراکز قطعات نمونه دوره قبل، طراحی گردید.

۲- پنل مدیریتی تحت وب: به‌منظور مدیریت پروژه آماربرداری، یک رابط کاربری مابین پلیکان برداشت و پایگاه داده، به منظور تعریف گروه‌های آماربرداری و نظارت، انتساب نمونه‌ها به گروه‌ها، پایش مکانی و زمانی نمونه‌های برداشت شده، تأیید اولیه یا عدم تأیید پلات‌های برداشت شده، ایجاد شد.

۳- پایگاه داده برای جمع‌آوری، ذخیره و پشتیبان‌گیری: پایگاه داده یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین منابع یک سازمان به شمار می‌رود و توانایی سازمان‌دهی، پردازش و مدیریت اطلاعات را به شکل ساختار یافته و کنترل شده را در خود دارد. با توسعه روش‌ها و علوم و نیز جدیت بیشتر در برداشت، مدیریت و پردازش این داده‌ها در دوره ششم، داده‌هایی برداشت شده در چارچوب یک دیتابیس منظم ذخیره گردیده است.

گروه آماربرداری متخصص

از نکات مهم آماربرداری این دوره، انجام پروژه به صورت امانی و با تکیه بر نیروهای سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، بوده است. به این منظور گروه‌های آماربرداری شامل سه نفر کارشناس متخصص و مرتبط با جنگل تشکیل شده است. در دوره‌های قبل تنها وجود یک متخصص یا مهندس جنگل با دو تکنیسین و یا نیروی کارگری ماهر کافی بوده است، اما در این دوره حضور دو مهندس جنگل به همراه یک مهندس از علوم مرتبط با جنگل، مدنظر قرار گرفته است.

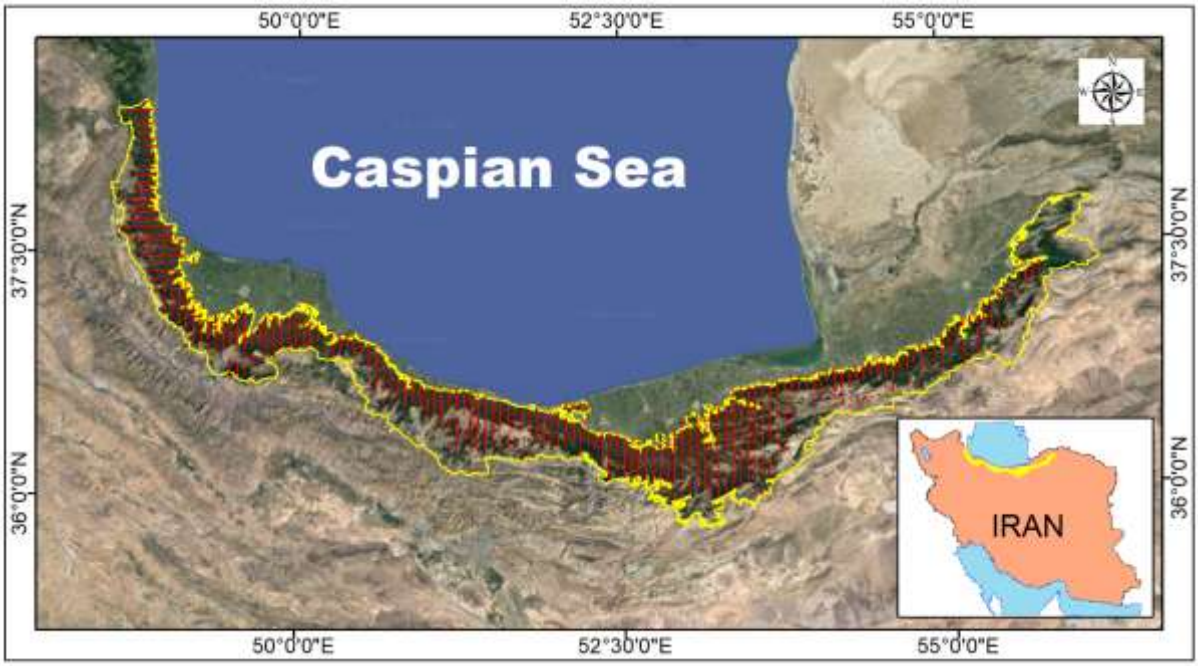
آموزش تخصصی گروه‌های آماربرداری

به دلیل تخصصی‌تر شدن آماربرداری در مؤلفه‌های خاک، توده، قارچ، خزه، پوشش کف جنگل، آفات و بیماری، آمار و اندازه‌گیری، نرم‌افزار، مدیریت سامانه آموزش‌های تخصصی توسط اساتید دانشگاه در چندین مرحله انجام گرفت که تاکنون سابقه نداشته است. آموزش‌ها در سه سطح نرم‌افزاری، آمار و اندازه‌گیری و شناسایی ویژگی‌ها و عناصر جنگلی و آفات و بیماری به طور تخصصی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مطالعات دوره ششم، شامل جنگل‌های نیم‌رخ شمالی رشته کوه البرز در کرانه جنوب دریلی خزر از آستارا تا گلیداغی بوده که غالباً جنگل‌های هیرکانی را در برگرفته است. این جنگل‌ها بین طول شرقی ۴۸/۵۳۳۰ تا ۵۶/۲۰۲۲ و عرض شمالی ۳۵/۸۰۸۱ تا ۳۸/۴۴۸۲ در ۱۰۴ حوضه آبخیز (حوضه آبخیز شماره ۱ تا ۱۰۴) قرار دارد. شکل ۱، محدوده مورد مطالعه و مراکز قطعات نمونه را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- گستره جنگل‌های هیرکانی آماربرداری شده و شبکه قطعات نمونه طراحی شده

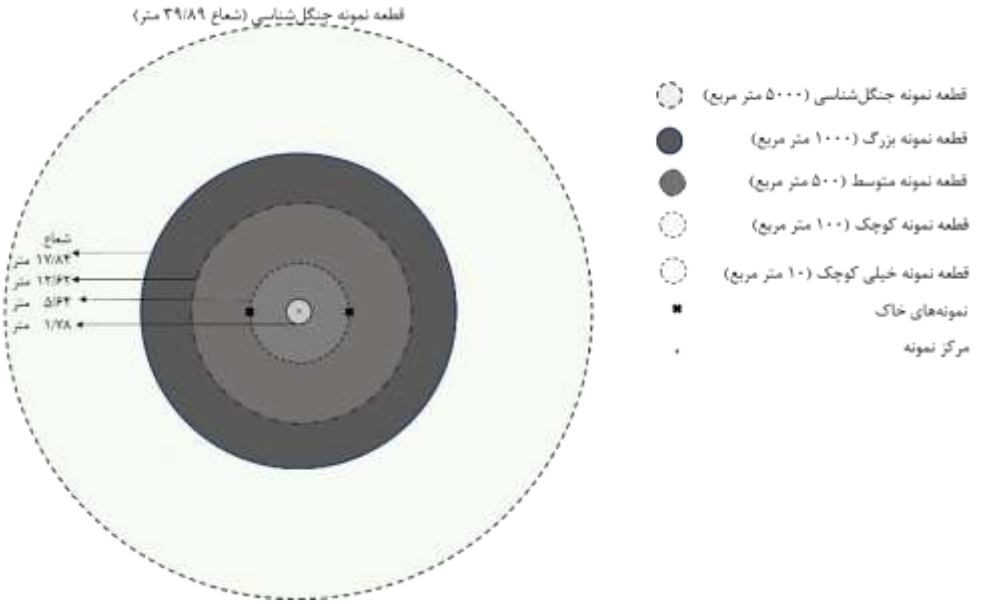
روش کار

شبکه نمونه‌برداری

اساس شبکه نمونه‌برداری در این دوره همان شبکه دوره قبل (پنجم) است. چراکه تغییر شبکه منجر به کم‌ارزش شدن کلیه داده‌ها، تلاش‌ها، هزینه‌ها و در یک کلام ارزش‌های آماربرداری ملی به عنوان یک سرمایه ملی خواهد شد. بنابراین با حفظ ساختار قبلی شبکه، در دوره ششم آماربرداری به همان صورت سیستماتیک تصادفی برداشت شد (شکل ۱). لازم به ذکر است در دوره پنجم شبکه‌ای با ابعاد ۵۰۰۰×۱۰۰۰ متر طراحی گردید. این شبکه در واقع همان شبکه ۵۰۰۰×۲۵۰ متری دوره چهارم بود که به دلایلی تنک گردید و به‌جای کلیه قطعه نمونه‌های بر روی لاین‌ها، فقط قطعه نمونه‌های واقع در محل‌های تقاطع خطوط UTM نقشه‌های ۱: ۲۵۰۰۰ برای اندازه‌گیری مجدد انتخاب شد. در این طراحی، براساس قرارداد، خطوط با فواصل ۵۰۰۰ متر به عنوان خطوط شبکه (لاین) در نظر گرفته شد و قطعه نمونه‌ها بر روی خطوط شبکه از یکدیگر ۱۰۰۰ متر فاصله دارند.

قطعات نمونه

قطعه نمونه دوره ششم (۱۴۰۲) با اندکی اصلاحات براساس قطعه نمونه دوره پنجم طراحی شده است. در این نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری اجزاء مختلف توده جنگل از قطعه نمونه‌های هم‌مرکز دایره‌ای مطابق شکل ۲ استفاده شد. شعاع نمونه که عبارت است از فاصله نقطه مرکز نمونه تا مرز قطعه نمونه به ترتیب برای قطعه نمونه جنگلشناسی، قطعه نمونه بزرگ، متوسط، کوچک و خیلی کوچک برابر ۳۸/۸۹، ۱۷/۸۴، ۱۲/۶۲، ۵/۶۴ و ۱/۷۸ متر (افقی) است.



شکل ۲- طرح شماتیک قطعه نمونه دائمی دوره ششم آماربرداری جنگل‌های هیرکانی

بازیابی مرکز قطعات نمونه دوره پنجم

برای یافتن مرکز قطعه نمونه‌های اندازه‌گیری شده در دوره قبل پس از آن که توسط دستگاه GPS مرکز پلات موقعیت یابی شد به جست‌وجوی رنگ یا هر گونه علامت مربوط به علامتگذاری دوره قبل پرداخته شده است. شایان ذکر است تنها درصورتی‌که فاصله و آزیموت درختان دوره قبل در طبیعت توجیه شده باشد، پلات به‌صورت قابل بازیابی برداشت شده است، در اینصورت اقدام به برداشت پلات جدید شده است. به علاوه در هر قطعه نمونه، قطعه آلومینیومی که محکم در زمین کوبیده شده علامتگذاری شده است.

متغیرهای مورد اندازه‌گیری

در دوره پیش رو بسیار تلاش شده است تا در حد امکان ضمن انطباق کامل شبکه نمونه‌برداری با دوره پنجم، کلیه متغیرهای مورد اندازه‌گیری به‌گونه‌ای چارچوب‌بندی شوند که امکان مقایسه دو دوره و بررسی تغییرات پایداری جنگل میسر باشد. ضمیمه ۲ لیست متغیرهای اندازه‌گیری شده را در دو دوره پنجم و ششم ارایه می‌دهد. لازم به ذکر است در دوره‌های پیشین حدود ۸۰ متغیر اندازه‌گیری شده که بیشتر با هدف اقتصادی نمودن جنگل‌ها با تمرکز بر میزان برداشت چوب و معطوف به درختان بوده است، اما در این دوره با بازبینی‌های دوره‌های قبل و اهداف مطالعاتی جدید، بیش از ۱۲۰ متغیر برداشت و اندازه‌گیری شده است.

برداشت قطعات نمونه

به منظور برداشت قطعات نمونه، ابتدا فرم پلات قطعات نمونه (با کد مشخص) از طریق سامانه مدیریتی به گروه‌های آماربرداری (نرم‌افزار اندرویدی) ارسال و در ادامه پس از دانلود آن، به‌صورت آفلاین اقدام به ثبت اطلاعات قطعات نمونه شده است. نهایتاً بعد از تکمیل اطلاعات و برداشت متغیرها، فرمت پلات‌ها مجدداً به سرور ارسال شده است.

نظارت بر فرایند آماربرداری

در تمامی آماربرداری‌های ملی در کشورهای مختلف جهان، رکن اعتبار دهی به مشاهدات برای ایجاد قابلیت اتکا، تعمیم دهی و برنامه‌ریزی براساس مطالعات جمع‌آوری‌شده، فرایندهایی است که کیفیت آماربرداری را تضمین نمایند. به‌علاوه کلیه داده‌ها و مشاهدات که ثبت شده است، یک میراث ملی و حتی جهانی است. بنابراین اندازه‌گیری و ثبت چنین داده‌هایی علاوه بر دقت آماربرداری نیاز به نظارت پیوسته و جامع داشته است. نظارت این دوره در سه سطح، شامل کنترل اولیه کیفی پایگاه داده‌ها توسط کاربر سامانه و نظارت عملیات صحرایی توسط تیم‌های نظارت در بخش ستادی (دفتر جنگلداری و امور بهره‌برداری) و نظارت عالی انجام شده است. نظارت بخش ستادی شامل ۱۰ درصد نمونه‌ها و نظارت عالی مشتمل بر یک درصد نمونه‌ها بوده است.

نتایج

نظر به اینکه عملیات صحرایی آماربرداری در تاریخ آذرماه سال ۱۴۰۲ به اتمام رسیده است و حاصل آن حدود ۳/۵ میلیون رکورد داده در رابطه با کمیت و کیفیت جنگل‌های هیرکانی به ثبت رسیده است. اما آنالیز نمونه‌های خاک (توسط مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور) در دست اقدام است و نتایج آن تا انتهای سال ۱۴۰۳ آماده خواهد شد. بنابراین گزارش جامع و جزئی ششمین دوره آماربرداری سراسری در ابتدای سال ۱۴۰۴ انتشار خواهد یافت.

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات تمامی دست اندرکاران پروژه آماربرداری سراسری جنگل‌های هیرکانی به شرح زیر تقدیر و تشکر می‌شود:

آقایان دکتر علی نوبخت (رئیس وقت سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری)، نقی شعبانیان (معاون جنگل سازمان)، محمدعلی فخاری (مدیرکل دفتر جنگلداری و امور بهره‌برداری)، ناظرین عالی و ستادی: هرمز سهرابی (هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس)، رامین منصور سمائی، غلامرضا هادیزاده، روزبه صادق کوهستانی، مسعود محسن پور، احمد جلالیان و آماربردران: علی شهردمی، آرمان مریدپور، مسعود دلفان آذری، مهدی موسی نژاد، ساعد بابائی نژاد، حسین داج لری، احمد وریج کاظمی، نیما اذعانی، حمیدرضا سلیمی پور، احمد اسحاقی، شعیب مرزبان، مجید چوبداری عمران، محمد افشین، کامبیز براری، سید مهدی مختاری سنگدهی، محمدرضا برجی، علی قاسمی، حسن علایی، سیدعلی میرمحمدی سنگدهی، سهیل امیدواری، روح‌الله فلاح نژاد رستاقی، عمار حیرتی، سیدمحسن حبیب‌زاده درزیکلایی، محمد درزی بورخانی، مهدی یوسفی، شیرزاد گرایی، وحید مقیمی، مصطفی رویان، سید احمد مطیعی، بهمن کریمی، میلاد نصیری، آریان امیدوار، فرشید آقایاری، میلاد پوراحمد، سید اکبر موسوی، منصور پورامین، صادق نور محمدی، مجتبی جلالی، طیب قربانی، آرمین محمد قلی پور،

محمدعلی قلندری، علی محبوب، قربان مرادی، موسی عرب کوهسار، رسول خاندوزی، علی آشکارکلایی، جواد نکویی، محمدرضا نوری و مراد چوگان.

منابع

اخوان، رضا.، (۱۳۹۹)، انواع روش‌های آماربرداری در جنگل، مجله ترویجی حفاظت و بهره‌برداری جنگل‌های هیرکانی، دوره ۲، شماره ۱، ۳-۱۸.

بی نام، (۱۳۸۶)، کتابچه آماربرداری دوره پنجم جنگل‌های شمال کشور، دفتر جنگلداری و امور بهره‌برداری، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری

زبیری، م.، (۱۳۸۱)، زیست‌سنجی جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۱ ص.

Knoke, T. and Kindu, M. and Schneider, T. and Gobakken, T. (2021). Inventory of Forest Attributes to Support the Integration of Non-Provisioning Ecosystem Services and Biodiversity into Forest Planning—from Collecting Data to Providing Information. Current Forestry Reports. Vol 7, 38–58. https://doi.org/10.1007/s40725-021-00138-7

Wulder, M. A. (2004). RESOURCE ASSESSMENT | GIS and Remote Sensing. Encyclopedia of Forest Sciences, 997–1001. doi:10.1016/b0-12-145160-7/00161-7

Zeng, W. and Tomppo, E. and Healey, S.P. (2015). The national forest inventory in China: history - results - international context. Forest Ecosystems. Vol. 2. No. 23. https://doi.org/10.1186/s40663-015-0047-2

ضمیمه ۱: جدول معیارها و شاخص‌ها

جدول ۲- مرجع داده‌های مورد نیاز برای محاسبه معیارها و شاخص‌های منتخب برای آماربرداری و تهیه گزارش پایداری و آسیب‌شناسی

قابل محاسبه براساس:			
معیارها و شاخص‌ها	**آماربرداری دوره ششم**	**داده‌های موجود در سازمان**	**تصاویر ماهواره‌ای**
معیار ۱. گستره منابع جنگلی (حفظ، احیا، توسعه)			
۱-۱. گستره جنگل‌ها و دیگر اراضی جنگلی		*	*
۱-۲. مساحت جنگل‌های طبیعی		*	*
۱-۳Reforestation( ). مساحت جنگل‌های احیا شده		*	
۱-۴Afforestation( ). مساحت جنگل‌کاری‌ها		*	*
۱-۵. مساحت جنگل زدایی		*	*
معیار ۲. حفظ تنوع زیستی در جنگل‌ها و اراضی جنگلی			
۲-۱ درصد جنگل طبیعی	*	*	*
۲-۲ وسعت ذخیره‌گاه‌های جنگلی		*	
۲-۳ وسعت جنگل‌های تحت مدیریت حفاظتی		*	
۲-۴ وسعت جنگل‌های آمیخته	*	*	
۲-۵ تکه تکه شدن جنگل		*	*

۲-۶ تنوع رویشگاه‌ها، تیپ‌ها و ساختارهای جنگلی	*		
۲-۷ تنوع گونه‌های گیاهی	*		
۲-۸ تعداد گونه‌های گیاهی در معرض انقراض	*		
۲-۹ اکوسیستم‌های جنگلی نادر		*	
۲-۱۰ مساحت تحت تاثیر گونه‌های مهاجم	*	*	
۲-۱۱ حجم خشکه دارها	*		
معیار ۳: سلامت، شادابی و جامعیت (Integrity)			
۳-۱ مساحت و درصد اراضی جنگلی تحت تاثیر فرآیندهای غیر زیستی		*	
۳-۱-۱ مساحت و درصد آتش سوزی		*	
۳-۱-۲ تعداد دفعات آتش سوزی			
۳-۲ مساحت و درصد اراضی جنگلی تحت تاثیر فرآیندهای زیستی	*		
۳-۲-۱ زادآوری طبیعی سالم	*		
۳-۲-۲ چرای دام در جنگل	*		
۳-۲-۳ رقابت گونه‌های غیر بومی	*		
۳-۲-۴ مساحتی از جنگل که تاج پوشش کاهش یافته است			
۳-۲-۵ مساحت خسارت ناشی از شیوع حشرات، بیماری‌ها			
معیار ۴ـ ظرفیت تولیدی جنگل			
۴-۱ مساحت و درصد جنگل‌های تولیدی	*		
۴-۲ میزان رویش سالانه جنگل بر حسب گونه‌ها و طبقات قطری	*		
۴-۳ میزان برداشت چوب	*	*	
۴-۴ حجم ده گونه درختی اصلی	*		
۴-۵ زی‌توده روی زمین	*		
۴-۶ زی‌توده زیرزمین	*		
معیار ۵. نقش جنگل‌ها در حفاظت از آب و خاک و ارزش‌های زیست محیطی			

۵-۱ مقدار کربن اندوخته و شار کربن			
۵-۱-۱ چوب مرده	*		
۵-۱-۲ کربن اندوخته در روی زمین	*		
۵-۱-۳ کربن اندوخته در زیرزمین	*		
۵-۱-۳ کربن اندوخته در چوب‌های مرده	*		
۵-۱-۴ کربن لاشبرگ	*		
۵-۱-۵ کربن خاک	*		
۵-۲ حفاظت خاک	*		
۵-۲-۱درصد بیرون زدگی سنگ مادر			
۵-۲-۲ میزان فشردگی خاک	*		
۵-۲-۳ میزان زهکش خاک	*		
۵-۲-۴ میزان فرسایش خاک	*		

ضمیمه ۲: متغیرهای مورد اندازه‌گیری

جدول ۳- متغیرهای مورد اندازه‌گیری در دوره پنجم و ششم آماربرداری سراسری جنگل‌های هیرکانی

	دوره پنجم		دوره ششم	
بخش	توضیحات	متغیرها	توضیحات	متغیرها
روش ارزیابی	پایش کمی و کیفی جنگل	کمیت جنگل کیفیت جنگل	پایش پایداری جنگل	معیار ۱) گستره منابع جنگلی (۵ شاخص) معیار ۲) حفظ تنوع‌زیستی در جنگل‌ها و اراضی جنگلی (۱۱ شاخص) معیار ۳) سلامت، شادابی و جامعیت (۷ شاخص) معیار ۴) ظرفیت تولیدی جنگل (۶ شاخص) معیار ۵) نقش جنگل‌ها در حفاظت از آب و خاک و ارزش‌های زیست‌محیطی (۱۰ شاخص)
شبکه	تصادفی سیستماتیک	۵×۱ کیلومتر	تصادفی سیستماتیک	۵×۱ کیلومتر
	شناسه نمونه		شناسه نمونه	
	UTM زون		UTM زون	
	طول جغرافیایی (x)		طول جغرافیایی (x)	
	عرض جغرافیایی (y)		عرض جغرافیایی (y)	
	-		شناسه گروه آماربردار	
	تاریخ آماربرداری		تاریخ نمونه‌برداری	
	-		دسترسی به نمونه	۱) قابل دسترس ۲) مرکز در محدوده پرخطر ۳) نبود مسیر دسترسی ۴) مرکز نمونه در مناطق ممنوعه
مشخصات رویشگاه و توده	-		قدمت نمونه	۱) نمونه قبلی قابل بازیابی ۲) نمونه قبلی غیر قابل بازیابی ۳) نمونه جدید
	کد وضعیت پلات	۰) پلات‌های دارای درخت با قطر بیشتر از ۱۲،۵ سانتیمتر	وضعیت قطعه نمونه	۱) جنگل طبیعی دارای درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر ۲) جنگل طبیعی فاقد درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر ۳) جنگل دست‌کاشت دارای درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر ۴) جنگل دست‌کاشت فاقد درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر

		۱) جنگلکاری ۲) باغات و حاشیه روستا ۳) مرتع ۴) بیشه زار ۵) اراضی خالی داخل جنگل ۶) حفاظتی ۷) کلیه درختان دارای قطر کمتر از ۱۲,۵ سانتی‌متر ۸) قطعات شاهد		۵) اراضی خالی داخل جنگل ۶) اراضی جنگلی – تاسیسات (کریدور برق، کانال آب، کریدور تله کابین، کریدور چوبکشی هوایی، مسیر خط لوله گاز و ...) ۷) بیشه‌زار ۸) مرتع ۹) دام‌سرا ۱۰) سایر (مسکونی، زراعی، کشاورزی، پهنه آبی) ۱۱) حفاظتی
	زمان شروع آماربرداری			زمان شروع نمونه‌برداری
	زمان پایان آماربرداری			زمان پایان نمونه‌برداری
	شیب نمونه			شیب نمونه
	جهت جغرافیایی نمونه			جهت جغرافیایی نمونه
	ارتفاع مرکز نمونه از سطح دریا			ارتفاع مرکز نمونه از سطح دریا
	شعاع قطعه نمونه بزرگ			شعاع قطعه نمونه بزرگ
	-			شعاع قطعه نمونه متوسط
	-			شعاع قطعه نمونه کوچک
	-			شعاع قطعه نمونه خیلی کوچک
	عمق خاک	۱) سطحی ۲) متوسط ۳) عمیق	عمق خاک	۱) سطحی ۲) متوسط ۳) عمیق
	زهکشی خاک	۱) خوب ۲) متوسط ۳) بد ۳	زهکشی خاک	۱) بدون زهکشی ۲) زهکشی ضعیف ۳) زهکشی متوسط ۴) زهکشی مناسب
	-	-	میزان پوشش لاشبرگ	۱) پوشش محدود ۲) پوشش کم ۳) پوشش متوسط ۴)پوشش زیاد
	وضعیت لاشبرگ	۱) خام ۲) پوسیده	وضعیت تجزیه لاشبرگ	۱) لاشبرگ خام ۲) لاشبرگ پوسیده
	ضخامت لاشبرگ	۱) نازک ۲) متوسط ۳) ضخیم	ضخامت لاشبرگ	۱) نازک ۲) متوسط ۳) ضخیم
	بیرون‌زدگی سنگ مادر	۱) سنگ ریزه ۲) تخته سنگ	بیرون‌زدگی سنگ مادر	۱) بدون بیرون زدگی ۲) وجود بیرون زدگی
	درصد تاج پوشش درختان	برآورد چشمی درصد تاج پوشش	درصد تاج پوشش درختان	F1-F6طبقات تاج پوشش تعریف شده توسط سازمان:
	نوع جنگل	۱) تولیدی ۲) احیائی ۳) حمایتی ۴) حفاظتی	نوع جنگل	۱) تولیدی ۲) احیائی ۳) حمایتی ۴) حفاظتی

	گونه اصلی تیپ	-	گونه اصلی تیپ	-
	گونه اصلی دوم تیپ	-	گونه اصلی دوم تیپ	-
	گونه همراه تیپ	-	گونه همراه تیپ	-
	گونه همراه دوم تیپ	-	گونه همراه دوم تیپ	-
	روش جنگلداری	۱) دانه زاد ۲) دانه و شاخه زاد ۳) شاخه زاد	فرم پرورشی جنگل	۱) دانه زاد ۲) دانه و شاخه زاد ۳) شاخه زاد ۴) شاخه و دانه زاد
	-	-	مراحل توالی توده	۱) مرحله اولیه ۲) مرحله بینابینی ۳) مرحله اپتیمال ۴) مرحله پیری و تخریب
	-	-	میزان پوشش ساقه درختان توسط خزه و گلسنگ	۱) پوشش ناچیز ۲) پوشش محدود ۳) پوشش متوسط ۴) پوشش چشم‌گیر ۵) پوشش کامل
	وضعیت زادآوری	۱) خوب ۲) متوسط ۳) ضعیف ۴) ندارد	وضعیت زادآوری	۰)زادآوری ندارد ۱) کم ۲) متوسط ۳) زیاد
	-	-	نوع زادآوری	۱) طبیعی ۲) مصنوعی ۳) طبیعی و مصنوعی
	مهم‌ترین مانع زادآوری	۱) نبود درختان مادری ۲) انبوهی پوشش کف ۳) لاشبرگ خام ۴) انبوهی درختچه‌ها ۵) زهکشی نامناسب ۶) انبوهی تاج پوشش ۷) چرای دام ۸) فشردگی خاک	مهم‌ترین علت عدم استقرار تجدید حیات	۱) نبود درختان مادری ۲) انبوهی پوشش کف ۳) لاشبرگ خام ۴) تراکم درختچه‌ها ۵) زهکشی نامناسب ۶) چرای دام ۷) فشردگی و کوبیدگی خاک۸) بهم خوردگی عرصه ۹) بیرون زدگی سنگ مادری و ضخامت کم هوموس خاک
زادآوری	شمارش تعداد در نمونه ۱۰۰ متر مربعی	گونه	شمارش نهال و نونهال و شل در قطعه نمونه ۱۰ متر مربعی و خال و تیرک در قطعه نمونه ۱۰۰ مربعی متر	گونه درختی
		تعداد نهال و نونهال		تعداد نهال و نونهال (دانه زاد و شاخه زاد)
		تعداد شل		(دانه زاد و شاخه زاد) تعداد شل
		تعداد خال		(دانه زاد و شاخه زاد) تعداد خال
		تعداد تیرک		(دانه زاد و شاخه زاد) تعداد تیرک

پوشش کف	۳ گونه	-	شناسایی و برآورد پوشش در قطعه نمونه کوچک	گونه گیاهی کف
				درصد پوشش
درختچه‌ها	۳ گونه	-	شناسایی و برآورد پوشش در قطعه نمونه متوسط	گونه درختچه‌ای و بالارونده
				درصد پوشش
ارزیابی کمی درختان	اندازه‌گیری قطر کلیه درختان در نمونه قطعه نمونه کوچک و درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در قطعه نمونه بزرگ			
-	-		وضعیت بازیابی درخت	۱) بازیابی درخت ۲) درخت افتاده ۳) برداشت مجاز ۴) برداشت غیر مجاز ۵) علت نبود قابل تشخیص نیست ۶) درخت وارد حد اندازه‌گیری شده است ۷) درخت در دوره قبل ثبت نشده است ۸) عدم بازیابی
-	شماره درخت			شماره درخت
	-			شماره انشعاب
	گونه درختی			گونه درختی
	فاصله تا ساقه درخت			فاصله تا مرکز ساقه درخت
	آزیموت ساقه درخت			آزیموت ساقه درخت
	قطر برابر سینه			قطر برابر سینه
ارزیابی کیفی درختان	-		وضعیت استقرار	۱) قائم ۲) کج ۳) خمیده ۴) افتاده
	-		وضعیت حیاتی	۱) درخت سالم ۲) تاج با آسیب مخنصر ۳) تاج آسیب دیده ۴) تاج با آسیب شدید ۵) تاج از بین رفته ۶) فاقد تاج ۷) ساقه تاقص ۸) کنده یا کمی بلندتر باقیمانده
	-		نحوه افتادن درخت افتاده	۱) ریشه کن ۲) شکسته
	-		علت افتادن درختان	۱) باد و طوفان ۲)آذرخش یا رعد و برق ۳) حرکت زمین ۴) دیرزیستی درخت ۵) دخالت‌های انسانی
	-		وضعیت پوسیدگی درختان افتاده	۱) درخت بتازگی افتاده ۲) ساقه کاملا سالم ۳) وجود علائم پوسیدگی در امتداد ساقه ۴) بیشتر ساقه و پوست پوسیده ۵) ساقه کاملا پوسیده و بدون قابلیت جابجایی
	-		تقارن تاج	۰) متقارن ۱) نامتقارن
	فرم ظاهری تنه		فرم ساقه	۱) عادی ۲) غیرعادی
	کیفیت تنه درختان چوب‌ده		کیفیت تنه درختان چوب‌ده	۱) درجه یک ۲) درجه دو ۳) درجه سه ۴) درجه چهار
			موقعیت درخت در اشکوب‌بندی	۱) غالب ۲) هم غالب ۳) درختان میانی ۴) درختان مغلوب ۵) غیرقابل بیان
درختان شاهد	دو نزدیک‌ترین و قطور ترین	ارتفاع درخت	دو نزدیک ترین و قطورترین پایه از هر گونه از بین درختان اندازه‌گیری شده و واجد شرایط (صاف و قائم)	ارتفاع درخت
		دید بن		دید بن
		دید نوک		دید نوک
		فاصله شیب‌دار		فاصله شیب‌دار

		زاویه شیب		زاویه شیب
		-		ارتفاع تاج
		-		دید قاعده تاج
		-		تاج قطر شمالی-جنوبی
		-		تاج قطر شرق-غربی
پسماندهای چوبی	درختان افتاده	گونه	قطعه نمونه کوچک (۵/۶۴) برای پسماند کوچک قطع هنمونه بزرگ بزرگ (۱۷/۸۴) برای پسماند بزرگ	شماره قطعه چوبی
		شماره		گونه
		قطر		قطر سر بزرگ قطعه چوبی
		وضعیت: پوسیده، چوبده		قطر سرکوچک قطعه چوبی
		علت افتادن: ریشه کن، شکسته		طول قطعه چوبی
				وضعیت پوسیدگی قطعه چوبی
خزه‌ها	-	-	کمربند ۳۰ سانتی‌متری	گونه
				درصد پوشش
قارچ‌ها	-	-	قطعه نمونه کوچک	گونه
				تعداد
نوع و شدت آسیب‌های رویشگاه و توده جنگلی	فرسایش خاک	۱) سطحی ۲) شیاری ۳) گلی و خندقی ۴) ندارد	فرسایش خاک	۰) ندارد ۱) سطحی ۲) شیاری ۳) خندقی
	وجود حرکت زمین	۱) ریزش ۲) لغزش ۳) رانش ۴) دولین ۵) روانه گل	حرکت زمین	۰) ندارد ۱) ریزش ۲) لغزش ۳) رانش ۴) دولین ۵) روانه گل
	چرای دام	۱) شدید ۲) متوسط ۳) ضعیف ۴) ندارد	اثرات تخریبی حضور دام و دامدار	۰) ندارد ۱) ضعیف ۲) متوسط ۳) شدید
	آثار کوره ذغال	۱) وجود کوره ۲) نبود کوره	آثار کوره ذغال	۰) نبود کوره ۱) وجود کوره
	-	-	آثار قاچاق چوب	۰) مشاهده نشد ۱) مشاهده شد
	وضعیت جنگل	۱) نرمال ۲) متوسط ۳) غیر نرمال	وضعیت دست‌خوردگی جنگل	۰) دست‌نخورده ۱) دست‌خوردگی ملایم ۲) شدیدا دست‌خورده
	-		بادافتادگی توده	۰) مشاهده نشد ۱) بادافتادگی ملایم ۲) بادافتادگی شدید
	-	-	وجود آتش سوزی	۰) بدون آتش سوزی ۱) آتش سوزی قدیمی ۲) آتش سوزی جدید
		-	نوع آتش سوزی	۱) سطحی ۲) تنه‌ای ۳) تاجی
	-	-	شدت آتش سوزی	۱) کم ۲) متوسط ۳) شدید
	-	-	علل آسیب	دخالت‌های انسانی غیر مجاز (۲) ۱) عوامل ۳) دخالت‌های انسانی مجاز

				محیطی (خشکی، سیل و سیلاب ، لغزش و رانش، باد و طوفان و ...) گونه‌های مهاجم ۵) آفات و بیماری‌ها ۴) گیاهی گونه‌های جانوری ۶)
آسیب و بیماری درخت	-	-	-	از بین رفتن پوست ساقه
	-	-	-	وجود شکاف در ساقه
	-	-	-	وجود شانکر
	-	-	-	خشکیدگی سرشاخه‌ها
	-	-	-	کت زنی
	-	-	-	بیماری
	-	-	-	وجود دارواش
	-		-	وجود داردوست
آفت و بیماری	-		قطعه نمونه بزرگ	حضور آفت (تخم)
	-			حضور آفت (لارو)
	-			حضور آفت (شفیره)
	-			حضور آفت (حشره)
	-			میزان شیوع آفت
	-			شدت خسارت آفت
	-	-		بیماری بلایت شمشاد
حیات وحش	--	-	قطعه نمونه بزرگ	گونه جانوری
				حضور
خاک	-	-	نمونه ترکیبی	اسیدیته خاک
				نیتروژن خاک
				کربن آلی خاک
				وزن مخصوص ظاهری خاک
				درصد رطوبت اشباع خاک
توضیحات	--		قطعه نمونه	پدیده‌های نادر
				تشریح علامت‌گذاری
				درباره قطعه نمونه

An Overview of the Sixth Nationwide Inventory of Hyrcanian Forests

Sasan Vafaei *

- Forestry and Utilization Affairs Expert, Forest Deputy, Natural Resources and Watershed Management Organization, Tehran, Iran.

Abstract

The periodic forest inventory is a systematic operation conducted every ten years with the aim of assessing the status of forest ecosystems. The most recent inventory of Hyrcanian Forests, specifically the sixth nationwide inventory of the Hyrcanian forests, was completed in 2023 by the Natural Resources and Watershed Management Organization of Iran. The foundation of the sixth inventory was based on the fifth inventory conducted in 2005; however, due to global developments in concepts, objectives and strategies for assessing forest stands, as well as advancements in methods and technologies, this cycle expanded upon the goals of previous inventories. It provided a more comprehensive analysis of ecosystem components and adhered to global guidelines. In other words, the focus in this cycle shifted from quantitative and qualitative studies to assessing sustainability, analyzing trends, and evaluating the vulnerability of these forests. In addition to changes in the type and number of variables compared to the fifth cycle, this cycle incorporated modern technology, including the creation of a database, an online system and an application for carrying out all inventory stages. In this context, 2,912 sample plots were surveyed, distributed across the entire extent of the Hyrcanian forests (from Astara to Golidaghi), based on a 1 x 5 km grid (the same grid as in the fifth cycle). Comprehensive results, data analysis and sustainability assessments of the Hyrcanian forests will be published in the spring of 2025.

Keywords: Fixed sample plot, Forest Inventory, Hyrcanian Forest, Sustainability Assessments.

*Corresponding author Tel: +98 9183797647 Email: sasan.vafaei@gmail.com

بررسی تنوع زادآوری گونه‌های درختی در روشنه‌های تاج‌پوشش راشستان‌های هیرکانی مرکزی

حامد زال نژاد[1*]، الیاس رمضانی کاکرودی[2]، علیرضا نقی‌نژاد[3]، کیومرث سفیدی[4] و یحیی کوچ[5]

۱- دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- استاد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.
۴- استاد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۵- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

چکیده

امروزه در بررسی فرایندهای طبیعی در اکوسیستم‌های جنگلی، همچون استقرار و گسترش زادآوری، پویایی روشنه‌های تاج پوشش از اهمیت خاصی برخوردار است. به‌منظور بررسی تنوع زادآوری گونه‌های درختی در روشنه‌های تاج‌پوشش راشستان‌های هیرکانی مرکزی، حوضه آبخیز ۴۵ کجور در استان مازندران انتخاب شد. تعداد ۳۰ قطعه نمونه انتخاب شده از نظر خصوصیات فیزیوگرافی و تیپ جنگل تقریباً شرایط یکسانی داشتند. سپس اطلاعات مربوط به روشنه‌های موجود در قطعات مورد مطالعه مانند قطر کوچک و بزرگ روشنه‌ها، جهت جغرافیایی غالب و ... ثبت شد. همچنین برای برداشت اطلاعات مربوط به زادآوری درختان در داخل هر روشنه ۹ میکروپلات ۲×۲ متر پیاده شد. تعیین مساحت روشنه‌ها به‌کمک نرم‌افزار اتوکد و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. براساس نتایج، میانگین سطح حفره‌ها ۴۱۱ مترمربع به‌دست آمد. روشنه‌ها و زادآوری مستقر در آنها در سه طبقه ۲۰۰> (کوچک)، ۲۰۰-۵۰۰ (متوسط) و بیش از ۵۰۰ مترمربع (بزرگ) قرار داده شد. تعداد ۹۰۶ اصله نهال از گونه‌های مختلف با تراکم ۷ پایه در هر مترمربع شمارش شد که متوسط قطر یقه و ارتفاع آنها به‌ترتیب برابر با ۴ میلی‌متر و ۴۶ سانتی‌متر بود. از نکات قابل توجه در مناطق مورد مطالعه این است که بیش از ۵۰ درصد فراوانی تجدیدحیات درختان مربوط به راش است و پس از آن گونه ممرز با ۱۸ درصد قرار دارد. در بررسی وضعیت کیفی مشخص شد که کلاسه سطحی کوچک، بیشترین دوشاخگی را به میزان ۲۸ درصد فراوانی کل داراست و کلاسه سطحی بزرگ بیشترین چندشاخگی زادآوری (۲۱ درصد) را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: پویایی جنگل، جنگل معتدله خزان کننده، روشنه.

مقدمه

اندیشه و تفکر جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت، مبتنی بر برهم‌کنش‌هایی است که به‌طور طبیعی در یک اکوسیستم جنگلی رخ می‌دهد. در شیوه‌های جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت، برای رسیدن به پایداری و خود تنظیمی در جنگل از فرآیندهای

* نویسنده مسئول تلفن: ایمیل: h.zalnezhad@urmia.ac.ir

جنگل طبیعی استفاده می‌شود (Albanesi et al., 2005). تاکید بر حفاظت، احیا و بهره‌برداری همگام با طبیعت جنگل‌های خزری می‌تواند یکی از کاربردهای جنگلداری پایدار باشد (امیری و همکاران، ۱۳۹۴). امروزه شناخت فرآیندهای طبیعی مانند توالی و پیدایش روشنه‌ها در اکوسیستم‌های جنگلی، جزو ضروریات مدیریت جنگل است. بررسی روشنه‌های طبیعی جنگل به مدیران و برنامه‌ریزان در تهیه و اجرای طرح‌های جنگل‌داری و تعیین شیوه‌های جنگل‌شناسی مناسب کمک می‌کند. همچنین برای درک صحیح تغییرات آتی توده‌های جنگلی و به‌کارگیری برنامه جنگل‌شناسی مناسب، شناخت پویایی توده‌های جنگلی اهمیت فراوانی دارد.

روشنه‌ها در جنگل‌های طبیعی به‌تدریج با زادآوری گونه‌های جنگلی بار دیگر تبدیل به یک توده جنگلی می‌شوند. بسته شدن روشنه‌ها توسط درختان اشکوب بالایی ابتدا در لبه روشنه‌ها به‌وجود آمده و ساختار جنگل و ترکیب گونه‌ای یک جنگل را به‌وجود می‌آورد (Pedersen and Howard, 2004). اندازه، شکل و موقعیت روشنه و همچنین تراکم زادآوری درون روشنه‌ها برای شناخت فعل و انفعالات پیچیده میان پوشش زیراشکوب و اشکوب بالا ضروری است و گزینش گروهی درختان می‌تواند با افزایش نور و کاهش رقابت برای نهال‌ها سبب احیای جنگل شود (Gagnon et al., 2004). یک نشانه‌گذار با آگاهی از اندازه روشنه‌هایی که به‌طور طبیعی در یک جنگل ایجاد می‌شوند می‌تواند با دقت و توجه بیشتری به امر نشانه‌گذاری بپردازد که نتیجه آن دستیابی به یک زادآوری مناسب در جنگل خواهد بود (دلفان اباذری و همکاران، ۱۳۸۳). اهمیت روشنه در فرآیند پویایی توده‌ها و تغییر در ساختار جنگل‌های تک‌گزینی از اهمیت زیادی برخوردار است؛ چرا که جنگل‌شناسان با کنترل ایجاد روشنه‌های مصنوعی اغلب به‌دنبال تغییر در ساختار و هدایت توده به‌سمت اهداف جنگل‌شناسی مورد نظر خود هستند (Felton et al., 2006). برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ایجاد روشنه توسط انسان گامی مثبت در جهت ایجاد شرایط مناسب‌تر برای رشد زادآوری‌هاست (Wang and Liu, 2011). بنابراین یک نشانه‌گذار با آگاهی از اندازه روشنه‌هایی که به‌طور طبیعی در یک جنگل ایجاد می‌شود به الگوی مناسبی برای درک فرآیند تغییر و تحول طبیعی در جنگل‌ها برای به‌کارگیری شیوه‌های جنگلشناسی و دخالت‌های علمی و فنی در اکوسیستم‌های جنگلی مشابه دست خواهد یافت (Seidl et al., 2017). در دهه‌های اخیر، مدیران جنگل، برنامه‌های مدیریت جنگلی مختلفی را با رویکرد اصلاحی برای تسریع احیای جنگل‌های تخریب شده و بهبود اکوسیستم طراحی کرده‌اند (Knapp et al., 2013; Willis et al., 2021). بنابراین جنگل‌کاری مبتنی بر روشنه به یک رویکرد فنی ضروری برای تحقق جنگل‌کاری نزدیک به طبیعت یا جنگل‌داری با تاج پوشش همیشگی (Continuous cover forestry) در اروپا و مدیریت اکوسیستم در آمریکای شمالی تبدیل شده است (Kern et al., 2017; Mason et al., 2022; O'Hara, 2016). تغییر در مشخصه‌هایی مانند دما و رطوبت خاک، در نتیجه باز شدن تاج‌پوشش، تغییراتی را در میزان فعالیت میکروبی و معدنی شدن عناصر غذایی خاک در پی خواهد داشت (Rosier et al., 2015). میزان تجزیه مواد آلی و معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک، بین روشنه تاج و تاج‌پوشش بسته بسیار متفاوت است که بر انتشار دی‌اکسیدکربن اثر فراوانی دارد (Muscolo et al., 2014). زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن خاک از منابع اصلی ذخیره، انتقال و چرخش مواد مغذی قابل جذب هستند و تأثیر مهمی در تحول مواد مغذی اکوسیستم‌های خاکی دارند (Liu et al., 2012).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ۳۰ روشنه ایجاد شده در اثر آشفتگی‌های طبیعی در راشستان‌های کمتر دست‌خورده هیرکانی مرکزی (حوزه استحفاظی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران- نوشهر) انجام شد. برای این کار، در منطقه مورد نظر

توده‌های راش آمیخته انتخاب و با جنگل گردشی، موقعیت مکانی روشنه‌هایی با مساحت ۵۰ تا ۱۰۰۰ مترمربع مشخص و با استفاده از دستگاه GPS ثبت شد. روشنه‌ها در امتداد دو گرادیان ارتفاعی از پایین‌ترین تا بالاترین حد رویشی توده‌های راش انتخاب شدند.

در هر روشنه، قطر بزرگ (L) و کوچک (W) با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول بیضی (رابطه ۱) مساحت آن محاسبه شد:

$$S = (\pi/4) \times (L \times W)$$ رابطه ۱

در محاسبه مساحت روشنه‌ها از روش اندازه‌گیری مساحت واقعی استفاده شد؛ به این معنی که فضای واقعی کاملاً منطبق بر حاشیه تاج، ملاک عمل قرار گرفت و نوع گونه‌های درختان حاشیه‌ای نیز ثبت شد.

در هر روشنه تعداد درختان روشنه‌ساز (درختانی که مرگ آنها منجر به ایجاد فضای باز در تاج‌پوشش جنگل یا روشنه می‌شود) و نوع گونه آن‌ها یادداشت شد. منشا روشنه‌ها در سه کلاسه ۱ – سرشکستگی درختان زنده، ۲ – درختان زنده ریشه‌کن شده و ۳ – خشکه‌دار طبقه‌بندی شد (Kucbel et al., 2010).

مرحله رویشی و نوع گونه در هر روشنه به‌عنوان پرکننده اصلی روشنه به‌صورت میکروپلات‌های ۲×۲ متر شمارش و ثبت شد (Nagel et al., 2010). در این مطالعه منظور از زادآوری، کلیه پایه‌های چوبی با قطر برابرسینه کمتر از ۱۲/۵ سانتی‌متر است (حسن‌زاد ناورودی و حسن‌نژاد سادات‌محله، ۱۳۹۴) که براساس قطر به چهار گروه تقسیم می‌شوند (جدول ۱) (دستورالعمل آماربرداری کمی و کیفی جنگل‌های شمال، معاونت امور جنگل سازمان منابع‌طبیعی و آبخیزداری کشور، ۱۴۰۲).

جدول ۱- مراحل رویش زادآوری و مهمترین ویژگی‌های آن

مرحله رویشی	ویژگی
نهال	مرحله بین رویش بذر تا پیش از شل که ساقه نهال هنوز کاملاً چوبی نشده و ریشه‌دوانی هنوز کامل نیست.
شل	مرحله‌ای است که ساقه نهال کاملاً چوبی و مشخص شده، اما هنوز ساقه انعطاف پذیر و خمش‌پذیر است. بلندی شل حداکثر ۲ متر و قطر برابرسینه آن کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر است.
خال	در این مرحله ساقه و تاج تفکیک شده و قطر برابرسینه بین ۲/۵-۷/۵ سانتی‌متر است.
تیرک	پایه‌های با قطر برابر سینه ۷/۵-۱۲/۵ سانتی‌متر.

روش بررسی

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف– اسمیرنوف استفاده شد. ارزیابی رابطه بین فراوانی گونه‌های پرکننده روشنه و مساحت روشنه‌ها با آزمون همبستگی اسپیرمن انجام شد. برای مقایسه مقادیر کمی مربوط به زادآوری در روشنه‌های طبیعی و روشنه‌های ناشی از بهره‌برداری از آزمون t نمونه‌های مستقل استفاده شد. تمامی آزمون‌ها در محیط نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

نتایج

بررسی وضعیت کمی

در این پژوهش تعداد ۹۰۶ اصله نهال در روشنه‌ها مورد شمارش قرار گرفت. تراکم نهال‌های شمارش شده در هر مترمربع ۷/۲۴ تعیین شد. میانگین قطر یقه و ارتفاع زادآوری به‌ترتیب ۴/۴۷ میلی‌متر ۴۵/۵۹ سانتی‌متر تعیین شدند که زادآوری‌های با قطر یقه ۲۵ میلی‌متر و ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر بزرگترین و بلندترین قطر و ارتفاع را دارا بودند (جداول ۲ و ۳). راش بیشترین درصد فراوانی را در بین گونه‌ها با ۵۵/۳۸ درصد و سپس ممرز با ۱۷/۷۷ درصد در اختیار داشت. در هر سه طبقه روشنه، گونه راش بیشترین درصد فراوانی را دارا بود و در کلاسه بیش از ۵۰۰ مترمربع بیشترین مقدار را با ۲۲/۲۸ درصد نشان داد (جدول ۲).

جدول ۲- درصد فراوانی زادآوری به‌تفکیک گونه در مساحت‌های مختلف روشنه‌ها

سطح روشنه (مترمربع)	نوع گونه (درصد فراوانی)					
	راش	ممرز	شیردار	ملج	پلت	سایر گونه‌ها
<۲۰۰	۱۷/۲۱	۶/۰۷	۴/۴۱	۲/۶۴	۱/۴۳	۱/۹۸
۲۰۰-۵۰۰	۱۵/۸۹	۲/۷۶	۳/۴۲	۱/۹۸	۰/۵۵	۰/۸۸
۵۰۰>	۲۲/۲۸	۸/۹۴	۳/۷۵	۳/۳۱	۱/۹۸	۱/۳۲
کل	۵۵/۳۸	۱۷/۷۷	۱۱/۵۸	۷/۹۳	۳/۹۶	۴/۱۸

جدول ۳- وضعیت کمی زادآوری در روشنه‌ها

نوع گونه	شاخصه	تعداد	میانگین	میانه	بیشترین	کمترین
راش	قطر یقه (میلی‌متر)	۴۹۳	۵/۳۸	۴	۲۵	۲
	ارتفاع (سانتی‌متر)	۴۹۳	۵۲/۵۴	۴۵	۱۳۰	۲۰
ممرز	قطر یقه (میلی‌متر)	۱۶۱	۳/۷۳	۳	۱۲	۲
	ارتفاع (سانتی‌متر)	۱۶۱	۴۵/۹۱	۴۰	۱۳۰	۲۰
ملج	قطر یقه (میلی‌متر)	۷۲	۴/۶۰	۴	۱۱	۲
	ارتفاع (سانتی‌متر)	۷۲	۴۸/۹۲	۴۰	۱۳۰	۲۰
پلت	قطر یقه (میلی‌متر)	۳۶	۲/۵۸	۲	۵	۲
	ارتفاع (سانتی‌متر)	۳۶	۲۴	۲۰	۶۵	۲۰
شیردار	قطر یقه (میلی‌متر)	۱۰۵	۲/۸۱	۳	۶	۲
	ارتفاع (سانتی‌متر)	۱۰۵	۲۴/۹۱	۲۵	۴۹	۲۰
سایر گونه‌ها	قطر یقه (میلی‌متر)	۳۹	۳/۴۱	۲	۷	۲
	ارتفاع (سانتی‌متر)	۳۹	۳۴/۸۶	۳۰	۸۲	۲۰
کل گونه‌ها	قطر یقه (میلی‌متر)	۹۰۶	۴/۴۷	۴	۲۵	۲
	ارتفاع (سانتی‌متر)	۹۰۶	۴۵/۵۹	۳۵	۱۳۰	۲۰

جدول ۴- وضعیت کمی زادآوری درختان در اندازه‌های مختلف روشنه‌ها

تراکم نهال به‌ازای هر مترمربع	کوچکترین	بزرگترین	میانه	میانگین	تعداد	شاخصه	کلاسه سطح روشنه (مترمربع)
۶/۸	۲	۲۲	۳	۴/۰۸	۳۰۶	قطر یقه (میلی‌متر)	<۲۰۰
۶/۸	۲۰	۱۳۰	۳۵	۴۰/۰۶	۳۰۶	ارتفاع (سانتی‌متر)	
۶/۶	۲	۱۸	۳	۳/۹۲	۲۲۳	قطر یقه (میلی‌متر)	۲۰۰-۵۰۰
۶/۶	۲۰	۱۳۰	۴۰	۴۴/۰۷	۲۲۳	ارتفاع (سانتی‌متر)	
۸/۳۸	۲	۲۵	۴	۵/۱۵	۳۷۷	قطر یقه (میلی‌متر)	>۵۰۰
۸/۳۸	۲۰	۱۳۰	۴۰	۵۱/۱۸	۳۷۷	ارتفاع (سانتی‌متر)	
۷/۴۴	۲	۲۵	۴	۴/۴۷	۹۰۶	قطر یقه (میلی‌متر)	کل
۷/۴۴	۲۰	۱۳۰	۳۵	۴۵/۵۹	۹۰۶	ارتفاع (سانتی‌متر)	

انحراف نهال

نتایج بررسی وضعیت کیفی نهال‌ها در روشنه‌ها بیانگر آن است که ۷۶ درصد از زادآوری‌ها میان‌رو بوده و مابقی آن (۲۴ درصد) فاقد تمایل می‌باشند. راش در بین زادآوری‌های میان‌رو با ۴۴/۳۷ درصد بیشترین درصد فراوانی را نسبت به کل گونه‌ها داشت و پس از آن ممرز و شیردار به‌ترتیب با ۱۲/۲۵ و ۷/۷۲ درصد قرار داشتند. در بین گونه‌هایی که در کلاسه مایل قرار گرفتند راش با ۱۰/۰۴ درصد بیشترین درصد فراوانی را نسبت به کل گونه‌ها دارا بود و سپس گونه‌های ممرز و شیردار به‌ترتیب با ۵/۵۲ و ۳/۸۶ درصد قرار داشتند (جدول ۵). همچنین نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین نهال‌های میان‌رو و مایل در کلاسه سطحی بیش از ۶۰۰ مترمربع روشنه‌ها به‌ترتیب با ۳۰/۲۴ و ۱۰/۳۷ درصد کل فراوانی‌ها قرار داشتند (جدول ۵).

جدول ۵- درصد وضعیت تمایل زادآوری به‌تفکیک گونه

نوع گونه	تمایل نهال (درصد فراوانی)	
	میان‌رو	مایل
راش	۴۴/۳۷	۱۰/۰۴
ممرز	۱۲/۲۵	۵/۵۲
شیردار	۷/۷۲	۳/۸۶
ملج	۵/۰۷	۲/۸۷
افرا پلت	۲/۶۴	۱/۳۲
سایر گونه‌ها	۳/۶۴	۰/۶۶
کل گونه‌ها	۷۵/۷۱	۲۴/۲۸

جدول ۶- تمایل نهال در کلاسه‌های سطحی روشنه‌ها

مساحت حفره (مترمربع)	تمایل نهال	
	میان‌رو	مایل
<۲۰۰	۲۵/۰۵	۸/۷۲
۲۰۰-۵۰۰	۲۰/۴۲	۵/۱۹
>۵۰۰	۳۰/۲۴	۱۰/۳۷

شاخه‌دار بودن نهال

همان‌طور که در جدول ۷ ملاحظه می‌شود، وضعیت نهال به‌لحاظ شاخه‌دوانی بیانگر آن است که ۶۱/۴۸ درصد زادآوری‌های شمارش شده دوشاخه و ۳۸/۵۲ درصد دیگر دارای چندشاخگی بودند. همچنین نتایج بررسی گونه در رابطه با وضعیت شاخه‌دوانی بیانگر آن است که راش با ۳۳/۸۹ درصد بیشترین دوشاخگی و با ۲۰/۵۳ درصد فراوانی نسبت به کل گونه‌ها بیشترین چندشاخگی دارا است و پس از آن ممرز با ۱۰/۷۱ درصد دوشاخگی و ۷/۰۶ درصد چندشاخگی در جایگاه بعدی قرار دارد. همچنین بیشترین نهال‌های دوشاخه در کلاسه کمتر از ۲۰۰ با ۲۸/۲۵ درصد و بیشترین نهال‌های چندشاخه در روشنه‌های با کلاسه سطحی بزرگتر از ۵۰۰ مترمربع به‌میزان ۲۰/۷۵ قرار داشتند (جدول ۷).

جدول ۷- وضعیت شاخه‌دوانی بودن نهال‌ها

نوع گونه	وضعیت شاخه‌دوانی	
	دوشاخه	چند شاخه
راش	۳۳/۸۹	۲۰/۵۳
ممرز	۱۰/۷۱	۷/۰۶
ملج	۴/۷۵	۲/۲۰
پلت	۱/۶۶	۲/۳۲
شیردار	۷/۶۲	۳/۹۷
سایر گونه‌ها	۲/۸۷	۱/۴۳
مجموع	۶۱/۴۸	۳۸/۵۲

جدول ۸- وضعیت شاخه‌دار بودن زادآوری به‌تفکیک کلاسه‌های سطحی روشنه‌ها

مساحت روشنه (مترمربع)	دوشاخه (درصد فراوانی)	چندشاخه (درصد فراوانی)
<۲۰۰	۲۸/۲۵	۸/۴۹
۲۰۰-۵۰۰	۱۶/۳۳	۹/۲۷
>۵۰۰	۱۹/۸۷	۲۰/۷۵

بحث و نتیجه گیری

مساحت روشنه از شاخص‌های بسیار خوب برای توصیف میزان نور ورودی و همچنین منابع قابل دسترس بوده و یا از عوامل بسیار مهم برای ارزیابی مشخصه‌های وابسته به مساحت مانند تنوع و تراکم گونه‌ها است (Deneslaw, 1987). نتایج پژوهش پیش‌رو حاکی از آن است که متوسط سطح روشنه‌ها ۴۱۱/۳۶ مترمربع بود؛ در حالی که در پژوهش انجام شده در جنگل آموزشی خیرودکنار نوشهر، متوسط سطح روشنه‌ها ۲۳۵ مترمربع اندازه‌گیری شد (متاجی و همکاران، ۱۳۸۷).

نوع گونه‌های برداشت شده در روشنه‌ها شامل راش، ممرز، ملج، پلت و شیردار بود که شامل اکثریت زادآوری موجود در روشنه‌ها است و زادآوری گونه‌های نادر شامل گیلاس وحشی، ون، بارانک، نمدار، بلندمازو و خرمندی بود که از این جنبه، مشابه تنوع زادآوری گونه‌های درختی مستقر در روشنه‌های قطعات ۳۱۷، ۳۱۸ و ۳۱۹ جنگل خیرودکنار است (آملی کندری و همکاران، ۱۳۹۱).

در جنگل کجور صرف‌نظر از نوع گونه تعداد ۹۰۶ اصله نهال با تراکم ۷/۲۴ پایه در هر مترمربع در روشنه‌ها مورد شمارش قرار گرفت و تعداد ۴۹۶ اصله نهال با تراکم ۴/۱۳ پایه در روشنه‌ها شمارش شد. علت زیاد بودن، زادآوری خوب درختان در این رویشگاه و تولید بذر فراوان بوده است (آملی کندری و همکاران، ۱۳۹۱).

بیشترین فراوانی زادآوری مستقر در روشنه‌ها، در کلاسه سطحی بیش از ۵۰۰ و ۲۰۰> مترمربع بود که به‌ترتیب برابر با ۴۱/۶ درصد و ۳۳/۵ درصد بوده که با نتایج مطالعه فلاح‌چای (۱۳۸۹) با موضوع بررسی عملکرد اجرایی شیوه تک‌گزینی بر تنوع گونه‌های درختی در جنگل‌های شن‌رود سیاهکل مشابه است.

متوسط قطر یقه و ارتفاع به‌ترتیب برابر با۴/۴۷ میلی‌متر و ۴۰/۷ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. علت کاهش قطر و افزایش ارتفاع زادآوری به تراکم بیشتر زادآوری بر می‌گردد که این تراکم بیشتر منجر به افزایش رقابت درون و برون‌گونه‌ای می‌شود، به‌طوری که زادآوری‌ها برای کسب منابع و شرایط بهتر با قطر کمتر، افزایش ارتفاع خواهند داشت.

در این پژوهش مشخص شد که به‌لحاظ آماری میان مشخصه‌های کمی برداشت شده تفاوت معنی‌داری وجود دارد که در راستای نتیجه پژوهش ذوقی و همکاران (۱۳۹۱) در جنگل شصت‌کلاته گرگان در تیپ انجیلی- ممرز است

همچنین نتایج بررسی کیفیت زادآوری در کلاسه‌های سطحی مختلف حاکی از آن است که روشنه‌هایی با مساحت بیش از ۵۰۰ مترمربع دارای بیش از ۳۰ درصد نهال‌های میان‌رو و کلاسه ۲۰۰> مترمربع بیش از ۲۵ درصد زادآوری کل را دارا هستند. در رابطه با فراوانی نهال‌های دوشاخه، بیشترین فراوانی در کلاسه ۲۰۰> مترمربع و سپس در کلاسه بیشتر از ۵۰۰ مترمربع به مقدار ۱۹/۸۷ درصد دیده شد، اما در همین کلاسه بیشترین نهال‌های چندشاخه (۲۰/۷۵ درصد) نسبت به کل زادآوری به ثبت رسید که با نتایج مطالعه برفی (۱۳۹۱) با موضوع بررسی کمی و کیفی زادآوری گونه راش در حفره‌های طبیعی و اجرای شیوه تک گزینی همخوانی دارد.

منابع

امیری، م.، رحمانی، ر.، ثاقب طالبی، خ.، حبشی، ه. (۱۳۹۴). ویژگی‌های ساختاری خشکه‌دارها در یک جنگل دست نخورده طبیعی راش آمیخته در جنگل شصت کلاته گرگان. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۲(۱): ۲۰۵-۱۸۵.

آملی کندری، ع.ر، مروی مهاجر، م.ر، زبیری، م. واعتماد، و. (۱۳۹۱). زادآوری طبیعی گونه‌های درختی در ارتباط با ویژگی‌های روشنه‌ها در یک راشستان طبیعی (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰ (۱): ۱۶۴-۱۵۱

برفی، ا. (۱۳۹۱). بررسی کمی و کیفی زادآوری گونه راش در حفره‌های طبیعی و اجرای شیوه تک‌گزینی (مطالعه موردی در طرح جنگلداری نسارود رامسر)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس. ۵۶ صفحه.

دلفان اباذری، ب.، ثاقب طالبی، خ.، نمیرانیان، م. (۱۳۸۳). بررسی سطوح حفره‌های زادآوری و وضعیت کمی نهال‌های استقرار یافته در قطعه شاهد جنگل‌های کلاردشت (لنگا). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲ (۲): ۲۶۶-۲۵۵.

ذوقی، م. رحمانی، ر. پاهنگه، ش. (۱۳۹۱). تاثیر مساحت روشنه بر ویژگی‌های کمی گروه‌های زادآوری در تیپ انجیلی ممرز (جنگل شصت کلاته). تحقیقات جنگل و صنوبر و ایران، ۲۰ (۳): ۵۰۴-۴۹۳.

فلاح چای، م.م. (۱۳۸۹). بررسی عملکرد اجرایی شیوه تک‌گزینی بر تنوع گونه‌های درختی در جنگل‌های شن‌رود سیاهکل. علوم و فنون منابع طبیعی، ۶(۲): ۵۴-۴۱.

Albanesi, E., Gugliotta, O.I., Mercurio, I., Mercurio, R. (2005). Effects of gap size and within-gap position on seedlings establishment in silver fir stands. Society of Silviculture and Forest Ecology, 2: 358-366.

Bockheim, J.G. (2008). Functional diversity of soils along environmental gradients in the Ross Sea region, Antarctica. Geoderma, 144 (1): 32–42.

Felton, A., Felton, A.M., Wood, J., Lindenmayer, D.B. (2006). Vegetation structure, phenology and regeneration in the natural and anthropogenic tree-fall gaps of a reducedimpact logged subtropical Bolivian forest. Forest Ecology and Management, 235: 186- 193.

Gagnon, J. L., Jokela, E. J., Moser, W. K., Huber, D. A. (2003). Dynamics of artificial regeneration in gaps within a longleaf pine flatwoods ecosystem. Forest Ecology and Management, 172(2-3), 133-144.

Kern, C. C., Burton, J. I., Raymond, P., D'Amato, A., W., Keeton, W. S., Royo, A. A., Willis, J. L. (2017). Challenges facing gap-based silviculture and possible solutions for mesic northern forests in North America. Forestry: An International Journal of Forest Research, 90(1): 4-17.

Knapp, E. E., Skinner, C. N., North, M. P., Estes, B. L. (2013). Long-term overstory and understory change following logging and fire exclusion in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. Forest Ecology and Management, 310: 903-914.

Kucbel, S.P., Jaloviar, M., Saniga, J., encurik, V., Klimas. (2010). Canopy gaps in a old growth fir-beech forest remnant of Western Carpathians, European Journal of Forest Research, 129: 249–259.

Li, H., L. Xu., F. Wu., W. Yang., X. Ni., J. He., B. Tan., Y. Hu. (2016). Forest Gaps Alter the Total Phenol Dynamics in Decomposing Litter in an Alpine Fir Forest, PloS one, 11(2), p.e0148426.

Liu, L., P. Gundersen, T., Zhang, J, Mo. (2012). Effects of phosphorus addition on soil microbial biomass and community composition in three forest types in tropical China. Soil Biology and Biochemistry, 44 (1): 31-38.

Mason, W. L., Diaci, J., Carvalho, J., Valkonen, S. (2022). Continuous cover forestry in Europe: usage and the knowledge gaps and challenges to wider adoption. Forestry: International Journal of Forest Research, 95(1): 1-12.

Muscolo, A., Sidari, M., Mercurio, R. (2007). Influence of gap size on organic matter decomposition, microbial biomass and nutrient cycle inCalabrian pine (Pinus laricio, Poiret) stands. Forest. Ecology and Manegment. 242: 412-418.

Pedersen, B.S., J, L, Howard. (2004). The influence of canopy gaps on overstory tree and forest growth rates in a mature mixed-ag, mixed-species forest. Forest Ecology and Management, 196: 351-366.

Rosier, C.L., L.D, Moore, T, Wu., J,T, Van Stan. (2015). Forest canopy precipitation partitioning: an important plant trait influencing the spatial structure of the symbiotic soil microbial community. Advances in Botanical Research, 75: 215–240.

Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Reyer, C, P. (2017). Forest disturbances under climate change. Nature climate change, 7(6): 395-402.

Willis, J. L., Walters, M. B., Farinosi, E, J. (2021). Can coppicing planted saplings improve the growing position of mid-tolerant northern hardwood tree species in harvest gaps?. Forest Ecology and Management, 483, 118893.

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

رویکردی انتقادی به سیاست جنایی قانونگذار و رویه قضایی ایران در قبال جرائم علیه اراضی ملی در پرتو جرم‌شناسی سبز

مهشید نظری[۱] و عباس شیخ الاسلامی[*۲]

۱- دانشجوی دوره دکتری حقوق جزا و جرم‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.
۲- عضو هیأت علمی گروه حقوق جزا و جرم‌شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

چکیده

با گسترش فرایندهای مخرب انسانی علیه مواهب طبیعی، در فقدان توجه به ملاحظات زیست محیطی و عدم رعایت الگوهای صحیح پیشرفت در قالب مفهوم توسعه پایدار درسالیان متمادی و تغییرات اقلیمی ناشی از ان که منتج به جریانات طبیعی همچون فرسایش خاک، محو شدن تدریجی پوشش گیاهی، بلایای طبیعی و در نهایت خشکسالی و بیابانزایی گردیده است، ضرورت کاربست ملاحظات فنی، مهندسی و حقوقی در پهنه عظیم جغرافیایی ایران، مستلزم اتخاذ سیاستگذاری زیست محیطی و تخصیص سیاست جنایی مناسب و متناسب است. در همین راستا پژوهش پیش رو با نگاهی توصیفی- تحلیلی با هدف کشف چرایی دگردیسی بزه‌کاری علیه اراضی ملی به اتفاقی عادی، تحریر یافته است. پژوهش حاضر از لحاظ هدف، جزء تحقیقات کاربردی و مسئله محور و نوع تحقیق، توصیفی- تحلیلی است. این مقاله در پرتو جرم‌شناسی سبز به این نتیجه دست یافت که در بسیاری از موارد جامعه در یک امنیت اخلاقی نسبت به جرایم و آسیب‌های زیست محیطی به سر می‌برد و خود را قربانی بزه‌کاران زیست محیطی نمی داند و همچنین در تعامل بدون گفتگوی بزه‌کار و بزه دیده (دولت و محیط زیست) در سنجه عدالت کیفری، عملکرد ناکافی سامانه عدالت کیفری در اعمال جرم‌انگاری و ضمانت اجرای جامع و سیاستهای سبز شویی صاحبان قدرت- ثروت نقش قابل‌توجهی در شکل‌گیری حاشیه‌ای امن برای مرتکبان جرائم علیه ثروتهای ملی داشته است.

واژگان کلیدی: جرم‌شناسی سبز، بزه‌کاری علیه اراضی ملی، سیاست جنایی، امنیت اخلاقی، محیط زیست.

مقدمه

بازیگران عمده ارتکاب جرایم زیست محیطی، اشخاص حقوقی دولتی و غیر دولتی و بزه دیدگان آن عموم جامعه اند. بسیاری از انواع آسیبهای زیست محیطی کلان، توسط طبقه صاحب قدرت اقتصادی، انجام می‌یابد و افراد طبقه پایین جامعه، امکانات و توانایی انجام این جرایم را ندارند. با توجه به نفوذ و جایگاه این گروه از مجرمان، در نظام عدالت کیفری، آسیبهای کلان زیست محیطی جرم‌انگاری نمی شوند و سامانه عدالت کیفری نیز با این دسته از مجرمان با تسامح برخورد می‌کند. این مقاله بنا دارد، گفتمان سیاست جنایی قانونگذار ایران و رویه قضایی را در اعمال برخورد با مرتکبین تصرف و

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۵۳۱۴۸۸۴۸ ایمیل: Shakholeslami@mshdiau.ac.ir

تجاوز به اراضی ملی در بستر جرم‌شناسی سبز تحلیل کند. سوالات پژوهش نیز این است که چرا در جامعه امروز ایران ترس معقولی نسبت به این فجایع مشاهده نمی شود و چرا این پدیده‌ها حاشیه‌ای و کم خطر جلوه داده می‌شود؟ آیا بین عدم هراس اخلاقی نسبت به فجایع زیست محیطی و فقدان سیاست جنایی تقنینی کارآمد رابطه‌ای وجود دارد؟ آیا عدالت زیست محیطی بازیچه مصونیت قضایی و ضعف سیستم قضایی شده است؟ این نوشتار با این نگرش که عمده بزه‌کاران جرائم علیه جنگلها و مراتع، دولتها و شرکتها می‌باشند که در جهت رسیدن به منافع اقتصادی بیشتر، دستیازی به سرمایه عموم مردم می‌نمایند و مقابله با این تهاجم فقط در ایجاد تدابیر پیشگیری وضعی و اجتماعی از جمله تصویب قوانین بازدارنده و تدوین مقرراتی که وقوع این جرائم را دچار صعوبت نماید و یا موجب عدم گرایش به ارتکاب جرم گردد، به تحلیل عدم کارکرد و ناموفق بودن سیاست جنایی تقنینی، قضایی درحیطه اراضی ملی با تاکید به آموزه‌های جامعه‌شناسی حقوقی و با نگاهی جرم‌شناسانه می‌پردازد. بدین سان این مقاله در دو بخش ساماندهی شده است. در بخش اول به علت‌شناسی بزه‌کاری از زاویه جرم‌شناسی سبز نگریسته شده است و در بخش دوم به علت‌شناسی بزه‌کاری از زاویه سیاست جنایی ایران پرداخته شده است.

روش تحقیق: با توجه به موضوع مورد نظر و ضرورت اتخاذ تصویری جامع و گسترده در مورد موضوع پژوهش حاضر، روش مورد استفاده در این تحقیق، روش توصیفی- تحلیلی از نوع کیفی است. روش گردآوری اطلاعات نیز به کتابخانه‌ای و همچنین مصاحبه و مطالعه رویه قضایی است.

یافته‌ها: جرم‌شناسی سبز به مثابه شاخه‌ای از جرم‌شناسی انتقادی در پی کشف چرایی ارتکاب رفتارهای آسیب رسان به محیط زیست است. این قلمرو مطالعاتی نظام جرم‌انگاری و ضمانت اجراها را در بستر مناسبات قدرت مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

علت‌شناسی بزه‌کاری در جرایم علیه اراضی منابع ملی در پرتو جرم‌شناسی انتقادی

پژوهش‌های نوظهور اندیشمندان در حوزه محیط زیست، تحت عنوانی نو به نام جرم‌شناسی سبز انجام پذیرفته و کمتر از ۳۰ سال است که مورد توجه قرار گرفته است (رضاپور پرشکوهی، ۱۴۰۱). سیر تحول تاریخی این شاخه از جرم‌شناسی از اصطلاح جرایم یقه سفید تا اصطلاح جرم سبز، جرم‌شناسی سبز تا جرم‌شناسی زیست محیطی و تمایز دو حوزه جرم‌شناسی سبز و جرم‌شناسی اکو انتقادی، حاکی از نگاه‌های علت شناسانه متفاوت جرم‌شناسان به این شاخه نوظهور از جرم‌شناسی می‌باشد (گرجی فرد، ۱۳۹۵). در واقع این رشته در خصوص شرایط سیاسی، اقتصادی و اجتماعی که منتهی به جرائم زیست محیطی می‌گردد، به کند و کاو می‌پردازد (بریسمن و ساوث، ۱۳۹۸). در همین راستا بر آنیم از منظر خاستگاه اصلی جرم‌شناسی سبز که همان جرم‌شناسی انتقادی می‌باشد، دلایل تحولات جرم‌شناسی سبز را در گذر عمر کوتاهش نظاره کنیم. چرا که هر گونه علت یابی بزه‌کاری زیست محیطی در حوزه اراضی ملی، به عنوان قسمی از جرائم و آسیبهای زیست محیطی، بدون توجه به مبانی نظری جرم‌شناسی انتقادی به کفایت لازم نخواهد رسید.

جرم‌شناسی سبز، پرتوی نو در برابر مخاطرات زیست محیطی

رویکرد سنتی به رشد و توسعه اقتصادی همراه با پدیده‌هایی چون صنعتی شدن، شهرنشینی، رشد فزاینده جمعیت و امپراطوری سرمایه و متعاقب همه این تغییرات، وقوع بحرانهای زیست محیطی که منجر به جریانات اعتراض امیز جنبش‌های سبز (جنبش‌های حفاظت از محیط زیست) از یک سو و تحت تاثیر تفکرات انتقادی جرم‌شناسی مارکسیستی و جرم‌شناسی رادیکال از سوی دیگر، سبب تولد یک رشته مطالعاتی نو در جرم‌شناسی انتقادی، توسط مایکل لینچ در دهه ۱۹۹۰ گردید. آقای لینچ در مقاله خود با عنوان"سبز کردن جرم‌شناسی" به معرفی جرم‌شناسی سبز و ریشه‌های اقتصادی و سیاسی جرایم و بی عدالتی‌های زیست محیطی پرداخت (O'Brien, 2008[1]) جرایم زیست محیطی از این منظر به هر فعل و ترک فعلی گفته می‌شود که به محیط زیست و اجزا و عناصر ذاتی طبیعت آسیب وارد می‌کند، اعم از اینکه این رفتارها در نظام عدالت کیفری جرم‌انگاری شده باشد یا نه و اعم از اینکه این رفتارها از طرف اشخاص حقیقی و یا حقوقی (شرکتها و دولتها) ارتکاب یافته باشد. این قلمرو مطالعاتی با تکیه بر ضررهای زیست محیطی به دنبال ارتقای آسیبها، قوانین و ضابطه‌های زیست محیطی است (White, 2014). از دیدگاه این جرم‌شناسی، عمده جرایم و رفتارهای کلان و ناپایدار زیست محیطی را خود دولتها مرتکب می‌شوند و با توجه به اینکه خود آنها متولی اصلی سیاست جنایی هستند، بنابراین رفتارهای ناپایدار زیست محیطی خود را جرم‌انگاری نمی کنند. تبصره ماده ۲۰ قانون مجازات اسلامی ۱۳۹۲ ایران خود گویای این امر است. قانونگذار در این تبصره، اشخاص دولتی و عمومی غیر دولتی را در موارد که اعمال حاکمیت می‌کنند، از شمول مقررات ماده ۲۰ مستثنی کرده است.

جرم‌شناسان سبز، معتقدند که سرنوشت نظام سیاسی و قرارداد اجتماعی را، آنچنان که مارکس میگوید؛ قدرت و ثروت مشخص می‌کند. صاحبان قدرت، اشخاص ثروتمند و گروه‌های فشار و ذینفع، با مداخله در فرایند شکل‌گیری نظام سیاسی، نظام جرم‌انگاری و سیاست‌گذاری کیفری را به نفع خود تغییر می‌دهند. همان گروه‌ها و اشخاصی که مطابق با گزارش بانک توسعه جهانی (رشیدی،۱۳۹۰)، ۷۶/۶ درصد مصرف منابع طبیعی جهان را به خود اختصاص داده‌اند و در نتیجه بیشترین نقش و سهم را در تخریب و آلودگی‌های زیست محیطی دارند (رحیمی نژاد، ۱۳۹۹).

افراد طبقه پایین جامعه، امکانات و توانایی انجام این جرایم را ندارند. با توجه به نفوذ و جایگاه این گروه از مجرمان در نظام عدالت کیفری، آسیبهای کلان زیست محیطی جرم‌انگاری نمی شوند و یا در صورت درج در قانون، از عبارات مبهم و دوپهلو برای جرم‌انگاری انها استفاده می‌شود. همچنین سامانه عدالت کیفری نیز با این دسته مجرمان با تسامح برخورد می‌کند. جرایم زیست محیطی ارتکابی توسط آنان را تعقیب نمی کند یا در صورت تعقیب به مرحله صدور حکم نمی رسد، یا احکام خفیفی برای آنها صادر می‌شود و یا اینکه کیفرهایشان به اجرا گذاشته نمی شود (صیفی و همکاران، ۱۳۹۸). پژوهشگران انتقادی در فرآیند جرم‌انگاری به مباح بودن رفتارهای زیانبار برخی گروه‌ها، از جمله رفتارهای شرکتهای بازرگانی و کارگزاران دولتی اشاره می‌کنند (رایجیان اصلی و دانش ناری، ۱۳۹۴). جرم‌شناسان انتقادی در تحلیل فرایند جرم‌انگاری به گفتمان ابزار گرایی کیفری[1] می‌پیوندند. توجه به این رویکردها در قلمرو عدالت کیفری، نشان می‌دهد که تقید صرف به اصل قانونمندی، موجب مباح تلقی شدن رفتارهای ناشایست دولتها و شرکتها در عرصه محیط زیست می‌شود؛ امری که با سیاستهای دانش بنیان در عرصه عدالت کیفری منافات دارد. در نتیجه، رویکرد انتقادی با توسعه مفاهیم مربوط به جرم زیست محیطی، نگاه جامع و علمی تری در مورد تعریف جرم زیست محیطی ارائه می‌دهد (علینژاد و همکاران، ۱۴۰۱). البته

1-penal instrumentalism

باید توجه شود، درست است که رویکرد جرم‌شناسانه با توجه به اصل ضرر، اصل قانونمندی را رد می‌کند، اما این راهبرد، تنها پیغامی برای سیاستگذاران جنایی دارد: مداخله کیفری در حوزه جرائم زیست محیطی کافی نیست (زارع مهدوی و دانش ناری، ۱۳۹۵)

حمایت از بزه دیدگان سبز: تلاشی در تقابل با بزه دیدگی متعارف

بزه دیده‌شناسی با گذار از این دیدگاه که صرفا انسانها را به عنوان بزه دیده تلقی می‌کرد، معتقد است که در کنار ارزش‌گذاری مستقل برای محیط زیست، انسان در کنار طبیعت، می‌تواند بزه دیده سبز باشد. هرچند جرایم زیست محیطی به عنوان جرایم بدون قربانی در نظر گرفته می‌شود (رهامی و همکاران، ۱۳۸۹). اما از نظر رویکرد بزه دیده‌شناسی سبز، این سخن با واقعیت منطبق نیست. صیانت از حقوق اشخاص، طبیعت و نسل‌های آینده در مقابل جرایم سبز، از طریق به رسمیت شناختن آنها به عنوان قربانی جرم میسر خواهد بود (صیفی و همکاران، ۱۳۹۸). موضوعی که تا چند دهه پیش جرم‌شناسی و بزه دیده‌شناسی از آن غافل بوده‌اند (شاملو و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین باید نوع نگاه خود را تغییر داده و طبیعت را در کنار انسان به عنوان بزه‌دیده مستقل و دارای ارزش ذاتی مستقل، دارای اعتبار بشناسیم. قانون سنجه ایست که بر پایه آن می‌توان، بزه دیدگان سبز را شناسایی کرد. اما چالش مهم این سنجه آن است که از منظر بزه دیده شناسان سبز، قانون عمدتا حامی منافع قدرتمندان است یا این که جرایم زیست محیطی را دولتها انجام می‌دهند. از اینرو تمامی رفتارهای آسیب رسان به محیط زیست در پناه قانون قرار نگرفته و جرم‌انگاری نمی شوند. ضرورت شناسایی حقوق بزه دیده گان سبز را می‌توان علاوه بر تکلیف دولتها بر اعمال اصل سیزدهم بیانیه کنفرانس سازمان ملل متحد درباره محیط زیست و توسعه ریو ۱۹۹۲ که بیان کننده تدوین قوانین ملی برای شناسایی قربانیان آلودگی محیط زیست است؛ با توجه به سنجه‌هایی نمایان ساخت. سنجه نخست، کثرت بزه دیده گان سبزکه به معنای آن است که بزه‌های زیست محیطی، قربانیان بی شماری بر جای می‌گذارند. سنجه دوم تنوع بزه دیدگان سبز است، بدین معنی که در بزه‌های زیست محیطی به جهت پیوستگی اکوسیستم، چنانچه بخشی از آن مورد تعرض قرار گیرد، سایر بخش‌ها نیز بزه دیده می‌شوند و سنجه سوم، بعد وسعت بزه دیدگان سبز است که گاها بعد فرامرزی این جرایم است که تاثیر این جرایم ابعاد بالاتری می‌یابد (شاملو و همکاران، ۱۳۹۶). هرچند نظام حقوقی ایران متاثر از رویکرد طبیعت محور، هر دو دسته بزه‌دیدگان سبز اعم از جاندار و بی جان را به عنوان بزه دیده سبز انگاشته است، اما چالش‌های فراوانی در حمایت از آنها در مقررات وجود دارد.

علت‌شناسی بزه‌کاری در جرایم علیه اراضی منابع ملی در پرتو نظام سیاست جنایی ایران

وضعیت محیط زیست یک کشور برآیندی از تاثیرگذاری تصمیمات و تعاملات دولتها، بنگاههای اقتصادی، سازمانهای مردم نهاد زیست محیطی، توده‌های مردم و مجامع علمی می‌باشد. واقعیت این است که وضع محیط زیست در ایران و کشورهای در حال توسعه، بحرانی و با روند فزاینده تخریب و الودگی مواجه است. روند حاکم بر اقتصاد سیاسی ایران سبب شده است که در رتبه بندی زیست محیطی، مجمع جهانی اقتصاد با مطالعه ۷۲ شاخص از سوی دانشگاه کلمبیا و ییل که در سال ۲۰۰۵ انجام پذیرفت، ایران در میان ۱۴۶کشور مورد مطالعه رتبه ۱۳۲ و از ۱۰۰ امتیاز، نمره ۳۲ را کسب نمود و در کنار کره شمالی در پایینترین رده بندی قرار گیرد (غلامپور، ۱۳۸۶).

نگاهی به رویه‌ها و آراء محاکم نشان می‌دهد که چنانچه جامعه خطر بزه دیدگی را احساس کند غالبا برای احقاق حق خود تلاش می‌کند. اما در حوزه جرایم زیست محیطی، بزه‌کاری، شکل و ابعاد متفاوتی دارد. با توجه به قرار داشتن کشور ما در

کمربند خشکسالی و وجود فجایع بی شمار جنگل زدایی، بیابان زایی و تصرفات و تجاوزات غیر قانونی به بررسی چالشهای این نوع از جرائم خواهیم پرداخت.

چالش شناسایی بزه‌کاران و بزه‌دیدگان در جرائم علیه اراضی منابع طبیعی در پرتو ماهیت متمایز این جرائم

یکی از عللی که افکار عمومی را از آثار ناگوار جرایم علیه منابع ملی غافل می‌گرداند، به ماهیت این جرائم بر می‌گردد. قتل ناشی از ضرب و جرح بسیار ملموس تر از قتلی است که در نتیجه مسمومیت ناشی از در معرض گرد و غبار بودن مستمر (بیابانزایی عمدی) ایجاد می‌شود. نگاهی به وسعت آسیبهای وارده بر علیه منابع ملی در جغرافیای طبیعی ایران که شامل طیف متنوعی از اکوسیستم‌ها از جمله جنگلها، مراتع، بیشه‌های طبیعی، بیابانها، کویر، کوهستانها، اکوسیستم‌های آبی، دشتها و درختزارها می‌باشد، نشان می‌دهد که آسیبهای جزیی که از اشخاص حقیقی به مناطق مزبور و سایر اقلیمها وارد گردیده است، بدون شک دلیل عمده تخریب منابع ملی نیست و رخدادهایی که در سالهای اخیر پدیدار شده است، ماحصل دخالت و ورود عواملی بسی قویتر از این دست بوده است. به حتم عوامل تخریب کننده از قوه قاهره و قدرت بالاتری برخوردارند. بنابراین فرض منشا صرفا محلی با مرتکبان حقیقی در تخریب منابع ملی امری غلط است. در بسیاری از موارد، جرائم زیست محیطی محسوس نیستند یا کشف نمی شوند و یا تا مدتها اثری از خود باقی نمی‌گذارند تا بدین طریق بتوان آنها را کشف کرد و یا مرتکبین احتمالی را بتوان شناسایی کرد (Korsell, 2001). برخی نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که ناشناخته بودن جرائم این حوزه، غالبا رقم سیاهی بین ۲۰ تا ۴۰ درصد دارند و در برخی موارد این رقم به ۹۰ درصد هم ممکن است برسد (Pereira, 2015). شمار بسیاری از آسیبهای زیست محیطی برخلاف جرایم سنتی، فاقد تاثیر آنی هستند و به اصطلاح دارای مشخصه بلند مدت بودن آسیبها شناخته می‌شوند. بسیاری از بزه دیدگان زیست محیطی تا دهه‌ها از ارتکاب جرم علیه خودشان مطلع نمی شوند. بنابراین با توجه به آنکه جرائم زیست محیطی، چهار ویژگی شاخص در مقایسه با دیگر جرائم دارند، گستردگی از جهت مرتکب، تنوع از جهت رفتار، پویایی از جهت نتیجه و نسبیت از جهت پیامد. این چهار ویژگی مستقیما بر روی رابطه استناد میان رفتار و نتیجه اثر گذاشته و آن را به چالش می‌کشد. نتیجه آنکه رویکرد سنتی به رابطه استناد در جرائم زیست محیطی، مانعی برای پیگرد این جرائم شده است و راهکار آن نیز در عملی کردن عاریتی‌سازی مسئولیت کیفری طبق ماده ۱۴۲ قانون مجازات اسلامی درراستای مسئول شناختن اشخاص حقوقی، مسئولان دولتی، مدیران شرکتها و نیز والدین صغار است که جرائم زیست محیطی، ناشی از تصمیمات آنها یا عدم نظارت آنها است (حاجی بیگی، ۱۴۰۲). عاریتی‌سازی مسئولیت کیفری به گونه‌ای که بتوان مسئولیت رفتار آلوده کنندگان یا تخریب کنندگان محیط زیست را به عهده موجبان یا مسببان آن گذاشت، یکی از مهمترین راه‌کارها برای توسعه مداخله حقوق کیفری درحمایت از محیط زیست است.

پارادایم مهندسی افکار عمومی، حیات خلوت بزه‌کاری علیه اراضی منابع ملی

جرم‌شناسان انتقادی برای نظام‌های بازنمایی و برساختی جرم در جامعه از جمله قدرت و رسانه نقش بسیار مهمی قائل بوده و جرم را نه یک پدیده واقعی بلکه بیشتر یک پدیده برساختی توسط قدرت و رسانه می‌دانند. به عقیده این جرم‌شناسان "بازنمایی جرم" توسط رسانه‌ها یک فرایند مبتنی بر تحریف واقعیتهای جنایی است (رحیمی نژاد، ۱۳۹۹)، فرآیندی که در آن اخبار و گزارشهای رسانه‌ای در مورد جرائم و آسیبهای زیست محیطی نه براساس واقعیتها بلکه بیشتر براساس انتخاب‌ها و دیدگاه‌های رسانه‌ها و گفتمان‌های غالب سیاسی و حکومتی شکل می‌گیرد.

کوهن در نظریه معروف "هراس اخلاقی"[1] اشاره می‌کند که اغلب موج هراس اخلاقی با پوشش وسیع رسانه‌ای شروع می‌شود و در صورت تشویش اذهان عمومی در قالب قوانین و سیاستها به نتیجه می‌رسد (Cohen, 1973). به همان نسبت که کنشگران هراس اخلاقی در تقویت شوک روانی نقش دارند، سهم چشمگیری نیز در ایجاد امنیت روانی کاذب ایفا می‌کنند. برعکس اندیشه هراس اخلاقی که ترس نامعقولی در جامعه حکمفرما است، در امنیت اخلاقی موجی از احساس آرامش نامعقول در جامعه ایجاد می‌شود. در این حالت مطالبه گری افکار عمومی برای عدالت زیست محیطی[2] کاهش می‌یابد و مجرمان زیست محیطی در حاشیه‌ای امن به رفتارهای مجرمانه خود ادامه می‌دهند (صیفی و همکاران، ۱۳۹۸).

در این فرآیند گزارس رسانه‌ها از جرائم و آسیبهای زیست محیطی به نفع آلوده کنندگان شرکتی و موسسه‌های دولتی تحریف می‌گردد و از فجایع زیست محیطی به گونه‌ای معرفی می‌گردد که جزء لاینفک صنایع تجاری پرخطر هستند. رسانه‌ها با این شیوه قالب‌بندی اخبار زیست محیطی، زمینه را برای تفسیرهای مطلوب از قانون شکنی توسط شرکتها و آلاینده‌های بزرگ فراهم می‌کنند. به عقیده باراک که برای اولین بار جرم‌شناسی انتقادی خبرساز را مطرح کرده است، دولت همواره از رسانه‌های جمعی به عنوان تکنیکی برای شستشوی سبز جرائم ارتکابی اشخاص حقوقی و تقلیل آثار و پیامدهای تناقض‌ها و تضادهای نظام سرمایه‌داری استفاده می‌کند (بریسمن و ساوس، ۱۳۹۶).

مطالعات و تحقیقاتی که پیرامون نحوه بازتاب جرایم زیست محیطی در رسانه‌ها صورت گرفته است، نشان می‌دهد که اولا: جرایم و آسیبهای زیست محیطی اغلب پوشش رسانه‌ای داده نمی شود و در صورت پوشش خبری داده شدن نیز، طبیعی انگاری می‌شوند و یا به عنوان خطرها و بلایای طبیعی و نه ریسک‌های زیست محیطی معرفی می‌شوند. دوم: بازتاب جرایم و آسیبها در رسانه‌ها حادثه محور است. به این معنا که رسانه‌ها به جای پرداختن به علل فرهنگی، اجتماعی، سیاسی و اقتصادی جرایم و آسیبهای زیست محیطی و راهکارهای پیشگیری از آنها، به بیان رخدادهای زیست محیطی مثل ریزگردها و آتش سوزیها و سیلابها می‌پردازند.

باید به این امر توجه داشت که فرهنگ و سبک زندگی زیست محیطی از الزامات توسعه پایدار زیست محیطی است که نیازمند مهندسی فرهنگی و برنامه ریزی بلند مدت بوده و به صورت شعاری و مقطعی نمی توان با آن برخورد کرد. بنابراین فرایند سبز نمایی، طبیعی انگاری جرایم و آسیبها توسط رسانه‌ها یکی از عوامل ایجاد و گسترش این نوع خاص از جرایم می‌شود. مداخله در فرایند ساخت‌بندی رسانه‌ای برمبنای نظریه‌های"جرم‌شناسی خبرساز" می‌تواند زمینه را برای افشاگری بازنمایی زیست محیطی توسط رسانه‌های جریان غالب، ایجاد تغییرات اجتماعی، برقراری عدالت زیست محیطی و بوم شناختی و ارائه تصویر مطلوب از جرم فراهم آورد (رحیمی نژاد، ۱۳۹۹). براین اساس، تقویت رسانه‌های زیست محیطی، تشکیل شبکه‌های خبری مستقل زیست محیطی، مداخله و مشارکت مستقیم فعالان و متخصصان محیط زیست در فرآیند ساخت‌بندی اخبار مربوط به جرایم و آسیبهای زیست محیطی، تبیین علل فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی بحرانهای زیست محیطی در رسانه‌ها، تشکیل گروه‌های تخصصی ارتباطات زیست محیطی در سازمان حفاظت محیط زیست و کاهش حضور مستقیم دولت در رسانه‌های جمعی می‌تواند در پیشگیری از جرایم و آسیبهای زیست محیطی و شکل‌گیری صحیح افکار عمومی راجع به جرایم و آسیبهای زیست محیطی نقش مهمی ایفا کند.

1- Moral panics
2- Environmental Justice Approach

چالشهای سیاست جنایی تقنینی قانونگذاری ایران در قبال جرائم علیه اراضی منابع ملی

امروزه محیط زیست و حفاظت از آن به آنچنان ارزش اخلاقی و اجتماعی تبدیل شده است که حمایت کیفری از آن ضروری می‌نماید. جنایات زیست محیطی علیه اراضی ملی به شکلی سازمان یافته انجام می‌شود (علی نژاد و همکاران، ۱۴۰۱). انتخاب رویکرد مناسب در مجازاتهای زیست محیطی، شناسایی قاطعانه مسئولیت کیفری برای اشخاص حقوقی ناقض حقوق محیط زیست (اعم از دولت و اشخاص حقوقی عمومی غیر دولتی و ..) و ایجاد و تقویت نهادهای نظارتی مدرن و پیشرفته از جمله این بایسته‌ها می‌باشند (عبداللهی، ۱۳۸۶). با بررسی قوانین برنامه‌های عمرانی قبل از انقلاب و برنامه‌های توسعه ای پس از انقلاب، باید اذعان کرد که تحقّق تمام اهداف زیست محیطی مندرج در برنامه‌های توسعه ای، به ویژه در برنامه ششم توسعه به عنوان آخرین برنامه با دیدگاه زیست محیطی، متضمّن تقویت زیرساخت‌های بنیادی، هماهنگی بین امور زیست محیطی، اراده ملّی و فراهم کردن بستر مناسب جهت مشارکت عمومی به ویژه سازمان‌های غیر دولتی است که باید درصدد ترسیم برنامه بلندمدت توسعه پایدار در کشور بود. هرکشور باید براساس زیست بوم خود و عوامل تخریب کننده ای که در درون مرزهای سرزمینی دارد، قوانین مدون و مفیدی در راستای پیشگیری و کاهش جرائم زیست محیطی و مبارزه با مرتکبان این حوزه اتخاذ و درسیاست جنایی خود لحاظ کند. اما با وجود گذشت چندین دهه از اولین قانونگذاریها در حوزه محیط زیست، قوانین مناسب و پیشگیرانه برای معضلات موجود در زیست بوم وضع نشده است که نتیجه آن، مشکلات امروز جامعه در مقوله‌هایی چون ریزگردها و بحران کم آبی، گسترش بیابانها و جنگل زدایی، انقراض حیوانات وحشی در معرض خطر و نابودی زیست بوم جانوران و از بین رفتن پوششهای گیاهی و آلودگی آبی رودخانه‌ها و دریاها و .. است.

بررسی سابقه قانونگذاری در حوزه جرائم علیه اراضی منابع ملی حاکی از آن است که اولین قوانین و مقررات مرتبط به این حوزه، قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست مصوب ۱۳۳۵ به عنوان اولین قانون جامعی بوده است که به طور نسبی کلیه ابعاد محیط زیست را در برگرفته است. یکی دیگر از مهمترین قوانین در حوزه جرایم زیست محیطی و منابع طبیعی، قانون حفاظت از جنگلها و مراتع مصوب ۱۳۴۶ که برای تضمین حفاظت و حمایت به برخی از ضمانت اجراهای حقوقی و بیش از آن به ضمانت اجرای کیفری متوسل شده است. قوانین دیگر درزمینه واگذاری اراضی، طرح اصلاح ماده ۳۴ قانون حفاظت و بهره برداری از جنگل‌ها و مراتع مصوب ۱۳۷۳ است که به موجب آن، وزارت جهاد سازندگی (جهاد کشاورزی) موظّف شد ظرف مدّت سه سال، اراضی جنگلی جلگه ای شمال و مراتع ملّی غیر مشجّر کشور را که تا پایان سال ۱۳۶۵ بدون دریافت مجوّز قانونی تبدیل به باغ یا زراعت آبی شده و یا برای طرح‌های دیگر مورد استفاده قرار گرفته است، در قبال دریافت اجاره بها یا قیمت تعیین شده، واگذار یا به فروش برسانند. براساس پژوهش صورت گرفته در این حوزه، حدود ۴۸۹ هکتار زمین در جلگه شمالی کشور به افرادی که اراضی موصوف را تحت تصرّف داشته اند، واگذار شده است (رشیدی و همکاران، ۱۴۰۲). درآئین نامه اجرایی این قانون، سازمان جنگل‌ها موظّف به دادن سند به اشخاص متصرّف شده که این موضوع، سبب سندسازی و یا مدرک سازی افراد برای دریافت سند مالکیّت اراضی ملّی و دولتی تحت تصرّف شده است. همچنین بسیاری از افرادی که در زمان مقرّر برای اجرای این قانون نتوانستند برای اراضی تحت تصرّف، سند دریافت کنند، هنوز هم به فکر احیای مجدّد قانون یاد شده هستند که این نتایج، مورد توجه پژوهشگران دیگر نیز قرار گرفته است (سوسنی، ۱۳۸۸). قانون اصلاح قانون جلوگیری از تصرف عدوانی مصوب ۱۳۵۲، لایحه قانونی راجع به تجاوز به اموال عمومی و مردم اعم از اشخاص حقیقی و حقوقی مصوب ۱۳۵۸، ماده ۶۹۰ قانون تعزیرات ۱۳۷۵، لایحه قانونی حفظ و گسترش فضای سبز در شهرها مصوب ۱۳۹۵، قانون حفظ و حمایت ازمنابع طبیعی و ذخایر جنگلی کشور مصوب ۱۳۷۱ از مهمترین این قوانین می‌باشند. در قوانین و مقررات کشور، جنگل و مرتع به‌صورت تخصصی مورد قانونگذاری قرار گرفته است و موضوعات گوناگون از جمله

مباحث احیاء و احداث جنگلها و مراتع، بهره‌برداری و توسعه آنها و واگذاری اراضی برای تامین نیازهای اساسی جامعه در بخشهای کشاورزی، صنعتی، تجاری، خدماتی و سایر نیازهای جامعه مورد توجه قانونگذار قرار گرفته است. همچنین اجرای طرح‌های مختلف توسط اشخاص حقیقی و حقوقی در اراضی منابع طبیعی برای مصارف گوناگون نیز مورد توجه قانونگذار بوده است. با مروری بر قوانین به نظر میرسد، به لحاظ کمیت و فراوانی تعداد قوانین و مقررات مرتبط با جنگلها و مراتع در مقایسه با تعداد قوانین سایر بخشها، بیش از حد متعارف باشد و در عین حال در موضوعاتی با هم دارای همپوشانی و تداخل هستند و ابهاماتی را بوجود می‌آورند. به موجب تصویب نامه دیرهنگام ۱۳۹۶/۸/۱۴ هیات وزیران، میزان جرایم موضوع مواد ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۶ و ۵۰ قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگلها و مراتع، عمدتا مربوط به تخریب پوشش گیاهی طبیعی افزایش یافته است. ولی جرائم و مجازاتهای تخریب عرصه‌های جنگل و مرتع به‌روز رسانی نشده‌اند و جنبه‌های بازدارندگی خود را از دست داده اند. از جمله ماده ۶۹۰ قانون مجازات اسلامی که مجازات مقرر در ماده ۵۵ قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگلها و مراتع را کاهش داده است و از طرفی مجازات تعیین شده در این ماده قانونی از حیث شدت با مساحت اراضی ملی مورد تصرف تناسب لازم را ندارد.

پرسشی که در این رابطه پیش می‌آید این است که با وجود ضمانت اجراهای کیفری در این حوزه و امکان رجوع قضات برای تحمیل کیفر، چرا بزه‌کاران خرد و کلان این جرایم بیم از اجرای عدالت ندارند و در حاشیه‌ای امن به تجاوز و تعدی به منابع ملی ادامه می‌دهند؟

یکی از دلایل عادی پنداشتن بزه‌کاریها نسبت به منابع ملی به ویژه جنگلها و مراتع را می‌توان به پیروی نکردن از اصول و مبانی جرم‌انگاری در وضع قانون دانست. در فرایند جرم‌انگاری، زمینهای ملی و دولتی یک ارزش مستقل محسوب نشده است. این در حالی است که تجاوز به آن دارای علل، آثار و وخامت ویژه‌ای نسبت به اراضی خصوصی است. به‌رغم گذشت سالیان متمادی از قانونگذاری و ضرورت بازنگری با توجه به نقایص موجود ایجاب می‌کند که قانونگذار این اصل اولیه را در تفکیک و جداسازی بر حسسب اهمیت این نوع اراضی، در اتخاذ یک رویکرد افتراقی وارد سازد و گونه‌های اراضی را به صورت ارزشهایی مستقل و منفک از هم شناسایی و جرم‌انگاری و کیفرگذاری نماید. مضاف بر آن در محتوای قانون، ابهام و اجمال و فقدان جامعیت مشاهده می‌شود. ضرورت جرم‌انگاری شروع به جرم و خلاهای قانونی در مورد پدیده رانت اطلاعاتی و فقدان جرم‌انگاری مستقل میان تصرف عدوانی ساده و تصرف عدوانی (زمین خواری) ناشی از سوء استفاده از قدرت مغفول مانده است.

رویکرد مناسب در جرم‌انگاری و مجازات این جرائم علیه اراضی (به طور اخص تصرف و تجاوز غیرقانونی اراضی منابع ملی) ترکیبی از مجازاتهای مالی، حبس و مجازاتهای تکمیلی و ترمیمی است. نظام ضمانت اجراهای فعلی از تنوع لازم برخوردار نیست. این ضمانت اجراها ارزش واقعی بزه دیدگان زیست محیطی را نشان نمی دهد و این تصور در جامعه ایجاد می‌شود که جرایم مزبور لطمات جبران ناپذیری به منافع ملی و عمومی وارد نمی کند. مقنن برای مرتکبین فجایع زیست محیطی، مجازاتی همچون مرتکبین جرایم خرد در نظر گرفته است. ضمانت اجراهای مندرج در قوانین مربوطه به وضوح بر فقدان عزم جدی مقنن در پیشگیری و مبارزه با جرایم به ویژه جرایم صاحبان ثروت و قدرت علیه منابع ملی صحه می‌گذارد. مجازات حبس با اجرای قانون وصول برخی از درآمدهای دولت و قوانین و دستورالعملهای داخلی قوه در بسیاری موارد محجور مانده و بسیاری از قضات در دادگاه‌ها به دلیل عدم آگاهی زیست محیطی غالبا در خصوص مجرمان زیست محیطی از این مجازات استفاده ننموده یا کمترین میزان حبس را در نظر می‌گیرند و این مساله سبب شکل‌گیری یک نظام ضمانت اجرایی بسیار ضعیف گردیده است که در نتیجه اهداف مجاراتها از جمله ارعاب آمیز بودن و دارا بودن قدرت بازدارندگی را برآورده نمی

سازد و در نتیجه موجب تجری مرتکبین این نوع جرایم می‌شود. ضمانت اجراهای قانونی این چنینی با وسعت آسیبهای وارده تناسب ندارد و منفعت بهره‌برداری و استثمار منابع ملی بالاخص برای اشخاص حقوقی بیش از معایب کیفر است. در حالیکه سیاستگذاران کیفری، نخست می‌بایست جرائم مختلف و نیز ویژگیهای غالب مرتکبین این جرائم را بازشناخته و آنگاه مبادرت به تعیین ضمانت اجرای مناسب برای آنها کنند (جوان جعفری و همکاران، ۱۳۹۵).

واقعیتهای جرائم تصرف و تجاوز و تخریب اراضی ملی هم به عنوان ارزشی زیست محیطی و هم به عنوان ارزشی اقتصادی، واقعیت‌های نهفته در کارکرد مجازاتهای متناسب، توسل به حقوق کیفری و مهمترین مجازات آن (حبس) را برای حمایت و حفاظت از اراضی توجیه می‌کند، حتی اگر متضمن هزینه‌هایی برای دستگاه قضایی باشد. توجه به عوامل متعددی مانند سود ناشی از این پدیده‌های مجرمانه، میزان احتمال کشف جرم و نقش مجازاتها در لطمه به حسن شهرت و اعتبار افراد خاطی (بالاخص در جرائم ناشی از سواستفاده از قدرت) می‌تواند نقش موثری در تشخیص طراحی یک الگوی منطقی پیش از تدوین، تصویب و اصلاح قانون و به دنبال آن افزایش بازدارندگی کیفر داشته باشد. حفظ و پافشاری رویکرد فعلی مقنن و عدم توجه به ناکارامدی سیاست تقنینی و عدم توجه به اصول قانون نویسی، صرفا بر سیاهه قوانین افزوده و راه گریز مرتکبین از چنگال عدالت را فراهم می‌آورد.

نکته مهم دیگر در عدم حساسیت افکار عمومی نسبت به بزه‌کاری در این حوزه، جرم‌انگاری ناقص رفتارهای آسیب رسان صاحبان ثروت- قدرت است. با مطالعه و تدقیق در عملکرد تمامی دولتها در این عرصه، هویداست که به رغم تمام تفاوتها و تعارضات در سطح داخلی و بین المللی، در زمینه حفاظت از محیط زیست و منابع ملی سیاستی مشابه را در پیش گرفته‌اند که همان نگاه کالامحور و رویکردی ابزارگرایانه به منابع ملی است. با امعان نظر به در اختیار داشتن قدرت قانونگذاری و اجرایی دولتها، این پرسش اساسی به ذهن متبادر می‌شود که چگونه می‌توان انتظار داشت که دولتها دست به جرم‌انگاری و مجازات رفتارهایی بزنند که خود مرتکب می‌شوند و یا منافع مورد پسندشان را تامین می‌کند (زاهدیان و همکاران، ۱۴۰۰) با درک این واقعیت که در تعارض میان پاسداری از محیط زیست و کسب منافع اقتصادی بیشتر، دولتها غالبا انتخاب دوم را بر می‌گزینند، نیازمند اصلاحات گسترده در رفتار دولتها هستیم. چه آنکه مقنن ایرانی، آسیبها علیه منابع ملی را به عنوان جزیی از بایسته‌های زندگی مدرن پذیرفته و گویی نتوانسته تعادل را میان توسعه و حمایت از منابع ملی برقرار کند. تا جاییکه حتی با پیش‌بینی ماده ۲۰ قانون مجازات اسلامی مصوب ۱۳۹۲ پس از شناسایی مسئولیت کیفری برای اشخاص حقوقی در تبصره ماده مذکور، فعالیتهای اشخاص حقوقی دولتی و یا عمومی غیر دولتی را مادامی که اعمال حاکمیت کنند، از این ماده مستثنی نموده است. عدم مسئولیت کیفری اشخاص حقوقی به معنای مقبول دانستن اقدامات آنها در همه زمینه‌ها به طور ویژه فعالیتهای زیست محیطی است و در نتیجه این اندیشه به ذهن متبادر می‌شود که قانونگذار اغلب بر جرائم گروه‌های فاقد قدرت تمرکز کرده و درصدد افزایش دامنه شمول جرائم صاحبان قدرت نمی باشد.

آنچه برای دولتها مهم است، توسعه اقتصادی است و در این راه، محیط زیست به تصرف و تسلط دولتها درآمده است. بنابراین هرگونه فعالیتهای مخرب دولتها در عرصه‌های تولیدی، صنعتی باید شناسایی شده و مسئولیتی متناسب با میزان خسارت و ضرر زیست محیطی برای آن در نظر گرفته شود. بنابراین بر حسب اصل ضرورت و اصل بهره مندی اقتصادی، ایجاب می‌کند که درباره جرایم خود نیز دارای مسئولیت کیفری شناخته شوند و اگر چه اعمال بعضی ضمانت اجراها مانند انحلال و یا مصادره اموال، معارض با ماهیت اشخاص حقوقی دولتی است، اما اعمال گونه‌هایی از ضمانت اجراها مانند انتشار حکم محکومیت به وسیله رسانه‌ها می‌تواند جلوه‌ای از مسئولیت دولت در قبال مخاطرات زیست محیطی باشد (پوربافرانی، ۱۳۹۵). در جرم‌شناسی این رفتار دولتها تحت عنوان "جرم دولتی" شناسایی شده است. لکن در عرصه زیست محیطی به جهت در

دست داشتن قدرت قانونگذاری و نیاز دولتها به ادامه فعالیتهای بنگاههای قدرتمند اقتصادی موجب مسکوت ماندن و نوعی مصونیت کیفری نسبت به آسیبهای ناشی از رفتار دولتها در نظام عدالت کیفری شده است (زاهدیان و همکاران، ۱۴۰۰). در نبود نظام حقوقی مصمم در مقابله با صاحبان قدرت و ثروت که سبب ایجاد یک حاشیه امن برای آنها شده است و این اندیشه را برای افکار عمومی ایجاد می‌کند که که اعمال حاکمیتها و شرکتهای قدرتمند و صاحب نفوذ که در چارچوب قوانین جاری فعالیت می‌کنند، منافاتی با حق استفاده شان از منابع ملی ندارد. این ناآگاهی افکار عمومی، حاشیه امنی برای بزه‌کاران زیست محیطی ایجاد می‌نماید. توجه به اصل قانونمندی، نه تنها جلوه‌های نهان پدیده‌های بزه‌کارانه در قلمروی محیط زیست را نادیده می‌گیرد، بلکه به مثابه ابزاری در دست دولت قلمداد می‌شود تا رفتارهای ناشایست خود را جرم‌انگاری نکند.

ضرورت تغییر ملاحظات حاکم بر سیاستگذاری قضایی در مقابل بزه‌کاری علیه اراضی منابع ملی

وضع یک قانون مناسب به اجرایی شایسته نیاز دارد. پیگیری جرائم مرتبط به اراضی ملی توسط نظام قضایی نقش مهمی در اطلاع رسانی افکار عمومی و ایجاد حساسیت زیست محیطی خواهد داشت که در نتیجه آن عادی‌سازی جرائم این حوزه اتفاق نخواهد افتاد. پاسخگو نبودن فرایند سنتی رسیدگی به جرم، ضرورت بازبینی در اجزای مختلف آن اعم از کشف، تعقیب، تحقیق و رسیدگی را ایجاب می‌کند. هرچند قانونگذار فقط مراجع قضایی را برای رسیدگی به این جرایم در نظر گرفته است، لیکن در نظام قضایی اقداماتی به منظور رسیدگی فرا قضایی صورت گرفته است. تشکیل شورای حفظ حقوق بیت المال به منظور ایجاد هماهنگی دستگاه‌های اداری از جمله اقدامات در سیستم قضایی محسوب می‌گردد. تسهیل در برقراری تعامل میان دستگاه قضایی با نهادهای غیر قضایی پیش‌بینی شده در قوانین مختلف که به منظور از بین بردن زمینه‌های وقوع جرم و در مرحله بعد شناسایی زود هنگام جرم واقع شده و جمع آوری اطلاعات مورد نیاز دستگاه قضایی، امری ممکن است. در سالیان اخیر نظام قضایی به تاسیس ساختارهای کیفری ویژه مانند شعبه ویزه، دادسرای ویژه زمین‌خواری و صدور بخشنامه‌های ویژه پرداخته است. مطابق ماده ۲۲ قانون آیین دادرسی کیفری ۱۳۹۲ و در راستای اصل ۵۰ قانون اساسی، مسئولیت حفظ حقوق عامه و تعقیب جرایم واجد جنبه عمومی بر عهده دادستان است. وظیفه قانونی دادستان‌ها برای عضویت در ستاد پیشگیری و حفاظت اجتماعی، ستاد پیشگیری و مبارزه با جرایم خاص، شورای عالی پیشگیری از جرم، شورای حفظ حقوق بیت‌المال در امور اراضی و منابع طبیعی، خود شاهدی بر نقش بارز دادستان‌های استان و شهرستان در پیشگیری از آسیب‌ها و انحرافات می‌باشد (گلدوست جویباری، ۱۳۹۳) در همین راستا دادستان‌های شهرستان‌ها و در راس آنها دادستان کل کشور به عنوان نماینده عموم جامعه موظف به تضمین حق محیط زیست سالم می‌باشد. تدابیر قهرآمیز یکی از ابزارهای آنان برای پیشگیری از آسیب‌های زیست محیطی می‌باشد و نباید از نقش چشمگیر تدابیر پیشگیرانه غیر قهرآمیز غافل شد. دادستان‌ها با استفاده از راهبردهای پیشگیرانه وضعی مانند دیده‌بان‌های پیشگیری از وقوع جرم، گاردهای ویژه مراقبت از محیط زیست، سامانه‌های بر خط جامع اطلاعات مردمی مانند سجام، سامانه‌های تلفنی پیشگیری از جرم مانند ۱۵۰۴، راه‌اندازی گشت‌های مراقبتی و فرهنگ‌سازی از طرقی مانند تابلوها و کاتالوگ‌هایی با مضامین صیانت از محیط زیست، می‌توانند گام‌های عملی موثری برای پیشگیری از آسیب‌های جبران ناپذیر به زیست‌بوم طبیعی بردارند. در همین راستا، معاونت‌های پیشگیری از وقوع جرم استان‌ها به عنوان بازوان اجرایی دادستان‌ها، مکلف به رصد فعالیت‌های مشکوک زیست محیطی و اتخاذ تدابیر پیشگیرانه لازم می‌باشند. شمار فراوان جرائم علیه اراضی ملی در کشورمان این سوال را متبادر می‌کند که پروژه‌های کلان تهدید کننده این منابع، چگونه از دیدگان نافذ مقامات قضایی

پنهان مانده و به عنوان مدعی العموم درصدد صیانت از منافع جمعی بر نیامدند؟ (جوان جعفری و همکاران، ۱۳۹۵). نخست آنکه همان‌طور که پیشتر نیز بیان شد؛ جرایم علیه اراضی ملی در سطح کلان عموما توسط اقلیتی ذی نفوذ و رانت‌خوار ارتکاب می‌یابد. اینان عمدتا کنشگران اقتصادی بوده و به دلیل نفوذ زیادی که به لحاظ سیاسی، اجتماعی و اقتصادی دارند، ابایی از ارتکاب جرم ندارند. این امر که سبب رفتارمتفاوت نظام تعقیب کیفری با متولیان امور اقتصادی می‌شود، یادآور پدیده تسخیر نهادی[1] است. براساس این رویکرد، نهاد قضاوت کننده تحت شرایطی از جمله وابستگی به یک نهاد از دولت، غبطه اقتصادی، تقابل جرم و توسعه و ... به تسخیر نهاد قضاوت شونده در می‌آید (دانش ناری،۱۴۰۰). بنابراین تسخیر نهادی در کنار رویه نظام‌های عدالت کیفری در مورد جرایم دولتی، سبب می‌شود که فرایندهای غیر رسمی حاکم بر نظام قضایی در قبال جرایم علیه منابع ملی، عدالت را به چالش کشاند و به طور کلی، جرائم این حوزه به چرخه عدالت کیفری وارد نشود. در این شرایط عموما اخطار، تذکر و هشدارهای انضباطی، شدیدترین واکنش دادستانها به جرائم ارتکابی خواهد بود (دانش ناری، ۱۳۹۲). این امر یکی از اصول بنیادی حقوق کیفری تحت عنوان بی کیفر نماندن بزه‌کاران را نقض می‌کند.

با مطالعه آراء دادگاه‌ها رابطه معناداری بین شدت جرم و میزان مجازات صادره مشاهده نمی شود و از حداقل مجازاتها استفاده می‌شود. بنابراین براساس نظریه بازدارندگی، شدت ادراک شده از کیفرهای احتمالی توسط بزه‌کار، وی را از ارتکاب جرائم احتمالی در آینده باز خواهد داشت. نمی توان بزه‌کاران یقه سفید بویژه شرکتهای حقوقی را بدون ارعاب از طریق تحمیل کیفرهای شدیدتر از ارتکاب جرم بازداشت. چرا که در غیر اینصورت به میلیون‌ها انسان آسیب خواهند زد (صیفی و همکاران، ۱۳۹۸).

با تحمیل ضمانت اجراهای خفیفی مانند جریمه نقدی، حبس‌های تا یکسال با توجه به مزایای احتمالی عمل مجرمانه، خاصیت بازدارندگی عملا وجود نداشته و سود ارتکاب جرم بیش از ضرر احتمالی ان خواهد بود. بسیاری از مقامات قضایی نیز با چنین اندیشه‌ای رشد پیدا کرده و زمانیکه در می‌یابند، اهمیت این جرائم نزد مقنن اندک است، از تعقیب مرتکبین چشم پوشی می‌کنند و یا به همان مجازاتهای اندک رضایت داده و با رویکردی کم خطر برخورد می‌کنند. تدوین اصول راهنمای تعیین مجازات به مانند ماده ۳ قانون شکار و صید، می‌تواند گام موثری در بهبود عملکرد مداخله کیفری در پیشگیری از جرائم باشد. به موجب این قانون، قانونگذار اقدام به تعیین بهای جانوران وحشی از لحاظ مطالبه ضرو زیان نموده است؛ یعنی یک سیستم طبقه‌بندی بین جانوران و یک جدول تعیین بهای جداگانه بر حسب نوع جانور وحشی. در واقع قانونگذار در تعیین مجازات از روش معمول ارزش‌گذاری استفاده کرده است. در عمل با پذیرش معیار ارزش‌گذاری گونه‌های جانوری در تعیین مجازات، میزان سود و بهره احتمالی جرایم علیه گونه‌ها به عنوان قرینه‌ای در تعیین پاسخ متناسب و اتخاذ ضمانت اجرای کارامد برای قاضی رهگشا خواهد بود. همین مصداق را نیز نظام عدالت کیفری می‌تواند نسبت به ارزش و بهای ذاتی بر حسب گوناگونی نوع اراضی و منابع ملی اتخاذ نماید. امری که متاسفانه تا بحال مغفول مانده و رویکرد یکسان رویه قضایی به‌رغم تفاوت در آماج جرم، کاهش بازدارندگی و عدم تاثیر مجازات را تقویت می‌نماید.

بنابراین در برآیند معضلات سیاست جنایی اجرایی ایران در صیانت از منابع ملی، ضرورت تدوین سیاستگذاری واحد اجتناب ناپذیر است. تعدد مراجع تصمیم‌گیری برای اراضی منابع ملی موجب گردیده است تا بسیاری از برنامه‌های حفاظتی و به تبع آن حمایت‌های کیفری عقیم مانده و نتیجه مطلوبی نداشته باشد. در حال حاضر هر مرجعی به فراخور سیاستهای حاکم بر دستگاه خود هدف‌گذاری خاصی نسبت به اراضی منابع ملی دارد. به عنوان مثال در کمیسیون بودجه، رویکرد اقتصادی و

1- Agency capture

کسب درآمد ملاک و معیار قرار می‌گیرد و در مراجع دیگر تصمیماتی ناظر براحیاء اراضی و بعضا بهبود وضعیت مسکن. بنابراین همگرایی و مدیریت یکپارچه اراضی منابع ملی به عنوان مهمترین راه برون رفت از وضعیت اسفبار حاکم در این حوزه پیشنهاد می‌گردد.

بحث و نتیجه‌گیری

سیاستگذاری جنایی ایران در قبال جرائم علیه اراضی ملی و به طور اخص تصرف وتجاوز به آن، از فقدان شبکه جامع و منسجم نظام سیاست جنایی، ناکارآمدی نظام جرم‌انگاری با عنایت به اصول و مبانی حاکم برجرم‌انگاری، ضعف در تنوع بخشی به ضمانت اجراها، عدم توجه به راهبرد افتراقی‌سازی سیاست جنایی و عدم تنوع سیاستگذاری جنایی برحسب متغیرهای تاثیرگذار از حیث موضوع (جرائم)، بزه‌کار و بزه دیده، عدم توجه کافی به ابزارها همچون سازمان‌های مردم نهاد، پلیس تخصصی اراضی منابع ملی، عدم بروز رسانی سازوکارهای احراز وقوع جرم، عدم تعامل مداخله کیفری با سازوکارهای اجرایی و اداری مورد نیاز رنج می‌برد. در بررسی پرونده‌های قضایی نیز ملاحظه می‌شود افتراقی شدن رویه قضایی در اعمال مقررات ماده ۶۹۰ قانون مجازات اسلامی، همانند گفتمان سیاست جنایی قانونگذار در چارچوب سه معیار گونه‌شناسی جرائم، گونه‌شناسی بزه‌کاران و گونه‌شناسی موقعیت پیش جنایی قابل بررسی است. در حوزه محیط زیست فساد سیاسی می‌تواند محدوده دخالت دولت برای حل مشکلات زیست محیطی را محدود کند و فساد اجرایی به محدودیت اجرای سیاستهای محیط زیستی بینجامد. توجه به رویکرد ابزارگرایانه دولت‌ها در اعمال سیاست جنایی تقنینی، قضایی واجرائی و دخیل کردن عوامل سیاسی، اجتماعی و اقتصادی در آن، منجر به تخریب تصاعدی محیط زیست گردیده است. شایسته است تا رفتار دولت‌ها در گستره آسیب‌هایی که به محیط زیست وارد می‌کنند از مصونیت کیفری خارج شده و مسئولیتی متناسب با میزان خسارت و ضرر زیست محیطی برای دولت‌ها به صورت شفاف شناسایی شود. در همین راستا از یک سو باید به ملاحظات برخی از دادستان‌ها برای عدم اقدام قانونی به عنوان مجرای قانونی پیشگیری از جرم در راستای آنچه که ملزومات توسعه خوانده می‌شود، پایان داده شود و از سوی دیگر از موازی کاری نهادهای مسئول پیشگیری از جرایم علیه منابع اراضی منابع ملی در قوه قضاییه و مجریه اجتناب گردد و جرم‌انگاری رفتارهای مجرمان یقه سبز و ایجاد دادسراها و دادگاه‌های جرایم ویژه علیه محیط زیست تاثیر بسزایی در پیشگیری از آسیب‌های زیست محیطی خواهد داشت. تغییر فرهنگ رسانه‌ای غالب و رایج جرم با استفاده از نظریه‌های جرم‌شناسی خبرساز و کاهش حضور مستقیم و فعال دولت در رسانه‌ها، تقویت سواد رسانه‌ای شهروندان، نقش چشمگیری در ایجاد حساسیت در افکار عمومی جامعه و مطالبه‌گری جمعی برای مقابله و پیشگیری ایفا می‌نمایند.

منابع

بریسمن، اوی و ساوس، نیگل، (۱۳۹۶). جرمشناسی فرهنگی سبز، ترجمه اسمعیل رحیمی نژاد و مهدی بابایی، تهران: انتشارات مجد.

پوربافرانی، حسن، همتی، مرضیه (۱۳۹۵). نقد سیاست کیفری ایران در قبال جرائم زیست محیطی، فصلنامه مجلس و راهبرد، شماره ۸۷، ۳۷۳-۳۴۹.

جوان جعفری، عبدالرضا؛ فرهادی آلاشتی، زهرا و ساداتی، سید محمدجواد (۱۳۹۵). بازدارندگی و سنجش آن در فلسفهٔ کیفر، پژوهشنامه حقوق کیفری، ۷(۲)، ص۵۹-۷۸.

حاجی بیگی، سحر، عالی پور، حسن، پاکزاد، بتول، (۱۴۰۲). رابطه استناد در جرائم زیست محیطی در پرتو عاریتی‌سازی مسئولیت کیفری، مجله پژوهشهای حقوق جزاو جرم‌شناسی، دوره ۱۱، شماره ۲۱.

دانش ناری، حمیدرضا، (۱۳۹۲). رویکردی انتقادی به جرائم زیست محیطی فرامرزی، مطالعات بین المللی پلیس، شماره ۱۵.

رایجیان اصلی، مهرداد، دانش ناری، حمیدرضا (۱۳۹۴). جرم‌شناسی انتقادی معاصر، چاپ دوم، تهران، انتشارات دادگستر.

رایجیان اصلی، مهرداد، رحیمی نژاد، اسماعیل، رزم آور بناب، رضا، (۱۴۰۲). سیاستگذاری جنایی تقنین در آینه جرم‌شناسی فرهنگی: با رویکرد انتقادی به نمونه‌هایی از چالش‌های آن در ایران، مجله پژوهشهای حقوق جزا و جرم‌شناسی،دوره یازدهم، شماره ۲۱.

رشیدی، علیرضا، رشیدی، مریم، (۱۳۹۰). بررسی نقش رسانه‌ها در حفاظت از محیط زیست و تاثیر آنها در رفتار مردم و مدیران از نظر شکل‌گیری فرهنگ مصرف، ماهنامه مهندسی فرهنگی، سال پنجم، شماره ۵۵ و ۵۶، ص۳۱-۴۳.

رضاپورپرشکوهی، معصومه، نیکومنش، امرالله، سماواتی، عباس، (۱۴۰۱). سیاست جنایی تقنینی جمهوری اسلامی ایران در موارد تهدید امنیت قضایی با توجه به جرم‌شناسی سبز، فصلنامه فقه جزای تطبیقی، دوره دوم، شماره پنجم، ص ۳.

رحیمی نژاد، اسماعیل، (۱۳۹۹). جرم‌شناسی فرهنگی سبز: از علت‌شناسی تا پیشگیری، پژوهشنامه حقوق کیفری، سال یازدهم، شماره اول.

رحیمی نژاد، اسماعیل، صادقی، سالار، (۱۳۹۶). حقوق کیفری در سنجه جرم‌شناسی پست مدرن، پژوهشنامه حقوق کیفری، سال هشتم، شماره اول.

رهامی، محسن، حیدری، علی مراد، نجفی ابرند آبادی، علی حسین، (۱۳۸۹). جرائم بدون بزه دیده، چاپ دوم، تهران، نشر میزان.

زاهدیان تجنکی، محمد حسین، شامبیاتی، هوشنگ، نجفی توانا، علی، (۱۴۰۰). کالاسازی محیط زیست، جرم پنهان دولتها، فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۷.

شاملو، باقر، احمدی، اصغر، خسرو شاهی، قدرت الله، (۱۳۹۶). بزه دیده‌شناسی سبز: با تاکید بر سیاست کیفری ایران، پژوهش حقوق کیفری، سال ششم، شماره بیستم، ص۳۹.

صیفی، محمد، جوان جعفری، عبدالرضا، فرهادی، زهرا، (۱۳۹۸). سندرم بزه دیدگی زیست محیطی: پاسخی به چرایی ارتکاب رفتارهای آسیب رسان به منابع آب زیرزمینی، پژوهشنامه حقوق کیفری، سال دهم، شماهر دوم، ص۱۴۲.

علی نژاد، علی، عباسی، اصغر، اسماعیلی، مهدی، نبی پور، محمد، (۱۴۰۱). سیاست جنایی ایران در برابر جرائم علیه منابع ملی زیست محیطی ماهنامه علمی جامعه‌شناسی سیاسی ایران، سال پنجم، شماره دوازدهم، اسفند ۱۴۰۱، ص۳۰۲.

عبداللهی، محسن، حمایت کیفری از محیط زیست: تاملی بر بایسته‌های حقوق کیفری زیست محیطی، علوم محیطی، سال پنجم، شماره اول.

غلامپور، علی، (۱۳۸۶). تاثیرات جهانی شدن اقتصاد بر نقش دولت در اقتصاد سیاسی محیط زیست در کشورهای در حال توسعه: مورد مطالعه ایران". فصلنامه سیاست مجله دانشکده حقوق و علوم سیاسی، دوره ۳۷ ،شماره ۴.

گرجی فرد، حمیدرضا (۱۳۹۵). جرم‌شناسی سبز. چاپ اول، تهران: انتشارات میزان.

Brisman, A; South, N and Walters, R (2018). Southernizing Green Criminology: Human Dislocation, Environmental Injustice and Climate Apartheid. Justice, POWER AND Resistence, 2(1):1-21.

Cohen, Stanley (1973). Folk Devils and Moral Panics: The Creation of the Mods and Rockers. Paladin. doi:10.4324/9780203828250. ISBN 9781138834743.

Korsell, Lars Emanuelsson (2001). "Big Stick, Little Stick: Strategies for Combating Environmental Crime" in Journal of Scandinavian Studies in Criminology and Crime Prevention. 2: 2, pp 127 – 148

O'Brien Martin (2008). Criminology: The Key concept, first Pubished, Routlege.

Pereira, Ricardo (2015). Environmental Criminal Liability and Enforcement in European and International Law (Queen Mary Studies in International Law).Brill – Nijhoff.

White, Rob Heckenberg. Diane (2014). Green Criminology: An Introduction to the Study of Environmental Harm. Routlege.

A critical approach to the criminal policy of the legislator and Iran's judicial procedure for crimes against the national lands in the light of green criminology

M. Nazari[1] and A. Shakholeslami[2*]

1- Ph.D. student in criminal law and criminology, Faculty of Law and Political Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2- Member of scientific board. Faculty of Law and Political Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Abstract

With the spread of destructive human processes against natural resources, in the lack of attention to environmental considerations and failure to observe the correct patterns of progress in the form of the concept of sustainable development for many years and the resulting climate changes that result in natural processes such as soil erosion, the gradual disappearance of vegetation, natural disasters and finally drought and desertification, the necessity of applying technical, engineering and legal considerations in the vast geographical area of Iran requires the adoption of environmental policy and appropriate and appropriate criminal policy allocation in each of the legislative, judicial and executive stages. In this regard, the upcoming research has been written with a descriptive-analytical view with the aim of discovering why the transformation of crime against national resources into a normal occurrence. In the light of green criminology, this article reached the conclusion that in many cases the society lives in a moral security towards environmental crimes and damages and does not consider itself a victim of environmental criminals and also in the interaction without dialogue between the criminal and Victimized (Government and Environment) in the measure of criminal justice, the insufficient performance of the criminal justice system and the green-washing policies of the power-wealth owners have played a significant role in the formation of a safe margin for the perpetrators of crimes against national wealth.

Keywords: crime against national lands, criminal policy, environment, green criminology, moral security.

*Corresponding author Tel: +98 9153148848 Email: Shakholeslami@mshdiau.ac.ir

بررسی تغییرات کربن آلی خاک در روشنه‌ها و تاج پوشش جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت نشده راش شرقی (مطالعه موردی: حاجیکلا– تیرانکلی، ساری)

فاطمه فرجی[۱*]، جواد اسحاقی راد[۲]، پژمان پرهیزکار[۳] و مایکل منتای[۴]

۱- دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۴- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گرایفسوالد، گرایفسوالد، آلمان.

چکیده

در اکوسیستم‌های جنگلی، روشنه‌های پوشش تاجی اهمیت زیادی در چرخه عناصر غذایی به‌ویژه کربن آلی خاک دارند. در پژوهش حاضر، ارتباط سطوح مختلف روشنه‌ها (≤۲۰۰، ۲۰۰-۵۰۰ و ≥۵۰۰ مترمربع) با کربن آلی خاک (عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۳۰ سانتی‌متری) بین توده مدیریت شده و مدیریت نشده در جنگل‌های راش ساری بررسی شد. نمونه‌برداری خاک از چهار گوشه و مرکز هر روشنه و همچنین زیر تاج‌پوشش بسته صورت گرفت و یک نمونه ترکیبی از هر موقعیت برای بررسی به آزمایشگاه انتقال داده شد. نتایج پژوهش نشان داد کربن آلی در میان روشنه‌ها و تاج پوشش بسته در توده مدیریت شده در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری و مدیریت نشده در هر دو عمق دارای اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین کربن آلی فقط در روشنه‌های کوچک در توده مدیریت شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده مدیریت نشده بود. مطابق با یافته‌ها، کربن آلی خاک در عمق ۱۰-۳۰ سانتی‌متری به‌طور معنی‌داری متأثر از سطوح مختلف روشنه‌ها بود. همچنین بیشترین کربن آلی خاک در توده مدیریت شده در عمق ۱۰-۳۰ سانتی‌متری در زیر تاج‌پوشش بسته بود و با افزایش سطح روشنه‌ها از میزان آن کاسته شد. مطابق پژوهش حاضر، بازشدگی تاج پوشش بیش از اندازه ۲۰۰ مترمربع، کاهش معنی‌داری را در میزان کربن آلی خاک نشان داد به‌طوری که اگر سطوح روشنه تاج‌پوشش بیش از اندازه باز شود، به‌دلیل تجزیه زیاد و آبشویی فراوان، غلظت کربن آلی در خاک کاهش معنی‌داری پیدا خواهد کرد.

واژگان کلیدی: آشفتگی، خاک، روشنه تاجی، راش شرقی، کربن.

مقدمه

روشنه‌های پوشش تاجی تأثیر زیادی در تحول و پویایی جنگل‌های نواحی معتدله دارند. سطوح مختلف این روشنه‌ها سبب تغییراتی در فراوانی و توزیع عوامل زنده و غیرزندهٔ خاک می‌شوند و اهمیت زیادی در تحول جنگل دارند (کوچ و بیرانوند، ۱۳۹۵). این روشنه‌ها فضای رشد ضروری را برای تجدید پوشش گیاهی جنگل فراهم می‌کنند و همچنین زیستگاه‌های

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۲۲۶۹۳۷۱ ایمیل: farajifatemeh66@gmail.com

ناهمگنی را ایجاد می‌کنند که از نظر شرایط نور، دمای خاک، رطوبت، و تغییرات در مواد مغذی خاک با توده‌های جنگلی بسته متفاوت است (Zhao et al., 2024). این تغییرات به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد جنگل، از جمله جوانه‌زنی بذر، استقرار نهال و رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Abay et al., 2022). عامل‌های مختلفی در پیدایش و استقرار زادآوری مناسب در این فضاها اثرگذارند که در این میان نقش خاک و چرخه عناصر غذایی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (کوچ و حق‌وردی، ۱۳۹۶). هرچند حضور حفره‌های تاجی در اکوسیستم‌های جنگلی ویژگی‌های خاک را تغییر می‌دهند، اما گزارش‌های بسیار کمی در مورد تغییرپذیری مشخصه‌های خاک در محل حفره‌ها به‌ویژه کربن آلی خاک ارائه شده است. در پی بازشدگی تاج پوشش بسیاری از مشخصه‌های خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرند و تغییرات معنی‌داری را نشان می‌دهند (Kooch et al., 2012) که این تغییرپذیری شامل کربن آلی خاک نیز می‌شود. خاک‌های جنگل نقش مهمی را در چرخه جهانی کربن ایفا می‌نمایند، به‌طوریکه مقادیر زیادی از کربن آلی را جذب، ذخیره و آزاد می‌کنند (Prietzel and Christophel, 2014) و در بوم‌سازگان‌های جنگل‌های کوهستانی، ماده آلی خاک برای میزان تولید رویشگاه دارای اهمیت بسیار زیاد می‌باشد (دردانه و همکاران، ۱۴۰۱). خاک‌های جنگلی بیش از ۴۰ درصد کربن آلی (Organic Carbon) را در اکوسیستم‌های زمینی ذخیره می‌کنند که برای متعادل کردن ترسیب جهانی کربن و انتشار آن ضروری است (Mayer et al., 2020). کربن آلی به‌راحتی توسط میکروارگانیسم‌ها قابل دسترسی و استفاده نیست در نتیجه جنگل‌ها نقش مهمی در جذب و پایداری کربن آلی خاک ایفا می‌کنند. بنابراین، درک پویایی کربن آلی در خاک‌های جنگلی پیامدهای مهمی برای جداسازی کربن زمین دارد و بازخورد قابل‌توجهی برای تغییرات آب و هوایی آینده فراهم می‌کند (Chen et al., 2024). شعبانی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تغییرات عوامل خاکی در روشنه‌هایی با اندازه متفاوت (کوچک ۲۰۰، متوسط ۴۰۰ و روشنه بزرگ ۶۰۰ مترمربع) و ارتباط آن با تراکم زادآوری گونه راش در منطقه جنگلی لالیس چالوس دریافتند که با افزایش اندازه روشنه، کربن آلی خاک و نسبت کربن به نیتروژن کاهش معنی‌داری داشت. اصغری سرخی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای با هدف بررسی تاثیر تاج پوشش بسته و روشنه‌های تاج‌پوشش بر مشخصه‌های خاک در توده‌های خالص و آمیخته راش در جنگل الندان-ساری به این نتیجه رسیدند که در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک درصد کربن آلی در روشنه‌های توده خالص به‌طور معنی‌داری کمتر از تاج‌پوشش بسته بود. اما این مشخصه در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک بین موقعیت‌های مختلف تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد. محبتی و همکاران (۱۴۰۳) تأثیر اندازه روشنه را بر تنوع گونه‌های علفی و ویژگی‌های خاک در استان مازندران و گیلان بررسی کردند و نشان دادند که اندازه روشنه و مدیریت جنگل تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های خاک در مناطق مختلف مورد بررسی ندارد. در حالی که Zhao et al. (2024) در پژوهشی در جنگل‌های کارست در چین نشان دادند که روشنه‌های تاج پوشش جنگلی در تعامل با عمق خاک به‌طور قابل‌توجهی بر کربن آلی خاک تأثیر می‌گذارد. Liu et al. (2018) نیز در مطالعه‌ای بر روی روشنه‌های تاج پوشش و تأثیر آن بر کربن آلی خاک در افق آلی در جنگل صنوبر در جنوب غربی چین به این نتیجه رسیدند که ایجاد روشنه‌های تاج پوشش سبب حفظ کربن آلی خاک توسط زیست‌توده میکروبی خاک در افق آلی در منطقه مورد مطالعه شد. بیشتر تحقیقات انجام شده در مورد ساختار روشنه‌ها بر روابط بین اندازه سطح روشنه و میزان نور در دسترس متمرکز است، در حالی که همزمان با تغییرات در سطح زمین و رقابت رستنی‌ها، محیط در خاک نیز تغییر می‌کند و از طرف دیگر جنگل‌ها نیز نقش قابل‌توجهی در تغییر و توسعه خاک‌ها برعهده دارند. بحث درباره روابط بین خاک و پوشش گیاهی همواره از موضوعاتی بوده است که در علم مدیریت جنگل و علوم مربوط به خاک مورد توجه قرار گرفته است (فخاری و همکاران، ۱۴۰۱).

به‌طور کلی هدف این تحقیق ارزیابی روند تغییرات کربن آلی خاک در روشنه‌های با اندازه متفاوت و تاج پوشش بسته در توده مدیریت‌شده و مدیریت نشده راش شرقی در استان مازندران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پارسل ۶ (مدیریت نشده) به مساحت ۷۲/۵ هکتار و پارسل ۱۲ (مدیریت شده) به مساحت ۴۱/۶ هکتار از سری ۳ طرح جنگلداری حاجیکلا- تیرانکلی، حوضه آبخیز ۷۳ ساری صورت گرفته و دامنه ارتفاعی پارسل‌ها ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ متر می‌باشد. در رویشگاه‌های مورد تحقیق تیپ جنگل راش به‌همراه توسکا و تک پایه‌های افرا پلت، ممرز و افرا شیردار می‌باشد. در تحقیق حاضر روشنه‌ها به‌صورت تصادفی و با سطوح اندازه‌ای مورد نظر انتخاب و نمونه‌برداری شدند. روشنه‌ها از گروه‌های کوچک (کمتر از ۲۰۰ مترمربع)، متوسط (۲۰۰ تا ۵۰۰ مترمربع) و بزرگ (بیشتر از ۵۰۰ مترمربع) در جنگل شاهد و مدیریت‌شده انتخاب شدند (نصیری و همکاران، ۱۳۹۴)، از هر طبقه سطحی چهار تکرار در نظر گرفته شد به‌عبارت دیگر در هر پارسل ۱۲ روشنه و در کل ۲۴ روشنه نمونه‌برداری شد. به‌منظور مقایسه کربن آلی خاک بین روشنه‌ها و زیر پناه پوشش تاجی، سه قطعه نمونه شاهد (کنترل) دایره‌ای شکل به شعاع ۱۰ متر به‌صورت تصادفی در سه مکان بدون روشنه در هر پارسل و در مجموع ۶ قطعه نمونه شاهد در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. در این پژوهش ۳۰ نمونه خاک از هر پارسل و در مجموع ۶۰ نمونه خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌برداری خاک با استفاده از بیلچه مخصوص در یک سطح مشخص (۳۰× ۳۰ سانتی‌متر) انجام شد (کوچ و حق‌وردی، ۱۳۹۶). برای بررسی خاک منطقه مورد مطالعه نمونه‌های خاک از چهار گوشه و مرکز روشنه‌ها و قطعه نمونه‌های کنترل پس از کنار زدن لایه لاشبرگی از عمق ۱۰-۰ و ۳۰-۱۰ سانتی‌متری برداشت شدند، سپس با هم مخلوط شده و یک نمونه خاک به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های خاک تهیه شده از پروفیل‌ها، پس از خشک شدن خرد شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. پس از آماده کردن کلیه نمونه‌های خاک، کربن آلی به روش والکلی- بلاک اندازه‌گیری شد (زرین کفش، ۱۳۷۱).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف -اسمیرنوف و همگنی آنها با آزمون لون بررسی شد. نتایج حاصل از میانگین کربن آلی خاک توده مدیریت‌شده و مدیریت نشده با استفاده از آزمون t مستقل مقایسه شد. سپس آنالیز واریانس یک‌طرفه انجام شد. همچنین برای مقایسه میانگین کربن آلی خاک بین روشنه‌ها با مساحت‌های مختلف و نمونه‌های کنترل از آزمون توکی استفاده شد. کلیه محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در محیط‌های نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۱ و Excel نسخه ۲۰۱۳ انجام شد.

یافته‌ها

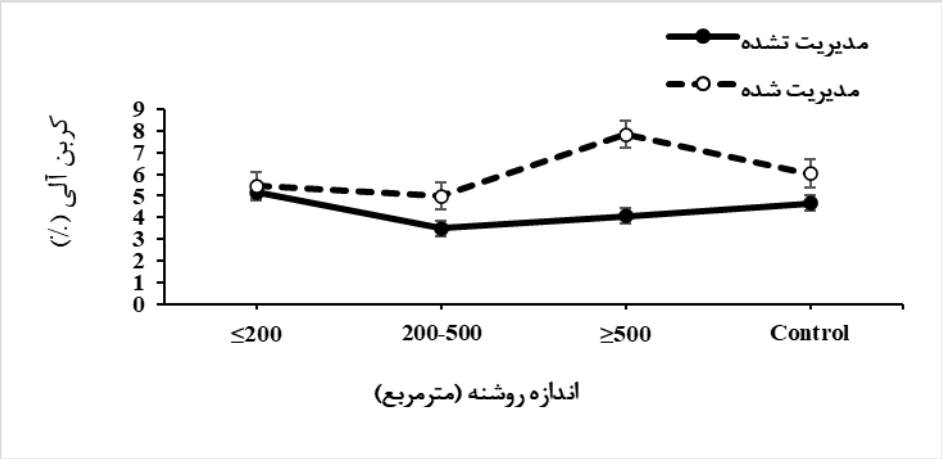
در جدول ۱ نتایج آزمون t مستقل کربن آلی اندازه‌گیری شده آورده شده است. همانطور که در جدول مشخص است کربن آلی فقط در روشنه‌های کوچک در عمق ۳۰-۱۰ سانتی‌متری بین دو توده مدیریت‌شده و مدیریت نشده تفاوت معنی‌داری نشان دادند.

جدول ۱- نتایج آزمون آماری t مستقل کربن آلی خاک در روشنه‌های مختلف و تاج پوشش بسته بین توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده (میانگین ± انحراف معیار)

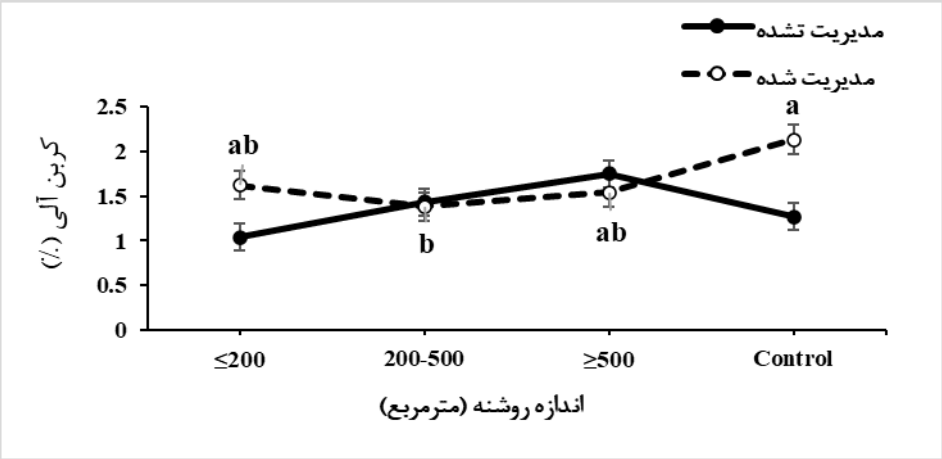
	≤۲۰۰ m²		۲۰۰-۵۰۰ m²		≥۵۰۰ m²		کنترل	
	مدیریت نشده	مدیریت شده	مدیریت نشده	مدیریت شده	مدیریت نشده	مدیریت شده	مدیریت نشده	مدیریت شده
کربن آلی(٪) (۰-۱۰ cm)	۱/۷ ± ۵/۱	۱/۷ ± ۴/۹	۰/۷۳ ± ۳/۵	۱/۴ ± ۴/۹	۱/۰۷ ± ۴/۰۶	۵/۳ ± ۷/۲	۰/۹ ± ۶/۰۳	۰/۸ ± ۶/۰۳
کربن آلی(٪) (۱۰-۳۰ cm)	۰/۱۳ ± ۱*	۰/۱۱ ± ۱/۳*	۰/۳۳ ± ۱/۴۳	۰/۳۴ ± ۱/۴۸	۱/۳۷ ± ۱/۷۵	۰/۶۹ ± ۱/۴۱	۰/۳۷ ± ۱/۷۶	۰/۲۹ ± ۲/۱۳

*: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

مقایسه میانگین کربن آلی خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری بین روشنه‌های با اندازه متفاوت و تاج پوشش بسته در توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱). در حالی‌که در عمق ۱۰-۳۰ سانتی‌متری بیشترین میزان کربن آلی در نمونه‌های کنترل و کمترین کربن آلی در روشنه‌های متوسط (۲۰۰-۵۰۰ مترمربع) در توده مدیریت شده مشاهده شد. همچنین نتایج پژوهش حاکی از آن بود که کربن آلی در عمق ۱۰-۳۰ سانتی‌متری در روشنه-های با اندازه متفاوت و تاج پوشش بسته در توده مدیریت نشده اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۲).



شکل ۱- نتایج آزمون توکی مقایسه میانگین کربن آلی خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری بین روشنه‌های مختلف و تاج پوشش بسته در توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده



شکل ۲- نتایج آزمون توکی مقایسه میانگین کربن آلی خاک در عمق ۳۰-۱۰ سانتی‌متری بین روشنه‌های مختلف و تاج پوشش بسته در توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده (حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد)

بحث و نتیجه‌گیری

روشنه‌های تاج پوشش از مولفه‌های اکولوژیکی مهم در جنگل هستند و اندازه آنها ویژگی مهمی در جنگل محسوب می‌شود که می‌تواند بر شرایط خرد زیستگاه در توده جنگلی تاثیرگذار باشد (Hu et al., 2009). همچنین حضور حفره‌های تاجی در اکوسیستم‌های جنگلی ویژگی‌های خاک را تغییر می‌دهند و این روشنه‌ها نمونه‌ای از آشفتگی‌هایی هستند که می‌توانند اثرات مستقیمی بر عامل‌های ادافیکی داشته باشند (کوچ و حق‌وردی، ۱۳۹۶). خاک جنگل نقش حیاتی و مهمی در چرخه جهانی کربن بازی می‌کند. بیشترین کربن در اکوسیستم‌های خشکی در خاک جنگل و ماده آلی موجود در آن ذخیره می‌شود (Pothier and Savard, 1998). کربن آلی در خاک به‌کندی ذخیره و با سرعت بالا آزاد می‌شود که این ویژگی آن را به آشفتگی‌های طبیعی و دست‌اندازی‌های انسانی بسیار حساس نموده است به‌طوریکه بعد از آشفتگی، بهبودی آن طی یک فرایند طولانی انجام می‌پذیرد (Jandl et al., 2007). در این پژوهش نتایج آزمون t مستقل نشان داد که میانگین کربن آلی خاک بین توده مدیریت شده و مدیریت نشده فقط در روشنه‌های کوچک (کمتر از ۲۰۰ مترمربع) در عمق ۱۰-۳۰ سانتی‌متری دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد و میزان آن در توده مدیریت شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده مدیریت نشده می‌باشد. نتایج تحقیق مصلحی و همکاران (۱۳۹۶)، Hertel et al. (2009) و Schulp et al. (2008) نشان داد که میزان کربن و ذخیره کربن آلی خاک در توده مدیریت نشده بیشتر از توده مدیریت شده بود. دلیل این تفاوت را می‌توان به عملکردهای مدیریتی انسان نسبت داد که در جنگل با تغییر در نرخ ورود ماده آلی به خاک، فسادپذیری مواد آلی، رژیم رطوبتی و حرارتی و سرعت تجزیه بر ذخیره کربن آلی خاک تأثیر می‌گذارد.

در این پژوهش نتایج آزمون توکی نشان داد که بیشترین میانگین کربن آلی در عمق ۱۰-۳۰ سانتی‌متری در توده مدیریت شده در زیرپناه پوشش تاجی وجود دارد و کمترین میزان آن در روشنه‌ها به‌ویژه در روشنه متوسط (۲۰۰-۵۰۰ مترمربع) یافت شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت که این امر به‌دلیل ورود مقادیر قابل‌توجهی از لاشبرگ به خاک زیر تاج پوشش جنگل می‌باشد. همچنین کاهش کربن آلی در روشنه‌ها به ورودی کمتر مواد آلی و افزایش تجزیه در نتیجه افزایش دما و کاهش سایه وابسته است. کاهش تولید لاشبرگ یکی دیگر از اثرات برداشت درختان و دخالت انسان در جنگل

است (Schulp et al., 2008). لاشبرگ یکی از عوامل ورود کربن به ذخیره آلی خاک است (Hertel et al., 2009) که به‌علت برداشت درختان در توده‌های مدیریت شده و باز شدن تاج‌پوشش، طبیعی است که میزان تولید آن کاهش یابد و از میزان ورود ماده آلی و کربن به خاک تا حدی نسبت به تاج پوشش بسته کاسته شود.

به استناد نتایج پیش‌رو، کربن آلی خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری در توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده و همچنین در عمق ۱۰-۳۰ سانتی‌متری در توده مدیریت نشده اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد. محبتی و همکاران (۱۴۰۳) نیز نشان دادند که اندازه روشنه و مدیریت جنگل تأثیر معنی‌داری بر کربن آلی خاک در توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده ندارد. همچنین نتایج پژوهش Knoepp and Elliott (2005) نشان داد که تأثیر شیوه گزینشی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بسیار ناچیز است و یا تأثیر معنی‌داری در جنگل‌های معتدله آمریکا ندارد. علت عدم تأثیر معنی‌دار مدیریت بر مقدار کربن آلی خاک را می‌توان به شدت بهره‌برداری کم (یک درصد موجودی حجمی) در جنگل‌های مدیریت شده مورد بررسی نسبت داد. با این حال، اثرات مثبت اندازه روشنه بر ویژگی‌های خاک به‌ویژه کربن آلی در برخی پژوهش‌های دیگر نشان داده شده است. نتایج پژوهش Zhao et al. (2024) و Liu et al. (2018) حاکی از آن بود که روشنه‌های تاج پوشش جنگلی در تعامل با عمق خاک به‌طور قابل‌توجهی بر کربن آلی خاک تأثیر می‌گذارد. Amolikondori et al. (2020) نیز رابطه مثبت بین ویژگی‌های خاک و اندازه روشنه‌ها در جنگل‌های راش شرقی مدیریت شده را اثبات و عنوان کردند که روشنه‌های بزرگتر دارای ذخایر بیشتری از کربن هستند. بنابراین عامل تأثیرگذار بر تأثیر اندازه روشنه بر کربن آلی خاک به نوع جنگل و اقلیم منطقه و همچنین تفاوت اندازه‌ای روشنه‌های انتخاب شده برای مقایسه وابسته است. آشفتگی و روشنه در جنگل سبب افزایش ورود نور به کف جنگل می‌شود که تغییرپذیری اجزای ماده آلی خاک را در پی دارد. مطابق یافته‌های Buchholz and Wienck (2015) افزایش شدت نور نسبی در جنگل موجب افزایش دما، تجزیه لاشبرگ، کربن آلی و در پی آن افزایش مواد آلی ذره‌ای خاک می‌شود. Muscolo et al. (2014) در مطالعه مروری خود بیان داشتند که با افزایش سطح روشنه و شدت نور نسبی، مقادیر کربن و نیتروژن معدنی در لایه بالایی خاک بر اثر تسریع در معدنی شدن مواد آلی افزایش پیدا می‌کند که دلیل اصلی آن افزایش فعالیت‌های میکروبی با افزایش دماست.

امروزه مفهوم جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت از جمله مباحث مهمی است که در کشورهای مختلف مورد توجه قرار گرفته است. بر همین اساس، شناخت وضعیت روشنه‌هایی که بدون هیچ‌گونه دخالت و مدیریتی در عرصه جنگلی طبیعی ایجاد می‌شوند و مقایسه آنها با توده‌های مدیریت شده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌طور کلی با توجه به نتایج پژوهش حاضر اگر سطوح روشنه تاج‌پوشش بیش از اندازه باز شود، به‌دلیل آبشویی، غلظت کربن آلی در خاک کاهش معنی‌داری پیدا خواهد کرد که در پژوهش حاضر نیز بازشدگی تاج پوشش بیش از اندازه ۲۰۰ مترمربع، کاهش معنی‌داری را در میزان کربن آلی خاک نشان داد.

منابع

اصغری سرخی، آ.، حجتی، م.، جلیلوند، ح.، مجربی، م.، (۱۳۹۴). تأثیر ترکیب تاج پوشش بر خصوصیات خاک در توده‌های خالص و آمیخته راش (مطالعه موردی: جنگل الندان- ساری)، نشریه تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، سال ۶، شماره ۳، ۱-۱۰.

دردانه، ه.، ابراری واجاری، ک.، باده یان، ض.، (۱۴۰۱). ارتباط عوامل فیزیوگرافی با تنوع گونه‌های چوبی و ذخیره کربن خاک در جنگل زاگرس میانی (پژوهش موردی: هشتاد پهلو- لرستان)، فصلنامه علوم محیطی، دوره ۲۰، شماره ۳، ۷۱-۸۶.

زرین کفش،م.، (۱۳۷۱). خاکشناسی کاربردی: ارزیابی و مورفولوژی و تجزیه‌های کمی خاک- آب – گیاه ، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۹۵۵. ۲۴۵ صفحه.

شعبانی، س.، اکبری نیا، م.، جلالی، س، غ.، علی عرب، ع.، (۱۳۹۰). مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، جلد ۱۸، شماره ۳، ۶۳-۷۷.

فخاری، ن.، حجتی، م.، جلیلوند، ح.، واعظ موسوی، م.، (۱۴۰۱). بررسی تغییرات خصوصیات خاک در روشنه‌ها و تاج پوشش جنگل‌های طبیعی خالص و آمیخته راش (مطالعه موردی: جنگل شصت کلاته گرگان)، مجله علمی پژوهش در مهندسی عمران و معماری ایران، سال ۷، شماره ۲۷، ۱۲-۲۰.

کوچ، ی.، بیرانوند، م.، (۱۳۹۵). اثر اندازه روشنه‌های پوشش تاجی بر فعالیت‌های زیستی و اجزای ماده آلی خاک در یک توده جنگلی راش، مجله جنگل ایران، سال ۸، شماره ۴، ۵۳۳-۵۴۶.

کوچ، ی.، حق وردی، ک.، (۱۳۹۶). تأثیر روشنه‌های تاجی جنگل بر فعالیت آنزیمی، مواد آلی محلول و اسیدهای آلی خاک، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۲۵، شماره ۴، ۵۸۵-۵۹۷.

محبتی، ف.، اسحاقی راد، ج.، پرهیزکار، پ.، (۱۴۰۳). تأثیر اندازه روشنه بر تنوع گونه‌های علفی و ویژگی‌های خاک در جنگل راش با سابقه مدیریتی متفاوت در استان مازندران و گیلان، پژوهش و توسعه جنگل، جلد ۱۰، شماره ۳، ۳۴۳-۳۶۱.

مصلحی، م.، حبشی، ه.، رحمانی، ر.، (۱۳۹۶). تغییرات فصلی ذخیره کربن آلی خاک در توده مدیریت شده و مدیریت نشده راش-ممرز، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۲۵، شماره ۲، ۲۸۶-۲۹۷.

نصیری، ن.، مروی مهاجر، م.ر.، اعتماد، و.، سفیدی، ک.، (۱۳۹۴). ویژگی‌های کمی زادآوری راش شرقی در داخل روشنه و زیر پناه پوشش تاجی (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود نوشهر)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۲۳، شماره ۱، ۲۴- ۱۳.

Abay, P., Gong, L., Chen, X., Luo, Y. and Wu, X. (2022). Spatiotemporal variation and correlation of soil enzyme activities and soil physicochemical properties in canopy gaps of the Tianshan Mountains Northwest China. Arid. Land, Vol. 14. No. 7. 824–836.

Amolikondori, A., Abrari Vajari, K., Feizian, M. and Di Iorio, A. (2020). Influences of forest gaps on soil physico-chemical and biological properties in an oriental beech (Fagus orientalis L.) stand of Hyrcanian forest, north of Iran. iForest, Vol. 13. 124-129.

Buchholz, C.M, and Wiencke, C. (2015). Working on a baseline for the Kongsfjorden food web: production and properties of macro algal particulate organic matter (POM). Polar Biology, 1- 12.

Chen, J., Chen, X., Chen, Q., Zhu, Y. and Deng, Q. (2024). Increased rainfall frequency enhances dry seasonal soil mineral-associated organic carbon in a subtropical forest. Science of The Total Environment, Vol. 955. No. 176835. 231-246.

Elliott, K. J. and Knoepp, J. D. (2005). The effects of three regeneration harvest methods on plant diversity and soil characteristics in the southern Appalachians. Forest Ecology and management, Vol. 211. 296-317.

Hertel, D., Harteveld, A. M. and Leuschner, C. (2009). Cnversion of tropical forest into agroforest alters fine root-related carbon flux to the soil. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 41. 481-490.

Hu, L., Gong, Z., Li, J. and Zhu, J. (2009). Estimation of canopy gap size and gap shape using a hemispherical photograph. Trees, Vol. 23. 1101-1108.

Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D. W., Minkkinen, K. and Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? Geoderma, Vol. 137. 253–268.

Kooch, Y., Hosseini, S.M., Mohammadi, J. and Hojjati, S.M. (2012). Determination of the best canopy gap area on the basis of soil characteristics using the Analytical Hierarchy Process (AHP). Folia Forestalia Polonica, Vol. 54. No. 1. 15 – 24.

Liu, Y., Zhang, J., Yang, W., Wu, F., Xu, Z., Tan, B., Zhang, L., He, X. and Guo, L. (2018). Canopy gaps accelerate soil organic carbon retention by soil microbial biomass in the organic horizon in a subalpine fir forest. Applied Soil Ecology, Vol. 125. 169-176.

Muscolo, A., Bagnato, S., Sidari, M. and Mercurio, R. (2014). A review of the roles of forest canopy gaps. Journal of Forestry Research, Vol. 25. No. 4. 725-736.

Prietzel, J. and Christophel, D. (2014). Organic carbon stocks in forest soils of the German Alps. Geoderma, Vol. 221. No. 222. 28-39.

Pothier, D. and Savard, F. (1998). Actualisation des tables de production. Gouvernement du Que´bec. Ministe`re des Ressources naturelles du Que´bec, Que´bec, QC. Publication RN98-3054. 183p.

Schulp, C. J. E., Nabuurs, G., Veburg, P. H. and de Waal, R. W. (2008). Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories. Forest Ecology and management, Vol. 256. 482-490.

Zhao, Y., Han, Z., Zhang, G., Chen, D., Zang, L., Liu, Q., Guo, Y., Xie, P., Chen, C. and He, Y. (2024). Variability of soil enzyme activities and nutrients with forest gap renewal interacting with soil depths in degraded karst forests. Ecological Indicators, Vol. 166. No. 112332. 1-9.

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

Investigating changes in soil organic carbon in gaps and canopy cover of managed and unmanaged forests of *Fagus orientalis* Lipsky (Case study: Hajikola-Tirankoli, Sari)

F. Faraji[1*], J. Eshaghi Rad[2], P. Parhizkar[3] and M. Manthey[4]

1- Ph.D. of forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.
2- Professor, Department of Forestry, Faculty Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.
3- Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran.
4- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Greifswald University, Greifswald, Germany.

Abstract

In forest ecosystems, canopy gaps play an essential role in soil nutrient cycling, especially soil organic carbon. In this study, the relationship among different areas of canopy gaps (≤200, 500-200 and ≥500 m²) with soil organic carbon (0-10 and 30-10 cm depth) between managed and unmanaged stands, was studied in Beech forests located in Sari. Four corners and center of gap were considered in each canopy gap and also closed canopy, soil samples were taken and mixed due to transferring to laboratory for analysis. The results of the research showed that there was no significant difference in organic carbon between the gaps and the closed canopy in the managed stand at a depth of 0-10 cm and unmanaged in both depths. Also, organic carbon was significantly higher in the managed stand than in the unmanaged stand only in small gaps. According to the findings, soil organic carbon at a depth of 10-30 cm was significantly affected by different canopy gaps areas. Also, the highest soil organic carbon in the managed stand was under closed canopy at a depth of 10-30 cm and it was decreased with increasing of canopy gap areas. According to the present research, the opening of the canopy more than 200 m² showed a significant decrease in organic carbon of soil, so that if the canopy gaps are opened too much, due to high decomposition and leaching, The concentration of organic carbon in the soil will decrease significantly.

Keywords: Disturbance, Soil, Canopy gap, Oriental beech, Carbon.

*Corresponding author Tel: +98 9112269371 Email: farajifatemeh66@gmail.com

مدیریت آبیاری در مزارع صنوبر (*Populus* spp.)

فاطمه احمدلو[1*]، سعیده اسکندری[2] و سارا تیموری[1]

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

صنوبر (*Populus* spp.) به‌طور گسترده در سراسر جهان کاشته می‌شود و از زمان‌های قدیم به‌دلیل استفاده‌های مفید متعدد آن هم برای محیط زیست و هم برای جامعه، ارتباط نزدیکی با انسان داشته است. به‌عنوان یکی از گونه‌های درختی که سریع‌ترین رشد را در مناطق معتدله دارد، نرخ رشد بالای صنوبر با تقاضای بالای آب همراه است که آن را در برابر کمبود و تنش آب آسیب‌پذیر می‌کند. برای حفظ و بهبود بهره‌وری و کیفیت صنوبر، با کاهش تأثیر کمبود آب خاک بر رشد و سلامت درختان، آبیاری از دیرباز به‌عنوان یک روش کشت ضروری برای صنوبر در سرتاسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است. با این حال، هر دو عامل برای آبیاری و نوآوری‌های فناوری به‌دلیل فقدان دانش مهم در مورد شیوه‌های مدیریت آبیاری در مزارع صنوبر محدود شده‌اند. در تحقیق حاضر، داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری‌شده از پرسشنامه‌ها، مقالات و یک نظرسنجی در سراسر جهان، برای بررسی وضعیت فعلی مدیریت آبیاری در صنوبرکاری‌ها استفاده شد. در تحقیق حاضر خلاصه‌ای از رژیم‌های آبیاری در حال حاضر برای صنوبرها را ارائه می‌کنیم. سپس، با استفاده از مقالات و مجموعه داده‌های جهانی رشد صنوبر که از داده‌های ۲۷ سایت در پنج کشور گردآوری شده است، اثرات اصلی آبیاری بر روی کاشت صنوبر را به‌طور کامل تحلیل و بررسی کردیم. در نهایت، سودآوری آبیاری در صنوبرکاری مورد بحث قرار گرفته است. با توجه به برخی مشکلات موجود و جهت‌گیری‌های تحقیقاتی آتی برای مدیریت آبیاری صنوبرها نتیجه‌گیری کرده‌ایم. این کار علاوه بر ارائه دستورالعمل‌هایی برای مدیریت پایدار صنوبر در مناطق محدود آب جهانی، مرجعی برای مدیریت آب در مزارع سایر گونه‌های درختی نیز فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: استراتژی آبیاری، بهره‌وری آب، جمع‌آوری داده، جنگل‌های طبیعی صنوبر، مدیریت آب.

مقدمه

صنوبر (*Populus* spp.) به‌عنوان "درخت مردمی" شناخته می‌شود. صنوبر میلیون‌ها سال است که با محیط در حال تغییر سازگار شده است و یکی از گسترده‌ترین گونه‌های درختی در جهان است. عمدتاً در ناحیه معتدله شمالی، از ۲۲ درجه تا ۷۰ درجه شمالی و تا ارتفاع ۴۸۰۰ متری از سطح دریا پراکنده است. صنوبر دارای ویژگی‌های ارزشمند بسیاری از جمله رشد سریع، سهولت تکثیر و تمایل به هیبرید شدن است. این منجر به استفاده از مزایای زیست محیطی و اجتماعی متعدد در

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۸۴۳۳۷۴۵۹ ایمیل: Fatemeh_ahmadloo@yahoo.com

طول تاریخ شده است (Isebrands and Richardson, 2014). گونه‌های صنوبر به‌عنوان مصالح ساختمانی برای خانه‌ها و چوب سوخت برای پخت و پز و گرمایش به‌کار می‌روند و هزاران سال است که با مردم تکامل یافته‌اند (Stettler, 2009; Isebrands and Richardson, 2014). در سال ۲۰۱۶، IPC (کمیسیون بین المللی صنوبرها و سایر درختان سریع‌الرشد برای حفظ مردم و محیط زیست) گزارش داد که مساحت کل جنگل‌های صنوبر طبیعی نزدیک به ۵۴/۵ میلیون هکتار است که ۹۹ درصد آن در روسیه، کانادا، ایالات متحده و چین متمرکز است (FAO, 2016). در همین حال، مساحت کل صنوبرهای کاشته شده در جهان به ۳۱/۴ میلیون هکتار افزایش یافته است که کانادا و چین ۹۶ درصد از منابع صنوبر کاشته شده در جهان را تشکیل می‌دهند (FAO, 2016). کاشت صنوبر همواره با اهداف تولید چوب و حفظ و بهبود محیط زیست همراه بوده است.

در نیمه اول قرن بیستم، به‌دلیل کمبود جهانی چوب و تقاضای جهانی برای محصولات چوبی، گونه‌های سریع‌الرشد صنوبر به‌طور گسترده در سراسر جهان برای تولید چوب و الیاف کاشته شدند (Isebrands and Richardson, 2014). با کاهش فزاینده انرژی فسیلی، صنوبرها نیز به‌عنوان یک محصول چوبی با دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت برای تولید مواد اولیه انرژی زیستی شروع به رشد کردند (Zsuffa et al., 1996). از اواخر قرن بیستم، تمرکز کاشت صنوبر به سمت اکوسیستم‌ها و خدمات زیست‌محیطی مانند گیاه پالایی، کمربند پناهگاه حفاظتی، ترسیب کربن، احیای زمین تخریب‌شده و تثبیت خاک، از جمله کاربردهای دیگر گسترش یافته است (Gordon, 2001; Isebrands and Richardson, 2014). تا سال ۲۰۱۶، ۵۸ درصد از صنوبرهای جهانی برای اهداف متعدد، ۳۰ درصد عمدتاً برای تولید چوب، ۹ درصد برای حفاظت از محیط زیست و ۳ درصد برای تولید زیست‌توده برای چوب سوخت مدیریت می‌شدند (FAO, 2016). صنوبرها به‌ویژه به تنش‌های غیرزیستی حساس هستند و یکی از آسیب‌پذیرترین گونه‌های درختی در برابر کمبود آب هستند (Marron et al., 2014). در واقع، صنوبر یکی از گونه‌های درختی سریع‌الرشد در مناطق معتدله است، اما سرعت رشد بالای آن با نیاز آبی بالا همراه است. بنابراین، بقا، سلامت و بهره‌وری صنوبر به‌شدت به دسترسی به آب بستگی دارد (Zsuffa et al., 1996). گزارش شده است که خشکسالی منجر به کاهش رشد و مرگ و میر در صنوبرها در بسیاری از مناطق در سراسر جهان می‌شود. به‌عنوان مثال، در تونس، تولید سالانه صنوبرهای نیگرا و آلبا برای استفاده در تولید چوب و صنایع به‌دلیل کمبود آب کاهش یافت (FAO, 2016). در ایتالیا، خشکسالی و دمای بالا در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۲ منجر به تنش‌ها و مرگ و میر بالای صنوبرها شد (FAO, 2016). در بریتیش کلمبیا و آلبرتا، در کانادا، خشکسالی تأثیر جدی بر عملکرد صنوبر در طول فصل رشد داشته است، که به‌عنوان یکی از دلایل خشکیدگی در مزارع صنوبر هیبریدی با دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت شناسایی شده است (Hogg and Michaelian, 2015; FAO, 2016). در شمال چین، خشکیدگی و مرگ و میر گسترده مزارع صنوبر عمدتاً به تنش خشکی مربوط می‌شود (Ji et al., 2019). آبیاری به‌عنوان اقدامی ضروری برای حفظ و بهبود بهره‌وری و کیفیت صنوبرها به‌کار گرفته می‌شود. آبیاری در واقع به عنوان یک عمل حیاتی برای توده‌های صنوبر در بسیاری از مناطق کم آب مانند اسپانیا، شمال چین و شرق کوه‌های کاسکید در غرب ایالات متحده، به‌منظور مقابله با خشکسالی‌های مکرر و شدید ناشی از آن به‌دلیل تغییرات آب و هوایی جهانی در نظر گرفته می‌شود (Oliveira et al., 2020).

با این حال، تاکنون، به استثنای برخی مرورهای کوتاه، یک خلاصه جامع و بررسی سیستماتیک از شیوه‌های مدیریت آبیاری در مزارع صنوبر در سراسر جهان وجود ندارد (Oliveira et al., 2020). این برای توسعه دانش سیستماتیک و امکان نوآوری فن‌آوری که امکان تنظیم منابع آب با کارایی بالا در جنگل‌کاری‌های کاشته شده صنوبر را فراهم می‌کند، کافی نیست. بنابراین، از طریق بررسی پرسشنامه، بررسی مقالات و تجزیه و تحلیل داده‌های جهانی، این مطالعه به‌منظور ۱) درک وضعیت

فعلی مدیریت آبیاری در صنوبرکاری‌ها در سراسر جهان و شناسایی رایج‌ترین رژیم‌های آبیاری ۲) مشخص کردن اثرات اصلی آبیاری در صنوبر، ۳) بحث در مورد سودآوری آبیاری در صنوبر و ۴) تعیین مشکلات اصلی فعلی و جهت‌گیری‌های تحقیقاتی آینده مدیریت آبیاری برای صنوبرها انجام شد.

یافته‌ها و بحث

جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

اطلاعات مدیریت آبیاری در صنوبرکاری‌ها

داده‌های مربوط به مدیریت آبیاری در صنوبر به دو روش جمع‌آوری شد. اولین (که از این پس روش ۱ نامیده می‌شود) شامل جمع‌آوری داده‌ها از طریق یک پرسشنامه الکترونیکی است که در جدول ۱ ارائه شده است.

نسخه چینی پرسشنامه با نرم‌افزار Wen juanxing ساخته شد و با استفاده از نرم‌افزار Wechat منتشر شد که هر دو معمولاً توسط مردم چین استفاده می‌شود. نسخه انگلیسی با "Survey Monkey" طراحی شد و با ارسال لینک پرسشنامه برای محققان فهرست شده در کتاب "صنوبر و بید: درختان برای جامعه و محیط" (Isebrands and Richardson, 2014) منتشر شد. همچنین با قرار دادن لینک در وب سایت "ResearchGate". در مجموع ۱۴۲ و ۲۸ پرسشنامه معتبر به‌ترتیب از چین و سایر کشورها جمع‌آوری شد.

روش دوم شامل جمع‌آوری داده‌ها در مورد مدیریت آبیاری در مزارع صنوبر، هم از مرور منابع در سراسر جهان و هم از بررسی‌های انجام شده توسط دفاتر جنگل‌های محلی، یا افراد در ۸۸ شهر و استان خودمختار از ۲۴ استان و شهرداری‌ها در چین است.

در این موارد، از سؤالات فهرست شده در جدول ۱ استفاده شد و همچنین اطلاعات ثبت شده در مورد خصوصیات خاک، سطح آب زیرزمینی، جغرافیا، رشد درختان، هواشناسی، تراکم کاشت و مساحت توده جمع‌آوری شد. با این روش، ۲۲۸ کوانتا اطلاعات در مجموع از ۲۷ کشور جمع‌آوری شد که به‌ترتیب شامل ۱۲۵ و ۱۰۳ مورد از بررسی و مرور منابع بود. توده‌های مورد بررسی (۱ تا ۶۰ سال) دارای مساحت کل ۱۸۸۱۵۷ هکتار بودند که حدود ۰/۶ درصد از کل مساحت صنوبر در جهان را تشکیل می‌دهد (FAO, 2016). با این حال، این توده‌ها، ۱۲ بافت خاک، ارتفاعی در محدوده ۲/۷ تا ۳۶۳۰ متر از سطح دریا، میزان بارندگی بین ۳۰ تا ۱۷۵۹ میلی‌متر و سطح آب زیرزمینی ۰/۳تا ۱۸۰ متر را پوشش دادند. برای خلاصه کردن اطلاعات از هفت اصل زیر استفاده شد:

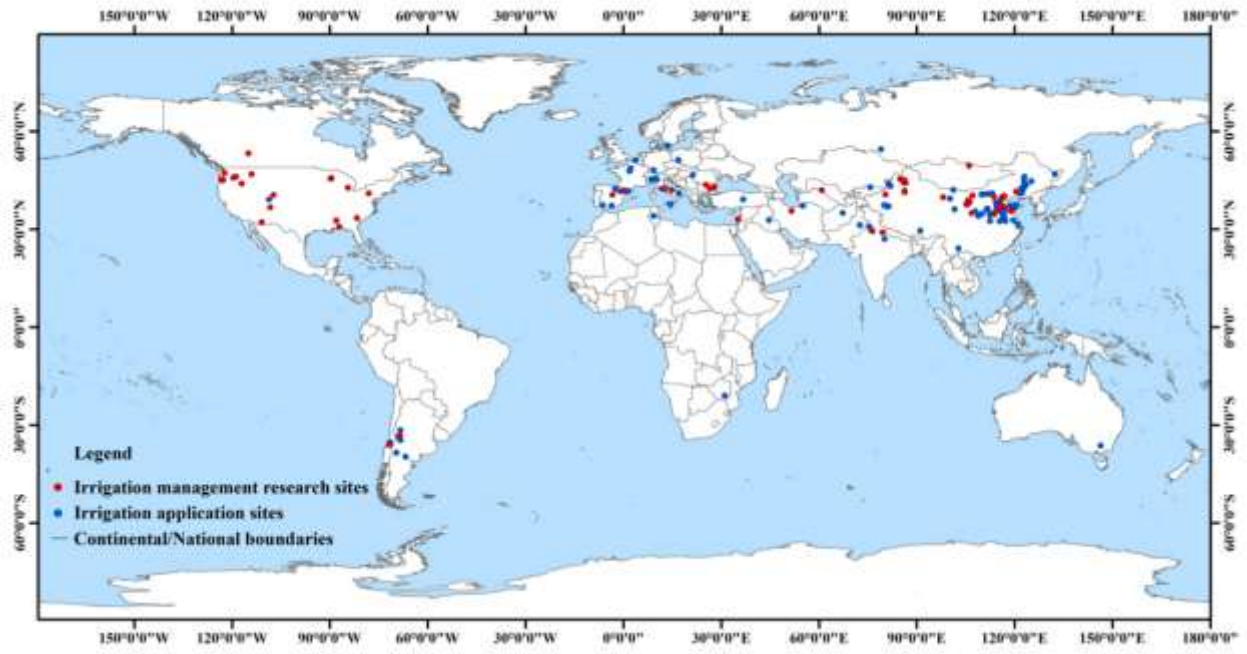
(۱) ما فرض کردیم که روش برای تعیین مقدار آبیاری (IA) براساس تجربه پرورش‌دهنده است، اگر یک IA ثابت بدون جزئیات بیشتر گزارش شده باشد (در مجموع یا برای هر رویداد آبیاری)، یا اگر IA برای یک رویداد خاص با جزئیات ذکر نشده باشد.

(۲) هنگامی که آبیاری در سال اول فقط برای تضمین بقای درختان انجام شد، هیچ گزارشی را در نظر نگرفتیم.

(۳) برای تعیین مساحت زمین توده‌های آبی، ما فقط توده‌هایی را در نظر گرفتیم که اطلاعات مدیریت آبیاری برای آن‌ها ارائه شده است زیرا برخی دفاتر جنگل‌داری هم سطح کل توده صنوبر و هم منطقه مدیریت آبیاری را ارائه می‌کنند. این رویکرد از خطای تخمین جلوگیری کرد.

(۴) داده‌های مطالعات مختلف انجام شده توسط یک تیم تحقیقاتی در یک سایت با هم گروه‌بندی شدند. هنگامی که مطالعات توسط تیم‌های مختلف در یک سایت انجام شد، داده‌ها به طور جداگانه در نظر گرفته شدند.

(۵) ما همچنین مطالعاتی را در نظر گرفتیم که رشد یا جنبه‌های اکوفیزیولوژیکی درختان تحت آبیاری را بررسی کردند، زیرا آنها اطلاعات معتبری در مورد صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری ارائه می‌دهند.
(۶) هنگامی که مکان دقیق برای مطالعه آبیاری به‌دست نیامد، براساس شکل ۱ در مرکز کشور یا استانی که در آن مطالعه انجام شده بود قرار داشت. به‌طور مشابه زمانی که برای کشوری گزارش شد که در آن صنوبرها آبیاری می‌شوند همین کار انجام شد، اما اطلاعات دقیقی از مدیریت آبیاری و توده‌های آبیاری شده به‌دست نیامد.
(۷) هنگامی که مطالعه بر مدیریت آبیاری متمرکز شد (به عنوان مثال، اثرات دو تیمار IA بر رشد مقایسه شد و سپس IA بهینه تعیین شد)، سایت آن در گروه "تحقیقات مدیریت آبیاری" طبقه‌بندی شد. هنگامی که بر جنبه‌های دیگر آبیاری تمرکز می‌شد (به‌عنوان مثال، نیازهای آبی برای جست‌های صنوبرها با دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت با آبیاری جوی و پشته‌ای که هر سال اعمال می‌شود (Fischer et al., 2018))، سایت آن در گروه «کاربرد آبیاری» طبقه‌بندی شد.



شکل ۱- توزیع مکانی سایت‌های مختلف مرتبط با مدیریت آبیاری در صنوبرها در سراسر جهان

اطلاعات در مورد رشد صنوبر تحت آبیاری

ما یک مجموعه داده جهانی از رشد صنوبر را برای تعیین اثر آبیاری بر رشد ریشه مزارع صنوبر و برای روابط بین پاسخ رشد حجم توده به آبیاری و متغیرهایی مانند بارش سالانه و سن توده بررسی نمودیم. این پایگاه داده شامل ۲۲۱۶ ردیف داده است که از ۲۷ سایت در پنج کشور (چین، ایالات متحده، اسپانیا، ایتالیا، شیلی) با بررسی منابع جمع‌آوری شده است. داده‌های موجود در این پایگاه شامل اطلاعات گونه‌ها و کلن‌های درختی (n=۸۶)، مختصات سایت، سن توده (۱ تا ۱۶ سالگی)، رژیم آبیاری، سطح آب زیرزمینی (از ۱ تا ۵۰ متر بالاتر)، میانگین سالانه دما (۲۰/۳-۵ درجه سانتی‌گراد)، تراکم توده (۲۰۰۰۰-۲۷۷ درخت در هکتار)، بارش سالانه (۱۴۱۰-۵۶ میلی‌متر) و بارندگی در فصل رشد (۱۲۰۷-۴۸ میلی‌متر) و چندین شاخص رشد، از جمله قطر، ارتفاع و حجم توده است.

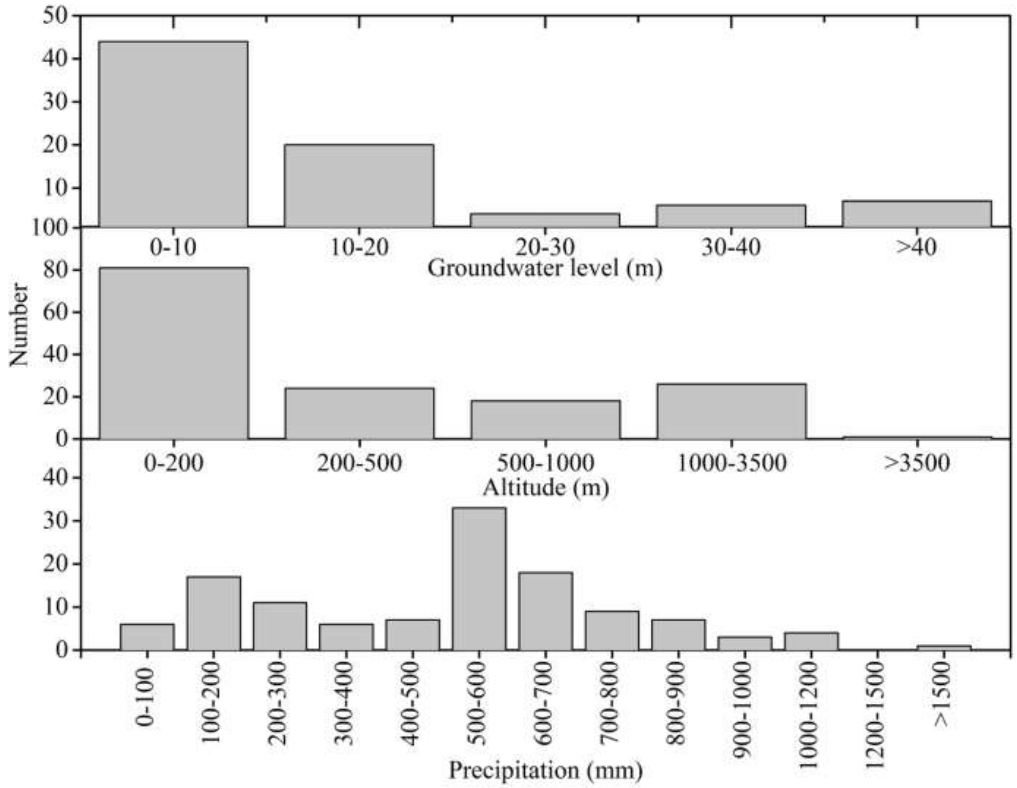
پاسخ رشد حجم توده به آبیاری ذکر شده در بالا به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$\text{پاسخ رشد حجمی توده به آبیاری} = \frac{Vhigher\ IA - Vi}{Vi}$$

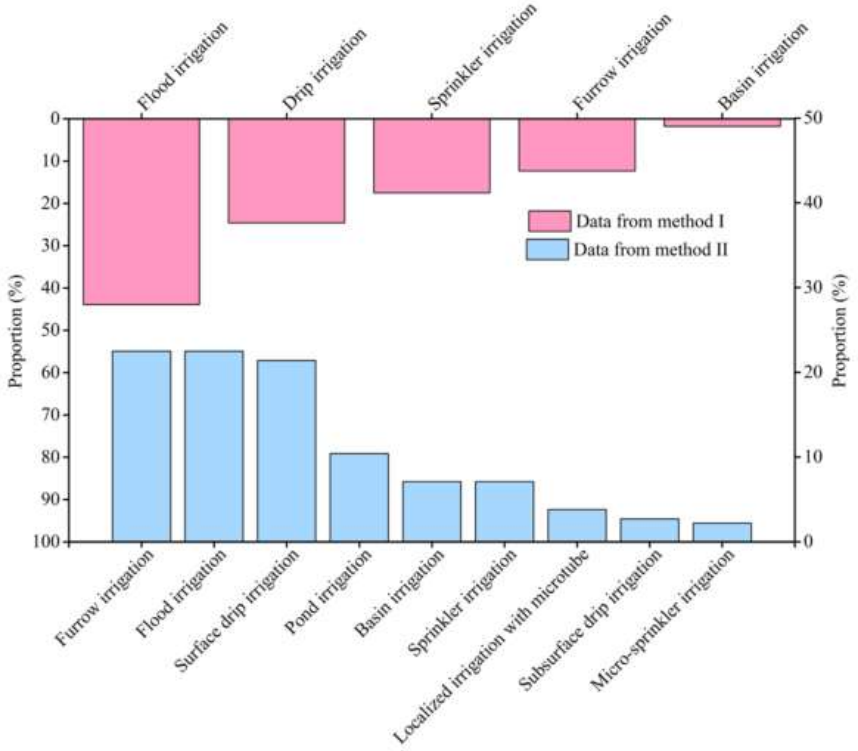
که در آن Vhigher-IA افزایش سالانه حجم توده برحسب مترمکعب در هکتار در سال در تیمار با IA بالاتر در یک مطالعه و V_i افزایش سالانه حجم توده در تیمار با کمترین IA یا بدون آبیاری در آن مطالعه است.

روش آبیاری و منابع آب

استفاده از آبیاری در مزارع صنوبر عمدتاً در مناطق معتدله نیمکره شمالی رخ می‌دهد، اگرچه موارد کمی در نیمکره جنوبی وجود دارد (شکل ۱). در نیمکره شمالی، آبیاری بیشتر در مناطقی با ۳۰ -۵۰ درجه شمالی، به‌ویژه در شمال چین، شمال غربی هند، جنوب اروپا و غرب ایالات متحده اعمال می‌شود. در مقابل، آبیاری صنوبر در محدوده عرض جغرافیایی باریکتر (۴۰-۳۱ درجه جنوبی) در نیمکره جنوبی، عمدتاً در آرژانتین و شیلی اعمال می‌شود. با توجه به نتایج پرسشنامه (روش اول)، ۶۷ درصد از پاسخ‌دهندگان ادعا کردند که صنوبر در مناطق آنها معمولاً آبیاری نمی‌شود، زیرا «نیازی نیست و بارندگی فراوان است و آب توسط ریشه از آب‌های زیرزمینی جذب می‌شود و "نبود زیرساخت‌های آبیاری" و "کمبود منابع آبی" سه دلیل اصلی هستند. با این حال، داده‌های بررسی ما در چین و از مقالات (روش ۲) نشان داد که آبیاری در ۷۸ درصد از سایت‌های مورد بررسی اعمال شد. این سایت‌ها مناطقی را با تنوع زیاد ارتفاع (۳۶۳۰-۲/۷ متر)، بارش (۱۷۰۰-۳۰ میلی‌متر)، و سطح آب زیرزمینی (۱۸۰-۱ متر) پوشش می‌دهند. به‌طور کلی، آبیاری صنوبر بیشتر در مناطقی با بارندگی ۳۰۰-۱۰۰ و ۷۰۰-۵۰۰ میلی‌متر، ارتفاع از سطح دریا ۲۰۰-۰ متر و سطح آب زیرزمینی ۱۰-۰ متر انجام می‌شود (شکل ۲). اکثر روش‌های آبیاری موجود در حال حاضر در صنوبر استفاده شده است (شکل ۳، جدول ۱). داده‌های جمع‌آوری‌شده ما با روش اول نشان داد که آبیاری غرقابی پرکاربردترین روش آبیاری در صنوبرکاری‌ها است و پس از آن آبیاری قطره‌ای و بارانی به‌ترتیب قرار دارد. با این حال، داده‌های روش دوم نشان داد که آبیاری قطره‌ای (به‌ویژه آبیاری قطره‌ای سطحی)، شیاری و آبیاری غرقابی سه روش برتر آبیاری مورد استفاده در صنوبرکاری هستند. اینها روی هم حدود ۶۹ درصد از کل رکوردها را تشکیل می‌دهند. نتایج از هر دو روش ۱ و روش ۲ نشان داد که دو منبع اصلی آب آبیاری برای صنوبرها، چاه‌ها و رودخانه‌های مجاور هستند که اولی بیش از نیمی (۵۴٪) از کل رکوردها را تشکیل می‌دهد. همچنین در ۱۶ درصد موارد گزارش شده که از فاضلاب استفاده شده است.



شکل ۲- توزیع فراوانی سطح آب زیرزمینی، ارتفاع و بارش در مناطقی که صنوبرها آبیاری می‌شوند



شکل ۳- توزیع فراوانی روش‌های مختلف آبیاری مورد استفاده در صنوبر

در روش اول، داده‌ها از طریق پرسشنامه الکترونیکی جمع‌آوری شد. در روش دوم، داده‌ها هم از نظرسنجی‌ها در چین و هم از طریق مقالات در سراسر جهان جمع‌آوری شد. توضیحات این روش‌های آبیاری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- رژیم‌های اصلی آبیاری اعمال شده در صنوبرکاری و تعداد موارد و نسبت‌های مربوط به آنها

تعداد رژیم‌های آبیاری	توضیحات رژیم آبیاری	تعداد موارد	نسبت
رژیم ۱	هر سال، آبیاری در یک تا چهار فصل با زمان آبیاری ثابت از ۱ تا ۱۳ (نسبت دفعات آبیاری در ۱-۲، ۳-۵، ۶-۸، ۹-۱۰) اعمال می‌شود و < ۱۰ به‌ترتیب ۳۲، ۳۹، ۱۸، ۶ و ۵ درصد است، و مقدار آبیاری به‌طور عمده براساس تجربه تعیین می‌شود.	۶۴	۵۰ درصد
رژیم ۲	دفعات آبیاری در یک دوره (به‌عنوان مثال، یک روز، هفته یا ماه) ثابت است، مقدار آبیاری یک فرآیند ثابت است، یا با توجه به میزان تبخیر تخمین زده می‌شود	۲۲	۱۷ درصد
رژیم ۳	یک تا دو سال پس از کاشت، آبیاری ۱ تا ۴ بار در سال برای اطمینان از زنده‌مانی درختان انجام می‌شود. پس از آن آبیاری متوقف می‌شود	۱۲	۹ درصد
رژیم ۴	یک بار آبیاری در یک بازه زمانی مشخص که مقدار آبیاری ثابت است	۱۱	۹ درصد
رژیم ۵	آبیاری زمانی آغاز می‌شود که پتانسیل آب خاک در یک مکان مشخص به آستانه مشخصی برسد و سپس محتوای آب خاک به مقدار پیش‌بینی شده افزایش یابد	۷	۵ درصد
رژیم ۶	آبیاری زمانی آغاز می‌شود که میزان آب خاک در یک مکان مشخص به آستانه مشخصی برسد و سپس محتوای آب خاک به مقدار پیش‌بینی شده افزایش یابد	۴	۳ درصد
رژیم ۷	پس از کاشت، درختان را دو بار آبیاری کنید و سپس فقط محصولات در کشت مخلوط را آبیاری کنید (عموماً سه سال طول می‌کشد). زمانی که برای ادامه، کشت مخلوط در توده مناسب نباشد آبیاری متوقف می‌شود	۳	۲ درصد
رژیم ۸	آبیاری در سه سال اول پس از کاشت انجام می‌شود و پس از آن متوقف می‌شود	۲	۲ درصد
رژیم ۹	آبیاری زمانی آغاز می‌شود که پتانسیل آب خاک در یک مکان معین به آستانه مشخصی برسد و مقدار آبیاری با توجه به تبخیر و تعرق گیاه مرجع تخمین زده شود	۱	۱ درصد
رژیم ۱۰	مقدار آبیاری یک عرصه را با توجه به سطح مجاز تخلیه آب خاک تخمین زده و مصرف روزانه آب پایه را با روش ضریب زراعی FAO-56 محاسبه کنید. سپس فاصله آبیاری براساس مقدار آبیاری مورد نیاز تقسیم بر مصرف روزانه آب پایه تعیین می‌شود	۱	۱ درصد
رژیم ۱۱	زمانی که میزان بارندگی در یک دوره کمتر از آستانه معین است، مقدار مشخصی آب را براساس تجربه آبیاری کنید	۱	۱ درصد

استراتژی آبیاری

استراتژی آبیاری به میزان و دفعات استفاده از آبیاری اشاره دارد. اساساً می‌توانیم بین آبیاری کامل، یعنی رویدادهای آبیاری مکرر که جایگزین آب مورد نیاز محصول می‌شوند، و کم آبیاری، یعنی تأمین آب کمتر از آبیاری مورد نیاز محصول و معمولاً با فرکانس‌های آبیاری کم، تفاوت قائل شویم (Nangia et al., 2018). برای کاشت صنوبر و سایر گونه‌های درختی، استراتژی آبیاری ممکن است تعداد سال‌هایی را که آبیاری باید در کل دوره تناوب اعمال شود، در نظر بگیرد. این به این دلیل است که در طول چرخه صنوبر، آبیاری ممکن است فقط برای یک دوره چند ساله مورد نیاز باشد، اگر پس از این مدت مزایای رشد حاصل از آبیاری بسیار کم شود یا با جذب آب توسط ریشه از آب‌های زیرزمینی بتوان از تنش آبی درخت جلوگیری کرد. در اکثر مواردی که ما بررسی کردیم، استراتژی آبیاری اعمال شده در صنوبر به وضوح تعریف نشده بود. با این حال، براساس تعاریف مدیریت آبیاری، ما توانستیم شناسایی کنیم که ۴۳، ۳۳ و ۲۴ درصد از ۱۳۲ مورد ثبت شده به‌ترتیب مربوط به آبیاری تکمیلی، کم آبیاری کم یا کم آبیاری مداوم و آبیاری کامل است. فقدان جزئیات گزارش شده نشان می‌دهد که اهمیت استراتژی آبیاری اغلب هنگام تصمیم‌گیری در مورد مدیریت آبیاری برای صنوبرها در سراسر جهان نادیده گرفته می‌شود یا به طور کامل در نظر گرفته نمی‌شود.

استراتژی‌های جدید ابیاری در آمریکا

در آمریکا، برای بهره‌برداری بهینه از منابع آب و حفظ پایداری محیط و خاک، استراتژی‌های جدیدی برای آبیاری، در حال توسعه و حتی استفاده قرار داده شده است. به برخی از این استراتژی‌ها در زیر اشاره شده است:

مدیریت صحیح منابع آب: از طریق استفاده از اطلاعات هیدرولوژیکی، تحلیل اقتصادی و استفاده بهینه از سیستم‌های ذخیره‌سازی آب، تلاش می‌شود تا منابع آب بهینه‌سازی شده و هدررفت آب به حداقل رسد.

اصلاح روش‌های آبیاری قدیمی: استراتژی دیگری که در آمریکا به کار گرفته شده، بهبود و بهینه‌سازی روش‌های آبیاری است که در حال حاضر انجام می‌شود. این شامل انجام تحقیقات برای بهبود کارایی روش‌های قدیمی مانند سیستم‌های آبیاری شیاری و سنتی است. با بهره‌برداری از تکنولوژی‌های جدید، مثل سیستم‌های هوشمند و استفاده از سنسورها و تجهیزات کشاورزی مدرن، می‌توان میزان هدررفت آب را کاهش داد و بهره‌وری نیز افزایش یابد.

استفاده از آب‌های بازیافتی و آب شور: به‌دلیل کاهش فشار بر منابع آب شیرین، استراتژی استفاده از آب بازیافتی و آب شور در برخی مناطق امریکا اجرا می‌شود. آب پس از استفاده در خانه‌ها، شهرها و مناطق صنعتی، تصفیه و به صورت دوباره برای صنوبرکاری استفاده می‌شود همچنین تمامی مزارع برای بهبود کیفیت آب دوباره استفاده شده از انواع فیلترها استفاده می‌کنند. همچنین، بهره‌برداری از تکنولوژی‌های تصفیه آب شور می‌تواند امکان استفاده از منابع آب شور را نیز فراهم کند.

استفاده از سیستم‌های هوشمند و نرم‌افزارهای تحلیل به روز: با توجه به پیشرفت تکنولوژی و وجود اینترنت، سیستم‌های هوشمند و نرم‌افزارهای تحلیل داده در حوزه آبیاری بسیار رواج یافته‌اند. این سیستم‌ها از طریق استفاده از سنسورها و داده‌ها، نیاز آبی نهال‌ها را تا حدی منظم پیش‌بینی و میزان آب مصرفی را به‌طور دقیق تنظیم می‌کنند. این استراتژی به کشاورزان این امکان را می‌دهد تا به طور هوشمند و بهینه آب را مدیریت کنند و از هدر رفت آب جلوگیری کنند.

این استراتژی‌ها تنها تعداد کمی از مثال‌های استفاده از آبیاری نوین در آمریکا هستند و تحقیقات و توسعه در حوزه بهینه‌سازی استفاده از آب همچنان در حال ادامه است و تحقیقات هنوز به صورت گسترده انجام می‌شود. در واقع دانشمندان در حوزه زراعت صنوبر در آمریکا در حال حاضر در حال آزمایش و توسعه روش‌های آبیاری جدیدی هستند تا بتوانند

نیازهای آبی صنوبرها را با توجه به کمبود آب در سراسر جهان، به طور موثرتری تأمین کنند. هدف این است که بتوان مصرف آب را کنترل کرد و در نتیجه کاهش داد و در عین حال، بهره‌وری و سودآوری را نیز افزایش داد.

برنامه‌ریزی آبیاری

تعیین زمان آبیاری

برنامه‌ریزی آبیاری شامل تعیین زمان آبیاری در رابطه با زمان اعمال یک رویداد آبیاری و مقدار آبی است که باید با هر رویداد آبیاری تأمین شود (Hillel, 2004). تعیین دقیق زمان آبیاری کلید مدیریت دقیق و پایدار آبیاری است (Xi et al., 2014). آبیاری "خیلی زود" و "خیلی دیر" نمی‌تواند وضعیت آب مورد نیاز گیاه را در طول چرخه رشد تضمین کند و متعاقباً منجر به اضافه آب یا رویدادهای تنش آبی نامطلوب می‌شود که هر دو بر عملکرد گیاه و بهره‌وری آب محصول تأثیر منفی می‌گذارند. مطابق با اطلاعات جمع‌آوری‌شده با روش اول، داده‌های روش دوم نشان می‌دهد که در ۷۱ درصد موارد، زمان آبیاری براساس تقویم تعیین می‌شود، یعنی تعیین تعداد رویدادهای آبیاری در یک روز، هفته، ماه یا فصل رشد خاص. دومین روش پرکاربرد در ۱۳ درصد موارد شامل تعیین فاصله زمانی بین دو آبیاری است. این بدان معنی است که در بیشتر موارد، هیچ شاخص تنش آبی برای برنامه‌ریزی آبیاری استفاده نمی‌شود و رویداد آبیاری بعدی صرفاً یک مسئله زمان است، نه اینکه از شروع و سیر تنش آبی تصمیم‌گیری شود. در واقع، داده‌های روش دوم نشان می‌دهد که شاخص‌های مبتنی بر خاک، مانند پتانسیل ماتریک خاک یا محتوای آب، برای تعیین زمان آبیاری در صنوبر فقط در ۱۲ درصد موارد استفاده می‌شوند. به‌رغم وجود شواهد فراوان در مورد سودمندی این شاخص‌ها، این مورد در تصمیم‌گیری در مورد زمان آبیاری تأثیرگذار است (Yang et al., 2019).

اعداد بالا نشان می‌دهد که تعیین زمان آبیاری فقط براساس تجربه، و نه براساس اطلاعات ارائه شده توسط شاخص‌های قابل اعتماد، به‌طور گسترده در صنوبر در سراسر جهان پذیرفته شده است. این امر در مورد صنوبرهای آبیاری شده با روش‌های سنتی مانند آبیاری غرقابی، شیاری و جویچه‌ای و استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای صدق می‌کند (O'Neill et al., 2010). این روش پتانسیل رساندن آب را به موقع، یکنواخت‌تر و دقیق‌تر از روش‌های سنتی به ناحیه ریشه گیاه دارد. اما زمان آبیاری فقط براساس تجربه تنظیم می‌شود و نه از اطلاعات ارائه شده توسط شاخص‌های تنش آب قابل اعتماد، پتانسیل آبیاری قطره‌ای برای استفاده مؤثر از آب به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. همین امر، کم و بیش، در مورد بقیه روش‌های آبیاری نیز صدق می‌کند.

روش‌های مختلفی برای برنامه‌ریزی آبیاری از طریق آب خاک، تقاضای اتمسفر یا اندازه‌گیری‌های مبتنی بر گیاه توصیف شده‌اند. در مورد وضعیت زراعی رطوبت خاک، Wang et al. (2001) و Zhu et al. (2017) دریافتند که هنگام استفاده از ۷۰ تا ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه به‌عنوان آستانه برای شروع آبیاری در مزارع *P. tomentosa*، آنها می‌توانند حداکثر سود را به‌دست آورند. مقدار آستانه برای زمان‌بندی آبیاری براساس ظرفیت زراعی خاک به‌دست می‌آید، اما هنگام اعمال آستانه‌های حاصل از یک مزرعه به مزرعه دیگر با ویژگی‌های مختلف خاک، خطا رخ می‌دهد. این مشکل در هنگام استفاده از پتانسیل ماتریک خاک به‌جای محتوای آب به حداقل می‌رسد. حداکثر رشد صنوبر در مزارع محیط‌های نیمه خشک و نیمه مرطوب، با شروع آبیاری زمانی که پتانسیل ماتریک خاک در حدود ۲۵ کیلو پاسکال است به‌دست می‌آید. معمولاً رشد درختان صنوبر در آستانه آبیاری تا مقدار معینی افزایش می‌یابد.

معمولاً رشد درختان صنوبر با افزایش آبیاری افزایش می‌یابد تا زمانی که مقدار معینی فراتر از آن، افزایش رشد دیگری ثبت نشود. این مقدار که به‌عنوان مقدار آستانه بحرانی شناخته می‌شود در گونه‌ها یا کلن‌های صنوبر بسیار متفاوت است و همچنین ممکن است براساس مقیاس زمانی (سن توده) و مکانی (یعنی استفاده از وضعیت آب در یک موقعیت خاک، کل لایه خاک یا کل منطقه ریشه به‌عنوان شاخص آستانه) تغییر کند (Yang et al., 2019). چنین تنوعی نشان می‌دهد که مقدار آستانه بحرانی برای برنامه‌ریزی آبیاری باید پویا باشد. بخشی از پتانسیل اندازه‌گیری‌های مبتنی بر گیاه به ادغام ویژگی‌های جوی و وضعیت آب خاک و همچنین واکنش گیاه به شرایط محیطی، در اندازه‌گیری یک متغیر تکیه دارد. از جمله پرکاربردترین آنها می‌توان به پتانسیل آب برگ، هدایت روزنه‌ای، قطر ساقه، آماسیدگی یا تورژسانس برگ و دمای برگ اشاره کرد. مزایای استفاده از این شاخص‌ها و سایر شاخص‌های گیاهی برای شناسایی شروع و شدت تنش آبی و تعیین زمان آبیاری به‌طور گسترده برای گیاهان چوبی مورد توجه قرار گرفته است. تا آنجایی که بررسی انجام گرفت، اندازه‌گیری‌های مبتنی بر گیاه برای برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع صنوبر استفاده نشده است. فقدان اندازه‌گیری‌های مبتنی بر گیاه برای کاشت صنوبر ممکن است به دلیل هزینه حسگرهای مورد نیاز و سیستم‌های مرتبط و پیچیدگی تفسیر داده‌های ثبت شده باشد. این پیچیدگی مستلزم آن است که تحقیقات بیشتری در مورد گونه صنوبر انجام شود قبل از اینکه بتوان آن را عملی کرد و توسعه داد.

رژیم‌های آبیاری به‌کار برده شده در صنوبرکاری

رژیم آبیاری هم از استراتژی آبیاری و هم از روش برنامه‌ریزی آبیاری ناشی می‌شود. با روش‌های ۱ و ۲، تعداد ۱۱ رژیم آبیاری را که در حال حاضر در مزارع صنوبر اعمال می‌شود، شناسایی شد (جدول ۱). رژیم ۱ رایج‌ترین است و نیمی از موارد را تشکیل می‌دهد. رژیم‌های ۲، ۳ و ۴ از نظر محبوبیت به‌ترتیب در ۱۷٪، ۹٪ و ۹٪ موارد کاربرد دارند (جدول ۱). در این چهار رژیم، مدیریت آبیاری عمدتاً مبتنی بر تجربه بوده و نسبتاً ساده است و متکی بر دانش بالا و ابزارهای اندازه‌گیری پیچیده نیست. رژیم‌های ۵، ۶ و ۹ از آستانه‌های ظرفیت زراعی آب خاک برای تعیین زمان آبیاری استفاده می‌کنند و برای تخمین IA از روش‌های مختلفی از جمله تفاوت بین محتوای واقعی آب خاک و ظرفیت زراعی خاک و تبخیر و تعرق محصول مرجع استفاده می‌شود، در مجموع، این سه رژیم تنها ۹ درصد موارد را تشکیل می‌دهند، اگرچه به‌دلیل داشتن پایه‌های علمی، پتانسیل کاربردی بالایی دارند. رژیم‌های ۳، ۷ و ۸ تنها بر مدیریت آبیاری در سال اول تا سه سال پس از کاشت صنوبر تمرکز دارند (جدول ۱). با این حال، چنین اطلاعاتی در مورد چند سال اول آبیاری در رژیم‌های دیگر به وضوح ارائه نشده است. این سبب ایجاد یک سوال کلیدی می‌شود که بسته به هدف تولید و محل تولید، توده‌های صنوبر را چند سال باید آبیاری کنیم؟ متاسفانه اطلاعات کافی برای ارائه پاسخ دقیق به این سوال وجود ندارد. با این حال، پاسخ برای استفاده مؤثر از آب و اطمینان از سوددهی آبیاری در کل دوره تناوب صنوبرها بسیار مهم است. پاسخ مناسب همچنین برای تضمین پایداری چرخه آب در مقیاس‌های مکانی- زمانی مختلف و حمایت از مقاومت و انعطاف‌پذیری صنوبر در برابر تغییرات آب و هوایی مورد نیاز است.

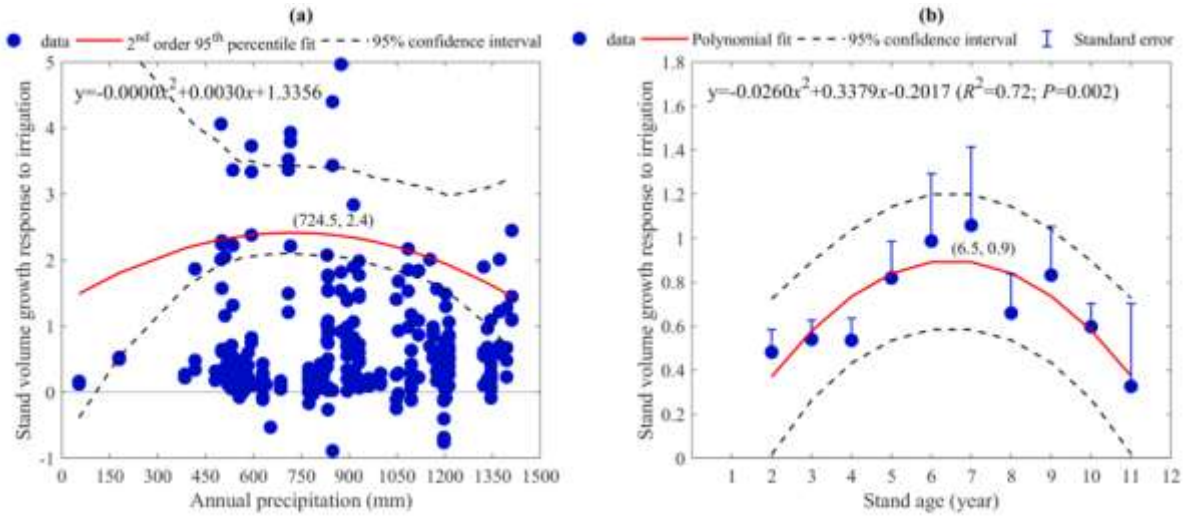
آبیاری با آب‌های بی‌کیفیت

آبیاری صنوبر با پساب تصفیه‌شده مناسب می‌تواند مزایای متعددی از جمله کاهش بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی فسیلی، ایجاد ترسیب کربن بیشتر و منافع اقتصادی، کمک به بازیافت پساب، تأمین منابع جدید آب آبیاری، کود و

جلوگیری از شور شدن خاک ناشی از آبیاری آب‌های زیرزمینی داشته باشد (Cozzi et al., 2015). علاوه بر این، آبیاری صنوبر با فاضلاب تصفیه شده به‌طور کلی می‌تواند مزایای رشد قابل‌توجهی داشته باشد و تأثیر آن می‌تواند حتی بهتر از آبیاری با آب‌های زیرزمینی باشد (Pandey et al., 2017). علاوه بر این، تا زمانی که فاضلاب برای آبیاری به درستی تصفیه شود، منجر به اثرات منفی بر خاک و محیط‌های آب زیرزمینی نخواهد شد. در مقابل، آبیاری با آب شور ممکن است رشد صنوبر را کاهش دهد که این اثر منفی بسته به مقدار شوری آب دارد. اثرات منفی آبیاری با آب‌های بی‌کیفیت را می‌توان با انتخاب گونه‌ها و کلن‌های صنوبر اصلاح شده و پرتولید کاهش داد، زیرا آنها واکنش‌های متفاوتی به شوری یا فاضلاب نشان می‌دهند (Zalesny, 2007).

آیا آبیاری صنوبرها سودآور است؟

اگرچه آبیاری به وضوح رشد صنوبر را افزایش می‌دهد (شکل ۴)، ولیکن در صورتی اعمال می‌شود که به منافع اقتصادی منجر شود. با این حال باید در نظر داشت که در برخی شرایط آبیاری اجباری است هرچند که توجیه اقتصادی نداشته باشد زیرا در غیر این صورت کشت صنوبر غیرممکن است. روش اول نشان داد که تنها ۱۹ درصد از پاسخ دهندگان معتقد بودند آبیاری صنوبرها سود قابل‌توجهی به همراه خواهد داشت، ۴۱ درصد پاسخ دادند که سود متوسطی دارد، ۴۰ درصد معتقد بودند که فواید کمی وجود دارد یا اصلاً وجود ندارد و ۱۵ درصد معتقدند که مناطقی که آبیاری نمی‌شوند به این دلیل است که آبیاری سودآور نیست. از روش دوم، بیشتر مطالعات در نقاط مختلف جهان نشان داد که آبیاری مزارع صنوبر با منابع آب معمولی، مانند آب‌های زیرزمینی و رودخانه‌ها، مقرون به صرفه نیست (Schweier and Becker, 2013). فقط تعداد کمی از مطالعات بیان کردند که آبیاری صنوبر از نظر اقتصادی ارزشمند. ناهماهنگی این نتایج می‌تواند به دلایل مختلفی باشد. اول، ارزیابی‌های اقتصادی معمولاً به جای یک یا چند دوره چرخش کامل، زمان نسبتاً کوتاهی (۱ تا ۸ سال) را پوشش می‌دهند و منجر به نتیجه‌گیری‌های قوی‌تر می‌شود. دوم، برخی از مفروضات برای تحلیل اقتصادی واقع‌بینانه نیستند، مانند عملکرد توده که بسیار بالاتر از عملکرد واقعی است (Ji et al., 2019). سوم، عوامل زیادی در نظر گرفته نشده‌اند که ممکن است بر منافع اقتصادی تأثیر بگذارند، مانند اجاره زمین، تورم، و تغییر قیمت محصول (Yan et al., 2018). بنابراین، به نظر می‌رسد که تحلیل‌های اقتصادی دقیق‌تری برای تعیین دقیق سودآوری صنوبرهای آبیاری شده مورد نیاز است. با توجه به اطلاعاتی که در حال حاضر داریم، به نظر می‌رسد که اگر تنها تأثیر آبیاری بر بهره‌وری توده را در نظر بگیریم، آبیاری صنوبر با منابع آبی معمولی توجیه اقتصادی ندارد. قیمت پایین چوب صنوبر و پاسخ عملکرد محدود توده به رژیم‌های آبیاری موجود از دلایل کلیدی دیگر هستند (Djomo et al., 2019).



شکل ۴- روابط بین پاسخ حجم-رشد توده به آبیاری و (الف) بارندگی سالانه و (ب) سن توده. مرز بالایی در (a) با پوشش ۹۵ درصد از نقاط داده تنظیم شد. خطا در (b) نشان‌دهنده خطای استاندارد است. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده مختصات رأس منحنی چند جمله‌ای برازش (خط قرمز) هستند.

با این حال، هر دو روش ۱ و ۲ نشان می‌دهند که فضایی برای افزایش سوددهی آبیاری مزارع صنوبر وجود دارد. اینکه آبیاری صنوبرها می‌تواند منافع اقتصادی به همراه داشته باشد، عمدتاً به ارزش فروش محصول چوبی (عملکرد تولید و قیمت محصول) و هزینه نصب و مدیریت سیستم آبیاری بستگی دارد. بنابراین، تغییر هر یک از عوامل مرتبط با این دو جنبه، امکان‌سنجی اقتصادی آبیاری صنوبر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عملکرد توده بستگی به گونه یا کلن درخت، شرایط محل، طول تناوب، تراکم کاشت، آماده‌سازی محل و کنترل علف‌های هرز دارد. برای مزارع در مناطق با بارش کم و به‌ویژه در هنگام رشد گونه‌ها و کلن‌هایی که به شدت به تأمین آب پاسخ می‌دهند، آبیاری با مدیریت صحیح می‌تواند به تعادل بهینه با آن عوامل کمک کند که ممکن است منجر به افزایش قابل توجه عملکرد شود و سودآوری مزرعه را بهبود بخشد. بررسی ما نشان می‌دهد که آبیاری صنوبرها همیشه بهینه نبوده است و نشان می‌دهد که می‌توان این روش را با انتخاب روش آبیاری مناسب، استراتژی آبیاری مناسب و روش برنامه‌ریزی آبیاری مؤثر و در نتیجه دست‌یابی به مؤثرترین رژیم آبیاری برای شرایط کاشت را بهبود بخشید. به‌عنوان مثال، در حوضه آبیاری مزارع *P. tomentosa* در استان هبی چین، کاهش آستانه رطوبت خاک برای شروع آبیاری از ۷۰ تا ۸۰ درصد به ۵۰ تا ۶۰ درصد تأثیر کمی بر عملکرد داشت و هزینه‌های آبیاری در هکتار و مصرف آب را به میزان ۱۰۰ متر مکعب کاهش داد.

مزایای کافی از آبیاری مزارع صنوبر هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه شده به‌دست می‌آید. قیمت فاضلاب کمتر از آب شیرین است و نیاز به کوددهی معمولاً به‌دلیل مواد مغذی موجود در فاضلاب کاهش می‌یابد. استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری نیز ممکن است به پرداخت هزینه‌های تصفیه فاضلاب کمک کند. اکنون موفقیت آبیاری با فاضلاب تصفیه شده مستلزم انتخاب مناسب گونه‌ها و کلن‌های صنوبر، کاهش فاصله توده‌ها و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و تعیین سطح بهینه توده و روش و مدیریت آبیاری است (Zalesny, 2007). به‌عنوان مثال، در ویکتوریا، استرالیا، هنگام استفاده از فاضلاب برای آبیاری صنوبر از طریق سیستم آبیاری بارانی ثابت، با نرخ بهره مالی بین ۳ تا ۷ درصد سودآور نبود. در حالی که، توده‌های

تحت شرایط آبیاری غرقابی می‌توانند سود اقتصادی با نرخ بهره ۳ درصد را ایجاد کنند. سایر مزایای آبیاری می‌تواند از تجارت انتشار کربن ناشی شود. همچنین از طریق آبیاری می‌توان بهره‌وری زمین‌های بایر را تا حد زیادی بهبود بخشید، تأمین چوب پایدار را تضمین کرد، هزینه کم فاضلاب را می‌توان تحقق بخشید، خطر کاهش عملکرد توده یا حتی مرگ و میر درختان ناشی از خشکسالی را کاهش داد و آسیب‌های مربوط به بیماری‌ها و حشرات را می‌توان کاهش داد (Cozzi et al., 2015). با این حال، اگر بتوان سایر مزایای آبیاری ذکر شده در بالا را در نظر گرفت، یا اگر تجارتی در انتشار کربن وجود داشته باشد، آبیاری صنوبرها ممکن است در شرایط خاص برای برخی از زمین‌داران بزرگ صنعتی مقرون به صرفه باشد. مطمئناً با اجرای این روش با آگاهی از پاسخ گیاه به تنش آبی و استفاده از روش‌های آبیاری مؤثر، می‌توان میزان آبیاری صنوبر را بسیار بهینه کرد.

نتیجه‌گیری کلی

برخی مشکلات و جهت‌گیری‌های تحقیقاتی در مدیریت آبیاری صنوبرکاری‌ها

براساس خلاصه و تجزیه و تحلیل فوق، می‌توان مشکلات بحرانی در مدیریت آبیاری صنوبر فعلی را شناسایی و جهت‌گیری‌های تحقیقاتی آینده را خلاصه کرد:

(۱) پاسخ گونه‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر به در دسترس بودن آب خاک به‌طور کامل ارزیابی نشده است. این ارزیابی برای تصمیم‌گیری در مورد اینکه کدام مزارع بیشتر به آبیاری پاسخ می‌دهند ضروری است.

(۲) استراتژی‌های آبیاری مؤثر و مناسب برای شرایط کشت، برای موفقیت آبیاری مورد نیاز است. این مورد اغلب هنگام مدیریت آبیاری در توده‌های صنوبر نادیده گرفته می‌شود. طراحی استراتژی‌های آبیاری مؤثر، از آبیاری کامل گرفته تا رویکردهای کم‌آبیاری مختلف که مطابق با گونه‌ها و کلن‌ها، شرایط محیطی، در دسترس بودن آب و اهداف تولید (مانند زیست توده چوبی، خمیر چوب و چوب اره) از جمله عوامل دیگر ضروری است.

(۳) مطالعات کمی وجود دارد که به بررسی چگونگی تأثیر مدیریت آبیاری بر ساختار خاک در توده‌های صنوبر می‌پردازد. ساختار خاک ارتباط نزدیکی با عملکرد گیاه، کارایی مصرف آب آبیاری، نگهداری کیفیت خاک و بسیاری از فرآیندهای بیوژئوشیمیایی (به‌عنوان مثال، سیل و توزیع N_2O) دارد. اثرات متناقض آبیاری بر ساختار خاک و خواص هیدرولیکی خاک در سایر بخش‌ها مشاهده شده است. داده‌های قوی از شاخص‌های ساختاری اصلی خاک (به عنوان مثال، تخلخل درشت خاک، ظرفیت آب موجود، و رسانایی هیدرولیکی) از رژیم‌ها و شرایط مختلف آبیاری (به‌عنوان مثال، خاک، آب و هوا، شکل زمین) برای شناسایی بهترین شیوه‌های مدیریت آبیاری برای بهبود عملکرد صنوبرکاری‌ها ضروری است.

(۴) درک فعلی از اثرات آبیاری بر صفات صنوبر محدود به مقیاس‌های زمانی نسبتاً کوتاه است. آزمایش‌هایی که یک یا چند دوره تناوب را پوشش می‌دهند برای بررسی کامل تأثیرات طولانی‌مدت آبیاری و تعامل آن با سایر عوامل مانند میزان کشت، وضعیت مکان و عوامل محیطی مورد نیاز است.

(۵) اکثر رژیم‌های آبیاری صنوبر ایستا هستند و با گذشت زمان تغییر نمی‌کنند. با توجه به تغییرات رشد درختان و ویژگی‌های اکولوژیکی با افزایش سن و رشد توده‌ها، رژیم‌های آبیاری پویا برای برآورده شدن بهتر نیاز آبی در صنوبرکاری‌ها ضروری است. این امر شامل توده‌های قدیمی با رژیم‌های آبیاری متفاوت می‌شود.

(۶) تحقیقات کافی در مورد استفاده از شاخص‌های تنش آبی موثر برای برنامه‌ریزی آبیاری در صنوبر وجود ندارد. چندین روش مبتنی بر گیاه وجود دارد، به عنوان مثال، روش‌هایی که ثابت شده است و قابل اعتماد، آسان و دقیق برای ارزیابی

کمبود آب و برنامه‌ریزی آبیاری در باغ درختان میوه به‌کار می‌روند. این روش‌ها شامل روش‌های مبتنی بر جریان شیره گیاهی، تغییرات قطر تنه و اندازه‌گیری فشار تورژسانس برگ است. تحقیقات بیشتری در مورد پتانسیل این روش‌ها برای برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع صنوبر مورد نیاز است.

(۷) بیشتر مطالعات در مورد استفاده از آب در صنوبر روی توسعه استراتژی‌های مدیریت آبیاری کارآمد صنوبر با مقایسه اثرات رژیم‌های آبیاری مختلف یا روش‌های برنامه‌ریزی روی رشد توده‌ها و صفات زیست‌محیطی درختان متمرکز شده‌اند. در حالی که فرآیندهای نفوذ، توزیع مجدد و جذب آب آبیاری در ناحیه ریشه اغلب نادیده گرفته می‌شود. بنابراین، فرآیند پویایی ریشه‌های ریز، جذب آب ریشه و حرکت آب در توده‌های صنوبر باید توجه بیشتری برای استفاده کارآمد از آب آبیاری داشته باشد.

(۸) استفاده از پساب تصفیه شده برای آبیاری، که روشی امیدوارکننده برای سودآوری آبیاری است، هنوز در صنوبرکاری‌ها محدود است. باید در مناطق بیشتری از جهان و برای صنوبرکاری با اهداف تولید متفاوت و در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی مرتبط مورد مطالعه قرار گیرد.

(۹) مطالعات دقیق‌تر و جامع‌تر در مورد تأثیرات آبیاری بر رشد صنوبر، منافع اقتصادی و سودآوری و محیط‌زیست برای کاشت گونه‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر، به‌ویژه در مناطق با محدودیت تأمین آب مورد نیاز است.

با افزایش تقاضای جهانی برای منابع چوبی، کمبود روزافزون جهانی منابع آب، و تشدید خشکسالی‌های منطقه‌ای مرتبط با گرمایش جهانی، مدیریت درختکاری بیش از پیش چالش‌برانگیزتر خواهد شد. نحوه استفاده از منابع محدود آب برای حفظ و افزایش بهره‌وری، کیفیت، سلامت و عملکرد درختکاری باید یکی از اهداف مدیریت پایدار جنگل باشد. این بررسی به دنبال کمک به دستیابی به این هدف برای کاشت و توسعه صنوبرکاری‌ها بوده و شاید برای مدیریت کارآمد آب در مزارع سایر گونه‌های درختی نیز مفید باشد.

منابع

Cozzi, M., Viccaro, M., Di Napoli, F., Fagarazzi, C., Tirinnanzi, A. and Romano, S., (2015). A spatial analysis model to assess the feasibility of short rotation forestry fertigated with urban wastewater: Basilicata region case study. Agricultural Water Management, 159: 185–196.

Djomo, S.N., Groote, T.D., Gobin, A., Ceulemans, R. and Janssens, I.A., (2019). Combining a land surface model with life cycle assessment for identifying the optimal management of short rotation coppice in Belgium. Biomass Bioenergy, 121: 78–88.

Fischer, M., Zenone, T., Trnka, M., Orsag, M., Montagnani, L., Ward, E.J., Tripathi, A.M., Hlavinka, P., Seufert, G., Zalud, ˇ Z., King, J.S. and Ceulemans, R., (2018). Water requirements of short rotation poplar coppice: experimental and modelling analyses across Europe. Agricultural and Forest Meteorology, 250–251: 343–360.

Food and Agricultural Organization (FAO), (2016). Poplars and other fast-growing trees renewable resources for future green economies. Synthesis of Country Progress Reports. In: 25th Session of the International Poplar Commission. 13–16 September 2016, Berlin, Germany.

Gordon, J.C., (2001). Poplars: trees of the people, trees of the future. Forestry Chronicle, 77 (2): 217–219.

Hillel, D., (2004). Introduction to environmental soil physics. Elsevier Academic Press, San Diego.

Hogg, E.H. and Michaelian, M., (2015). Factors affecting fall down rates of dead aspen (*Populus tremuloides*) biomass following severe drought in western-central Canada. Global Change Biology. 21: 1968–1979.

Isebrands, J.G. and Richardson, J.G., (2014). Poplars and willows: Trees for society and the environment. CABI, Boston, MA, pp. 1–7.

Ji, Y.H., Zhou, G.S., Li, Z.S., Wang, S.D., Zhou, H.L. and Song, X.Y., (2019). Triggers of widespread dieback and mortality of poplar (*Populus* spp.) plantations across northern China. The Journal of Arid Environments. 174: 104076.

Marron, N., Gielen, B., Brignolas, F., Gao, J., Johnson, J.D., Karnosky, D.F., Polle, A., Scarascia-Mugnozza, G., Schroeder, W.R. and Ceulemans, R., (2014). Abiotic stresses. In: Isebrands, J.G., Richardson, J. (Eds.), Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment. CABI, Boston, MA, pp. 338–405.

Nangia, V., Oweis, T., Kemeze, F.H. and Schnetzer, J., (2018). Supplemental irrigation: a promising climate-smart practice for dryland agriculture. CSA Practice Brief, Rome, GACSA.

O'Neill, M.K., Shock, C.C., Lombard, K.A., Heyduck, R.F., Feibert, E.B.G., Smeal, D. and Arnold, R.N., (2010). Hybrid poplar (*Populus* spp.) selections for arid and semi-arid intermountain regions of the western United States. Agroforestry Systems. 79: 409–418.

Oliveira, N., P´erez-Cruzado, C., Canellas, I., Rodríguez-Soalleiro, R. and Sixto, H., (2020). Poplar short rotation coppice plantations under Mediterranean conditions: the case of Spain. Forests 11, 1352.

Pandey, A., Srivastava, R.K. and Kaushal, R., (2017). Model for economical and sustainable bioenergy production under greywater irrigation trial. Current Science. 112 (8): 1743–1749.

Schweier, J. and Becker, G., (2013). Economics of poplar short rotation coppice plantations on marginal land in Germany. Biomass Bioenergy, 59: 494–502.

Stettler, R.F., 2009. Cottonwood and the river of time. University of Washington Press, Seattle, Washington. 288p.

Wang, W.Q., Li, X.J., Jia, Y.B., Zhang, Z.J., Hua, Z.B. and Liu, S.P., (2001). Study on water saving irrigation in intensive plantation of *Populus tomentosa* on sandy land. Journal of Hebei Agricultural University, 24 (1): 33–37 (in Chinese with English abstract).

Xi, B.Y., Li, G.D., Bloomberg, M. and Jia, L.M., (2014). The effects of subsurface irrigation at different soil water potential thresholds on the growth and transpiration of *Populus tomentosa* in the North China Plain. Australian Forerstry. 77 (3–4): 159–167.

Yan, X.L., Dai, T.F. and Jia, L.M., (2018). Evaluation of the cumulative effect of drip irrigation and fertigation on productivity in a poplar plantation. Annals of Forest Science. 75(5): 1-12.

Yang, T., Li, D.D., Clothier, B., Wang, Y., Duan, J., Di, N., Li, G.D., Li, X., Jia, L.M., Xi, B.Y. and Hu, W., (2019). Where to monitor the soil-water potential for scheduling drip irrigation in *Populus tomentosa* plantations located on the North China Plain? Forest Ecology and Management, 437: 99–112.

Zalesny, J.A., Zalesny Jr, R.S., Coyle, D.R. and Hall, R.B., (2007). Growth and biomass of *Populus* irrigated with landfill leachate. Forest Ecology and Management, 248: 143–152.

Zhu, J.L., Bo, H.J., Li, X., Song, L.J., Wang, J., Nie, L.S. and Tian, J., (2017). Effects of soil water and nitrogen on the stand volume of four hybrid Populus tomentosa clones. Forests, 8(7): 250.

Zsuffa, L., Giordano, E., Pryor, L.D. and Stettler, R.F., (1996). Trends in poplar culture: some global and regional perspectives. In: Stettler, R.F., Bradshaw, H.D., Heilman, P.E., Hinckley, T.M. (Eds.), Biology of *Populus* and its Implications for Management and Conservation. NRC Press, Ottawa, Canada, pp. 515–539.

Irrigation management in *Populus* spp. Plantations

Fatemeh Ahmadloo[1*], Saeedeh Eskandari[2] and Sara Teimori[1]

1-Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2-Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

Poplar (*Populus* spp.) is widely planted around the world and has been closely linked to human beings since ancient times due to its multiple beneficial utilizations both for the environment and society. As one of the fastest-growing tree species in temperate zones, the high growth rate of poplar is associated with its high waterdemand, which makes it vulnerable to water deficits. To maintain and improve the productivity and quality of poplar plantations, by alleviating the impact of soil water deficit on tree growth and health, irrigation has been long applied as an essential cultivation practice for poplar plantations around the world. However, both fundamentals for irrigation and technology innovations are limited by the lack of critical knowledge on the irrigation management practices in poplar plantations. In this work, data and information collected from questionnaires, literature, and a survey around the world, were used to investigate the current situation of irrigation management in poplar plantations. We present a summary of the currently applied irrigation regimes for poplars. Then, with the help of the literature and a global dataset of poplar growth compiled with data from 27 sites in five countries, we thoroughly analyzed and reviewed the main effects of irrigation on poplar plantations. Finally, the profitability of irrigation in poplar plantations is discussed. We conclude with some existing problems and future research directions for irrigation management of poplars. In addition to providing directions for the sustainable management of poplar plantations in global water-limited regions, this work also provides a reference for the water management in plantations of other tree species.

Keywords: Data collection, Irrigation strategy, Natural poplar forests, Water management, Water productivity.

*Corresponding author Tel: +98 9184337459 Email: Fatemeh_ahmadloo@yahoo.com

بررسی اهمیت و نقش درختان کهن‌سال و دیرزیست در اکوسیستم‌های طبیعی و جنگلی (با نگاهی بر مطالعات انجام شده در این زمینه)

زهرا ویسی[۱]، وحید اعتماد[۲*] و محسن جوانمیری‌پور[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- دکتری جنگلداری، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

درختان کهن‌سال نقش مهمی در حفظ ساختار جنگل و تداوم زادآوری دارند و با آغاز دوره کهن‌سالی، به منابع ژنتیکی باارزشی تبدیل می‌شوند. این درختان به علت تحمل شرایط نامساعد محیطی و چالش‌های بوم‌شناختی، می‌توانند به عنوان تاریخ زنده‌ای برای مطالعه استفاده شوند. درختان کهن‌سال به عنوان منابع ذخیره‌ای کربن شناخته می‌شوند و نقش بسزایی در تثبیت خاک دارند. شناسایی دقیق این درختان برای ثبت به عنوان آثار طبیعی ملی و جهانی و حفظ آن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. این مطالعه با استفاده از روش‌های کتابخانه‌ای و بررسی منابع چاپ‌شده، به بررسی نقش و ویژگی‌های درختان کهن‌سال پرداخته است. مهمترین گونه‌های درختان کهن‌سال شامل ارس، چنار، بنه، داغداغان، آزاد، بلندمازو، گردو و بلوط ایرانی است که به ترتیب شامل ۵۲، ۹۸، ۳۰، ۲۸، ۲۴، ۱۸، ۳۰ و ۱۲ اصله درخت است. درختان انارشیطان، افراکیکم، انبه، انجیلی، اوجا، زیتون، سرو شیراز، شیردار و گز دارای کمترین فراوانی هستند که برای هر کدام برابر با یک اصله درخت است. از نظر پراکنش سیاسی بیشتر مطالعات درختان قطور، دیرزی و کهن‌سال در استان‌های مازندران، ایلام، گیلان و یزد به ترتیب با ۱۰، ۷، ۵ و ۴ مورد انجام شده‌است. در بیشتر استان‌های مورد بررسی از قبیل البرز، آذربایجان‌غربی، تهران، خراسان‌های رضوی و شمالی، زنجان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، قم، کرمان، کرمانشاه، لرستان و هرمزگان یک مقاله وجود دارد. از نظر پراکنش در نواحی رویشی، بیشترین فراوانی مطالعات در مناطق هیرکانی، ایران-تورانی و زاگرس وجود دارد که به ترتیب برابر با ۱۷، ۱۶ و ۱۳ مورد است. کمترین تعداد در ناحیه خلیج-عمانی برابر با یک مورد است. بیشتر مطالعات در ارتباط با درختان کهن‌سال در زمینه علوم جنگل و میراث طبیعی به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ مورد بوده است. افزایش مطالعات در این زمینه نشانگر توجه فزاینده جامعه به این منابع باارزش است. حفظ درختان کهن‌سال باید به عنوان یک اولویت ملی مورد توجه قرار گیرد تا نسل‌های آینده نیز بتوانند از زیبایی‌ها و ارزش‌های آن‌ها بهره‌مند شوند.

واژگان کلیدی: دیرزیستی، ویژگی‌های ظاهری، منابع ژنتیکی، میراث طبیعی، پوسیدگی.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۴۶۴۸۰۷۴ ایمیل: vetemad@ut.ac.ir

مقدمه

شناسایی درختان کهن‌سال نیازمند تعریف دقیقی از واژه یا اصطلاح درخت کهن‌سال و مفهوم بوم‌شناختی آن می‌باشد. تعریف درختان کهن‌سال به نوع اکوسیستم، گونه‌های درختی و شرایط محیطی رویشگاه وابسته است (حسینی و اعظمی، ۱۳۹۵). سنی را که گیاه بدون درون‌پوسیدگی تا آن زمان سالم بماند دیرزیستی می‌نامند. به عبارتی آغاز پوسیدگی، پایان دیرزیستی و ورود به سن کهن‌سالی می‌باشد (Pederson, 2010). بنابر موارد مطرح شده، درختی کهن‌سال شناخته می‌شود که از نظر سن و ابعاد نسبت به درختان دیگر همان گونه در محل‌های مشابه بزرگتر باشد. به طور تجربی، سن، قطر و ارتفاع پایه‌های درختی، معیار کهن‌سالی درختان محسوب می‌شوند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۳). نمی‌توان درختان کهن‌سال را فقط نسخه ساده بزرگ‌شده‌ای از درختان جوان دانست، زیرا تفاوت بین درختان کهن‌سال و درختان جوان صرفاً به اندازه بزرگ آن‌ها مربوط نیست (اعتماد و همکاران، ۱۴۰۳). ویژگی بارزی که در مورد تمام درختان کهن‌سال از هر گونه و در هر شرایط زیستی، صادق است داشتن درون‌پوسیدگی محدود یا گسترده در تنه آن‌هاست که گاهی این درون‌پوسیدگی به صورت آشکار در تنه قابل رؤیت نیست (ساداتی و همکاران، ۱۳۹۹). درختان همانند سایر جانداران در طی دوره‌های مختلف زندگی اعم از تولد، رشد و مرگ دائماً در حال تغییر می‌باشند. اما با آغاز دوره کهن‌سالی، نقش بوم‌شناختی آن‌ها در اکوسیستم جنگل ادامه‌دار است (توانکار و نیکوی، ۱۳۹۵). درختان قطور و سالم موجب حفظ ساختار جنگل و تداوم زادآوری جنگل هستند. همچنین چنانچه در طی دوره‌های بهره‌برداری به تعداد مناسب و از گونه‌های مختلف در توده باقی بمانند تبدیل به درختان پوسیده و خشک‌دار شده و نقش‌های حمایتی خود را ادامه می‌دهند (توانکار و نیکوی، ۱۳۹۵). مرحله کهن‌سالی کاربردی‌ترین، متنوع‌ترین و از نظر ساختاری و عملکردی پیچیده‌ترین مرحله بین مراحل تحولی در جنگل است. این پیچیدگی ساختاری می‌تواند شامل آمیختگی تنوع شرایط و ابعاد درختان زنده و خشک، درختان کهن‌سال از یک یا چندگونه و مقدار زیادی ناهمگنی ساختاری در پراکنش تنه‌ها و تاج پوشش باشد (اعتماد و همکاران، ۱۴۰۳). درختان کهن‌سال هر کشور را می‌توان مهم‌ترین منابع ژنتیکی-گیاهی آن کشور دانست (ساداتی و همکاران، ۱۳۹۹). این درختان علاوه بر اینکه نشان‌دهنده منابع ژنی خاص و تنوع ذخایر ژنتیکی بوده (زمانی و همکاران، ۱۳۹۸) شامل ژنوتیپ‌هایی هستند که در عمر درازمدت خود، با تغییرات طبیعی، چالش‌های محیطی و موانع بوم‌شناختی مختلفی روبرو شده و همچنان به حیات خود ادامه داده‌اند و حال به‌عنوان تاریخ زنده‌ای برای مطالعه به‌شمار می‌آیند (خوشنویس و همکاران، ۱۳۹۶). جنگل‌های کهن‌سال حاصل تغییرات ناگهانی نبوده، بلکه در پی تغییرات تدریجی و طولانی‌مدت به‌وجود آمده‌اند (حسینی و اخوان، ۱۴۰۱) و با تحول تدریجی در مراحل توالی خود، به پایدارترین وضعیت ممکن رسیده‌اند (آذریان و همکاران، ۱۳۹۲). از ویژگی‌های مهم و بارز مرحله کهن‌سالی درختان، زوال است (اعتماد و همکاران، ۱۴۰۳). مرگ و میر در اثر عواملی شامل پوسیدگی ریشه، کنده، تنه، باد، حشرات و رعدوبرق در اشکوب فوقانی ایجاد می‌شود (Lindenmayer et al., 2016). بر اثر عوامل تاثیرگذار و شرایط موجود، مجموعه‌ای از ویژگی‌های خاص در گونه‌هایی با دیرزیستی زیاد، به‌ویژه درختان کهن‌سال‌تر، به وجود می‌آید چرا که این درختان در طول زمان در معرض رقابت، انتخاب طبیعی شدید، حمله حشرات و قارچ‌ها قرار گرفته‌اند، در اقلیم‌های متعددی زنده مانده‌اند و به احتمال زیاد از آتش‌سوزی‌ها و طوفان‌های شدید تاثیر پذیرفته‌اند (اعتماد و همکاران، ۱۴۰۳). بوم‌سازگان‌ها در مرحله کهن‌سالی بزرگ‌ترین موجودی زی‌توده روزمینی در بین مراحل توالی را داشته، و با اهمیت زیادی که دارند به‌عنوان منابع ذخیره‌ای کربن شناخته می‌شوند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸). از آن‌جا که درختان در مرحله کهن‌سالی تکامل می‌یابند، دارای سیستم ریشه‌ای عمیق‌تری هستند، بنابراین در تثبیت خاک، به‌دام انداختن و حفظ مواد معدنی خاک نقش بسزایی دارند (اعتماد و همکاران، ۱۴۰۳). جنگل‌ها در این

مرحله از نظر تولید (جوانمیری‌پور و اعتماد، ۱۴۰۱) و ویژگی‌های دیگری همچون قابلیت نفوذ هیدرولوژیک و سایر مواد بسیار تاثیرگذار بوده (Lindenmayer and Laurance, 2016) و بر جنبه‌های مختلف چرخه هیدرولوژی از طریق رایش باران و برف در تاج، مشاهده توده مه در تاج‌های قطور، تعرق و توزیع مجدد رطوبت در خاک تاثیری ماندگار دارند (اعتماد و همکاران، ۱۴۰۳؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۹). به‌منظور معرفی و ثبت این درختان به عنوان آثار طبیعی ملی و جهانی، همچنین برای تکثیر و حفظ آن‌ها به عنوان ذخایر ژنتیکی، شناسایی دقیق هر یک از این درختان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (خوشنویس و همکاران، ۱۳۹۶، زمانی و همکاران، ۱۳۹۸). شناخت ویژگی‌های بوم‌شناختی رویشگاه‌های درختان کهن‌سال و نحوه پراکنش این گونه‌ها در هر منطقه نقش ویژه‌ای در جهت ثبت این گونه‌ها، پایداری، احیا و توسعه جنگل‌ها دارد (ساداتی و همکاران، ۱۳۹۹). این درختان از شاخص‌های کلیدی رویشگاه‌های جنگلی بوده و ارزش بالایی را از نظر جنگل‌شناسی و مدیریت جنگل دارا می‌باشند (Tıscar and Lucas-Borja, 2016). از آنجا که توانایی بالایی در تحمل شرایط نامناسب محیطی در طول عمر طولانی خود داشته‌اند، می‌توان با تولید نهال‌های مقاوم حاصله از بذور آن‌ها در راستای احیای جنگل‌های تخریب‌یافته گام برداشت (حسینی و اعظمی، ۱۳۹۶). بنابراین حفظ این درختان ارزشمند توجه ویژه‌ای را در چارچوب مدیریت جنگلداری نزدیک به طبیعت می‌طلبد (Brown et al., 2019). با توجه به موارد مطرح‌شده و اهمیت درختان کهن‌سال این مطالعه تلاش دارد به بررسی نقش درختان کهن‌سال و مطالعات انجام شده مرتبط با این درختان اهتمام ورزد.

مواد و روش‌ها

روش انجام مطالعه

برای انجام این پژوهش از روش مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی منابع چاپ شده در این زمینه استفاده شد. برای این منظور کتاب‌ها، مجلات عمومی، گزارش‌ها و سایت‌های اینترنتی مرتبط مورد بازدید قرار گرفت. همچنین مقالات علمی ـ پژوهشی، مقالات مربوط با سمینارها و سایر منابع موجود در این زمینه مورد رجوع قرار گرفت و مطالب موردنظر جمع‌آوری و دسته‌بندی گردید. برای این منظور تعداد ۵۸ مقاله مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها

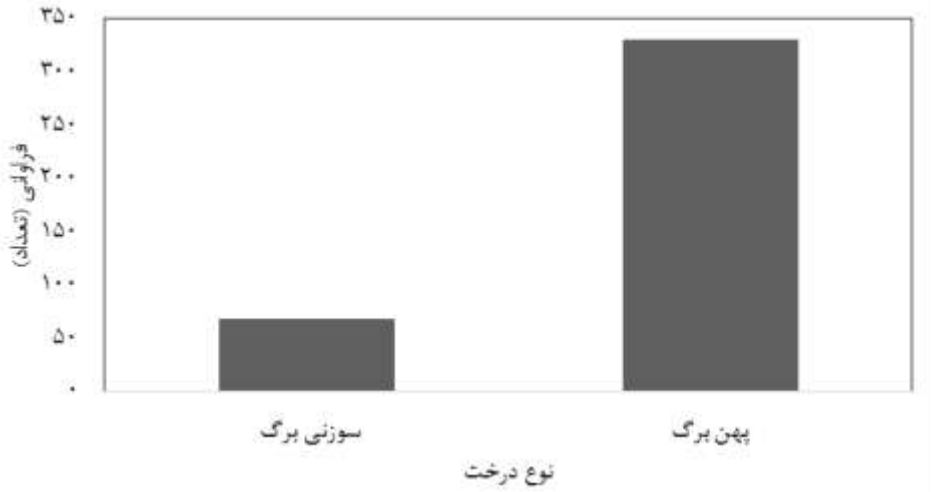
مهمترین گونه‌های درختان کهن‌سال شامل ارس، چنار، بنه، داغداغان، آزاد، بلندمازو، گردو و بلوط ایرانی است که به ترتیب شامل ۵۲، ۹۸، ۳۰، ۲۸، ۲۴، ۱۸، ۳۰ و ۱۲ اصله درخت است (جدول ۱). درختان انارشیطان، افراکیکم، انبه، انجیلی، اوجا، زیتون، سرو شیراز، شیردار و گز دارای کمترین فراوانی هستند که برای هر کدام برابر با یک اصله درخت می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- تنوع گونه‌ای و فراوانی درختان کهن‌سال شناسایی شده در مطالعات انجام شده درباره درختان کهن‌سال

نوع گونه	فراوانی	نوع گونه	فراوانی	نوع گونه	فراوانی	نوع گونه	فراوانی
ارس	۵۲	بلوط ایرانی	۱۲	زیتون	۱	کنار	۷
افرا پلت	۳	بنه	۳۰	سرخدار	۴	کهور	۳
افرا کیکم	۱	تمرهندی	۲	سرو شیراز	۱	گردو	۳۰
انارشیطان	۱	توت	۲۰	سرو نوش	۵	گز	۱

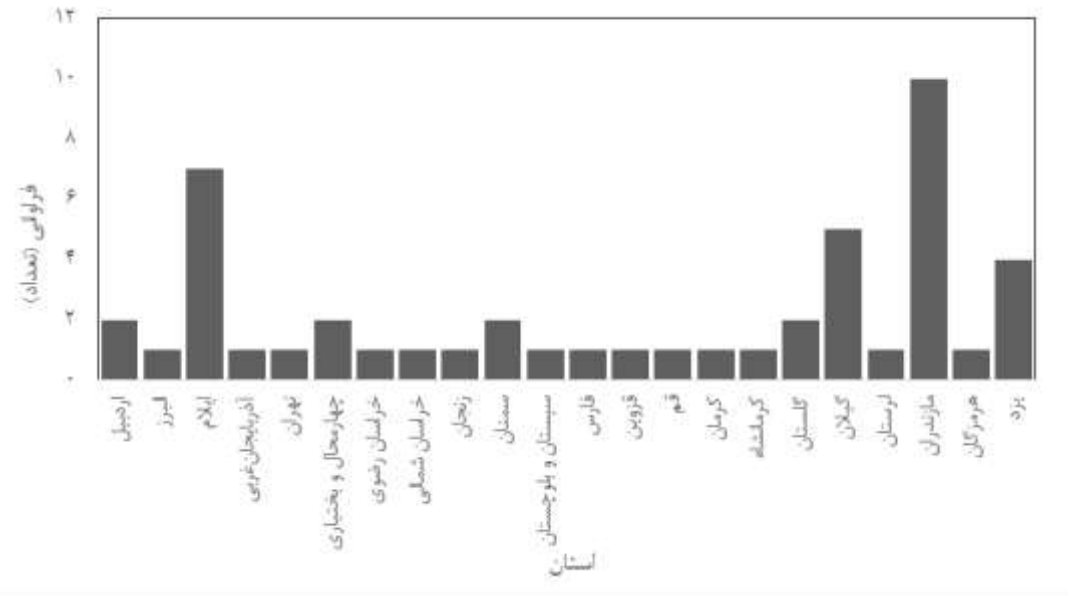
انبه	۱	توسکا	۲	سفیدپلت	۴	گلابی وحشی	۵
انجیلی	۱	چنار	۹۸	شاه بلوط	۳	لول	۳
اوجا	۱	داغداغان	۲۸	شمشاد	۷	ملج	۳
آزاد	۲۴	راش	۳	شیردار	۱	نمدار	۴
بلندمازو	۱۸	زبان گنجشک	۳	صنوبر	۸	مجموع	۳۹۸
بلوط اوری	۲	زربین	۵	کاج	۱		

بیشترین درختان قطور و کهن‌سال از نوع گونه‌های پهن‌برگ می‌باشد که برابر با ۸۳ درصد از کل درختان است. ۱۷ درصد از درختان کهن‌سال شامل گونه‌های سوزنی‌برگ از قبیل ارس، زربین، سرخدار، نوش و سروشیراز می‌باشد (شکل ۱).



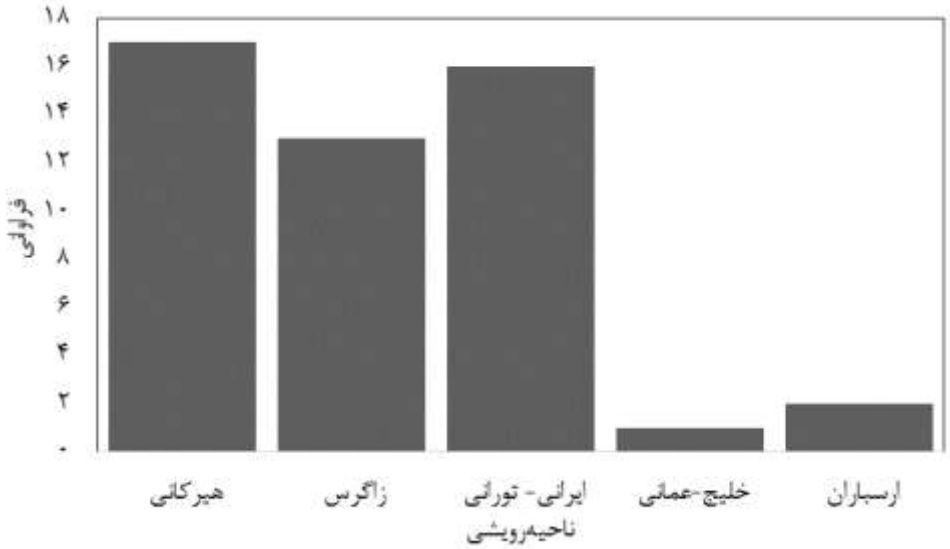
شکل ۱- فراوانی درختان کهن‌سال از نظر پهن‌برگ یا سوزنی‌برگ بودن

از نظر پراکنش سیاسی در استان‌های مختلف بیشتر مطالعات درختان قطور، دیرزی و کهن‌سال در استان‌های مازندران، ایلام، گیلان و یزد به ترتیب با ۱۰، ۷، ۵ و ۴ مورد انجام شده است. در بیشتر استان‌های مورد بررسی از قبیل البرز، آذربایجان غربی، تهران، خراسان‌های رضوی و شمالی، زنجان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، قم، کرمان، کرمانشاه، لرستان و هرمزگان یک مقاله درمورد درخت کهن‌سال وجود دارد (شکل ۲).



شکل ۲- فراوانی مطالعات پیرامون درختان کهن‌سال و پراکنش آن‌ها در استان‌های مختلف

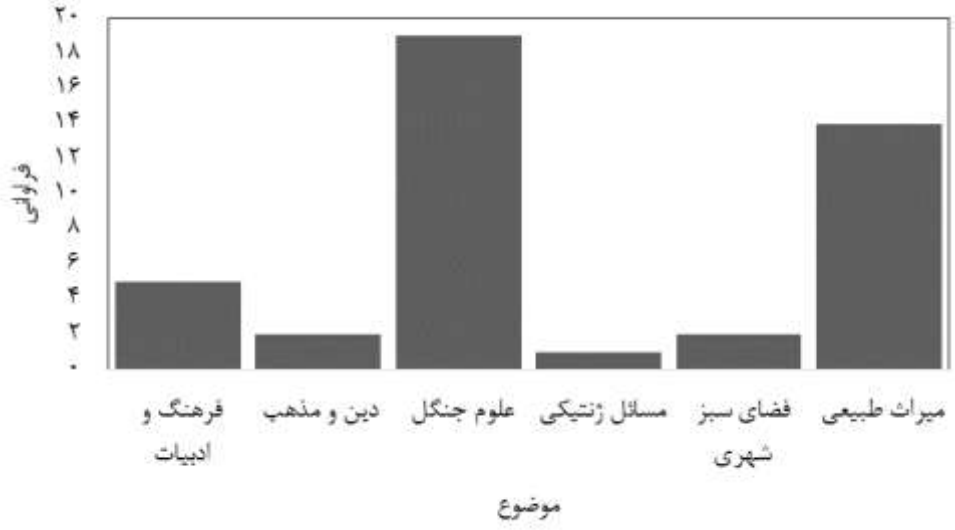
از نظر پراکنش در نواحی رویشی، بیشترین فراوانی مطالعات درختان کهن‌سال در مناطق هیرکانی، ایرانی- تورانی و زاگرس وجود دارد که به ترتیب برابر با ۱۷، ۱۶ و ۱۳ اصله درخت است. همچنین کمترین تعداد مطالعات درختان کهن‌سال در ناحیه خلیج - عمانی اتفاق افتاد که برابر با یک مقاله است (شکل ۳).



شکل ۳- پراکنش مطالعات پیرامون درختان کهن‌سال در مناطق رویشی مختلف

بیشترین مطالعات درختان کهن‌سال در ارتباط با اهمیت آنها در علوم جنگل مورد توجه قرار گرفته‌اند که برابر با ۱۹ مورد از مجموع مطالعات انجام شده در مورد درختان کهن‌سال بوده است. در اهمیت درختان کهن‌سال از نظر میراث طبیعی نیز

مطالعات زیادی انجام شده که برابر با ۱۴ مورد بوده است. در زمینه اهمیت ژنتیکی درختان کهن‌سال و اهمیت آنها در فضای سبز شهری مطالعات زیادی انجام نشده است (شکل ۴).



شکل ۴- نسبت اهمیت و مطالعات انجام شده در مورد درختان کهن‌سال در زمینه‌های مطالعاتی مختلف

زیبایی نمای منظر و عظمت درختان کهن‌سال در بین انبوه درختان موجود در توده‌های جنگلی پدیده‌ای جالب توجه است (شکل ۵). تصاویری از درختان کهن‌سال از گونه‌های راش و افراپلت در توده‌های جنگلی هیرکانی آورده شده است که دارای قطر برابر سینه بالا و گورچه‌های متعدد در محل کنده هستند (شکل ۵).



شکل ۵- تصاویری از درختان کهن‌سال از گونه‌های افراپلت و راش در توده‌های جنگلی شمال ایران

بحث

یافته‌ها نشان داد گونه‌های درختان کهن‌سال شامل ارس، چنار، بنه، داغداغان، آزاد، بلندمازو، گردو و بلوط ایرانی بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند که به ترتیب شامل ۵۲، ۹۸، ۳۰، ۲۸، ۲۴، ۱۸، ۳۰ و ۱۲ اصله درخت می‌باشند. درختان انارشیطان، افراکیکم، انبه، انجیلی، اوجا، زیتون، سرو شیراز، شیردار و گز نیز دارای کمترین فراوانی هستند که برای هر کدام برابر با یک اصله درخت می‌باشد که این مسئله موجب شده است سهم گونه‌های پهن‌برگ نسبت به سوزنی‌برگ در بین درختان قطور و کهن‌سال بیشتر باشد.

درختانی مانند ارس و چنار به دلیل مقاومت زیاد نسبت به تغییرات آب و هوایی و توانایی رشد در شرایط سخت، بیشتر دیده می‌شوند. این ویژگی‌ها سبب شده تا آن‌ها بتوانند در مناطق مختلف ایران پراکنده شوند (ترابیان و همکاران، ۱۳۸۲).

برخی از درختان مانند گردو و چنار نه تنها از نظر زیست‌محیطی بلکه از نظر اقتصادی نیز اهمیت دارند. چوب این درختان به عنوان منبعی با ارزش برای صنایع چوب و همچنین میوه‌های آن‌ها برای مصرف انسانی مورد توجه قرار دارد. توجه به حفظ درختان کهن‌سال و ثبت ملی آن‌ها به عنوان میراث طبیعی نیز می‌تواند عاملی برای افزایش تعداد برخی گونه‌ها باشد. این اقدامات شامل حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از قطع درختان است. وجود تنوع زیستی زیاد در اکوسیستم‌های مختلف ایران نیز می‌تواند نقش مهمی در پراکندگی و فراوانی گونه‌های مختلف داشته باشد. برخی از مناطق با تنوع زیستی بیشتر، شرایط بهتری برای رشد انواع مختلف درختان فراهم می‌کنند (جوانمیری‌پور و اعتماد، ۱۴۰۱).

بررسی‌ها پیرامون درختان کهن‌سال این نتیجه را به دنبال داشت که از نظر پراکنش سیاسی در استان مازندران با ۱۰ مقاله بیشترین مطالعه به انجام رسیده‌است. در استان مازندران، گونه‌هایی مانند افرا، بلوط، چنار و سرخدار از جمله درختان کهن‌سال شناخته شده‌اند. این گونه‌ها به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی خاص منطقه و عمر طولانی خود، مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند. برای مثال، برخی از درختان افرا دارای قطر ۲٫۵ تا ۳ متر و عمر حدود ۵۰۰ سال هستند.

پراکنش این درختان کهن‌سال تحت تأثیر عوامل سیاسی و اجتماعی نیز قرار دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از این درختان در محوطه‌های مذهبی مانند امامزاده‌ها قرار دارند و مردم به دلیل احترام به آن‌ها، از قطع آن‌ها خودداری کرده‌اند. وجود درختان کهن‌سال در آرامگاه‌ها و اماکن مذهبی و مقدس به دلایل فرهنگی، مذهبی و زیست‌محیطی قابل توجیه است. این درختان نه تنها به عنوان نمادهای طبیعی بلکه به عنوان نمایندگان ارزش‌های معنوی و تاریخی نیز شناخته می‌شوند.

درختان کهن‌سال به دلیل عمر طولانی و شکوه خود، معمولاً به عنوان نمادهایی از قدرت الهی و جاودانگی در نظر گرفته می‌شوند. این درختان به عنوان مظهر حیات و برکت، در بسیاری از فرهنگ‌ها و ادیان مورد احترام قرار دارند. در قرآن کریم نیز به وجود درختان به عنوان نشانه‌های الهی اشاره شده است. این تقدس سبب می‌شود که مردم تمایل داشته باشند در کنار این درختان، مراسم مذهبی و آیینی برگزار کنند.

درختان کهن‌سال اغلب در نزدیکی آرامگاه‌ها، امامزاده‌ها و دیگر مکان‌های مقدس قرار دارند. این همجواری سبب می‌شود که آن‌ها به عنوان نقاط اتصال بین دنیای مادی و معنوی شناخته شوند. مردم بر این باورند که این درختان می‌توانند واسطه‌ای برای ارتباط با خداوند یا روح بزرگان باشند.

در فرهنگ‌های مختلف، درختان خاصی مانند سرو، چنار و بلوط به عنوان درختان مقدس شناخته می‌شوند. مردم برای این درختان مراسم خاصی برگزار کرده و به آن‌ها دخیل می‌بندند یا شمع روشن می‌کنند. این رفتارها نشان‌دهنده اعتقادات عمیق فرهنگی است که ریشه در تاریخ و سنت‌های قومی دارد.

وجود درختان کهن‌سال در این مکان‌ها همچنین به حفظ محیط زیست کمک می‌کند. این درختان نه تنها اکسیژن تولید می‌کنند بلکه به تعادل اکوسیستم کمک کرده و از فرسایش خاک جلوگیری می‌کنند. بنابراین، وجود آن‌ها در اماکن مذهبی می‌تواند نمادی از ارتباط انسان با طبیعت باشد.

درختان کهن‌سال به عنوان بخشی از میراث طبیعی و فرهنگی هر منطقه، نقش مهمی در انتقال تاریخ و فرهنگ ایفا می‌کنند. آن‌ها گواهی بر تاریخ طولانی زندگی بشر هستند و داستان‌های زیادی را درباره نسل‌های گذشته روایت می‌کنند.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته می‌توان گفت در بین پنج ناحیه رویشی ایران شامل هیرکانی، ایرانی - تورانی، زاگرس، خلیج – عمانی و ارسباران مطالعات درختان قطور و کهن‌سال در ناحیه هیرکانی با ۱۲ مورد بیشترین مقدار بوده است. ناحیه

هیرکانی، که به عنوان یکی از پنج ناحیه رویشی ایران شناخته می‌شود، دارای جنگل‌هایی با قدمت بیش از ۳۰ میلیون سال است. این جنگل‌ها به دلیل شرایط اقلیمی مناسب و تنوع گونه‌ای بالا، محیطی ایده‌آل برای رشد درختان کهن‌سال فراهم کرده‌اند. درختانی مانند بلوط، افرا، راش و ممرز از جمله گونه‌های غالب در این ناحیه هستند که برخی از آن‌ها عمرهای بسیار طولانی دارند و به عنوان نمادهای طبیعی و فرهنگی منطقه محسوب می‌شوند (آذریان و همکاران، ۱۳۹۴، جوانمیری‌پور و اعتماد، ۱۴۰۱).

اهمیت درختان دیرزیست، قطور و کهن‌سال موجب شده تا بیشتر مطالعات پیرامون مباحث علوم جنگل و پس از آن مربوط به میراث طبیعی به ترتیب با ۱۹ و ۱۴ مورد باشد. مطالعات انجام‌شده در زمینه علوم جنگل بر روی درختان کهن‌سال، به شناسایی ویژگی‌ها و شرایط رشد این درختان کمک کرده و اطلاعات ارزشمندی درباره مدیریت پایدار منابع طبیعی ارائه می‌دهد. این تحقیقات شامل بررسی‌های اکولوژیکی، ژنتیکی و مدیریتی است که می‌تواند به حفاظت بهتر از این منابع کمک کند (آذریان و همکاران، ۱۳۹۴).

از سوی دیگر، مطالعات مربوط به میراث طبیعی بر اهمیت ثبت ملی و حفاظت از درختان کهن‌سال تأکید دارد. ثبت این درختان به عنوان میراث فرهنگی، نه تنها موجب افزایش آگاهی عمومی درباره اهمیت آن‌ها می‌شود بلکه حفاظت از آن‌ها را نیز تسهیل می‌کند. با ثبت ملی، توجه بیشتری از سوی مسئولان و جامعه به این درختان جلب می‌شود و اقدامات حفاظتی مؤثرتری انجام می‌گیرد.

با وجود اهمیت زیاد این درختان، چالش‌هایی مانند تغییرات اقلیمی، قطع بی‌رویه درختان و آتش‌سوزی‌ها تهدیداتی جدی برای بقای آن‌ها محسوب می‌شوند. بنابراین، نیاز به تحقیقات بیشتر برای شناسایی دقیق‌تر وضعیت این درختان و برنامه‌های حفاظتی مؤثر احساس می‌شود.

نتیجه‌گیری

اهمیت درختان دیرزیست و کهن‌سال نه تنها از منظر زیست‌محیطی بلکه از جنبه‌های فرهنگی و تاریخی نیز قابل توجه است. افزایش مطالعات در زمینه علوم جنگل و میراث طبیعی نشان‌دهنده توجه فزاینده جامعه به این منابع ارزشمند است. حفظ و نگهداری از این درختان باید به عنوان یک اولویت ملی مورد توجه قرار گیرد تا نسل‌های آینده نیز بتوانند از زیبایی‌ها و ارزش‌های آن‌ها بهره‌مند شوند.

منابع

آذریان، م.، مروی مهاجر، م.، اعتماد، و.، شیروانی، ا.، و صادقی، س.م. (۱۳۹۴). ویژگی‌های مورفولوژیکی درختان کهن‌سال در جنگل‌های هیرکانی (مورد مطالعه: بخش‌های پاتم و نم خانه، جنگل خیرود). جنگل و فرآورده‌های چوب (منابع طبیعی ایران).

اعتماد، و.، جوانمیری‌پور، م.، عسگری،م. (۱۴۰۳). جنگل‌شناسی بوم‌شناختی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۶۴۸ص.

امیری، ز.، و منصوری، ش. (۱۴۰۲). درختان دیرزیست، فرهنگ و مردم، چهارمین کنفرانس بین المللی و هفتمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست و پنجمین همایش ملی جنگل ایران.

بی‌نام. (۱۳۷۰). درخت مقدس . نشریه جنگل و مرتع شماره ۸: ۲۷-۲۸

ترابیان، ی.، کروری، س.، متینی‌زاده، م.، عادلی، ا.، و جلیل‌پور، ب. (۱۳۸۲). بررسی ارس‌های کهن‌سال روستای شمس‌آباد خلخال در استان اردبیل. نشریه جنگل و مرتع شماره ۶۱: ۴۷ - ۵۱.

تسلیم جهرمی، ف. (۱۴۰۰). تحلیل جایگاه درخت کنار در فرهنگ، ادبیات و باورهای عامیانه فارس با تکیه بر شهرستان جهرم. *مجله* پژوهش‌های انسان‌شناسی ایران.

توانکار ف.، و نیکوی، م. (۱۳۹۵). تأثیر اجرای شیوه تک‌گزینی بر فراوانی و مشخصات درختان قطور (سالم، پوسیده و خشکه‌دار) در جنگل ناو اسالم در شمال ایران. بوم شناسی کاربردی.

جوانمیری‌پور م.، اعتماد، و. (۱۴۰۱الف). تحول میراث ساختاری خشک‌دار در فرآیند پویایی توده‌های خالص راش شرقی (پژوهش موردی: جنگل خیرود نوشهر) بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۷۸-۷۳ :(۲۰) ۱۰.

جوانمیری‌پور، م.، اعتماد، و.، صوفی مریو، ح. (۱۴۰۱ب). بررسی برخی ویژگی‌های ساختاری تیپ‌های جنگلی موجود در جنگل‌های هیرکانی (مطالعه موردی جنگل پلنگ‌دره شهرستان سوادکوه). مجله پژوهش‌های گیاهی مجله زیست‌شناسی ایران، ۱۲-۱: (۱) ۳۵.

جوانمیری‌پور، م.، اعتماد، و. (۱۴۰۳). مطالعه درختان زیستگاهی در توده‌های آمیخته و میان‌بند در جنگل‌های هیرکانی (پژوهش موردی: جنگل خیرود نوشهر) تحقیقات جنگل و صنوبر ایران.

حسینی، ا.، اعظمی، ا. (۱۳۹۵). بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی درختان کهن‌سال در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های استان ایلام) بوم‌شناسی جنگل‌های ایران.

حسینی، ا.، جعفری، م.، و عسگری، ش. (۱۳۹۸). بررسی و شناخت ویژگی‌های بوم‌شناختی رویشگاه‌های درختان کهن‌سال بلوط ایرانی و بنه در جنگل‌های استان ایلام. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل.

حسینی، ا.، اخوان، ر. (۱۴۰۱). بررسی و مقایسه ضریب قدکشیدگی درختان کهن‌سال بلوط ایرانی و بنه در شرایط رویشگاهی مختلف در زاگرس میانی. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران.

حسینی، ا.، خوشنویس، م.، جعفری، م. (۱۴۰۳). بررسی ویژگی‌های ظاهری درختان کهن‌سال پهن‌برگ و سوزنی‌برگ به منظور کاربرد آن‌ها در احیای جنگل‌های استان ایلام. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی.

خداکرمی، ی.، خان‌حسنی، م.، خوشنویس، م. (۱۳۹۹). درختان کهن‌سال استان کرمانشاه (قسمت نخست، درختان خودرو). مجله طبیعت ایران.

خوشنویس، م.، کروری، س.، متینی‌زاده، م.، تیموری، م.، شیروانی، ا.، و جلیل‌پور، ب. (۱۳۸۴). درختان کهن‌سال استان تهران (شهرستان کرج). نشریه جنگل و مرتع شماره ۶۷: ۵۸-۶۵.

خوشنویس، م.، کروری، س.، متینی‌زاده، م.، تیموری، م.، شیروانی، ا.، و جلیل‌پور، ب. (۱۳۸۴). درختان کهن‌سال استان تهران (شهرستان‌های دماوند و فیروزکوه). نشریه جنگل و مرتع شماره ۶۸ و ۶۹: ۵۲-۵۹.

خوشنویس، م.، کروری، س.، متینی‌زاده، م.، تیموری، م.، و شیروانی، ا. (۱۳۸۵). درختان کهن‌سال استان چهارمحال و بختیاری (بازفت و اردل). نشریه جنگل و مرتع شماره ۷۰: ۵۲-۵۷.

خوشنویس، م.، کروری، س.، متینی‌زاده، م.، تیموری، م.، جلیل‌پور، ب.، شیروانی، ا.، ترابیان، ی.، و سیدتقیان، ه. (۱۳۸۵). درختان کهن‌سال استان خراسان شمالی. نشریه جنگل و مرتع شماره ۷۱: ۵۲-۵۹.

خوشنویس، م.، کروری، س.، متینی‌زاده، م.، تیموری، م.، شیروانی، ا.، جلیل‌پور، ب.، و محمدی، ع. (۱۳۸۶). درختان کهن‌سال استان سمنان (شهرستان شاهرود). نشریه جنگل و مرتع شماره ۷۵: ۵۶-۶۳.

خوشنویس، م.، کروری، س.، متینی‌زاده، م.، تیموری، م.، شیروانی، ا.، و جلیل‌پور، ب. (۱۳۸۶). درختان کهن‌سال استان سمنان (شهرستان دامغان). نشریه جنگل و مرتع شماره ۷۶و۷۷: ۶۶-۶۹.

خوشنویس، م.، متینی زاده، م.، شیروانی، ا.، و تیموری، م. (۱۳۹۶). ایران گنجینه درختان کهن‌سال. طبیعت ایران.

خوشنویس، م.، صادق‌زاده حلاج، م.، متینی‌زاده، م.، احمدی، ش.، تیموری، م.، و شیروانی، ا. (۱۳۹۸). بنه‌های کهن‌سال ایران. مجله طبیعت ایران جلد ۴ شماره ۲.

دلجویی، آ.، عبدی، ا.، مجنونیان، ب.، و شوارتز، م. (۱۳۹۷). مقایسهٔ ویژگی‌های مکانیکی ریشهٔ درختان ممرز در طبقه‌های قطری مختلف. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب.

راد، م.، ایران‌نژاد پاریزی، م.، مهدوی، س. ر.، و یگانه، ا. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی، مدیریت پهنه‌ها و طراحی چشم‌انداز پیرامونی درختان کهن‌سال ایران (مطالعه موردی: سرو کهن‌سال منگاباد مهریز- یزد). مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست دوره ۲۳.

رحمتی، م.، و زکریایی کرمانی، ا. (۱۴۰۱). معناکاوی نقش مایه درخت کهن‌سال در نگاره خون دماغ شدن اسکندر و آسائیدن او از هفت اورنگ جامی. نشریه هنرهای زیبا هنرهای تجسمی.

زارع، ع.، خوشنویس، م.، و شیردل، م. (۱۳۹۸). معرفی کهن‌سال‌ترین درختان استان خراسان رضوی. کنگره بین‌المللی سالانه یافته‌های نوین در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری.

زمانی، الهه.، دهستانی اردکانی، م.، و کمالی علی آباد، ک. (۱۳۹۷). بررسی اثر انواع محیط کشت بر ریزازدیادی سرو کهن‌سال ابرکوه (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۵ (۴): ۳۴-۱۹.

ساداتی، س، ا.، خوشنویس، م.، قلیچ نیا، حسن.، خرمی، ر.، و خورنکه، س. (۱۳۹۹). پراکنش درختان کهن‌سال و ویژگی‌های بوم‌شناختی رویشگاه‌های آن‌ها در استان مازندران. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۸ (۱): ۲۹-۱۴.

سفیدی، ک.، ثاقب طالبی، خ.، و نوبهار، س. (۱۳۹۸) ارزیابی فراوانی و تنوع درختان زیستگاهی و خشک‌دارها در فاز تحولی کهن‌رست (مطالعه موردی در جنگل‌های راش غرب گیلان). نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۲ (۳): ۲۲۶-۲۱۵.

شتایی جویباری، ش.، و مروری مهاجر، م.ر. (۱۳۸۱). نقش درختان قطور در تعیین و تفکیک تیپ‌های جنگلی (مطالعه موردی جنگل آموزشی و پژوهشی خیرودکنار). مجله منابع طبیعی ایران ۵۵ (۳).

طارمیان، ا.، فروزان، زینب.، سپهر، ا.، غلامیان، ه.، و اولادی، ر. (۱۳۹۲). بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی، آناتومی و رفتار خشک‌شدن تخته‌های حاصل از درختان کهن‌سال نخل *(Phoenix dactylifera L)* در شهرستان بم. نشریه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران.

فاضلی، ف.، نیکوی، ع.، و نقدی، ا. (۱۳۹۲). رهیافت میان فرهنگی به گیاه و درخت در اساطیر و ادبیات. مجله ادب‌پژوهی شماره ۲۳.

قاسم‌پور، ص.، و لارتی، م. (۱۳۹۸). درختان کهن‌سال آذربایجان‌غربی (مطالعه موردی ارس پیرآغاجی تکاب). چهارمین همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط‌زیست.

کروری، س.، معقولی، ف.، متینی‌زاده، م.، و هادی‌راد، م. (۱۳۷۸). معرفی سروهای دیرزیست استان یزد و بررسی قرابت ژنتیکی آن‌ها با یکدیگر. نشریه جنگل و مرتع شماره ۴۲: ۵۴-۶۲.

کروری، س.، معقولی، ف.، متینی‌زاده، م.، و پاس‌بخش، ر. (۱۳۷۸). درختان دیرزیست(کهن‌سال) استان قزوین. نشریه جنگل و مرتع شماره ۴۳: ۴۴-۵۱.

کروری، س.، خوشنویس، م.، تیموری، م.، و متینی‌زاده، م. (۱۳۷۸). شناسایی درختان دیرزیست استان چهارمحال و بختیاری. نشریه جنگل و مرتع شماره ۴۴: ۴۶-۵۲.

کروری، س.، متینی‌زاده، م.، سهرابی، س، ر.، و مهدی‌فر، د. (۱۳۷۹). درختان دیرزیست استان لرستان. نشریه جنگل و مرتع شماره ۴۶: ۳۵-۴۱.

کروری، س.، متینی‌زاده، م.، شیروانی، ا.، بابا خانجانی، ش.، همتی، ا.، و رستم‌پور، ف. (۱۳۷۹). شناسایی درختان دیرزیست استان گیلان (بخش اول). نشریه جنگل و مرتع شماره ۴۷: ۳۵-۴۳.

کروری، س.، متینی‌زاده، م.، شیروانی، ا.، بابا خانجانی، ش.، اکبرزاده، ع.، و رستم‌پور، ف. (۱۳۷۹). شناسایی درختان دیرزیست استان گیلان(بخش دوم). نشریه جنگل و مرتع شماره ۴۸: ۵۶-۶۴.

کروری، س.، متینی‌زاده، م.، آزادفر، د.، و غلامی، غ. (۱۳۸۱). درختان دیرزیست استان گلستان. نشریه جنگل و مرتع شماره ۵۴، ص ۷۰-۷۹.

کروری، س.، متینی‌زاده، م.، بابا خانجانی، ش.، همتی، ا.، شقاقی، و.، و رستم‌پور، ف. (۱۳۸۱). درختان دیرزیست استان گیلان (بخش سوم). نشریه جنگل و مرتع شماره ۵۵: ۳۸-۴۷.

کروری، س.، خوشنویس، م.، و شیروانی، ا. (۱۳۸۲). درختان کهن‌سال استان هرمزگان. نشریه جنگل و مرتع شماره ۵۸: ۶۲-۶۸.

کروری، س.، خوشنویس، م.، شیروانی، ا.، و جلیل‌پور، ب. (۱۳۸۲). درختان کهن‌سال سیستان و بلوچستان. نشریه جنگل و مرتع شماره ۵۹: ۵۲-۵۵.

کروری، س.، شیروانی، ا.، ایمانی، گ. (۱۳۹۳). سروهای کهن ایران. نشریه جنگل و مرتع شماره ۱۰۰: ۴۴-۵۷.

گل‌محمدی، ف.، حسن زاد ناورودی، ا.، بنیاد، ا.، و میرزایی، ج. (۱۳۹۶). تأثیر برخی عوامل محیطی بر شدت خشکیدگی درختان در زاگرس میانی (مطالعه موردی: تنگه دالاب، استان ایلام). مجله پژوهش‌های گیاهی، مجله زیست‌شناسی ایران.

متینی‌زاده، م.، خوشنویس، م.، توکلی نکو، ح.، و مرادی، م.ر. (۱۳۹۸). ویژگی‌های ریخت‌شناسی و رویشگاهی درختان کهن‌سال استان قم. مجله طبیعت ایران.

مجیدی، ط.، خوشنویس، مصطفی.، موسوی.، س.ا.، آقاجانلو، ف.، و شجاعی، م. (۱۳۹۸). درختان غیرمثمر کهن‌سال استان زنجان. مجله طبیعت ایران.

مروی مهاجر، م.، و مرادی، م.(۱۳۹۰). مقایسه ویژگی‌های مورفولوژیک و کمی درختان راش قطور در دو رویشگاه سیستان گیلان و خیرود مازندران. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران.

ملائی، ف.، برومندان، م.، و غلامیان، م. (۱۳۹۸). بررسی نقش درختان کهن‌سال در هویت مناظر شهری (مورد مطالعاتی:خیابان شهدا در شهر ایلام). معماری و شهرسازی آرمان شهر.

میری، س.م.، و عطار روشن، م. (۱۳۹۴). اهمیت درختان و جایگاه آن‌ها در قرآن. همایش ملی رهیافت‌های علوم کشاورزی در پرتو قرآن.

وارسته مرادی، ح. (۱۳۸۹). ارزیابی زیستگاه دارکوب سرسرخ *(Dendrocopos medius)* در پارک ملی گلستان. نشریه محیط زیست طبیعی.

هادی‌راد، م.، متینی‌زاده، م.، خوشنویس، م.، شیروانی، ا.، وکروری، س.، (۱۳۸۲). معرفی درختان کهن‌سال استان یزد. نشریه جنگل و مرتع شماره ۶۰: ۳۸-۴۲.

Tıscar, P. A., and Lucas-Borja, M. E. (2016). Structure of old-growth and managed stands and growth of old trees in a Mediterranean Pinus nigra forest in southern Spain. Forestry, 89, 201–207.

David B. Lindenmayer (2016). Conserving large old trees as small natural features.

David B. Lindenmayer and William F. Laurance (2016). The ecology, distribution, conservation and management of large old trees.

Pederson, N. (2010). External Characteristics of Old Trees in the Eastern Deciduous Forest. Natural areas journal, 30(4), 396-407.

Brown, P.M., Gannon, B., Battaglia, M.A., Fornwalt, P.J., Huckaby, L.S., Cheng, A.S. and Baggett, S. (2019). Identifying old trees to inform ecological restoration in montane forests of the central Rocky Mountains, USA. Tree-Ring Research, 75(1), 34-48.

Study the importance and function of old growth trees in natural and forest ecosystem (based on research conducted)

Z. Veysi[1], V. Etemad[2*] and M. Javanmiri Pour[3]

1- M.Sc. student, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2-Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3-Ph.D. of forestry , Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

Old growth trees play a significant role in maintaining the structure of forests and the continuity of regeneration. As they enter their old age, they become valuable genetic resources. Due to their ability to withstand adverse environmental conditions and ecological challenges, these trees can serve as living history for study. Ancient trees are recognized as carbon storage resources and play a crucial role in soil stabilization. Accurate identification of these trees is particularly important for registering them as national and global natural heritage and for their conservation. This study, using library methods and reviewing published sources, examines the role and characteristics of ancient trees. The most important species of ancient trees include Juniper, Plane, Pistachio, the European nettle tree, Caucasian zelkova, the chestnut-leaved oak, Walnut, and Iranian Oak, which correspond to 52, 98, 30, 28, 24, 18, 30, and 12 individual trees, respectively. The least abundant trees include Rohida, the Montpellier maple, Mango, Ironwood Tree, the field elm, Olive, Shiraz Cypress, Cappadocian maple, and Tamarisk each represented by one individual tree. In terms of political distribution, most studies on thick, old trees have been conducted in the provinces of Mazandaran, Ilam, Guilan, and Yazd, with 10, 7, 5, and 4 cases, respectively. In most of the provinces studied including Alborz, West Azerbaijan, Tehran, Razavi and Northern Khorasan, Zanjan, Sistan and Baluchestan, Fars, Qazvin, Qom, Kerman, Kermanshah, Lorestan, and Hormozgan there is one article available. Regarding distribution in ecological zones, the highest frequency of studies is found in the Hyrcanian regions (17 cases), Iran-Turanian (16 cases), and Zagros (13 cases), while the lowest number is in the Gulf-Omani region, with one case. Most studies related to ancient trees have focused on forest science and natural heritage, with 19 and 14 cases, respectively. The increase in studies in this field indicates a growing societal interest in these valuable resources. The conservation of ancient trees should be prioritized as a national concern so that future generations can also benefit from their beauty and values.

Keywords: longevity, morphological characteristics, genetic resources, natural heritage, decay.

*Corresponding author Tel: +98 9124648074 Email: vetemad@ut.ac.ir

معرفی کاربرد دستگاه لیزری لایکا مدل D810 در اندازه‌گیری قطر درختان صنوبر در ارتفاعات بالای تنه به‌صورت سرپا

رضا اخوان[1*] و محسن کلاگری[1]

۱- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

تعیین قطر درخت در ارتفاعات بالای تنه شرط لازم برای محاسبه ضریب شکل تنه و تهیه جدول حجم برای گونه‌های درختی است که این مهم به‌طور معمول به‌صورت مخرب و با قطع درختان انجام می‌شود. اما اگر بتوان بدون قطع درخت و به‌صورت سرپا قطر درخت در ارتفاعات مختلف تنه را با دقت مناسب اندازه‌گیری کرد هم در هزینه‌ها صرفه‌جویی خواهد شد و هم می‌توان تعداد نمونه بیشتری را با پراکنش مکانی مناسب تحت پوشش قرار داد. در این پژوهش کاربرد دستگاه لیزری Laica مدل D810 ساخت کشور سوئیس در تعیین دقیق قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات مختلف تنه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۱۷ توده مختلف صنوبرکاری از گونه‌های کبوده، تبریزی و دلتوئیدس در استان‌های البرز، گیلان و مازندران مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. قطر در ارتفاعات مختلف تنه درختان صنوبر در این توده‌ها با دو دستگاه کالیپر و لایکا هم زمان اندازه‌گیری شد. در نهایت تعداد ۱۵۸ جفت داده متناظر قطر تولید شد. مقایسه تفاوت آماری جفت داده‌های تولید شده با استفاده از آزمون تی جفتی نشان داد که به‌احتمال ۹۵ درصد تفاوت آماری معنی‌داری بین عملکرد این دو دستگاه در اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر وجود ندارد. به‌عبارت دیگر می‌توان از دستگاه لایکا به‌منظور اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات مختلف به‌صورت سرپا استفاده کرد و در صورت در دسترس بودن این دستگاه دیگر نیازی به قطع درختان صنوبر برای اندازه‌گیری قطر و آنالیز تنه آنها نیست. نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از این دستگاه می‌توان داده‌های مورد نیاز برای تعیین ضریب شکل و تهیه جدول حجم گونه‌های مختلف صنوبر را بدون نیاز به قطع درخت و به‌صورت غیر مخرب و سرپا به‌دست آورد. بنابراین استفاده از دستگاه لیزری لایکا مدل D810 به‌منظور اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات بالاتر از برابرسینه در صنوبرکاری‌ها توصیه می‌شود. البته استفاده از این دستگاه برای اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات مختلف تنه دارای شرایط و محدودیت‌هایی از جمله فصل نمونه‌برداری است که باید به آن توجه شود.

واژگان کلیدی: ضریب شکل، جدول حجم، قطر تنه، صنوبر، دستگاه لایکا.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۳۱۹۸۰۹۲ ایمیل: akhavan@rifr-ac.ir

مقدمه

تعیین قطر در ارتفاعات بالای تنه درختان یکی از چالش‌های اصلی در آماربرداری از درختان و جنگل می‌باشد. چون از یک سو قطر در ارتفاعات بالاتر از برابرسینه برای تعیین حجم دقیق تنه درختان و همچنین آنالیز تنه آنها به‌منظور محاسبه ضریب شکل تنه (form factor) و تهیه جداول حجم برای گونه‌های درختی مهم می‌باشد و از سوی دیگر اندازه‌گیری قطر در ارتفاع بیشتر از ۲ متر تنه درختان عملاً امکان پذیر نیست، به‌طوری که یا باید از وسایل بالابر و نردبان استفاده شود که مشکلات و خطرات مخصوص به خود را دارد و یا باید از ابزارهای مناسب اینکار استفاده شود که معمولاً در دسترس همگان نبوده و استفاده از آنها نیز نیاز به آموزش دارد. به‌همین منظور در گذشته دستگاه‌های مکانیکی مانند خط‌کش دو بازوی فنلاندی، بار و استراود و رلاسکوپ بیترلیخ توسط جنگلبانان ابداع و اختراع شده است (زبیری، ۱۳۷۳)، که در حال حاضر با توجه به مشکلاتی که در حمل و نقل، استقرار و دقت کم به‌دلیل مکانیکی بودن تنظیم‌شان برای اندازه‌گیری قطر دارند، استفاده از آنها توصیه نمی‌شود.

از سوی دیگر در حال حاضر دستگاه‌های لیزری برای این منظور طراحی و تولید شده‌اند که می‌توانند با دقت مناسب قطر را در ارتفاعات مختلف تنه اندازه‌گیری کنند که با استفاده از داده‌های آنها می‌توان علاوه بر تعیین قطر در ارتفاعات بالای تنه، ضریب شکل تنه درختان را محاسبه و همچنین جدول حجم مربوط به هر گونه را تهیه کرد.

یکی از این دستگاه‌ها Criterion مدل RD 1000 می‌باشد که ساخت کشور آمریکاست و براساس سیستم لیزر عمل می‌کند که می‌تواند قطر را در هر ارتفاعی از تنه درخت اندازه‌گیری نماید، اما چون اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات بالای تنه به‌وسیله این دستگاه منوط به اندازه‌گیری فاصله افقی از محل دستگاه تا تنه درخت می‌باشد و این دستگاه قادر به اندازه‌گیری این فاصله افقی نیست، بنابراین باید با وسیله‌ای دیگری فاصله افقی دستگاه تا درخت را اندازه‌گیری کرد که خود سبب ایجاد مشکلات و خطاهایی در تعیین قطر درخت خواهد شد (Stenman et al., 2023).

دستگاه لیزری دیگر، دستگاه Laica مدل D810 ساخت کشور سوئیس است که مشکل یادشده را نداشته و خود قادر به اندازه‌گیری فاصله افقی تا درخت است که این فاصله مستقیماً در تعیین قطر در ارتفاعات بالای تنه دخالت دارد.

در این مقاله به معرفی این دستگاه برای اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات بالای تنه درختان صنوبر و میزان کارایی این دستگاه برای آنالیز تنه درختان صنوبر که مستقیماً در تعیین ضریب شکل تنه و تهیه جدول حجم دخالت دارد پرداخته خواهد شد.

مواد و روشها

مناطق تحقیق

بررسی کارایی دستگاه لیزری لایکا در اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات مختلف تنه درختان صنوبر با مراجعه به توده‌های مختلف و متعددی از صنوبرکاری‌ها در استان‌های گیلان، مازندران و البرز انجام شد. به‌طوری که در استان گیلان اندازه‌گیری بر روی ۷ توده صنوبرکاری از گونه دلتوئیدس، در استان مازندران در ۸ توده صنوبرکاری از گونه دلتوئیدس و همچنین در استان البرز (شهر کرج) در دو توده صنوبرکاری از گونه‌های کبوده و تبریزی انجام شد.

روش تحقیق

در استان‌های گیلان و مازندران درختان نمونه به‌صورت تصادفی در داخل توده‌ها انتخاب شدند. سپس قطر برابرسینه و قطر در ارتفاع دو متری تنه این درختان (حداکثر ارتفاعی از تنه که قابل دسترس است) ابتدا با استفاده از خط‌کش دو بازو (کالیپر) تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد.

در مرحله بعد قطر در ارتفاع برابرسینه (۱/۳ متر) و دو متری تنه همین درختان مجدداً با استفاده از دستگاه لیزری لایکا تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد تا با مقایسه دو سری داده متناظر قطر با هم معنی‌دار بودن یا نبودن تفاوت اندازه‌گیری دو دستگاه برای اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر مشخص شود.

اما در دو توده صنوبرکاری استان البرز با توجه به اینکه ۱۳ درخت از دو گونه کبوده و تبریزی از قبل برای قطع درنظر گرفته شده بودند، ابتدا قطر در ارتفاع ۱/۳ متری، ۲ متری، ۴ متری، ۶ متری و تا ۱۴ متری (بسته به ارتفاع درختان نمونه) با دستگاه لایکا به‌طور دقیق اندازه‌گیری شدند. همچنین این درختان شماره‌گذاری و مشخص شدند تا پس از قطع مجدداً در همین ارتفاع‌ها بر روی زمین اندازه‌گیری شوند. در مرحله بعد این درختان قطع شده و پس از قطع مجدداً بر روی زمین و در همان ارتفاع‌های مشخص شده قبلی با استفاده از کالیپر تعیین قطر شدند تا در مقایسات آماری مورد استفاده قرار گیرند.

به‌منظور مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده قطر با دو دستگاه کالیپر و لایکا و تعیین اینکه آیا تفاوت‌های ایجاد شده معنی‌دار هستند یا خیر از آزمون تی جفتی (*Paired- sample t- test*) استفاده شد.

روش کار با دستگاه لیزری لایکا بدین صورت است که ابتدا دستگاه در فاصله مناسبی از تنه درخت (بین ۸ تا ۱۲ متر بسته به ارتفاع درخت هدف) بر روی سه پایه آن قرار گرفته و تراز می‌شود (شکل ۱). سپس نور لیزر دستگاه بر روی تنه درخت در ارتفاع برابرسینه که قبلاً به‌صورت دستی مشخص و علامت‌گذاری شده است تنظیم می‌شود (شکل ۲). در مرحله بعد از محل قطر برابرسینه درخت عکسی رقومی برداشت و بر روی صفحه دستگاه نشان داده می‌شود. سپس با استفاده از صفحه لمسی دستگاه، دو بازوی کالیپر مانندی که در دو طرف عکس رقومی تنه درخت قرار دارند (شکل ۳) بر روی دو لبه بیرونی تنه تنظیم می‌شوند. با توجه به اینکه تصویر برداشت شده به‌وسیله دستگاه رقومی است و به هنگام تهیه آن فاصله افقی دستگاه و زاویه آن نسبت به محل عکس‌برداری از تنه درخت در نظر گرفته شده، با تنظیم کالیپرها در دو طرف تصویر تنه درخت، قطر تنه درخت در ارتفاع موردنظر به‌وسیله دستگاه محاسبه و بر روی صفحه نمایش آن نشان داده می‌شود. پس از ثبت قطر تنه در ارتفاع مشخص (مثلاً ۱/۳۰ متر) با استفاده از پیچ تنظیمی که در کنار دستگاه قرار دارد (شکل ۱) شیب دستگاه افزایش داده می‌شود تا نور لیزر در راستای تنه درخت به ارتفاع بالاتری برای نقطه اندازه‌گیری بعدی انتقال داده شود که همزمان دستگاه فاصله ارتفاعی طی شده را محاسبه و بر روی صفحه نمایش نشان می‌دهد. به‌طور مثال با طی کردن ۷۰ سانتی‌متر از محل قطر برابرسینه به محل ارتفاع ۲ متری تنه رسیده می‌شود که با تکرار مراحل قبلی، قطر در ارتفاع ۲ متری تنه محاسبه و تعیین می‌شود و به‌همین ترتیب کار ادامه می‌یابد تا به محلی رسیده شود که قطر تنه درخت کمتر از ۵ سانتی‌متر (حداقل قطر تجاری) باشد که در این نقطه کار اندازه‌گیری متوقف می‌شود.



شکل ۱- نحوه استقرار دستگاه لایکا بر روی سه پایه در توده صنوبرکاری



شکل ۲- برخورد نور لیزر دستگاه لایکا به تنه درخت صنوبر به منظور اندازه‌گیری قطر



شکل ۳- نحوه اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات بالای تنه صنوبر با دستگاه لایکا

لازم به‌ذکر است که به‌جهت سهولت اندازه‌گیری‌ها و وضوح بیشتر دید به تنه درخت در ارتفاعات بالاتر از برابرسینه درختان صنوبر به‌وسیله دستگاه لایکا، کلیه اندازه‌گیری‌ها باید در زمان بی برگ بودن درختان صنوبر (اواخر پاییز، زمستان و اوایل بهار) انجام شود.

یافته‌ها

پس از اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاع‌های ۱/۳ و ۲ متری به‌وسیله دو دستگاه کالیپر و لایکا در استان‌های گیلان و مازندران در مجموع ۹۶ جفت داده قطر متناظر با هم تولید شد که حداقل قطر در این داده‌ها ۹ و حداکثر ۳۰ سانتی‌متر بوده است. سپس از آزمون تی جفتی به‌منظور بررسی معنی‌دار بودن یا نبودن تفاوت مقادیر اندازه‌گیری شده به‌وسیله دو دستگاه با استفاده از این تعداد جفت داده استفاده شد. جدول ۱ نتیجه آزمون تی جفتی را برای داده‌های استان‌های گیلان و مازندران نشان می‌دهد.

جدول ۱- آزمون تی جفتی مقایسه بین مقادیر متناظر قطرهای اندازه‌گیری شده صنوبر به‌وسیله دو دستگاه کالیپر و لایکا در استان‌های گیلان و ماندران

جفت داده‌ها	میانگین تفاوت‌ها	انحراف معیار تفاوت‌ها	آماره t	درجه آزادی	معنی‌داری
لایکا- کالیپر	۰/۰۲۵	۰/۲۴۶	۰/۹۹۵	۹۵	۰/۳۲۲

با توجه به ستون معنی‌داری جدول ۱ (*Sig= 0.322*) تفاوت بین مقادیر اندازه‌گیری شده قطرهای متناظر بین دو دستگاه کالیپر و لایکا معنی‌دار نیست (*P>0.05*). به‌عبارت دیگر دو دستگاه برای اندازه‌گیری قطر یکسان عمل می‌کنند.

در ادامه مجدداً آزمون تی جفتی بر روی ۶۲ جفت داده از ۱۳ درخت قطع شده در استان البرز (کرج) نیز اجرا شد که حداقل قطر در این داده‌ها ۵ و حداکثر ۲۱ سانتی‌متر و تا ارتفاع ۱۴ متری تنه بوده است. جدول ۲ نتیجه آزمون تی جفتی را برای داده‌های استان البرز نشان می‌دهد.

جدول ۲- آزمون تی جفتی مقایسه بین مقادیر متناظر قطرهای اندازه‌گیری شده صنوبر به‌وسیله دو دستگاه کالیپر و لایکا در استان البرز

جفت داده‌ها	میانگین تفاوت‌ها	انحراف معیار تفاوت‌ها	آماره t	درجه آزادی	معنی‌داری
لایکا- کالیپر	۰/۱۶۱	۰/۶۳۲	۲/۰۰۹	۶۱	۰/۰۵۱

با توجه به ستون معنی‌داری جدول ۲ (*Sig= 0.51*) تفاوت بین مقادیر اندازه‌گیری شده قطرهای متناظر بین دو دستگاه کالیپر و لایکا معنی‌دار نیست (*P>0.05*). به‌عبارت دیگر دو دستگاه برای اندازه‌گیری قطر یکسان عمل می‌کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق کاربرد دستگاه لیزری لایکا مدل D810 به‌منظور اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات بالاتر از برابرسینه به‌صورت غیر مخرب (سرپا و بدون قطع درخت) با داده‌برداری در توده‌های صنوبرکاری گونه‌های کبوده، تبریزی و دلتوئیدس در استان‌های البرز، گیلان و مازندران بررسی شد. نتیجه بررسی‌های آماری با تعداد ۱۵۸ جفت داده متناظر قطر که با دو دستگاه کالیپر و لایکا هم زمان اندازه‌گیری شدند نشان داد که به‌احتمال ۹۵ درصد تفاوت آماری معنی‌داری بین عملکرد این دو دستگاه در اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر وجود ندارد. به‌عبارت دیگر می‌توان از دستگاه لیزری لایکا به‌منظور اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات مختلف به‌صورت سرپا استفاده کرد و در صورت در دسترس بودن این دستگاه دیگر نیازی به قطع درختان صنوبر برای اندازه‌گیری قطر و آنالیز تنه آنها نیست.

لازمه تعیین ضریب شکل تنه درختان که به‌طور مستقیم در محاسبه حجم تنه درخت تاثیر دارد در اختیار داشتن قطر در ارتفاعات بالای تنه است که براساس آن می‌توان ضریب کاهش قطری تنه و در نهایت ضریب شکل تنه (form factor) را محاسبه کرد. همچنین برای تهیه جدول حجم یک گونه درختی نیاز به تعیین حجم واقعی درخت می‌باشد که آنهم تنها با آنالیز تنه که نیازمند دانستن قطر در ارتفاعات مختلف تنه است، امکان پذیر می‌باشد.

نتایج این پژوهش در مورد کاربرد دستگاه لیزری لایکا مدل D810 به‌منظور اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات مختلف نشان داد که با استفاده از این دستگاه می‌توان داده‌های مورد نیاز برای تعیین ضریب شکل تنه و تهیه جدول حجم گونه‌های مختلف صنوبر را بدون نیاز به قطع درخت و به‌صورت غیر مخرب و سرپا به‌دست آورد. مزیت این روش اینست که چون دیگر نیازی به قطع درخت نمی‌باشد، مشکلات مربوط به تهیه و خریداری درختان صنوبر برای قطع و تبدیل مرتفع شده و به‌دلیل کاهش هزینه‌های نمونه‌برداری می‌توان تعداد درخت نمونه بیشتری را با پراکنش مکانی مناسب در مناطق مختلف مورد اندازه‌گیری قرار داد.

اما براساس تجارب به‌دست آمده استفاده از این دستگاه برای اندازه‌گیری قطر درخت به‌صورت سرپا دارای شرایط و محدودیت‌هایی به‌شرح زیر می‌باشد:

اولین محدودیت زمان اندازه‌گیری است که با توجه به اینکه باید نور لیزر دستگاه به تنه درخت موردنظر است برخورد کند و در این میان برگ‌ها و شاخه‌های جوان درخت می‌توانند مانع باشند، بنابراین این اندازه‌گیری‌ها باید در زمان بی برگ بودن درختان صنوبر انجام شود که بسته به نوع گونه و اقلیم مناطق مختلف کشور اندازه‌گیری‌ها حتماً باید در اواخر پاییز یا در طول فصل زمستان و یا در اوایل بهار قبل از جوانه زدن برگ درختان صنوبر انجام شود.

وزش بادهای شدید در طول فصل‌های پاییز و زمستان که سبب تکان خوردن و جابه جایی تنه درخت به‌ویژه پس از ارتفاع میانی درخت می‌شود می‌تواند تنظیم دستگاه را برای اندازه‌گیری قطر با مشکل مواجه کند.

همچنین انبوهی توده صنوبرکاری و وجود درختان متراکم در پشت سر درخت هدف می‌تواند تشخیص محدوده قطر آن درخت را به‌دلیل تداخل تصویر تنه درختان در صفحه نمایش دستگاه با مشکل مواجه کند.

وجود نور شدید آفتاب در پشت تنه درخت هدف در ساعات ابتدایی صبح یا ساعات نزدیک به غروب آفتاب می‌تواند تشخیص محدوده قطر تنه درخت هدف را بر روی صفحه نمایش دستگاه با مشکل مواجه کند.

بارندگی و وضعیت جوی نامناسب که سبب خیس شدن دستگاه به هنگام اندازه‌گیری می‌شود می‌تواند مشکل‌ساز باشد.

ولی با وجود همه این موارد و مشکلات در صورت مناسب بودن شرایط و کمی صبر و حوصله و صرف دقت کافی می‌توان قطر درخت را تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری و تعیین کرد که نتایج این تحقیق نیز نشان داده که قطرهای اندازه‌گیری شده با

این دستگاه تفاوت معنی‌داری با قطرهای اندازه‌گیری شده با دستگاه کالیپر ندارد. بنابراین استفاده از دستگاه لیزری لایکا مدل D810 به‌منظور اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات بالاتر از برابرسینه در صنوبرکاری‌ها توصیه می‌شود.

منابع

زبیری، م.، (۱۳۷۳). آماربرداری در جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ صفحه.

Stenman V., Holopainen M., Kangas A. (2023). Upper stem diameter and volume prediction strategies in the National Forest Inventory of Finland. Silva Fennica vol. 57 no. 3 article id 23021. 17 p. https://doi.org/10.14214/sf.23021.

Introducing the application of the Leica D810 laser device in measuring the diameter of poplar trees at above heights of the stem

R. Akhavan[1*] and M. Calagari[1]

1- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.

Abstract

Determining the diameter of the tree at above heights of the stem is a necessary for calculating the stem form factor and preparing the volume table for tree species, which is usually done destructively and by cutting trees. But if it is possible to measure the diameter at different heights of the stem without cutting the tree with proper accuracy, it will save money and may cover a larger number of samples with proper spatial distribution. In this research, the application of Laica D810 laser device in the accurate determination of the stem diameter of poplar trees at different stem heights was investigated. For this purpose, 17 different poplar stands of *P. alba*, *P. nigra* and *P. deltoides* species were measured in Alborz, Guilan and Mazandaran provinces. The diameter at different heights of the poplar tree stems in these stands was measured with caliper and Leica devices at the same time. Finally, 158 pairs of corresponding diameter data were generated. Comparing the statistical difference of the paired data using the paired t-test showed that there is no statistically significant difference ($p>0.05$) between the performances of these two devices in measuring the diameter of the poplar tree stems. In other words, the Leica device can be used to measure the diameter of poplar tree stems at different heights and there is no need to cut down the poplar trees to measure the diameter and analyze their stems. The results of this research showed that by using this device, it is possible to obtain the data needed to determine the form factor and prepare the volume table of different types of poplar trees without cutting the tree and in a non-destructive way. Therefore, it is recommended to use Leica D810 laser device in order to measure the diameter of poplar trees at heights higher than the breast height in poplar plantations. Meanwhile, the use of this device to measure the diameter at different heights of the stem has conditions and limitations, including the sampling season, which must be taken into account.

Keywords: Form factor, Volume table, Stem diameter, Poplar, Leica device.

*Corresponding author Tel: +989123198092 Email: akhavan@rifr-ac.ir

فناوری‌های هوش مصنوعی و حفاظت از حشرات جنگل

سودابه امینی[1*]، جاماسب نوذری[2]، وحید اعتماد[3] و بهنام حمزه[4]

۱- دکتری حشره‌شناسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. محقق بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲- استاد، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
۳- دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۴- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

حشرات به عنوان بزرگترین و متنوع ترین گروه موجودات روی زمین، از مهم ترین اجزاء اکوسیستم جنگل‌ها به شمار رفته و دارای عملکردهای اکولوژیک مختلفی از جمله نشانگر سلامت زیستی، ، گرده افشانی، تجزیه مواد آلی، پاکسازی،کنترل آفات و همچنین جزئی از زنجیره غذایی هستند. با توجه به نقش حیاتی حشرات در این اکوسیستم پیچیده، در صورت ایجاد تنش و از بین رفتن تعادل در هریک از قسمت‌های آن، با خطر وضعیت طغیانی حشرات که منجر به خسارت جبران ناپذیری خواهند شد مواجه خواهیم شد. بنابراین به منظور حفظ تعادل و پایداری در جنگل و بررسی تاثیر عوامل انسانی و تغییر اقلیم بر جمعیت حشرات، پایش مستمر و مداوم جمعیت حشرات از اساسی ترین اصول مدیریتی به شمار می‌رود. اما پایش حشرات با چالش‌هایی روبه رو است که مهمترین آن شناسایی و تعیین فراوانی گونه‌های حشرات بوده که به صورت تخصصی توسط تاکسونومیست‌ها انجام می‌شود که این فرایند بسیار دشوار و زمان بر است. با پیشرفت تکنولوژی امروزه هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف در زمانی بسیار سریع این موضوع را تسهیل کرده و به طور فزاینده‌ای در بحث حشره‌شناسی در حال گسترش است. هوش مصنوعی با استفاده از یادگیری عمیق (Deep Learning) و الگوریتم‌های پردازش، با تجزیه و تحلیل اطلاعات تصاویر حشرات، گونه‌های مختلف حشرات را شناسایی و از این طریق در مدیریت زود هنگام و صحیح حشرات جنگل و حفاظت از تنوع زیستی آنها موثر خواهد بود. همچنین هوش مصنوعی با استفاده از یادگیری ماشین (Machine Learning) می‌تواند با شبیه‌سازی رفتار حشرات و واکنش آنها به عوامل محیطی و فعالیت‌های انسانی، تغییرات دامنه پراکنش جمعیت آن را براساس فاکتورهای محیطی در آینده پیش‌بینی کرده و زیستگاه مطلوب جهت استقرار آنها را نشان دهد. این تعاملات به درک بهتر رفتار و اکولوژی حشرات کمک کرده و نقش مهمی در برنامه‌های استراتژیک و حفاظت از تنوع زیستی به ویژه حفاظت از گونه‌های حشرات در خطر انقراض در اکوسیستم جنگل دارد. امروزه با استفاده از چالش‌های پیش آمده تغییرات اقلیم و فعالیت‌های انسانی به عنوان تهدیدات تنوع زیستی حشرات جنگل، هوش مصنوعی به‌رغم برخی از انتقادات و محدودیت‌ها با استفاده از پتانسیل زیاد در تحقیقات علمی به عنوان ابزاری قدرتمند و حیاتی در جهت حفاظت و مدیریت اکوسیستم جنگل شناخته شده است. هدف از انجام این مطالعه مروری بر مهم ترین

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۹۶۸۸۷۴۶ ایمیل: Sudabe.amini@ut.ac.ir

کاربردها، محدودیت‌ها و تاثیرگذاری هوش مصنوعی در علم حشره‌شناسی جنگل با استفاده از مطالعات و پژوهش‌های انجام شده محققین در سالهای اخیر است.

واژگان کلیدی: تنوع زیستی، هوش مصنوعی، یادگیری عمیق، حفاظت، حشرات جنگل.

مقدمه

اکوسیستم جنگل مجموعه‌ای پیچیده از موجودات زنده در سطوح مختلف و ارتباط متقابل بین آنهاست که تعادل در این ارتباط عوامل زیستی و غیرزیستی نقش حیاتی در حفظ منابع طبیعی و زندگی انسان‌ها دارد (مروی مهاجر، ۱۳۸۵). به‌رغم دیدگاه متخصصان در گذشته که حشرات به عنوان آفت و یا عامل مخرب در جنگل‌ها به شمار می‌رفتند، امروزه با افزایش دانش اکولوژی حشرات در اکوسیستم جنگل و شناخت عملکردهای مختلف آنها، حشرات جزئی جدایی ناپذیر از اکوسیستم جنگلی تلقی شده و حمایت از آنها در جهت حفاظت از تنوع زیستی و پایداری جنگل امری لازم و ضروری است (Allison et al., 2023). حشرات به عنوان متنوع‌ترین و بزرگترین گروه جانوران روی زمین به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد از جمله اندازه کوچک، قدرت پرواز، رژیم غذایی متنوع و حضور در زیستگاه‌های متنوع از تنوع زیستی بسیار بالایی برخوردار هستند. حشرات در جنگل دارای عملکرد اکولوژیک متفاوتی هستند که تجزیه مواد آلی، گرده افشانی گیاهان، نشانگر زیستی سلامت اکوسیستم و حفظ تعادل جمعیت جانوران و منابع غذایی سایر جانوران جنگل از مهمترین نقش‌های اکولوژیک آنها به شمار می‌روند. براساس مطالعات انجام شده، جنگلها نقش مهمی در تنوع گونه‌ای حشرات گرده افشان دارند و درختان بسیاری در جنگل برای گرده افشانی وابسته به حشرات راسته‌های بال غشاییان (Hymenoptera) و دوبالان (Diptera) هستند و در صورت نبود آنها گیاهان به مرور زمان باروری خود را ازدست داده و منجر به ایجاد عدم تعادل در اکوسیستم جنگل خواهند شد (Ulyshen et al., 2023). برخی حشرات همچنین با تغذیه از چوب‌های افتاده و تجزیه خشک‌دارها که به عنوان یک زیستگاه خرد در جنگل هستند کمک شایانی به چرخه کربن در جنگل کرده و منجر به بازگشت مواد به زنجیره غذایی می‌شوند. خشک‌دارها به عنوان زیستگاه حشرات چوبخوار نقش مهمی در افزایش تنوع زیستی این حشرات دارند (Ulyshen, 2012). از طرفی حشرات به عنوان منبع غذایی برای پرندگان در زنجیره غذایی نقش کلیدی دارند. برخی از سوسک‌های خانواده Scarabeidae Dung beetle به عنوان تجزیه کننده فضولات سایر جانوران نقش مهمی در پاکسازی اکوسیستم جنگل‌ها دارند (Noriega et al., 2020). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد در میان سخت بالپوشان سوسک‌های خانواده Carabeidae به دلیل حساسیت پذیری بالا نسبت به تغییرات محیطی به عنوان نشانگر زیستی جهت اطلاع از میزان آلودگی و سلامت محیط زیست (خاک) و شدت فعالیت‌های انسانی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (Rainio and Niemella, 2003; Ghannem et al., 2015).

با توجه به اهمیت اکولوژیک حشرات در حفظ تنوع زیستی جنگل، حمایت از این گروه از جانوران اهمیت بسیار زیادی داشته به ویژه امروزه که با افزایش جمعیت انسانی، چالش‌های فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی و اثرات مخرب آن بر جمعیت حشرات روز به روز افزایش پیدا کرده و منجر به خطرات جدی و جبران ناپذیر شده که با انقراض گونه‌ها مواجه شده است (Ciesla, 2015). یکی از مهم‌ترین راه کارهای حمایت از تنوع زیستی حشرات، پایش مستمر و مداوم پویایی جمعیت آنها در جنگل است به طوریکه با داشتن اطلاعات کافی از وضعیت گونه‌ها از جمله فراوانی گونه‌ها، گونه‌های کمیاب و گونه‌های در خطر انقراض می‌توان تاثیر عوامل محیطی مانند تغییرات اقلیم و فعالیت‌های انسانی را مطالعه و با استراتژی‌های

حفاظتی در جهت حفظ تنوع زیستی اقدامات مهمی انجام داد. در پایش جمعیت حشرات در جنگل نمونه‌های بسیار زیادی توسط تله‌های مختلف (نوری، فرمونی، گودالی و ...) جمع آوری می‌شوند (Yalcin, 2015; Hogeweg et al., 2019) که یکی از مهمترین چالش‌ها در پایش مداوم و مستمر در جنگل‌ها شناسایی حشرات جمع آوری شده در تله‌ها است. شناسایی حشرات به روش سنتی با بررسی صفات مرفولوژیک انجام می‌شود و نیازمند بررسی مشخصات مرفولوژیک دقیق توسط متخصصین تاکسونومیست است که فرایندی بسیار دشوار و زمان بر است. (Lima et al., 2020). علاوه بر آن مدیریت صحیح حشرات در جنگل نیازمند شناسایی زود هنگام، پایش و آگاهی از زیستگاه‌ها و دامنه پراکنش حشرات در جنگل‌هاست که نیازمند اتجام مطالعات و پژوهش‌های بلندمدت است. این چالش منجر به ایجاد مشکلاتی در زمینه پژوهش‌های پایش و مطالعات تنوع زیستی شده که نیاز به رفع موانع و چالش‌های پیش رو و ارائه راهکارهای جدیدی دارد.

در سال‌های اخیر هوش مصنوعی (Artificial Intelligence: AI) به عنوان ابزاری قدرتمند در تمام تخصص‌ها به ویژه علم حشره‌شناسی به طور فزاینده‌ای در حال گسترش است (Couzin and Heins, 2023). هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین (Machine Learning)، یادگیری عمیق (Deep Learning) و مدل‌های مختلف که هر کدام مبنی بر برنامه یادگیری ویژه‌ای طراحی شده‌اند توانسته مشکلات بسیاری در این زمینه را تسهیل و به صورت خودکار در این زمینه و جنبه‌های بیولوژیک حشرات گام‌های مهمی بردارد. هوش مصنوعی با استفاده از تحلیل تصاویر، استفاده از سنجنده‌ها و مدل‌سازی ماشینی جهت پیش‌بینی تغییرات دامنه پراکنش حشرات در جنگل، اطلاعات کافی از گونه‌های حشرات جنگل، ویژگی‌های مرفولوژیک، بیولوژیک و اکولوژیک (Hartbauer, 2023) آن را در اختیار محقق قرار داده تا با استفاده از این اطلاعات استراتژی‌های مدیریتی موثری را در جهت حمایت، حفاظت تنوع زیستی به طور صحیح به کار گیرد. هدف از این مطالعه مروری بر مهم‌ترین کاربردها، محدودیت‌ها و اثربخشی هوش مصنوعی در علم حشره‌شناسی جنگل است. مطالعات انجام شده با تمرکز بر روی مقالات و مطالعات و پژوهش‌های انجام شده دیگران در زمینه هوش مصنوعی و کارکرد و اثرگذاری الگوریتم‌های مختلف آن بر شناخت حشرات و عملکردهای اکولوژیک آنها در حفاظت از آنها که طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۴ به چاپ رسیده انجام شد. در این قست مروری بر مهم‌ترین کاربردهای فناوری‌های نوین هوش مصنوعی در حشره‌شناسی جنگل به شرح زیر آورده شده است:

تنوع زیستی حشرات

رده حشرات به دلیل رژیم غذایی متنوع و قدرت سازگاری بالا دارای بیشترین تنوع بین موجودات بوده و از نظر تاکسونومیکی دارای ۲۸ راسته و بیش از یک میلیون و پانصد هزار گونه شناخته شده در دنیا است (Xin et al., 2020). طبق مطالعات انجام شده پیش‌بینی می‌شود تعداد ۳۰ میلیون گونه هنوز شناسایی نشده‌اند (Sankarganesh, 2017). شناسایی دقیق و سریع حشرات یکی از مهم‌ترین گام‌ها در مطالعات پایش و مدیریت حشرات و حفاظت از تنوع زیستی آنها است. همچنین این امر در ردیابی حشرات قرنطینه و حشرات مهاجم در جنگل‌ها اهمیت بسیار زیادی دارد (Gao et al., 2024). شناسایی حشرات به طور اصولی براساس خصوصیات مرفولوژیک و توسط متخصصین تاکسونومیست انجام می‌شود که امری بسیار دشوار و زمان بر است (Amini and Hosseini, 2016). در بسیاری موارد به علت شباهت بسیار بالای خصوصیات مرفولوژیک از روش‌های مولکولی مبتنی بر توالی DNA استفاده می‌شود، اما محدودیت‌های روش‌های مولکولی نیز در بسیاری موارد مشکل ساز است. از جمله اینکه تنها زمانی می‌توان از روش‌های مولکولی برای شناسایی دقیق حشرات استفاده کرد که توالی DNA حشره مورد نظر در پایگاه‌های اطلاعاتی مرجع ثبت شده باشد. در سالهای اخیر هوش مصنوعی

با استفاده از روش‌های مختلف یادگیری ماشین و یادگیری عمیق با مدل‌های مختلف و آنالیز و تحلیل اطلاعات بسیاری از تصاویر حشرات که به وسیله دوربین‌های مختلف با کیفیت بالا گرفته شده است، با امتیاز دادن به صفات مرفولوژیک بر روی تصاویر حشرات موفق به شناسایی سریع آنها شده‌اند (Ahrens et al., 2020). در این روش الگوریتم‌ها در هوش مصنوعی صفات مرفولوژیک کلیدی را مشخص و با مقایسه آنها با سایر گونه‌ها، نمونه مورد نظر را شناسایی می‌کنند (Kaya et al., 2014; Li et al., 2020; Gerovichev et al., 2021). برای مثال شناسایی زنبورهای وحشی با الگوریتم‌های یادگیری عمیق با دقت ۹۷ درصد (Buschbacher et al., 2020) و طبقه‌بندی کفشدوزک‌ها با دقت ۹۲ درصد انجام شده است (Venegas et al., 2021). Kasinathan et al. (2021) روش‌های مختلف یادگیری ماشینی را برای شناسایی حشرات به صورت خودکار به کار بردند و در نهایت مدل convolutional neural networks (CNNs) به دلیل قابلیت‌های بالایی که داشت شناسایی را با دقت ۹۰-۹۱,۵ درصد بالاتر نسبت به سایر روش‌ها انجام داد (Kasinathan et al., 2021). شناسایی حشرات با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی مانند سایر روش‌ها با محدودیت‌هایی نیز رو به رو است، از جمله تنوع گونه‌ای بالای حشرات، پراکنش ناهمسان حشرات در زیستگاه‌های مختلف، مراحل مختلف چرخه زندگی حشرات و متغیرهای رنگ و اندازه بدن حشرات که همگی از عوامل محدود کننده شناسایی حشرات با استفاده از هوش مصنوعی هستند (Hartbauer, 2023). برای رفع این چالش‌ها و اطمینان از صحت شناسایی گونه‌های حشرات نیاز به علم حشره شناسان و تخصص تاکسونومیست‌ها وجود دارد. بنابراین هوش مصنوعی را نمی‌توان به عنوان روشی جایگزین برای روش‌های سنتی معرفی کرد، بلکه فناوری‌های آن به عنوان روش‌های تکمیل کننده هستند.

در برخی مواقع که دسترسی به حشرات و تصاویر آنها وجود ندارد هوش مصنوعی رده‌بندی حشرات را براساس آنالیز فرکانس صدای تولید شده در حشرات مانند صدای گرده افشان‌ها و یا دارکوب‌ها نیز انجام می‌دهد (Ferreira et al., 2023). براساس مطالعات انجام شده در شناسایی گونه‌های آفات انباری به کمک الگوریتم‌های هوش مصنوعی براساس آنالیز فرکانس صدا با دقت ۹۴,۷ درصد، ۱۰ گونه متعلق به ۶ جنس شناسایی شد (Li et al., 2020).

اکولوژی حشرات

حشرات به عنوان جزئی از اکوسیستم جنگل دارای عملکردهای مختلف اکولوژیک از جمله گرده افشانی، کمک به زنجیره غذایی به عنوان غذای پرندگان، تجزیه چوب و پاکسازی محیط هستند که نقش مهمی را در جهت حفاظت از اکوسیستم جنگل ایفا می‌کنند. به طور کلی شناخت رفتار و نحوه عملکرد اکولوژیک حشرات در جنگل در شرایط مختلف اطلاعات بسیاری در رابطه با استراتژی‌های حفاظتی و مدیریتی در پیشگیری از ایجاد خسارت در جنگل در اختیار محققین و تصمیم گیرندگان قرار خواهد داد. اما نحوه شناخت و تاثیر رفتار حشرات بر اکوسیستم جنگل نیازمند استفاده از تکنولوژی پیشرفته هوش مصنوعی است. امروزه هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف و داده‌های دریافتی در حجم بالا و آنالیز آنها، به مطالعه رفتارشناسی حشرات و واکنش آنها به تغییرات محیطی در جنگل پرداخته است (Hartbauer, 2023). بدیهی است که اطلاعات کافی از عملکرد اکولوژیک حشرات در اکوسیستم جنگل و پیش‌بینی تاثیرات منفی عوامل محیطی بر جمعیت حشرات و تنوع زیستی آنها، در انتخاب استراتژی‌های حفاظتی و پایداری جنگل و راهبردهای مناسب در آینده برای حفاظت از تنوع زیستی اکوسیستم جنگل بسیار موثر خواهد بود (Zhang and Li, 2017; Silvestro et al., 2020). در عصر حاضر که فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی با سرعت فزاینده رو به گسترش است و علیرغم پیشرفتهای شگرف در زندگی انسان، تاثیرات جانبی منفی بسیار زیادی نیز بر جمعیت حشرات در جنگل برجای

گذاشته است (Hartbauer, 2023). بدیهی است بهره‌برداری و افزایش شدت فعالیت‌های انسانی، تغییرات اقلیمی جهانی، تخریب زیستگاه و انقراض گونه‌ها، سبب تغییراتی در سطح تنوع زیستی جمعیت حشرات می‌شوند. با در نظر گرفتن ویژگی‌های بیولوژیک و اکولوژیک منحصر به فرد هر گونه، میزان آسیب پذیری گونه‌های مختلف حشرات به تغییرات محیطی متفاوت است. هوش مصنوعی به عنوان ابزاری کارآمد به‌رغم انتقادات بسیار، با الگوریتم‌های مبنی بر یادگیری عمیق، گونه‌های حساس به تغییرات محیطی را شناسایی کرده و نقش مهمی در راهبردهای مناسب جهت حمایت و حفاظت از این گونه‌ها در اکوسیستم جنگل ایفا می‌کند (Matheson, 2014).

تاثیر تغییرات اقلیم و فاکتورهای اقلیمی بر جمعیت حشرات در جنگل یکی از به روز ترین مباحث و چالش‌ها در دنیاست که هوش مصنوعی با استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق به بررسی تاثیر متغیرهای محیطی از جمله دما و رطوبت و در دسترس بودن غذا بر روی گونه‌های منقرض شده زنبورهای Bumblebee پرداخته که پیش‌بینی تاثیر این عوامل بر جمعیت حشرات در حفاظت از تنوع زیستی آنها نقش بسیار مهمی خواهد داشت (Martins et al., 2015). با استفاده از روش یادگیری ماشینی در هوش مصنوعی و اطلاعات بسیار زیادی که از فیلم‌های ضبط شده حشرات در طول دوره زندگی آنها بدست می‌آید، در مدت زمان بسیار کوتاهی ردیابی و نظارت بر حرکات حشرات انجام و با بررسی وضعیت حرکت و قرارگیری حشرات در موقعیت‌های مختلف گونه‌های مختلف متمایز خواهند شد. برای مثال اختلاف بین حشرات گرده افشان حامل گرده با حشرات گرده افشان بدون حمل گرده با استفاده از اطلاعات بدست آمده از ضبط ویدئو آنها و دادن اطلاعات به الگوریتم یادگیری عمیق مشخص و همچنین واکنش گرده افشان‌ها در کندو نسبت به یکدیگر بررسی شده است (Boenisch et al., 2011). هوش مصنوعی به طور خودکار با الگوریتم‌های مختلف، حشرات را براساس رفتارهای مشابه مانند نحوه تخم‌گذاری، پرواز، رفتارهای اجتماعی و ... نیز دسته‌بندی می‌کند (Mathis and Mathis, 2020; Ratnayake et al., 2021).

در بسیاری موارد اطلاعات وارد شده به ماشین یادگیری در هوش مصنوعی از طریق نمونه‌های جمع آوری شده در تله‌های مختلف حشرات از جمله فرمونی و نوری است که با فیلمبرداری با دوربین‌های حرفه‌ای بدست آمده و با استفاده از اطلاعات بدست آمده به بررسی الگوهای رفتاری در حشرات در جنگل می‌پردازد. در بسیاری موارد نیز با استفاده از حشرات رباتیک و وارد کردن اطلاعات بیولوژیک و اکولوژیک حشرات مورد نظر به آن ربات، تاثیر متغیرهای آب و هوایی و تغییرات اقلیمی بر جمعیت حشرات بررسی و مورد مطالعه قرار می‌گیرد (Guera et al., 2010). پژوهشگران در مطالعه‌ای رفتار زنبور عسل و سایر حشرات گرده افشان را نسبت به تغییرات محیطی و یا آفت کش‌ها با استفاده از سیستم رباتیک حشرات مورد مطالعه قرار دادند (Stefanec et al., 2022).

پیش‌بینی آشیان اکولوژیک، پراکنش و الگوهای رفتاری حشرات در جنگل

حشرات جنگل با توجه به نیازهای اکولوژیک، شرایط آب و هوایی و در دسترس بودن منابع غذایی آشیان اکولوژیک مختلفی را ترجیح می‌دهند و در زمان طغیان سبب خسارت جبران ناپذیری به اکوسیستم و ساختار جنگل می‌شوند. بنابراین پیش‌بینی تغییرات سطح جمعیت حشرات در جنگل از مهم‌ترین اقدامات برای حفظ سلامت جنگل محسوب می‌شود (Holly et al., 2022). در سال‌های اخیر هوش مصنوعی برای مطالعه تاثیر تغییرات اقلیمی بر جمعیت حشرات و اکوسیستم‌ها پیشرفت‌های زیادی داشته است (Gerovichev et al., 2021). با داشتن اطلاعات از وضعیت گونه‌ها و فراوانی گونه‌های حشرات و فاکتورهای اقلیمی، هوش مصنوعی با الگوریتم‌های مختلف از جمله مدل Maxent وضعیت تغییرات احتمالی دامنه

پراکنش و الگوی مهاجرت گونه‌های حشرات در آینده را پیش‌بینی می‌کند (Xue et al., 2022). با مطالعه آشیان اکولوژیک گونه‌های مختلف حشرات، برنامه‌های راهبردی و حفاظتی موفقیت آمیزی جهت حفاظت از مناطق پیش‌بینی شده اعمال خواهند شد.

پایش و شناسایی حشرات در جنگل اهمیت بسیاری داشته، به طوری که طغیان جمعیت سوسک‌های پوست‌خوار در اثر عوامل محیطی علاوه بر از دست رفتن تنوع زیستی در جنگل منجر به تغییر ساختار و زیان اقتصادی در جنگل نیز می‌شود (Christopher et al., 2007; Steven et al., 2012). بنابراین شناسایی دقیق و زود هنگام این گروه از حشرات در جنگل امری ضروری بوده که با پیشرفت فناوری‌های نوین عصر حاضر گام‌های مهمی در این زمینه برداشته شده است. در مطالعه‌ای از فناوری‌های مدل Maxent استفاده و تغییرات احتمالی پراکنش گونه سوسک پوستخوار در جنگل‌های سوزنی‌برگ در آینده بررسی و حساس‌ترین گونه سوسک پوستخوار به تغییرات اقلیمی شناسایی شد (Evangelista et al., 2011). در مطالعه‌ی دیگری در سال ۲۰۲۳ در آمریکا پیش‌بینی جمعیت طغیان سوسک‌های پوستخوار به عنوان مهمترین حشرات در جنگل و مناطق در معرض خطر طغیان انجام شد (Holly et al., 2022).

امروزه در مطالعات به صورت گسترده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور نیز برای پایش حشرات در جنگل و بدست آوردن اطلاعات مربوط به دامنه پراکنش گونه‌های حشرات در جنگل استفاده می‌شود. در تحقیقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پایش جمعیت ۸ گونه حشره که دو گونه آن سوسک پوست‌خوار و ۶ گونه حشره برگخوار در جنگل بودند برای ردیابی این حشرات انجام شد (Hall et al., 2016). اما برای ردیابی و تشخیص زود هنگام حضور حشرات و خسارت آنها در جنگل نیاز به استفاده ترکیبی از اطلاعات ماهواره‌ای سنجش از دور در الگوریتم‌های مختلف یادگیری عمیق و مدل‌سازی در هوش مصنوعی است. فاکتورهای مهمی در واکنش بین سوسک‌های پوست‌خوار به عنوان مهمترین حشرات جنگل و درختان میزبان آنها وجود دارد که بتوان زمان طغیان و ردیابی آنها در جنگل را تعیین کرد. اما براساس مطالعات انجام شده هنوز به طور دقیق هوش مصنوعی نتوانسته زمان و حضور زود هنگام حشرات را در جنگل به طور کامل و دقیق تعیین کند که نیاز به بررسی‌های بیشتری است (Marvasti-Zadeh et al., 2023). هوش مصنوعی به عنوان ابزاری قدرتمند در تعیین مطلوبیت زیستگاه برای گونه‌های مختلف حشرات و بررسی تاثیر تغییرات عوامل اقلیمی بر جمعیت حشرات در جنگل شناخته شده است (Wu et al., 2019; Singh et al., 2022). الگوریتم‌های ماشینی با تلفیق داده‌های محیطی مانند دما، میزان بارندگی و کاربری اراضی، الگوهای پراکنش گونه‌های مختلف حشرات را بررسی و اطلاعات کافی برای استراتژی‌های مدیریتی و حفاظتی موثر در جنگل را فراهم می‌کند (Yu et al., 2022). یکی از مهمترین کاربردهای هوش مصنوعی توانایی پردازش اطلاعات ماهواره‌هاست که به کمک این اطلاعات مدل‌های ماشینی نقشه‌های دقیق و با جزییات از زیستگاه‌های مناسب گونه‌های مختلف حشرات و پراکندگی آنها در جنگل را تهیه و در راهبردها و اولویت‌های حفاظتی و بهره‌برداری از زیستگاه‌های مدنظر موثر خواهند بود (Hilbert 2001). تعیین تغییر الگوی پراکنش گونه‌های مختلف حشرات در سناریوهای تغییرات اقلیمی با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی امکان‌پذیر بوده و همچنین گونه‌های حساس به تغییرات اقلیمی نیز شناسایی و استراتژی‌های حمایتی در جهت حفاظت از تنوع زیستی آنها انجام خواهد شد (Hartbauer, 2023).

نتیجه‌گیری کلی

حشرات با دارا بودن متنوع ترین و بیشترین تعداد گونه در بین موجودات روی زمین و همچنین عملکرد اکولوژیک مختلف در اکوسیستم جنگل نقش بسیار مهم در زندگی انسان‌ها و حفاظت از تنوع زیستی جنگل ایفا می‌کنند. پیشرفت فناوری‌های

هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی توانسته در جنبه‌های مختلف حشرات از جمله بیولوژی، اکولوژی و مرفولوژی به عنوان ابزاری قدرتمند در پژوهش‌های محققین و متخصصین در زمینه حشره‌شناسی جنگل موثر باشد. الگوریتم‌های هوش مصنوعی مبتنی بر یادگیری عمیق با استفاده از اطلاعات تصاویر حشرات و اطلاعات ژنتیکی، حشرات را در مدت زمانی کوتاه و دقیق شناسایی و رده‌بندی کرده که این امر در مطالعات تنوع زیستی و پویایی جمعیت حشرات اهمیت زیادی دارد. هوش مصنوعی با تجزیه و تحلیل اطلاعات بسیار زیادی که به‌آن داده می‌شود توانایی بررسی ژنتیک و سیر تکامل حشرات را داشته و در پیش‌بینی رفتار و الگوی پراکنش حشرات و بررسی روند تغییرات احتمالی آنها بر اثر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی در پژوهش‌های متخصصین حشره شناس بسیار کاربردی عمل کرده است. به طور تقریبی زمان و مکان طغیان گونه-های مخرب حشرات را هشدار خواهد داد و اینگونه به مطالعه روابط بین گونه‌های حشرات، حشرات و اکوسیستم جنگل می-پردازد. اگرچه فناوری‌های هوش مصنوعی منتقدینی داشته که به دلیل سو استفاده‌های احتمالی از این فناوری‌ها مورد انتقاد قرار گرفته اما سرعت و دقت ماشینی در این روش نگرش جدیدی از پیشرفت‌های شگرف را در زمینه حشره‌شناسی جنگل ایجاد کرده است.

لازم است بدانیم فناوری‌های هوش مصنوعی نه به عنوان روش جایگزین روش‌های سنتی، بلکه به عنوان روشی تکمیلی در جهت سرعت بخشیدن به شناسایی حشرات و پیش‌بینی الگوهای رفتاری و تعیین زیستگاه مناسب آنها در کنار روش‌های اصولی قدم برخواهد داشت.

منابع

مروی مهاجر، م، (۱۳۹۲). جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۸ صفحه.

Alison,J.Paine,T.,Slipers,B.,Wingfield, M. (2023). Forest Entomology and Pathology.Springer.810 pp.

Amini, S. and Hosseini, R. (2016). A multiplex polymerase chain reaction based method for rapid identification of two species of the genus *Scolytus* Geoffroy (Col: Curculionidae: Scolytinae) in Iran. Journal of Entomological and Acarological Research, Vol:48, No.51–81.

Buschbacher, K., Ahrens, D., Espeland, M., and Steinhage, V. (2020). Image based species identification of wild bees using convolutional neural networks. Ecological Informatics, Vol:55, No.101-107.

Boenisch, F., Rosemann, B., Wild, B., Dormagen, D., Wario, F., and Landgraf, T. (2018). Tracking all members of a honey bee colony over theirlifetime using learned models of correspondence. Frontiers in Robotics and AI, Vol:5, 35. pmid:33500921.

Couzin ID, Heins C (2023). Emerging technologies for behavioral research in changing environments. Trends in Ecology and Evolution Vol: 38 No. 4:346-354.

Christopher J. Fettig, Kier D. Klepzig, Ronald F. Billings, A. Steven Munson, T. Evan Nebeker, Jose F. Negrón, and John T. Nowak. (2007). The effectiveness of vegetation management practices for prevention and control of bark beetle infestations in coniferous forests of the western and southern United States. Forest Ecology and Management, Vol:1 No.238-24–53.

Ferreira, A. S., da Silva, N., Mesquita, F. N., Rosa, T. C., Monzón, V. H., and Mesquita-Neto, J. N. (2023). Automatic acoustic recognition ofpollinating bee species can be highly improved by deep learningmodels accompanied by pre-training and strong data augmentation. Frontiers in Plant Science, Vol:14, 1151.

Gerovichev, A., Sadeh, A., Winter, V., Bar-Massada, A., Keasar, T., and Keasar, C. (2021). High throughput data acquisition and deep learning for insect ecoinformatics. Frontiers in Ecology and Evolution, 9, 309.

Ghannem, S. S. Touaylia, and M. Boumaiza (2015). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) diversity in Center and Southern Tunisia. Arquivos Entomoloxicos, Vol:14: 177–184.

Hartbauer, M. (2023) Artificial neuronal networks arerevolutionizing entomological research. Journal of Applied Entomology: Vol:2, No.148.232–251.

Hilbert, D. (2001). The utility of artificial neural networks for modellingthe distribution of vegetation in past, present and future climates. Ecological Modelling, 146, 311–327.

Hogeweg, L., Zeegers, T., Katramados, I., and Jongejans, E. (2019). Smart insect cameras. Biodiversity Information Science and Standards, 3,e39241.

Kaya,Y.,Kayci,L.,Tekin,R.,and Faruk, E.Ö.(2014). Evaluationoftexture features for automatic detecting butterfly species using extreme learning machine. Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence, Vol: 26, 267–281.

Kasinathan, T., Singaraju, D., and Uyyala, S. R. (2021). Insect classificationand detection in field crops using modern machine learning techniques. Information Processing in Agriculture,Vol: 8, 446–457.

Lima, C. F., Leandro, D. A., Valero, C., Coronel, L., and Bazzo, C. (2020). Automatic detection and monitoring of insect pests—A review. Agriculture, 10, 161.

Li, J., Zhou, H., Wang, Z., and Jia, Q. (2020). Multi-scale detection of storedgrain insects for intelligent monitoring. Computers and Electronics inAgriculture, No. 168, 105-114.

Marvasti-Zadeh, S.M., Goodsman, D., Ray, N., Erbilgin, N., (2023). Early detection of bark beetle attack using remote sensing and machine learning: A review. ACM Comput. Surv. 56 (4), 1–40.

Matheson, C. A. (2014). iNaturalist. Reference Reviews, Vol:8 No.28, 36–38.

Martins, A. C., Silva, D. P., Marco, P., and Melo, G. A. R. (2015). Species conservation under future climate change: The case of Bombus bellicosus, a potentially threatened south American bumblebee species. Journal of Insect Conservation, No.19, 33–43.

Mathis, M. W., and Mathis, A. (2020). Deep learning tools for the measurement of animal behavior in neuroscience. Current Opinion inNeurobiology, No.60, 1–11.

Noriega, J.A., Hortal, J., deCastro-Arrazola, I. (2023). Dung removal increases under higher dung beetle functional diversity regardless of grazing intensification. Nat Commun No.14, 8070.

R.J. Hall, G. Castilla, J.C. White, B.J. Cooke, and R.S. Skakun (2016). Remote sensing of forest pest damage: A review and lessons learned from a canadian perspective. The Canadian Entomologist, 148(S1): 296–356.

Rainio, J. and Niemela, J. (2003). Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) as Bioindicators. Biodiversity and Conservation, No.12, 487-506.

Sankarganesh, E. (2017). Insect biodiversity: The teeming millions-A review. Bull Environ Pharmacol Life Sci, 6, 101-5.

Steven L Edburg, Jeffrey A Hicke, Paul D Brooks, Elise G Pendall, Brent E Ewers, Urszula Norton, David Gochis, Ethan D Gutmann, and Arjan JH Meddens. (2012). Cascading impacts of bark beetle-caused tree mortality on coupled biogeophysical and biogeochemical processes. Frontiers in Ecology and the Environment, Vol: 8 No.10. 416–424.

Silvestro, D., Goria, S., Sterner, T., and Antonelli, A. (2022). Improvingbiodiversity protection through artificial intelligence. NatureSustainability, Vol: 5, 415–424.

Stefanec, M., Hofstadler, D. N., Krajník, T., Turgut, A. E., Alemdar, H. Lennox, B., Şahin, E., Arvin, F., and Schmickl, T. (2022). A minimallyinvasive approach towards “ecosystem hacking” with honeybees. Frontiers in Robotics and AI, 9, 791921.

Singh, A., Mehrotra, R., Rajput, V. D., Dmitriev, P., Singh, A. K., Kumar, P., Tomar, R., Singh, O., and Singh, A. K. (2022). Geoinformatics, artificialintelligence, sensor technology, big data. In P. Kumar, A. K. Pandey, S. K. Singh, S. S. Singh, and V. K. Singh (Eds.), Sustainable agriculturesystems and technologies (pp. 295–313).

Ulyshen, M.D., Wilson, A.C., Ohlson, G.C., Pokswinksi, S.M., Hiers, J.K., (2021). Frequent prescribed fres favour ground-nesting bees in southeastern U.S. forests. Insect Conservation. Diversity. No.14, 527–534.

Ulyshen MD, Wagner TL (2013). Quantifying arthropod contributions to wood decay. Methods Ecology Evolution No.4:345–352.

Venegas, P., Calderon, F., Riofrío, D., Benítez, D., Ramón, G., CisnerosHeredia, D., Coimbra, M., Rojo-Álvarez, J. L., and Pérez,N. (2021). Automatic ladybird beetle detection using deep-learning models. PLoS One, 16, e0253027.

Wu, S., Chang, C.-M., Mai, G.-S., Rubenstein, D. R., Yang, C.-M., Huang, Y.-T., Lin, H. H., Shih, L. C., Chen, S. W., and Shen, S. F. (2019). Artificialintelligence reveals environmental constraints on colour diversityin insects. Nature Communications, No.10, 4554.

Xing, S., and Lee, H. J. (2022). Crop pests and diseases recognition using DANet with TLDP. Computers and Electronics in Agriculture, No.199, 107144.

Xue, Y., Lin, C., Wang, Y., Liu, W., Wan, F., Zhang, Y., and Ji, L. (2022). Predicting climate change effects on the potential distribution oftwo invasive cryptic species of the Bemisia tabaci species complex in China. Insects, No.13, 1081.

Yalcin, H. (2015). Vision based automatic inspection of insects in pheromone traps. Fourth international conference on agro-Geoinformatics (agro-geoinformatics), IEEE, 333–338.

Yu, Y., Cao, Y., Hou, D., Disse, M., Brieden, A., Zhang, H., and Yu, R. (2022). The study of artificial intelligence for predicting land use changesin an arid ecosystem. Journal of Geographical Sciences, No.32, 717–734.

Zhang, J., and Li, S. (2017). A review of machine learning based species' distribution modelling. 2017 International conference on industrial informatics- computing technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (ICIICII).

Artificial Intelligence in Forest insect Conservation

S. Amini[1*], J. Nozari[2], V. Etemad[3] and B. Hamazehee[4]

1- Ph.D. in Forest Entomology, College of Natural Resources, University of Tehran. Researcher of Botany division. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.
2- Associate Prof., Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Tehran.
3- Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
4- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.

Abstract

Insects are the most diverse and largest group of organisms on the Earth which is considered as one of the most important components of the Forest ecosystem. Insects play different ecological functions in the forest such as bio indicators, food security and food chain, pollinators, decomposers and natural enemies. Due to the critical role of insects, any disturbance, particularly during outbreak conditions cause high damage in the forest. Therefore, monitoring is essential to investigate the climate change impact on forest insects to fundamental management and conservation strategy in forests. Monitoring insect faces challenges requiring identification of specimens which is difficult and time–consuming. Artificial intelligence as a powerful tool facilitates this problem and identify and classify insects accurately through various algorithm. AI using Deep Learning and Machine learning algorithms and image processing which can analysis image to identify species, early detection and management. Additionally, machine learning allows for simulating insect behavior and their responses to environmental factors and anthropogenic pressure, AI can predict changes in species distribution in the future in response to environmental factors and verifying suitable habitats by using deep learning and Machine learning. Understanding the relationship between species and insect behavior paly crucial role in strategic planning and biodiversity conservation especially for endangered species .AI although showed limitations but recognized as a powerful tool for forest ecosystem conservation and management. The aim of this study is to review the most significant advantages, limitations, and impacts of AI in forest entomology based on recent research and studies.

Keywords: Artificial intelligence, Biodiversity, Deep learning, forest insect, Conservation.

*Corresponding author Tel: +98 9129688746 Email: Sudabe.amini@ut.ac.ir

نقش سوسک‌های پوستخوار در انتقال بیمارگرهای قارچی در جنگل

مهرداد علیزاده[۱] و سودابه امینی[۲*]

۱- دکتری بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
۲- دکتری حشره‌شناسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. محقق بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

سوسک‌های پوستخوار نقش پیچیده‌ای در اکوسیستم‌های جنگلی داشته که هم به‌عنوان تجزیه‌کننده و هم به‌عنوان ناقل بیماری عمل می‌کنند. این سوسک‌ها با تسهیل چرخه مواد مغذی، بازسازی جنگل‌ها و افزایش تنوع زیستی از طریق مرگ و میر انتخابی درختان، به سلامت اکوسیستم کمک می‌کنند. با این حال، تعامل آن‌ها با بیمارگرهای قارچی می‌تواند مرگ و میر درختان را تشدید کرده و بر سلامت جنگل تأثیر منفی بگذارد. سوسک‌های پوستخوار حامل قارچ‌های بیماری‌زای هستند که می‌توانند درختان را آلوده کرده و منجر به بیماری‌هایی مانند شانکر و تضعیف بیشتر میزبان شوند. در طول شیوع گسترده، برخی از گونه‌های سوسک پوستخوار ممکن است به درختان سالم آسیب برسانند و چالش‌هایی را برای تولید چوب و مدیریت جنگل ایجاد کنند. با این وجود، در جنگل‌های سالم، سوسک‌های پوستخوار با ارتقای تنوع ساختاری و ایجاد شکاف‌هایی که امکان استقرار گونه‌های گیاهی جدید را فراهم می‌کند، به انعطاف‌پذیری اکولوژیکی جنگل کمک می‌کنند. بنابراین، درک پویایی چندوجهی سوسک‌های پوستخوار برای مدیریت مؤثر جنگل و توسعه استراتژی‌های حفاظتی ضروری است.

واژگان کلیدی: سوسک پوست، جنگل، مرگ و میر، بیمارگرها، تاب‌آوری، تنوع زیستی.

مقدمه

سوسک‌های پوستخوار، عمدتاً متعلق به زیرخانواده Scolytinae و خانواده Curculionidae، نقش‌های چندوجهی در اکوسیستم‌های جنگلی ایفا می‌کنند و به‌طور قابل‌توجهی بر سلامت درختان، پویایی جنگل‌ها و تنوع زیستی کلی تأثیر می‌گذارند. این حشرات به دلیل تأثیر عمیقی که بر ساختار و عملکرد جنگل دارند، اغلب به‌عنوان گونه‌های اصلی و مهندسان اکوسیستم در نظر گرفته می‌شوند. فعالیت‌های آن‌ها می‌تواند منجر به پیامدهای مثبت و منفی شود که بستگی به بافت اکولوژیکی و تعاملات خاص درگیر دارد. یکی از نقش‌های اصلی سوسک‌های پوستخوار، سهم آن‌ها در مرگ و میر درختان است. این مرگ و میر می‌تواند با ایجاد شکاف‌هایی در تاج پوشش درختان، اجازه ورود نور خورشید را به کف جنگل بدهد و بدین ترتیب بازسازی جنگل را تسهیل کند. این فرایند سبب رشد پوشش گیاهی زیرزمینی و ایجاد نهال‌های جدید می‌شود (Fettig et al., 2011; Fora et al., 2015). جمعیت بیش از حد سوسک‌های پوستخوار می‌تواند منجر به کاهش قابل‌توجهی

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۹۶۸۸۷۴۶ ایمیل: Sudabe.amini@ut.ac.ir

در تراکم درختان جنگلی نیز شود، به‌ویژه در جنگل‌های با ارزش درختان کهنسال که این امر می‌تواند اثرات آبشاری بر تنوع زیستی جنگل و خدمات اکوسیستم داشته باشد (Sommerfeld et al., 2020; Kärvemo et al., 2017).

رابطه بین سوسک‌های پوستخوار و درختان میزبان آن‌ها پیچیده و تحت تأثیر عوامل محیطی مختلفی از جمله شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های جنگل قرار دارد. به‌عنوان مثال، مطالعات اخیر نشان داده‌اند که شرایط خشکسالی می‌تواند شیوع سوسک‌های پوستخوار را تشدید کند، زیرا این شرایط دفاع درختان را تضعیف کرده و آن‌ها را بیشتر در معرض حمله قرار می‌دهد (Bennett et al., 2015; Jaime et al., 2022). این پدیده به‌ویژه در جنگل‌های مخروطی مشهود است، جایی که گونه‌هایی مانند سوسک کاج کوهی (*Dendroctonus ponderosae*) در دوره‌های خشکسالی طولانی سبب مرگ و میر گسترده درختان شده‌اند (Hicke et al., 2013). تعامل بین سوسک‌های پوستخوار و آب و هوا بسیار حیاتی است، زیرا تغییرات در الگوهای دما و بارش می‌تواند دینامیک جمعیت سوسک‌ها و درختان میزبان آن‌ها را تغییر دهد و منجر به تغییرات در ترکیب و ساختار جنگل شود (Preisler et al., 2012; Seidl et al., 2015). علاوه بر این، سوسک‌های پوستخوار به‌طور خاص به درختان تحت استرس یا تضعیف شده حمله می‌کنند که این امر می‌تواند استراتژی‌های مدیریت جنگل را که هدف‌شان حفظ اکوسیستم‌های سالم است، پیچیده‌تر کند (Rubín-Aguirre et al., 2015; Fettig et al., 2021).

اثر روی چرخه مواد غذایی

سوسک‌های پوستخوار همچنین نقش مهمی در چرخه مواد مغذی در اکوسیستم‌های جنگلی ایفا می‌کنند. هنگامی که آن‌ها به درختان نفوذ می‌کنند، مسیرهایی ایجاد می‌کنند که اجازه می‌دهد چوب تجزیه شود و مواد مغذی به خاک بازگردد. این فرایند با کمک انواع مختلف قارچ‌هایی که بر روی چوب مرده مستقر می‌شوند، تسهیل می‌شود و به سلامت کلی خاک جنگل کمک کرده و رشد سایر گونه‌های گیاهی را ترویج می‌کند (Veselá et al., 2019; Pec et al., 2016). کاهش تراکم درختان به دلیل آلودگی سوسک‌های پوستخوار می‌تواند منجر به تغییراتی در ساختار جامعه قارچی خاک شود که ممکن است بر دسترسی مواد مغذی برای پوشش گیاهی باقی‌مانده تأثیر بگذارد (Pec et al., 2016). علاوه بر این، وجود درختان مرده می‌تواند تنوع زیستگاهی را افزایش دهد و مکان‌هایی برای انواع موجودات، از جمله پرندگان، حشرات و دیگر حیات وحش فراهم کند (Meddens et al., 2012; Bright et al., 2013).

اثر روی احیای جنگل

از نظر بازسازی جنگل، دینامیک‌های پس از شیوع سوسک‌های پوستخوار تحت تأثیر چندین عامل قرار دارد، از جمله وجود گونه‌های غیرمیزبان و تاب‌آوری پوشش گیاهی زیرین. مطالعات نشان داده‌اند که مناطق با پوشش گیاهی زیرین متنوع می‌توانند به‌طور مؤثرتری از اختلالات ناشی از سوسک‌های پوستخوار بهبود یابند، زیرا این گیاهان می‌توانند منابع ضروری را فراهم کرده و خاک را تثبیت کنند (Chisholm et al., 2021; Andrus et al., 2020). با این حال، فرایند بازسازی می‌تواند با چرای نشخوارکنندگان مختل شود، که می‌تواند تجدید نسل گونه‌های درختی را محدود کرده و مسیر بازسازی جنگل را تغییر دهد (Andrus et al., 2020). این تعامل بین چرای نشخوارکنندگان و اختلالات ناشی از سوسک‌های پوستخوار، پیچیدگی اکوسیستم‌های جنگلی و نیاز به رویکردهای مدیریت یکپارچه که تعاملات اکولوژیکی متعدد را در نظر بگیرد، نشان می‌دهد. پیامدهای اکولوژیکی فعالیت سوسک‌های پوستخوار فراتر از مرگ و میر فوری درختان است؛ آن‌ها همچنین بر میکروکلیماها و هیدرولوژی جنگل تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال، حذف درختان می‌تواند منجر به افزایش نفوذ نور خورشید

شود که ممکن است دمای خاک را بالا برده و سطح رطوبت در کف جنگل را تغییر دهد (Bright et al., 2013). این تغییرات می‌توانند تأثیرات قابل‌توجهی بر ترکیب و توزیع گونه‌های گیاهی و همچنین بر سلامت کلی اکوسیستم جنگل داشته باشند. علاوه بر این، شیوع سوسک‌های پوستخوار می‌تواند شرایطی را ایجاد کند که به نفع استقرار گونه‌های مهاجم باشد و دینامیک‌ها و تلاش‌های مدیریت جنگل را پیچیده‌تر کند (Seidl et al., 2015; Kärvemo et al., 2017).

اثر روی انتقال بیمارگرهای قارچی

سوسک‌های پوست‌خوار نقش مهمی در انتقال بیمارگرهای قارچی به‌ویژه از طریق تعاملات خود با انواع مختلف گونه‌های قارچی مرتبط با چرخه زندگی‌شان ایفا می‌کنند. این سوسک‌ها، که عمدتاً از خانواده Curculionidae هستند، به عنوان ناقل طیف وسیعی از قارچ‌های بیمارگر گیاهی شناخته می‌شوند که می‌توانند منجر به مرگ درختان و خسارت به جنگل شوند. رابطه بین سوسک‌های پوستخوار و همزیست‌های قارچی آن‌ها پیچیده است و معمولاً با ویژگی‌هایی مانند همزیستی مثبت، همزیستی خنثی یا آنتاگونیسم مشخص می‌شود که بسته به زمینه تعاملات و گونه‌های خاص متفاوت است (Bezos et al., 2018; Popa et al., 2012). به‌عنوان مثال، مطالعات نشان داده‌اند که در حالی که برخی از سوسک‌های پوستخوار مانند *Ips typographus* با قارچ‌های بیماری‌زایی مانند *Ophiostoma* و *Grosmannia* مرتبط هستند و می‌توانند دفاع درختان را تضعیف کرده و تسهیل‌کننده استقرار سوسک‌ها باشند، سایر سوسک‌ها ممکن است قارچ‌های بیماری‌زا را حمل نکنند، اما همچنان با آسیب رساندن به درختان و ایجاد نقاط ورود برای هاگ‌های معلق در هوا به گسترش بیمارگرهای قارچی کمک کنند (Six and Wingfield, 2011; Bezos et al., 2018).

دینامیک انتقال این بیمارگرهای قارچی تحت تأثیر عوامل اکولوژیکی مختلفی قرار دارد، از جمله رفتار تغذیه‌ای سوسک‌ها، سیگنال‌های شیمیایی منتشر شده توسط هر دو طرف، یعنی سوسک‌ها و قارچ‌ها، و شرایط محیطی اطراف درختان میزبان. به‌عنوان مثال، ترکیبات آلی فرار (VOCs) تولید شده توسط همزیست‌های قارچی می‌توانند سوسک‌های پوستخوار را جذب کنند و توانایی آن‌ها را برای شناسایی میزبان‌های مناسب افزایش دهند (Jirošová et al., 2022; Cale et al., 2016). این جذب تنها یک اتفاق تصادفی نیست؛ بلکه جنبه‌ای حیاتی از استراتژی تولید مثل سوسک‌ها است، زیرا حملات انبوه به درختان معمولاً دفاع میزبان را تحت فشار قرار می‌دهد و منجر به استقرار موفق و عفونت قارچی بعدی می‌شود (Zhao et al., 2015). علاوه بر این، توانایی برخی از قارچ‌ها در تجزیه فنولیک‌های درختی که بخشی از مکانیسم‌های دفاعی گیاه هستند، به این قارچ‌ها اجازه می‌دهد تا در محیط‌هایی که ممکن است به دلیل مقاومت میزبان محدود شوند، رشد کنند (Lahr and Krokene, 2013; Zhao et al., 2019).

تحقیقات اخیر نقش سوسک‌های پوستخوار را به عنوان ناقل انواع مختلف بیمارگرهای قارچی که مسئول بیماری‌های قابل توجه درختان هستند، مورد تأکید قرار داده است. به‌عنوان مثال، *Ceratocystis fimbriata* که با درختان انبه مرتبط است، توسط سوسک‌های پوستخوار خاصی منتقل می‌شود که اهمیت این حشرات را در اپیدمیولوژی بیماری‌های درختی نشان می‌دهد (Galdino et al., 2016). به‌طور مشابه، مطالعات نشان داده‌اند که سوسک پوست‌خوار کاج کوهی مهاجم (*Dendroctonus ponderosae*) ناقل چندین گونه قارچ بیمارگر است که می‌تواند خسارت در جنگل‌های کاج (*Pinus contorta*) را تشدید کند (Zaman et al., 2023). پیامدهای این تعاملات فراتر از سلامت فردی درختان است؛ آن‌ها می‌توانند بر کل اکوسیستم‌های جنگلی تأثیر بگذارند و ترکیب گونه‌ها و دینامیک جنگل را تغییر دهند (Six and Elser, 2020).

علاوه بر این، تعاملات سوسک پوستخوار و قارچ‌ها نشان‌دهنده تعادل بین مزایای تغذیه‌ای ناشی از ارتباطات قارچی و اثرات بیماری‌زای این قارچ‌ها بر روی درختان میزبان است. در حالی که برخی از قارچ‌ها مواد مغذی ضروری را فراهم می‌کنند که از رشد سوسک‌ها حمایت می‌کند، دیگر گونه‌ها عمدتاً به عنوان بیمارگر عمل کنند و منجر به مرگ درختان و تسهیل آلودگی بیشتر سوسک‌ها شوند (Lehenberger et al., 2021). این نقش دوگانه فهم دینامیک‌های سوسک پوستخوار و قارچ را پیچیده‌تر می‌کند، زیرا همان گونه قارچی ممکن است بسته به زمینه تعاملات خود رفتارهای همزیستی مثبت و بیماری‌زا را نشان دهد (Popa et al., 2012).

تعامل با جامعه میکروبی

سوسک‌های پوستخوار علاوه بر تعامل مستقیم با درختان، با جامعه میکروبی گسترده‌تری شامل سایر قارچ‌ها و باکتری‌ها که می‌توانند بر پتانسیل بیماری‌زایی آن‌ها تأثیر بگذارند، درگیر هستند. به عنوان مثال، حضور قارچ‌های رقیب می‌تواند بر شدت بیمارگرهای مرتبط با سوسک‌های پوست‌خوار تأثیر بگذارد. مطالعات نشان داده‌اند که رقابت قارچ‌های همزیست و بیمارگر منجر به مرگ و میر لاروهای سوسک‌های پوستخوار می‌شود (Vissa and Hofstetter, 2017). این موضوع اهمیت در نظر گرفتن کل چشم‌انداز میکروبی را هنگام مطالعه برهم‌کنش‌های سوسک و قارچ پوست نشان می‌دهد، زیرا نتایج این فعل و انفعالات می‌تواند به طور قابل‌توجهی براساس ترکیب جامعه میکروبی موجود متفاوت باشد. علاوه بر این، حرکت جهانی چوب و محصولات چوبی نگرانی‌هایی را در مورد معرفی مجتمع‌های قارچی غیربومی سوسک پوست به محیط‌های جدید ایجاد کرده است که ممکن است منجر به پیامدهای زیست‌محیطی پیش‌بینی نشده شود (Linnakoski et al., 2012). پاسخ گونه‌های میزبان به این فعل و انفعالات جدید ممکن است غیرقابل پیش‌بینی باشد و اغلب منجر به مشکلات جدی در سلامت جنگل و اثرات اقتصادی خواهد شد (Six and Elser, 2020).

نتیجه‌گیری کلی

سوسک‌های پوستخوار به‌عنوان عوامل حیاتی تغییر در اکوسیستم‌های جنگلی عمل می‌کنند و بر مرگ و میر درختان، چرخه مواد مغذی و تنوع زیستی تأثیر می‌گذارند. تعامل آن‌ها با درختان میزبان و جامعه اکولوژیکی گسترده‌تر بر پیچیدگی پویایی جنگل و اهمیت در نظر گرفتن این عوامل در مدیریت جنگل و استراتژی‌های حفاظتی تأکید می‌کند. با توجه به اینکه تغییرات آب و هوایی به تغییر شرایط محیطی ادامه می‌دهد، درک نقش سوسک‌های پوستخوار در اکوسیستم‌های جنگلی برای پیش‌بینی و کاهش اثرات آن‌ها بر سلامت و انعطاف‌پذیری جنگل ضروری است. علاوه بر این، سوسک‌های پوستخوار به‌عنوان ناقل‌های حیاتی برای بیمارگرهای قارچی عمل می‌کنند که برهم‌کنش‌های آن‌ها تحت تأثیر یک تعامل پیچیده از عوامل اکولوژیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار دارد. نقش دوگانه این قارچ‌ها به‌عنوانشرکای متقابل و بیمارگر بر پویایی پیچیده اکوسیستم‌های جنگلی و پیامدهای بالقوه شیوع سوسک‌های پوستخوار تأکید می‌کند. تحقیقات آینده باید به بررسی این تعاملات، به ویژه در زمینه تغییر شرایط محیطی و تجارت جهانی، برای پیش‌بینی و مدیریت بهتر اثرات سوسک‌های پوستخوار و بیمارگرهای قارچی مرتبط با آن‌ها بر سلامت جنگل ادامه یابد.

منابع

Andrus, R., Hart, S., and Veblen, T. (2020). Forest recovery following synchronous outbreaks of spruce and western balsam bark beetle is slowed by ungulate browsing. Ecology, 101(5). https://doi.org/10.1002/ecy.2998.

Bennett, A., McDowell, N., Allen, C., and Anderson-Teixeira, K. (2015). Larger trees suffer most during drought in forests worldwide. Nature Plants, 1(10). https://doi.org/10.1038/nplants.2015.139.

Bezos, D., Martínez-Álvarez, P., Sanz-Ros, A., Martín-García, J., and Fernández, M. (2018). Fungal communities associated with bark beetles in *Pinus radiata* plantations in northern spain affected by pine pitch canker, with special focus on fusarium species. Forests, 9(11), 698. https://doi.org/10.3390/f9110698.

Bright, B., Hicke, J., and Meddens, A. (2013). Effects of bark beetle-caused tree mortality on biogeochemical and biogeophysical modis products. Journal of Geophysical Research Biogeosciences, 118(3), 974-982. https://doi.org/10.1002/jgrg.20078.

Cale, J., Collignon, R., Klutsch, J., Kanekar, S., Hussain, A., and Erbilgin, N. (2016). Fungal volatiles can act as carbon sources and semiochemicals to mediate interspecific interactions among bark beetle-associated fungal symbionts. Plos One, 11(9), e0162197. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162197.

Chisholm, P., Stevens-Rumann, C., and Davis, T. (2021). Interactions between climate and stand conditions predict pine mortality during a bark beetle outbreak. Forests, 12(3), 360. https://doi.org/10.3390/f12030360.

Fettig, C., Hayes, C., Jones, K., McKelvey, S., Mori, S., and Smith, S. (2011). Thinning jeffrey pine stands to reduce susceptibility to bark beetle infestations in California, u.s.a. Agricultural and Forest Entomology, 14(1), 111-117. https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2011.00543.x.

Fettig, C., Mortenson, L., and Audley, J. (2021). Tree mortality following thinning and prescribed burning in central oregon, u.s.. Forests, 12(12), 1677. https://doi.org/10.3390/f12121677.

Fora, C., Lauer, K., Moatăr, M., and Stanciu, S. (2015). The evaluation of the bark beetles populations on spruce logging debris. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Horticulture, 72(2). https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:11365.

Galdino, T., Kumar, S., Oliveira, L., Alfenas, A., Neven, L., Al-Sadi, A. and Picanço, M. (2016). Mapping global potential risk of mango sudden decline disease caused by *Ceratocystis fimbriata*. Plos One, 11(7), e0159450. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159450.

Hicke, J., Meddens, A., Allen, C., and Kolden, C. (2013). Carbon stocks of trees killed by bark beetles and wildfire in the western United States. Environmental Research Letters, 8(3), 035032. https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/035032.

Jaime, L., Batllori, E., Ferretti, M., and Lloret, F. (2022). Climatic and stand drivers of forest resistance to recent bark beetle disturbance in European coniferous forests. Global Change Biology, 28(8), 2830-2841. https://doi.org/10.1111/gcb.16106.

Jirošová, A., Modlinger, R., Hradecký, J., Ramakrishnan, R., Beránková, K., and Kandasamy, D. (2022). Ophiostomatoid fungi synergize attraction of the eurasian spruce bark beetle, ips typographus to its aggregation pheromone in field traps. Frontiers in Microbiology, 13. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.980251.

Kärvemo, S., Björkman, C., Johansson, T., Weslien, J., and Hjältén, J. (2017). Forest restoration as a double-edged sword: the conflict between biodiversity conservation and pest control. Journal of Applied Ecology, 54(6), 1658-1668. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12905.

Lahr, E. and Krokene, P. (2013). Conifer stored resources and resistance to a fungus associated with the spruce bark beetle *Ips typographus*. Plos One, 8(8), e72405. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072405.

Lehenberger, M., Benkert, M., and Biedermann, P. (2021). Ethanol-enriched substrate facilitates ambrosia beetle fungi, but inhibits their pathogens and fungal symbionts of bark beetles. Frontiers in Microbiology, 11. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.590111.

Linnakoski, R., Beer, Z., Duong, T., Niemelä, P., Pappinen, A., and Wingfield, M. (2012). *Grosmannia* and *Leptographium* spp. associated with conifer-infesting bark beetles in finland and russia, including *Leptographium taigense* sp. nov.. Antonie Van Leeuwenhoek, 102(2), 375-399. https://doi.org/10.1007/s10482-012-9747-6.

Meddens, A., Hicke, J., and Ferguson, C. (2012). Spatiotemporal patterns of observed bark beetle-caused tree mortality in british columbia and the western united states. Ecological Applications, 22(7), 1876-1891. https://doi.org/10.1890/11-1785.1.

Pec, G., Karst, J., Taylor, D., Cigan, P., Erbilgin, N., Cooke, J. and Cahill, J. (2016). Change in soil fungal community structure driven by a decline in ectomycorrhizal fungi following a mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae*) outbreak. New Phytologist, 213(2), 864-873. https://doi.org/10.1111/nph.14195.

Popa, V., Déziel, É., Lavallée, R., Bauce, É., and Guertin, C. (2012). The complex symbiotic relationships of bark beetles with microorganisms: a potential practical approach for biological control in forestry. Pest Management Science, 68(7), 963-975. https://doi.org/10.1002/ps.3307.

Preisler, H., Hicke, J., Ager, A., and Hayes, J. (2012). Climate and weather influences on spatial temporal patterns of mountain pine beetle populations in washington and oregon. Ecology, 93(11), 2421-2434. https://doi.org/10.1890/11-1412.1.

Rubín-Aguirre, A., Sáenz-Romero, C., Lindig-Cisneros, R., del-Rio-Mora, A., Tena-Morelos, C., Campos-Bolaños, R. and del-Val, E. (2015). Bark beetle pests in an altitudinal gradient of a Mexican managed forest. Forest Ecology and Management, 343, 73-79. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.01.028.

Seidl, R., Müller, J., Hothorn, T., Bässler, C., Heurich, M., and Kautz, M. (2015). Small beetle, large-scale drivers: how regional and landscape factors affect outbreaks of the European spruce bark beetle. Journal of Applied Ecology, 53(2), 530-540. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12540.

Six, D. and Elser, J. (2020). Mutualism is not restricted to tree-killing bark beetles and fungi: the ecological stoichiometry of secondary bark beetles, fungi, and a scavenger. Ecological Entomology, 45(5), 1134-1145. https://doi.org/10.1111/een.12897.

Six, D. and Wingfield, M. (2011). The role of phytopathogenicity in bark beetle–fungus symbioses: a challenge to the classic paradigm. Annual Review of Entomology, 56(1), 255-272. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144839.

Sommerfeld, A., Rammer, W., Heurich, M., Hilmers, T., Müller, J., and Seidl, R. (2020). Do bark beetle outbreaks amplify or dampen future bark beetle disturbances in central Europe? Journal of Ecology, 109(2), 737-749. https://doi.org/10.1111/1365-2745.13502.

Veselá, P., Vašutová, M., Edwards-Jonášová, M., and Cudlín, P. (2019). Soil fungal community in Norway spruce forests under bark beetle attack. Forests, 10(2), 109. https://doi.org/10.3390/f10020109.

Vissa, S. and Hofstetter, R. (2017). The role of mites in bark and ambrosia beetle-fungal interactions. https://doi.org/10.5772/67106.

Zaman, R., Antonioli, F., Shah, A., Ullah, A., May, C., Klutsch, J. and Erbilgin, N. (2023). A pine in distress: how infection by different pathogenic fungi affect lodgepole pine chemical defenses. Microbial Ecology, 86(4), 2666-2673. https://doi.org/10.1007/s00248-023-02272-0.

Zhao, T., Axelsson, K., Krokene, P., and Borg-Karlson, A. (2015). Fungal symbionts of the spruce bark beetle synthesize the beetle aggregation pheromone 2-methyl-3-buten-2-ol. Journal of Chemical Ecology, 41(9), 848-852. https://doi.org/10.1007/s10886-015-0617-3.

Zhao, T., Kandasamy, D., Krokene, P., Chen, J., Gershenzon, J., and Hammerbacher, A. (2019). Fungal associates of the tree-killing bark beetle, ips typographus, vary in virulence, ability to degrade conifer phenolics and influence bark beetle tunneling behavior. Fungal Ecology, 38, 71-79. https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.06.003.

Bark beetle roles in pathogen transmission in forests

M. Alizadeh [1] and S. Amini [2*]

1- Ph.D. in Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2- Ph.D. in Forest Entomology, College of Natural Resources, University of Tehran. Researcher of Botany division. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.

Abstract
Bark beetles play a complex role in forest ecosystems, acting as both decomposers and disease vectors. While they facilitate nutrient cycling, forest regeneration, and biodiversity through selective tree mortality, their interactions with fungal pathogens can also exacerbate tree mortality and impact forest health. Bark beetles carry pathogenic fungi that can infect trees, leading to canker diseases and further weakening the host. During mass outbreaks, certain bark beetle species can become detrimental by overwhelming healthy trees, posing challenges for timber production and forest management. However, in healthy forests, bark beetles contribute to ecological resilience by promoting structural diversity and creating gaps that allow for the establishment of new plant species. Understanding the multifaceted dynamics of bark beetles is crucial for effective forest management and conservation strategies

Keywords: Bark Beetles, Forest, Mortality, Pathogens, Resilience, Diversity.

*Corresponding author Tel: +98 9129688746 Email: Sudabe.amini@ut.ac.ir

ضرورت آموزش به موقع و تاثیرگذار در زمینه اهمیت و حفظ منابع طبیعی

آمنه خانعلیزاده*

- دکتری جنگلداری. کارشناس استعدادیابی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری غرب استان مازندران- نوشهر.

چکیده

امروزه حفظ، توسعه و احیای منابع طبیعی یکی از پایه‌های اصلی طرح مدیریت پایدار محسوب می‌شود. این مهم بدون توجه به آموزش به موقع، تاثیرگذار و مسئولانه در زمینه اهمیت و ارزش منابع طبیعی میسر نخواهد شد. از این رو ایجاد و توسعه خصیصه دوستدار منابع طبیعی و احترام به ماهیت آنها با ایجاد تغییراتی در برخی از چهارچوب‌ها و سیاست‌ها در سازمان‌های مربوطه امکان‌پذیر خواهد بود. آموزش افراد از دوران کودکی در بدو ورود به مدرسه قطعا یک عامل پیشگیری از فجایع و تخریب در بوم سازگان‌های طبیعی در آینده است. این آموزش‌ها می‌تواند با استفاده از روش‌های تعاملی و مبتنی بر پروژه اجرا شود تا به درک عمیق و مشارکت فعال افراد منجر شود که این روش‌ها می‌تواند شامل این موارد باشد: برگزاری پیوسته کلاس‌های آموزشی در مراکز آموزشی، جشنواره‌ها و مسابقات، نصب تابلوهای جذاب با ساختار کودکانه، تدوین کتابچه‌ها و بروشورهای آموزشی در قالب داستان‌های کوتاه، رنگ‌آمیزی، راه‌اندازی ایستگاه‌های مطالعه و کتابخانه‌های مجازی با مضمون حفاظت از منابع طبیعی و معرفی مستمر آن هم در مراکز آموزشی و هم در مناطق پر تردد شهری. همچنین پایش، ارزیابی و بهبود مستمر برنامه‌ها، طراحی سیستم‌های نظارت و ارزیابی کیفی برنامه‌ها، انجام نظرسنجی‌ها و دریافت بازخوردهای از ذینفعان، تجزیه و تحلیل نتایج و اعمال اصلاحات و بهبودها نیز ضروری است. این سرمایه‌گذاری در آموزش نسل کودک و نوجوان، بهترین راه برای تضمین آینده‌ای پایدار و حفاظت از منابع طبیعی است.

واژگان کلیدی: آموزش، منابع طبیعی، مدیریت پایدار، پایش.

مقدمه

شرایط محیطی در سرتاسر جهان با سرعت نگران کننده‌ای در حال تخریب است و منجر به پیامدهایی همچون تغییرات آب و هوایی، آلودگی محیطی، تخریب زمین و کاهش تنوع زیستی شده است که از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به وجود چالش‌های اجتماعی- اکولوژیکی اشاره نمود (Barnosky and Hadly, 2016). اکوسیستم‌های کارآمد، بدون آلودگی و انعطاف پذیر برای بقاء همه موجودات زنده از جمله انسان ضروری است. بسیاری از محققان نشان دادند که حفاظت و بازیابی اکوسیستم‌های طبیعی نیازمند تغییرات اساسی در الگوهای رفتاری تولید و مصرف انسان‌ها است که منعکس کننده انتخاب‌های فردی و جمعی و در برخی موارد منعکس کننده اقدامات فرهنگی جامعه است (UN Environment, 2019). در این میان آموزش در زمینه موضوعات مرتبط با منابع طبیعی و محیط زیست به عنوان یک رویکرد، ابزار و حرفه به منظور پرورش افراد با سواد برای بررسی و رسیدگی به مسائل مذکور، به عنوان یک راهکار در نظر گرفته شده است (Monroe and

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۵۸۴۶۸۱۰ ایمیل: a.kh1988@yahoo.com

Andrews, 2008). دوران مدرسه و کودکی نقطه عطف مهمی در شکل‌گیری شخصیت و باورهای آینده افراد است. آموزش به موقع و تاثیرگذار در این مقطع می‌تواند نقش کلیدی در تربیت شهروندان مسئول و آگاه در قبال منابع طبیعی و محیط زیست ایفا کند. با آموزش در خصوص اهمیت حفظ و نگهداری از منابع طبیعی مانند آب، خاک، هوا و انرژی و جنگل و مرتع می‌توان الگوهای رفتاری و عادات مناسب را در کودکان و نوجوانان شکل داد تا آنها در آینده به عنوان شهروندان فعال و متعهد در راستای توسعه پایدار و حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آتی تلاش کنند (Mastrángelo. et al., 2019). این امر مستلزم سرمایه‌گذاری در آموزش زیست محیطی در مدارس و در میان خانواده‌ها و جامعه محلی است. آموزش به صورت فعالیت‌های عملی، پروژه‌های گروهی و برنامه‌های آموزشی جذاب می‌تواند بر نگرش و رفتار دانش آموزان تأثیر گذاشته و به تقویت یادگیری و تغییر رفتار در آنان کمک کند. برگزاری رویدادها و چالش‌های جذاب، برگزاری سفرهای طبیعت‌گردی و بازدیدهای میدانی از منابع طبیعی، تشویق دانش آموزان به ارائه نظرات و طرح‌های نوآورانه برای حفاظت از بوم سازگان طبیعی، ایجاد مشارکت‌های داوطلبانه، تقدیر و تشویق افراد فعال در این زمینه از طرف سازمانهای دولتی مربوطه، اختصاص زمان‌های مشخص در طول سال برای فعالیت‌های داوطلبانه، دعوت از مربیان و کارشناسان خبره داخلی و خارجی برای برگزاری کارگاه‌های آموزشی، استفاده از فناوری‌های نوین مانند طراحی اپلیکیشن‌های موبایلی برای ردیابی و گزارش‌دهی فعالیت‌های محیط‌زیستی، بهره‌گیری از رسانه‌های اجتماعی برای ایجاد تعامل و جذب مشارکت‌ها و استفاده از ابزارهای آنلاین برای برگزاری جلسات و کارگاه‌های مجاز می‌تواند به پرورش و تربیت افراد با مسئوولیت در زمینه حفاظت از منابع طبیعی کمک کند. با چنین رویکردی، می‌توان امیدوار بود که نسل‌های آینده به عنوان افراد مسئول و متعهد به حفظ و نگهداری از منابع طبیعی برای آیندگان خواهند پرداخت. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی چالشها و ضرورت آموزش در زمینه اهمیت و حفاظت از منابع طبیعی انجام شده است.

مواد و روشها

روش این مطالعه به صورت کیفی و با مرور و بررسی پژوهش‌ها و مقالات مرتبط با آموزش در زمینه منابع طبیعی انجام شده است. بر همین اساس، پژوهش پیش رو به بررسی و تحلیل چالشها و ضرورت آموزش، پیامدها، امکانات و نیازمندیها، گام‌های اجرایی و موانع پیش رو در زمینه آموزش مرتبط با اهمیت و حفظ منابع طبیعی پرداخته است.

نتایج و بحث

چالشها و ضرورت

آموزش به موقع و تأثیرگذار در زمینه اهمیت و حفظ منابع طبیعی، چالش‌ها و ضرورت‌هایی را به دنبال دارد که از جمله چالش‌های آن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

تغییر نگرش و رفتار: تغییر نگرش و رفتار در مورد حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی در طول زندگی یک فرد، کاری دشوار است و نیازمند آموزش مداوم و پیوسته است.

محدودیت زمانی و منابع: مدارس و مراکز آموزشی اغلب با محدودیت زمانی برنامه درسی و کمبود منابع مالی و آموزشی مواجه هستند که ممکن است اختصاص دادن زمان و بودجه کافی به این موضوع را دشوار کند.

عدم آگاهی و درک کافی: بسیاری از افراد هنوز درک کافی از اهمیت و ضرورت حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده ندارند که این خود مانعی برای انگیزش و مشارکت است.

همچنین ضرورت این موضوع به شرح زیر می‌باشد:
تأثیر آموزش در دوران کودکی: دوران کودکی و مدرسه، زمان حساسی برای شکل‌گیری نگرش‌ها، رفتارها و عادت‌های فردی است که می‌توانند تأثیر بلندمدتی بر نحوه مواجهه با منابع طبیعی داشته باشند.
ایجاد آینده پایدار: آموزش و آگاهی‌بخشی در مورد حفاظت از منابع طبیعی به نسل‌های آینده، زمینه‌ساز یک آینده پایدارتر و مسئولانه‌تر خواهد بود.
مشارکت فعال شهروندان: آموزش‌های مربوط به محیط زیست و منابع طبیعی می‌تواند افراد را به شهروندان مسئول و فعالی در حفاظت از محیط تبدیل کند.

امکانات و نیازمندی‌ها

۱- **امکانات**: برنامه‌های درسی و فعالیت‌های آموزشی متناسب با سن و نیازهای دانش‌آموزان، محتوای آموزشی جذاب و تعاملی (کتابچه‌های آموزشی، فیلم‌ها، بازی‌های آموزشی، آزمایش‌های سرگرم‌کننده)، تجهیزات و امکانات لازم برای فعالیت‌های میدانی و کارگاه‌های عملی، همکاری و مشارکت بین مدارس، سازمان‌های مربوطه (منابع طبیعی و آبخیزداری و محیط زیست و رسانه‌ها)، مربیان و معلمان آموزش‌دیده در زمینه منابع طبیعی و آموزش تلفیقی
۲- **نیازمندی‌ها**: بازنگری در برنامه‌های درسی برای تقویت محتوای منابع طبیعی و تعاملی، تأمین اعتبارات و بودجه کافی برای اجرای فعالیت‌های آموزشی عملی، ایجاد زیرساخت‌های لازم برای بازدیدهای میدانی (مانند اردوگاه‌ها)، آموزش و توانمندسازی معلمان در زمینه‌های محیط‌زیست و روش‌های آموزشی تلفیقی، ایجاد همکاری و هماهنگی میان نهادهای مختلف (آموزش و پرورش، منابع طبیعی و آبخیزداری، محیط‌زیست، رسانه‌ها)، طراحی سیستم‌های نظارت و ارزیابی برای بهبود مستمر برنامه‌های آموزشی

گام‌های اجرایی

۱- **بازنگری و تقویت برنامه‌های درسی و آموزشی**: ادغام محتوای زیست‌محیطی در موضوعات مختلف درسی (علوم، ریاضی، هنر و ...)، طراحی واحدهای درسی ویژه با رویکرد پروژه‌محور و حل مسئله، استفاده از روش‌های تدریس فعال و مشارکتی (بحث گروهی، یادگیری مبتنی بر تجربه)
۲- **توسعه محتوای آموزشی جذاب و تعاملی**: تولید فیلم‌ها، انیمیشن‌ها و بازی‌های آموزشی، ایجاد کتاب‌های و بروشورهای آموزشی با طراحی بصری جذاب، طراحی آزمایشگاه‌های و کارگاه‌های عملی برای دانش‌آموزان
۳- **تقویت زیرساخت‌های آموزشی**: ایجاد فضاهای آموزشی مناسب (باغ‌های گیاهی، مناطق طبیعی)، تأمین تجهیزات و ابزارآلات لازم برای فعالیت‌های میدانی، ایجاد مراکز آموزشی محیط‌زیستی (مانند مراکز اردوگاهی)
۴- **توانمندسازی و آموزش معلمان**: برگزاری دوره‌های آموزشی ویژه معلمان در زمینه محیط‌زیست، معرفی روش‌های نوین تدریس و یادگیری تلفیقی، ایجاد جوایز و تشویق‌های ویژه برای معلمان نمونه

۵- **ایجاد همکاری‌های بین‌بخشی**: همکاری میان وزارت آموزش و پرورش و سازمان‌های منابع طبیعی و آبخیزداری و محیط‌زیست، ایجاد مشارکت با رسانه‌ها برای انعکاس و ترویج فعالیت‌ها، همکاری با نهادهای محلی و جامعه برای مشارکت و حمایت

۶- **پایش، ارزیابی و بهبود مستمر برنامه‌ها**: طراحی سیستم‌های نظارت و ارزیابی کیفی برنامه‌ها، انجام نظرسنجی‌ها و دریافت بازخوردهای از ذینفعان، تجزیه و تحلیل نتایج و اعمال اصلاحات و بهبودها

موانع پیش رو

۱- **چالش‌های نظام آموزشی**: اولویت ندادن کافی به موضوعات منابع طبیعی و محیط زیستی در برنامه درسی و آموزشی، کمبود منابع و امکانات آموزشی مرتبط با آموزش در این رابطه، نیاز به آموزش و تربیت معلمان متخصص در این زمینه

۲- **موانع فرهنگی و اجتماعی**: نگرش‌های منفی یا بی‌تفاوتی بخشی از جامعه نسبت به محیط زیست، عدم درک کافی ارتباط بین حفظ منابع طبیعی و توسعه پایدار، ضعف در مشارکت خانواده‌ها و جامعه در برنامه‌های آموزشی

۳- **موانع اقتصادی و سیاسی**: کمبود بودجه و منابع مالی برای اجرای برنامه‌های آموزشی مرتبط، سیاست‌های کوتاه‌مدت و ناپایدار در این حوزه، تعارض منافع اقتصادی با حفاظت از منابع طبیعی و محیط زیست

۴- **چالش‌های عملیاتی و اجرایی**: عدم هماهنگی میان نهادهای مرتبط با آموزش، کمبود زیرساخت‌های لازم برای اجرای آموزش عملی و میدانی، ضعف در نظارت و ارزیابی اثربخشی برنامه‌های آموزشی

منابع

Mastrángelo, M. E., Pérez-Harguindeguy, N., Enrico, L., Bennett, E., Lavorel, S., Cumming, G.S., Zoeller, K. (2019). Key knowledge gaps to achieve global sustainability goals. 832 Nature Sustainability, 1-7. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0412-1.

Barnosky, A. D., and Hadly, E. A. (2016). Tipping point for planet earth: How close are we to the edge? New York, NY: Thomas Dunne Books.

UN Environment. (2019). Global environment outlook—GEO-6: Healthy planet, healthy people. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Monroe, M. C., and Andrews, E. (2008). A framework for environmental education strategies. Applied Environmental Education and Communication, 6(3–4), 205–216. https://doi.org/10.1080/15330150801944416.

The timely and effective training about importance and protection of natural resources

A. Khanalizadeh*

- Ph.D. of forestry, Natural resources expert, Natural resources and Watershed Management Organization, Mazandaran-Nowshahr

Abstract

Nowdays, the conservation, development and restoration of natural resources is considered one of the main foundations of the sustainable management plan. This will not be possible without timely, effective and responsible education about the importance and value of natural resources. Therefore, the creation and development of natural resources- friendly charactristics and respect to them will be possible by making changes in some frameworks and policies in relevant organizations. Educating people from childhood, when they first enter school, is definitely a factor in preventing disasters and destruction of natural ecosystems in the future. These trainings can be implemented by using interactive and project-based methods to lead to deep understanding and active participation of individuals, which can include the following: holding continuous classes in training centers, festivals and competitions, placing attractive signs with a special structure, compiling educational booklets and brochures in the form of short stories, coloring, setting up study stations and virtual libraries about protecting natural resources and continuously introducing it both in educational centers and in high-traffic urban areas. It is also necessary to continuously monitor, evaluate and improve programs, design quality monitoring and evaluation systems for programs, conduct surveys and receive feedback from stakeholders, analyze results and make corrections and improvements. This investment in educating the generation of children and adolescents is the best way to ensure a sustainable future and protect natural resources.

Keywords: Education, Monitoring, Natural Resources, Sustainable Management.

*Corresponding author Tel: +98 9115846810 Email: a.kh1988@yahoo.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

اثربخشی مالچ آلی بر بازیابی خواص شیمیایی خاک به دنبال تراکم ناشی از عملیات چوبکشی در جنگل‌های خیرود

مقداد جورغلامی[1*] و آزاده خرمی‌زاده[2]

۱- استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دکتری جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

اقدامات مهندسی متنوعی، مانند مالچ‌پاشی در مسیرهای چوبکشی برای کاهش اثرات منفی رواناب‌های سطحی و خطرات سیل اعمال شده است. با این حال، تحقیقات در مورد تأثیر چنین تیمارهایی در بازیابی خصوصیات خاک کمیاب است. در این تحقیق، تاثیر مالچ‌های آلی شامل لاشبرگ، کلش برنج و خاک اره بر بازیابی خصوصیات شیمیایی (کربن آلی، ازت، فسفر، منیزیم، پتاسیم، اسیدیته و هدایت الکتریکی، ترسیب کربن، ترسیب نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن) خاک فشرده شده مسیرهای چوبکشی، دو سال بعد از عملیات بهره‌برداری مورد ارزیابی و آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمارها دارای تاثیر معنی‌داری بر روی تمام خصوصیات شیمیایی خاک بودند. نتایج نشان داد که مالچ لاشبرگ دارای بیشترین مقدار تاثیر در بازیابی مشخصه‌های شیمیایی خاک نسبت به دو مالچ کلش و خاک اره است. این در حالی است که در مدت زمان دو سال بافت خاک تحت تاثیر نوع و میزان مالچ قرار نگرفت. همچنین در عمق سطحی اثرات مالچ بیشتر و معنی‌دار است. می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد انواع مالچ و افزایش نرخ استفاده از آنها سبب بازیابی و بهبود مشخصه‌های شیمیایی خاک پس از انجام عملیات چوبکشی طی یک دوره دو ساله نسبت به مسیر چوبکشی بدون تیمار می‌شود. با این حال، مقادیر مشخصه‌های شیمیایی خاک هنوز پایین‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده در منطقه شاهد (دست‌نخورده) بود، که دلالت بر این دارد که دو سال زمان کافی برای بازگرداندن مشخصه‌های شیمیایی خاک به سطوح قبل از تردد ماشین در منطقه مورد پژوهش نیست.

واژگان کلیدی: مسیر چوبکشی، کوبیدگی خاک، بازیابی خاک، مالچ، خصوصیات شیمیایی.

مقدمه

عملیات بهره‌برداری جنگل در چند دهه اخیر به دلایلی از جمله بالا بودن حجم چوب‌آلات قطع شده، وجود گونه‌های صنعتی و دارای ارزش افزوده بالا، شیبدار بودن قسمت اعظم این جنگل‌ها، کاهش هزینه حمل و نقل اولیه، کوتاه کردن مدت زمان چوبکشی و توسعه مکانیزاسیون بهره‌برداری جنگل در حال حرکت به سوی استفاده از ماشن‌آلات سنگین و پرقدرت برای قطع و خارج کردن محصولات چوبی از جنگل بوده است (Ampoorter et al., 2007)، که بکارگیری آن‌ها بدون

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲ ایمیل: mjgholami@ut.ac.ir

تخریب و آسیب جدی به خاک ممکن نیست (Horn et al., 2004). مکانیزاسیون در حال رشد عملیات جنگل سبب افزایش تراکم خاک و منجر به کاهش میزان کل فضاهای درشت خاک (منافذ بشتر از ۳۰ میکرومتر) می‌شود (Rab, 2004; Fery et al., 2009). خاک‌های جنگلی دست نخورده دارای مقدار زیادی فضاهای خالی و وزن مخصوص کم هستند و با ورود ماشین-آلات به راحتی فشرده می‌شوند (Aust et al., 1993). همچنین خاک‌های جنگل به‌عنوان سیستم‌های با حساسیت بالای بیولوژیکی، شیمیایی و پیچیدگی فیزیکی شناخته می‌شود. این قابلیت به میزان قابل‌توجهی به سیستم تخلخل خاک، که فرآیندهای انتقال گاز و آب را تضمین می‌کند بستگی دارد. تبادل گاز بین خاک و جو (هوادهی خاک) نقش مهمی در حفظ یک محیط مناسب خاک، برای ایفای نقش رشد ریشه و فعالیت بیولوژیکی دارد (Wilpert and Schaffer, 2006).

فرآیند بازیابی خاک‌های تخریب شده در جنگل طولانی مدت بوده و احیای آن به کندی صورت می‌گیرد، به‌طوری‌که تحت شرایط اقلیمی و عدم فعالیت‌های انسانی، میزان بازیابی خاک‌های تخریب‌شده بسته به عواملی چون شیب طولی، درجه کوبیدگی، بافت خاک، شرایط آب وهوایی، شدت و وسعت خسارات و فعالیت فون و فلور خاک می‌تواند از یک سال در لایه-های سطحی تا ۱۰۰ سال در لایه‌های عمیق به طول بیانجامد (Rab, 2004). کمک به بهبود طبیعی فیزیکی خاک شامل دوره‌های انبساط و انقباض، ترک خوردگی خاک، کرم خاکی و نفوذ و پوسیدگی ریشه و چرخه انقباض و انبساط در طول زمستان است (Greenwood and McKenzie, 2001). به طور طبیعی، زوال فیزیکی خاک از سطح تا حدود ۵ سانتی‌متر عمق آن، به‌سرعت می‌تواند توسط فعالیت‌های زیرزمینی بی‌مهرگان بزرگ همراه با تجزیه کود حیوانی بهبود یابد. به‌عنوان مثال، تخلخل و مقدار نفوذ افزایش و وزن مخصوص در ۳ سانتی‌متر بالای خاک تحت کود حیوانی کاهش می‌یابد (Herrick and Lal, 1995). با این حال، بهبود طبیعی خسارت فیزیکی خاک عمق زیر ۱۵ سانتی‌متر احتمالا بسیار به آرامی صورت می‌گیرد، در واقع، در حالی‌که خسارت فیزیکی خاک اغلب در سطح خاک و یا در عمق خاک ۰-۵ سانتی‌متر دیده می‌شود، زوال ساختار منافذ درشت معمولاً در عمق ۵ تا ۱۰ یا ۱۰-۱۵ سانتی‌متر رخ می‌دهد (Drewry and Paton, 2000).

یکی از راهکارهای مهم برای کاهش اثرات عملیات بهره‌برداری و چوبکشی در جنگل، ایجاد مالچ در سطح خاک است که مناسبی به‌منظور جلوگیری از فرسایش در سطح خاک ایجاد می‌کند. مالچ پاشی یک روش معمول حفاظتی برای تامین پوشش سطح خاک و حفاظت آن است، مالچ دارای مزایای مهم در زمینه حفاظت و بهره‌وری خاک است. فون خاک که عامل تاثیرگذاری بر تجزیه مواد آلی، کانی‌سازی مواد مغذی و بهبود خواص فیزیکی خاک است، می‌تواند تحت تاثیر مالچ قرار بگیرد (Merlim et al., 2005). مالچ‌پاشی فرآیند پوشش سطح خاک با مواد است. مواد مالچی می‌تواند متخلخل باشند و با هدف ایفای نقش‌های خاصی انجام شود. از اواخر دهه ۱۹۳۰، مالچ برای اصلاح زیست‌محیطی جنگل‌ها، اراضی کشاورزی و مناظر شهری استفاده شده است (Ni et al., 2016). مالچ‌ها موادی مانند کاه و کلش، برگ‌ها، پوست، سنگ، سنگریزه یا فیلم پلی اتیلن و غشاهای پلاستیکی هستند که به‌منظور حفاظت خاک و ریشه گیاهان از اثرات قطرات باران، یخبندان و تبخیر و ... روی سطح خاک پخش می‌شوند و غالبا در دوره‌های بحرانی (ایجاد رواناب در اولین سال پس از بهره‌برداری جنگل) مورد استفاده قرار می‌گیرند (SSSA, 2007). مالچ‌های مختلف اثرات متفاوتی بر خواص فیزیکی خاک و رشد گیاه دارند (Ni et al., 2016). به‌طور سنتی، مالچ سنگریزه یک استراتژی موثر برای افزایش درجه حرارت خاک و رطوبت و در نتیجه، تولید محصولات است؛ این روش به تازگی با شروع توسعه صنعتی توسط مالچ غشاء پلاستیکی جایگزین شد (LD et al., 2013). استفاده از مالچ‌های آلی به عنوان پوشش خاک در بهبود کیفیت خاک و افزایش عملکرد محصول، به‌ویژه در کشاورزی ارگانیک، موثر است (Sinkevičienė et al., 2009a).

بازسازی خاک تخریب شده می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری و تجزیه کربن در سیستم‌های جنگلی شود. با توجه به اهمیت بازیابی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک جنگ و این امر که خاک مسیرهای چوبکشی در معرض تخریب شدید قرار دارند، مطالعه اثر مالچ‌های مختلف بر خواص خاک اهمیت ویژه‌ایی پیدا می‌کند. مطالعات بسیار کمی اثرات مالچ معدنی، آلی و زنده بر کیفیت خاک و رشد گیاه را مقایسه نمودند (Iles and dosmann, 1999). بسیاری از مطالعات انجام شده در مورد اثر مالچ روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک عمدتاً در مناطق غیرجنگلی و بیشتر در زمین‌های کشاورزی و باغبانی و روی اثرات مالچ در مناطق کم باران بر کاهش تبخیر انجام شده و تعداد کمی مطالعه در مناطق پرباران، به‌منظور بررسی اثرات مالچ‌های مختلف بر خاک کوبیده شده انجام شده یا اصلاً انجام نشده است. بنابراین، در مطالعه حاضر، اثر بازیابی اکولوژیکی خاک بر خصوصیات خاک تجزیه و تحلیل می‌شود. تا به حال در ایران، هیچ مطالعه‌ای در مورد اثر مالچ-های مختلف بر خصوصیات خاک کوبیده شده مسیرهای چوبکشی انجام نشده است. در این مطالعه چند پلات با مساحت یکسان مشخص شده و مالچ‌های مختلف در هر پلات استفاده می‌شود. با توجه به اینکه اثر مالچ ممکن است بر خصوصیات خاک اثرگذار باشد، در مالچ‌های مختلف ممکن است، پاسخ متفاوت باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در بخش نمخانه جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران است. براساس گزارش نزدیک-ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه (ایستگاه کلیماتولوژی نوشهر)، مقدار بارندگی سالیانه در بخش نم‌خانه جنگل خیرود ۱۰۸۱ میلی‌متر است. پرباران‌ترین ماه سال، مهر ماه با میانگین ۱۹۵/۴ میلی‌متر و کم‌باران‌ترین ماه سال خرداد ماه با میانگین ۳۷/۳ میلی‌متر است. میانگین دمای هوا سالیانه ۸/۶ درجه سانتی‌گراد است. خاک جنگل در این بخش از نوع قهوه-ای جنگل است که روی سنگ مادر آهکی قرار گرفته و متعلق به دوران ژوراسیک بالایی بوده و به‌طور متناوب از طبقات سخت شکاف‌دار و طبقات نرم تشکیل شده است که روی هم قرار گرفته‌اند. در پارسل ۲۰۷، حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا، ۷۱۰ تا ۹۰۰ متر، جهت دامنه جنوبی، تیپ جنگل ممرز آمیخته، موجودی سرپا در هکتار برابر با ۴۷۷/۴ سیلو و تعداد درخت در هکتار برابر با ۱۷۸ اصله است. در پارسل ۲۱۲، حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا برابر با ۸۴۰ تا ۹۶۰ متر، جهت دامنه جنوب غربی، تیپ جنگل ممرز-راش، موجودی سرپا در هکتار برابر با ۴۱۳/۳ سیلو و تعداد درخت در هکتار برابر با ۱۹۲ اصله است. نوع برداشت به‌صورت شیوه تک‌گزینی و حجم چوب خروجی در پارسل ۲۰۷، ۵۴ اصله درخت و به حجم ۳۱۹ مترمکعب و در پارسل ۲۱۲، ۳۲ اصله درخت به حجم ۲۷۰ مترمکعب بوده است. عملیات چوبکشی در پارسل‌های مورد اشاره در شهریورماه سال ۱۳۹۶ با اسکیدر چرخ‌لاستیکی تاف انجام شد. هوا در طول دو هفته در طی عملیات چوبکشی گرم و خشک بود.

روش پژوهش

بعد از بازدید میدانی، محل‌های نمونه‌برداری شامل چهار مسیر چوبکشی با توجه به شباهت از نظر پوشش گیاهی، توپوگرافی و ویژگی‌های خاک یکسان در دو پارسل مجاور هم تعیین و با توجه به شیب غالب مسیرهای چوبکشی (۲۰ – ۲۵ درصد)، محل نصب قطعه‌های نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شد. بلافاصله بعد از عملیات چوبکشی، عملیات مالچ‌پاشی در قطعه نمونه‌ها انجام شد. در این پژوهش از سه نوع مالچ آلی به عنوان تیمار مالچ شامل خاک اره، کلش برنج و لاشبرگ با سه نرخ

کاربرد متفاوت در سه تکرار استفاده شد. مالچ خاک اره با سه سطح ۲/۲۲، ۴/۴۴ و ۶/۶۶ کیلوگرم در مترمربع، مالچ لاشبرگ با سه سطح ۰/۶۲، ۱/۲۲ و ۱/۸۶ کیلوگرم در مترمربع و مالچ کلش برنج با سه سطح ۰/۳۸، ۰/۷۶ و ۱/۱۴ کیلوگرم در مترمربع استفاده شد. همچنین در این تحقیق دو تیمار قطعه‌نمونه مسیر چوبکشی (بدون تیمار) و قطعه‌نمونه شاهد (جنگل دست‌نخورده) در سه تکرار به‌منظور مقایسه نرخ بازیابی خصوصیات خاک پیاده شد. خاک‌اره مورد استفاده در این پژوهش از تبدیل درختان گونه راش در فرایند الوارگیری و به طول چهار سانتی‌متر و ضخامت یک سانتی‌متر به‌دست آمد. لاشبرگ مورد استفاده که از گونه‌های راش و ممرز بودند، از کف جنگل و در نزدیک مسیرهای چوبکشی مورد مطالعه جمع‌آوری شدند. لاشبرگ‌ها از قسمت تجزیه‌نشده لایه سطحی جمع‌آوری و نوع گونه قابل شناسایی بود. کلش مورد استفاده از شالی‌کارها تهیه شد که طول آن‌ها ۱۵ سانتی‌متر بود. در مجموع ۳۳ قطعه نمونه ۶ مترمربعی به ابعاد ۶ × ۱ متر در طول مسیر چوبکشی پیاده شده و اطراف آن با تخته به نحوی طراحی شد که رواناب سطحی در انتهای قطعه نمونه جمع‌آوری شود. ۲ سال پس از پیاده‌سازی قطعه‌نمونه‌ها و مالچ‌پاشی (پاییز سال ۱۳۹۸)، به منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی (وزن مخصوص ظاهری و تخلخل) در هر پلات در سه محل ابتدا، وسط و انتهای پلات (به ازای هر دومتر طول یک نمونه) و در دو عمق ۰-۵ و ۵-۱۰ سانتی‌متر نمونه‌ها جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. در مجموع ۱۹۸ نمونه خاک (۳۳ قطعه نمونه×۲ عمق×۳ تکرار) برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. برای پیش‌گیری از آلودگی، قبل از نمونه‌گیری خاک، مواد آلی سطحی از محل نمونه‌برداری حذف شد.

نمونه‌های بیشتری از خاک از مساحتی به ابعاد ۲۰×۲۰×۵ سانتی‌متر در هر عمق جمع‌آوری شد، در هوا خشک شد و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد تا سایر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شود. PH متر یونالایزر Orion مدل ۹۰۱ برای اندازه‌گیری pH خاک در نسبت خاک به آب ۱:۲,۵ استفاده شد. برای اندازه‌گیری C آلی خاک از تکنیک Walkley-Black استفاده شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن کل خاک از روش کجلدال استفاده شد. برای تعیین فسفر موجود از روش اولسن با اسپکتروفتومتر استفاده شد. با استفاده از یک اسپکتروفتومتر جذب اتمی، پتاسیم، کلسیم و منیزیم با استخراج استات آمونیوم در pH 9 موجود تعیین شد.

تحلیل داده‌ها

برای تحلیل داده‌ها، ابتدا با آزمون کولموگراف- اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. برای مقایسه مشخصه‌های شیمیایی خاک در تیمارهای مالچ شامل لاشبرگ، کلش، خاک اره، مسیر چوبکشی بدون تیمار و منطقهٔ شاهد از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه استفاده شد. در تجزیه واریانس اثرات هریک از تیمارها و اثرات متقابل آن‌ها بر متغیرها مورد بررسی قرار می‌گیرد. همبستگی واریانس بین تیمارها با آزمون لون در سطح ۰/۰۱ انجام شد. در صورتی‌که داده‌ها دارای توزیع نرمال بوده و اثر هر یک از عوامل در تجزیه و تحلیل واریانس معنی‌دار باشد، از آزمون‌های مقایسه‌ای چندگانه توکی برای گروه‌بندی مقدار بازیابی مشخصه‌های شیمیایی خاک استفاده شد. از همبستگی پیرسون برای آزمون ارتباط بین تیمار و مشخصه‌های شیمیایی خاک استفاده شد. تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 و رسم نمودارها با Excel انجام شد.

یافته‌ها

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار، عمق و اثر متقابل تیمار و عمق بر مشخصه‌های شیمیایی خاک در جدول ۱ آمده است. طبق نتایج بدست آمده، اثر تیمار بر خصوصیات شیمیایی خاک در تمام موارد معنی‌دار است. اثر عمق به جز در سه خصوصیت

اسیدیته، کربن‌آلی و ترسیب کربن در سایر خصوصیات معنی‌دار است. همچمین اثر متقابل عمق و تیمار به جز در موارد پتاسیم و منیزیم در سایر خصوصیات اثر معنی‌داری را نشان نداد.

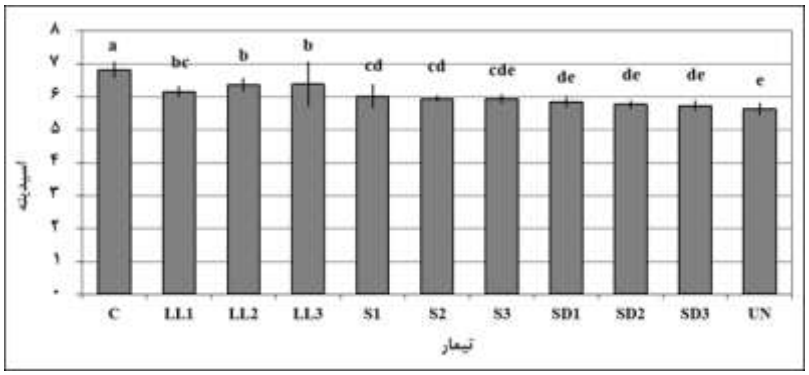
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار، عمق و اثر متقابل تیمار× عمق بر مشخصه‌های شیمیایی خاک

منبع تغییرات	متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F value	P value
تیمار	اسیدیته	۲/۲۴	۱۰	۲۲/۴۱	۲۷/۵	۰/۰۰**
	کربن	۷/۶	۱۰	۷۶/۱	۷/۳۴	۰/۰۰**
	نیتروژن	۰/۱۲	۱۰	۱/۲۸	۲۱/۵	۰/۰۰**
	کربن/ نیتروژن	۱۱۸۷/۴	۱۰	۱۱۸۷۴/۳	۶/۹	۰/۰۰**
	فسفر	۷۵۳/۳	۱۰	۷۵۳۲/۹	۴۰۱/۷	۰/۰۰**
	پتاسیم	۶۷۳۷۰/۲	۱۰	۶۷۳۷۰۱/۷	۹۳۶/۱	۰/۰۰**
	کلسیم	۶۶۴۳/۸	۱۰	۶۶۴۳۷/۸	۶۸۱/۰	۰/۰۰**
	منیزیم	۱۷۲۸/۹	۱۰	۱۷۲۸۹/۳	۲۴۷/۵	۰/۰۰**

**تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ، ns عدم تفاوت معنی دار

اسیدیته

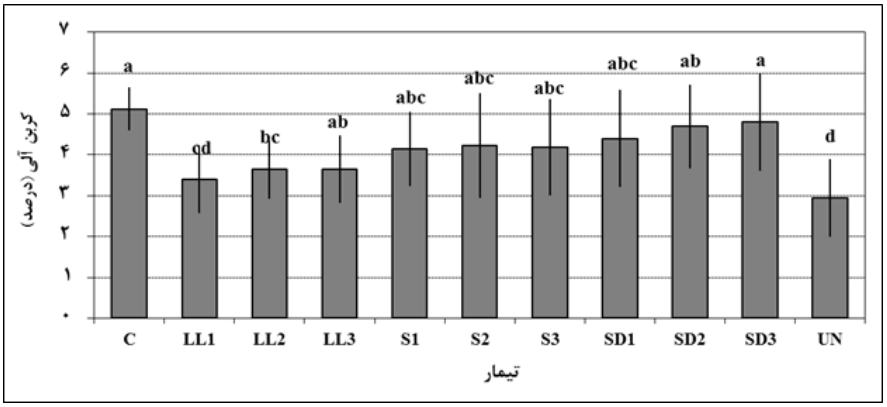
نتایج نشان داد که بیشترین مقدار اسیدیته خاک (۶/۸) مربوط به منطقه شاهد (جنگل دست‌نخورده) و کمترین مقدار تخلخل مربوط به مسیر بدون تیمار با مقدار ۵/۶ بود. در بین تیمارهای مالچ، تیمار لاشبرگ دارای بیشترین مقدار اسیدیته و تیمار خاک اره دارای کمترین مقدار بود. نتایج نشان داد که در تیمار لاشبرگ، با افزایش نرخ کاربرد مالچ، مقدار اسیدیته خاک افزایش یافت. تاثیر نرخ مالچ در دو تیمار خاک‌اره و کلش معنی‌دار نبود (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین و انحراف معیار (بازه نشان داده شده) اسیدیته در تیمارهای مختلف با آزمون توکی (ب). حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است. شاهد (دست نخورده) (C)، لاشبرگ با نرخ اول (LL1)، لاشبرگ با نرخ دوم (LL2)، لاشبرگ با نرخ سوم (LL3)، کلش با نرخ اول (S1)، کلش با نرخ دوم (S2)، کلش با نرخ سوم (S3)، خاک اره با نرخ اول (SD1)، خاک اره با نرخ دوم (SD2)، خاک اره با نرخ سوم (SD3) و مسیر بدون تیمار (UN).

کربن آلی

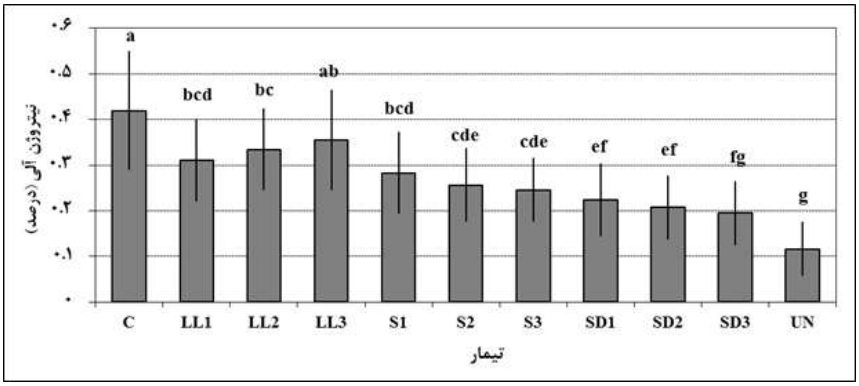
نتایج نشان داد که بیشترین مقدار کربن‌آلی خاک (۵/۱۱ درصد) مربوط به منطقه شاهد و کمترین مقدار تخلخل مربوط به مسیر بدون تیمار با مقدار ۲/۹ درصد بود. در بین تیمارهای مالچ، تیمار خاک اره دارای بیشترین مقدار و تیمار لاشبرگ دارای کمترین مقدار کربن آلی بود. نتایج نشان داد که در دو تیمار خاک اره و لاشبرگ، با افزایش نرخ کاربرد مالچ، مقدارکربن خاک افزایش یافت. تاثیر نرخ مالچ در تیمار کلش معنی‌دار نبود (P=۲، F=۰/۱۵، جدول ۱، شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین و انحراف معیار (بازه نشان داده شده) کربن آلی در تیمارهای مختلف با آزمون توکی (ب). حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

نیتروژن آلی

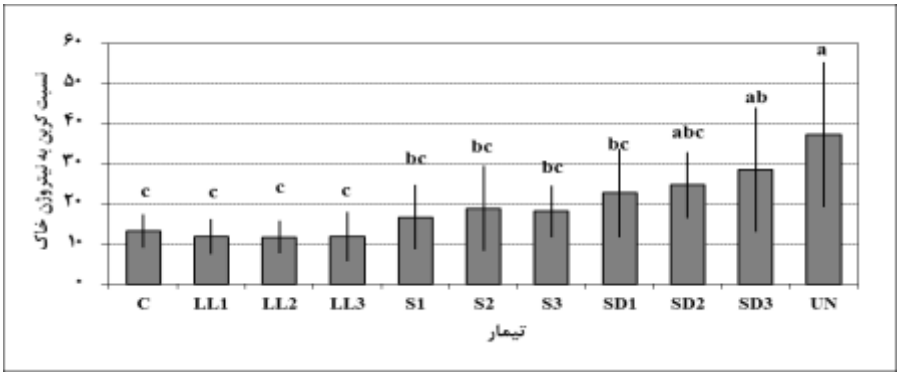
نتایج نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن آلی خاک (۰/۴۱ درصد) مربوط به منطقه شاهد (جنگل دست‌نخورده) و کمترین مقدار تخلخل مربوط به مسیر بدون تیمار با مقدار ۰/۱۱ درصد بود. در بین تیمارهای مالچ، تیمار لاشبرگ با نرخ سوم دارای بیشترین مقدار و تیمار خاک اره با نرخ سوم دارای کمترین مقدار نیتروژن آلی بود. نتایج نشان داد که در دو تیمار خاک اره و کلش، با افزایش نرخ کاربرد مالچ، مقدار نیتروژن خاک کاهش یافت. اما عکس این نتیجه در مورد تیمار لاشبرگ صادق بود، یعنی با افزایش نرخ مالچ، نیتروژن خاک نیز افزایش یافت (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین و انحراف معیار (بازه نشان داده شده) نیتروژن آلی در تیمارهای مختلف با آزمون توکی (ب). حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

نسبت کربن به نیتروژن (C/N)

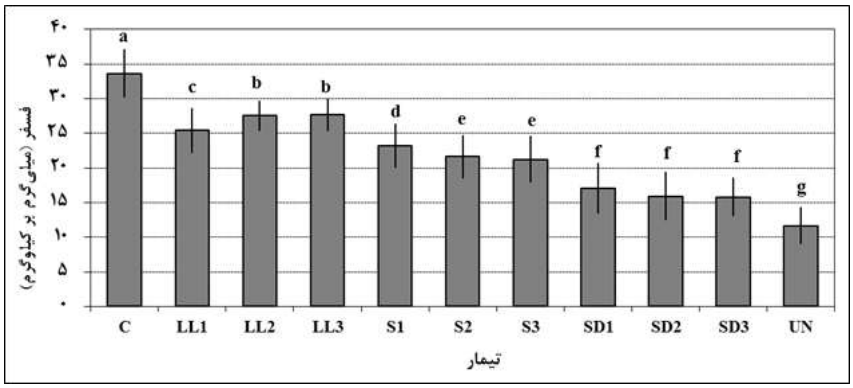
نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تاثیر مالچ‌های مختلف بر نسبت C/N معنی‌دار است. بیشترین مقدار مربوط به مسیر بدون تیمار با مقدار ۳۷/۲ و کمترین میزان نسبت کربن به نیتروژن مربوط به تیمار لاشبرگ با مقدار ۱۱/۶ بود. همچنین در تیمار خاک اره و کلش برنج با افزایش مقدار مالچ نسبت کربن به نیتروژن نیز افزایش یافت، اما در مورد مالچ لاشبرگ افزایش مقدار مالچ، تاثیر معنی‌داری نشان نداد. همچنین بین اثر تیمار لاشبرگ و مسیر بدون تیمار اثر معنی‌داری نبود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین و انحراف معیار (بازه نشان داده شده) نسبت کربن به نیتروژن در تیمارهای مختلف با آزمون توکی (ب). حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

فسفر

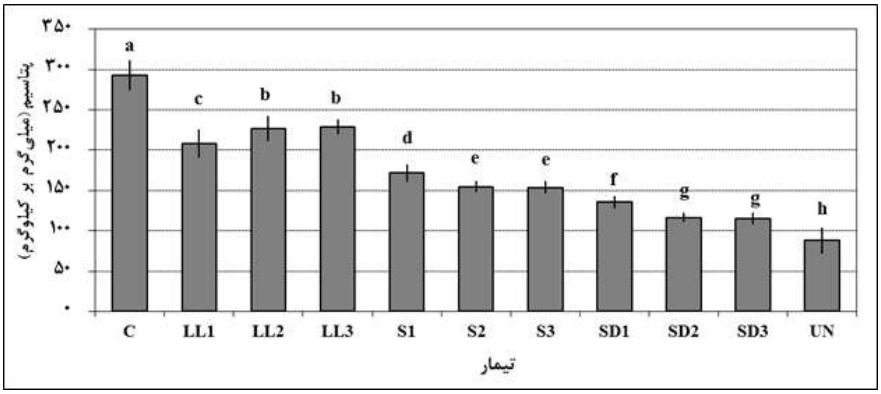
نتایج نشان داد که بین اثر تیمار و فسفر خاک اثر معنی‌دار وجود دارد. بیشترین مقدار فسفر مربوط به مسیر بدون تیمار (۳۳/۶) و کمترین میزان فسفر مربوط به مسیر شاهد با مقدار ۱۱/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در دو تیمار لاشبرگ و کلش، بین نرخ دوم و سوم مالچ و نرخ اول تاثیر معنی‌دار بود، اما بین نرخ دوم و سوم تفاوتی مشاهده نشد. اما در تیمار خاک اره بین سه نرخ مختلف تاثیری مشاهده نشد. همچنین در دو تیمار خاک اره فسفر خاک کاهش یافت. اما در ارتباط با تیمار لاشبرگ عکس این موضوع نشان داده شد، یعنی با افزایش نرخ مالچ مقدار فسفر خاک نیز افزایش یافت (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین و انحراف معیار (بازه نشان داده شده) فسفر در تیمارهای مختلف با آزمون توکی (ب). حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

پتاسیم

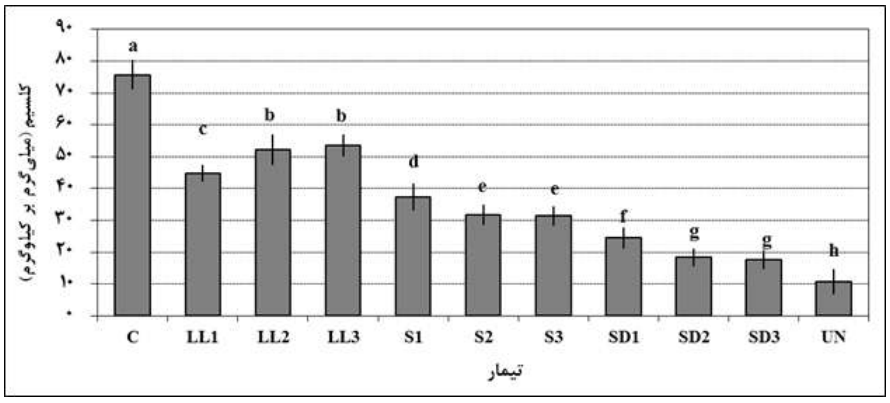
با استفاده از آزمون تجزیه واریانس مشخص شد که بین اثر تیمار و پتاسیم خاک اثر معنی‌دار وجود دارد. بیشترین مقدار پتاسیم مربوط به مسیر بدون تیمار (۲۹۲/۸) و کمترین میزان پتاسیم مربوط به مسیر شاهد با مقدار ۸۷/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در هر سه تیمار بین نرخ دوم و سوم مالچ و نرخ اول تاثیر معنی‌دار بود، اما بین نرخ دوم و سوم تفاوتی مشاهده نشد. همچنین در دو تیمار خاک اره و کلش، با افزایش نرخ تیمار مقدار پتاسیم خاک کاهش یافت. اما در ارتباط با تیمار لاشبرگ عکس این موضوع نشان داده شد، یعنی با افزایش نرخ مالچ مقدار پتاسیم خاک نیز افزایش یافت (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه میانگین و انحراف معیار (بازه نشان داده شده) بتاسیم در تیمارهای مختلف با آزمون توکی (ب). حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

کلسیم

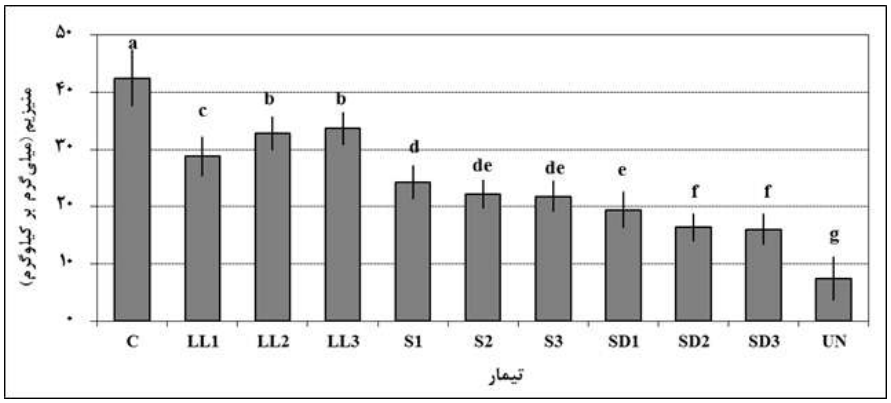
نتایج نشان داد که بین اثر تیمار و کلسیم خاک اثر معنی‌دار وجود دارد. بیشترین مقدار کلسیم مربوط به مسیر بدون تیمار (۷۵/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان کلسیم مربوط به مسیر شاهد (بدون دست‌خوردگی) با مقدار ۱۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در هر سه تیمار بین نرخ دوم و سوم مالچ و نرخ اول تاثیر معنی‌دار بود، اما بین نرخ دوم و سوم تفاوتی مشاهده نشد. همچنین در دو تیمار خاک اره و کلش، با افزایش نرخ تیمار مقدار کلسیم خاک کاهش یافت. اما در ارتباط با تیمار لاشبرگ عکس این موضوع نشان داده شد، یعنی با افزایش نرخ مالچ مقدار کلسیم خاک نیز افزایش یافت (شکل ۷).



شکل ۷- مقایسه میانگین و انحراف معیار (بازه نشان داده شده) نسبت کلسیم در تیمارهای مختلف با آزمون توکی (ب). حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

منیزیم

طبق نتایج بدست آمده بین اثر تیمار و منیزیم خاک اثر معنی‌دار وجود دارد. بیشترین مقدار منیزیم مربوط به مسیر بدون تیمار (۴۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان منیزیم مربوط به مسیر شاهد با مقدار ۷/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در هر سه تیمار بین نرخ دوم و سوم مالچ و نرخ اول تاثیر معنی‌دار بود، اما بین نرخ دوم و سوم تفاوتی مشاهده نشد. همچنین در دو تیمار خاک اره و کلش، با افزایش نرخ تیمار مقدار منیزیم خاک کاهش یافت. اما در ارتباط با تیمار لاشبرگ عکس این موضوع نشان داده شد، یعنی با افزایش نرخ مالچ مقدار منیزیم خاک نیز افزایش یافت (شکل ۸).



شکل ۸- مقایسه میانگین و انحراف معیار (بازه نشان داده شده) منیزیم در تیمارهای مختلف با آزمون توکی (ب). حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

بحث و نتیجه‌گیری

طبق نتایج تحقیق Ugawa et al. (2019) میزان کانی‌سازی نیتروژن خاک، به ویژه میزان نیتروژن‌سازی خاک، در خاک فشرده کمتر است، اما فرسایش پاشمانی پس از فشردگی خاک، میزان کانی‌سازی نیتروژن و میزان نیتروژن‌سازی خاک را افزایش داد. تراکم خاک همچنین منجر به نفوذ پذیری کم آب در خاک و تجمع آب زیاد می‌شود. همچنین غلظت کربن خاک (C) و نیتروژن در خاک متراکم کمتر بود. نسبت C/N خاک احتمالاً با کانی‌سازی N در خاک‌های متراکم مرتبط است، اما برای درک کامل تغییرات خاک باید رابطه منفی بین تراکم خاک و غلظت C و N خاک از طریق حرکت خاک سطحی حاوی این عناصر نیز توسط فرسایش و عوامل دیگر در نظر گرفته شود. افزایش حذف مواد آلی (به عنوان مثال، برای مواد خوراکی بیوانرژی) و تراکم خاک در زمان برداشت جنگل می‌تواند از طریق کاهش کربن، منابع غذایی و کل فضای منافذ (افزایش وزن مخصوص ظاهری) سبب کاهش بهره‌وری توده شود. مالچ‌های زنده و آلی بسته به نوع مالچ، شیمی و مواد مغذی خاص مورد نیاز خاک می‌توانند سطح مواد مغذی را افزایش یا کاهش داده و یا تأثیری نگذراند. با تجزیه مالچ‌های زنده و آلی در سطوح مناسب آب و دما، مواد مغذی در خاک آزاد می‌شوند و برای استفاده گیاهان برای جذب ریشه در دسترس قرار می‌گیرند. مالچ‌های آلی و زنده از نظر افزایش سطح مواد مغذی تأثیرات سودمند بسیاری بر کیفیت خاک دارند. با این حال، نوع مواد، خصوصیات خاک و شرایط آب و هوایی تعیین کننده تأثیر یا عدم تأثیر بر مواد مغذی خاک است. استفاده از مالچ‌های آلی مفیدتر است زیرا می‌تواند در یک محیط مناسب تجزیه شود و مواد مغذی را فراهم کند. مطالعات مختلف نشان داد که تراشه‌های چوب، کاه، کودهای سبز و مالچ‌های پوست در مقایسه با مالچ‌های غیر آلی مواد

مغذی بیشتری فراهم می‌کنند. در اراضی کشاورزی، افزودن مالچ می‌تواند تخلخل کل را تقویت کند (Mulumba and Lal, 2008; Ampoorter et al., 2007). به‌همین ترتیب، Jordán et al. (2011) دریافتند که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله وزن مخصوص ظاهری، تخلخل کل، پایداری خاکدانه‌ها و محتوای مواد آلی پس از کاربرد مالچ احیا شده است. در همین راستا، Flores Fernández et al. (2017) نتیجه گرفتند که افزودن مالچ روی سطح خاک فشرده شده در مسیر چوبکشی، به‌طور قابل‌توجهی بازیابی ساختار خاک را تسریع می‌کند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مقاومت در برابر نفوذ در سایر تیمارها در مقایسه با منطقه دست نخورده (شاهد) حتی پس از ۲ سال پس از عملیات چوبکشی اختلاف معنی‌داری داشت. در شرایط طبیعی، بازیابی مشخصه‌های خاک پس از ترافیک ماشین‌های چوبکشی یک روند کند و زمان‌بر است که ممکن است از چند سال تا چند دهه طول بکشد (Cambi et al., 2015; Picchio et al. 2019). افزودن مالچ‌های آلی در مسیرهای چوبکشی سبب افزایش زبری سطح، افزایش پایداری خاکدانه‌های خاک، کاهش سرعت قطرات باران، افزایش ظرفیت جذب آب و بهبود میزان نفوذ می‌شود که در نهایت سبب کاهش جدا شدن ذرات خاک، رواناب سطحی و از بین رفتن خاک می‌شود (Goutal et al., 2013). در راستا با نتایج پژوهش حاضر، Jordán et al. (2011) دریافتند که استفاده از مواد مالچی، ویژگی‌های هیدرولوژیکی خاک را اصلاح کرده و منجر به افزایش ماده آلی خاک، افزایش پایداری خاک و تقویت هوادهی خاک، تخلخل، ساختار و رطوبت خاک می‌شود که در نهایت سبب بهبود مقاومت به نفوذ خاک و شرایط فیزیکی می‌شود. مالچ‌های آلی با کاهش تبخیر، رطوبت خاک را حفظ می‌کنند (Ampoorter et al., 2007). پژوهش‌های پیشین گزارش نمودند که میزان رطوبت خاک، تحت تیمارهای مختلف مالچ بیشتر از میزان اندازه‌گیری شده در خاک لخت (بدون مالچ) بود (Jordán et al., 2010; Fründ and Averdiek, 2016). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزایش نرخ مواد مالچی از سطح اول تا سطح سوم، منجر به افزایش ظرفیت رطوبت خاک در مقایسه با خاک لخت در مسیر بدون تیمار می‌شود. منطبق با یافته‌های پژوهش حاضر، Kader و همکاران گزارش نمودند که توانایی مالچ در حفظ رطوبت خاک به مقدار زیادی وابسته به ضخامت لایهٔ مالچی به‌کار رفته در سطح خاک است. خاک‌های جنگلی با وزن مخصوص ظاهری کم، تخلخل زیاد و محتوای زیاد مادهٔ آلی (Meyer et al. 2014; Cambi et al., 2015)، مستعد و در معرض استرس مکانیکی هستند (Mulumba and lal, 2008; Jourgholami et al., 2018). تراکم خاک به دلیل تردد ماشین‌های چوبکشی بر خاک جنگل، دارای اثرات منفی روی دانه‌بندی خاک از جمله افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک (Labelle et al., 2019)، کاهش تخلخل کل و تخلخل درشت (Cambi et al., 2015)، افزایش مقاومت به نفوذ (Bolding et al., 2009) و کاهش نفوذ پذیری هوا (Goutal et al., 2013; Fründ and Averdiek, 2016) است. به‌طور همزمان، پس از حذف لایهٔ لاشبرگی خاک، خصوصیات شیمیایی خاک به‌طور چشمگیری تغییر می‌یابد، بنابراین منجر به کاهش مواد مغذی در دسترس (Jourghlami et al., 2018) و چرخهٔ N در سطح خاک (Jordán et al., 2010) می‌شود. به‌طور کلی، مالچ‌های آلی می‌توانند برای تأمین پوشش و محافظت از خاک‌های جنگلی، روی سطح خاک استفاده شود (Flores Fernández et al., 2017). در نتیجه، مالچ انرژی خورشیدی را جذب کرده، دمای خاک و تغییرات آب را تنظیم نموده و نوسانات هوا را بین جو و خاک تعادل می‌بخشد (Jordán et al., 2010). در نتیجه این تأثیرات، استفاده از مالچ منجر به کاهش رواناب سطح و فرسایش خاک می‌شود (Fründ and Averdiek, 2016). مواد مختلف مالچ بر روی رژیم هیدروترمال خاک تأثیر می‌گذارد که سبب تغییر رطوبت و محیط دمایی خاک می‌شود. آب‌بندی در محیط خاک بر میکروبیولوژی خاک تأثیر می‌گذارد که برای ایجاد محیط مناسب خاک برای رشد گیاه ضروری است. مواد مالچ، با اصلاح میکرو اقلیم و کاهش تبخیر خاک، تأثیر قابل‌توجهی صرفه جویی آب دارد. در راستا با نتایج پژوهش حاضر، Jourgholami et al. (2018) نشان دادند که با استفاده از

مقادیر مختلف لاشبرگ روی خاک فشرده شده، خصوصیات فیزیولوژیکی و شیمیایی خاک طی یک دوره ۵ ساله به‌طور قابل‌توجهی بهبود یافته و ترمیم می‌شوند. علاوه بر این، Meyer et al. (2014) گزارش داد که کاربرد کمپوست در محل رد چرخ ماشین در مسیرهای چوبکشی سبب افزایش رشد نهال‌های گونهٔ توسکای قشلاقی شده و ساختار خاک بازسازی می‌شود. نتایج نشان داد که مالچ لاشبرگ در مقایسه با مالچ‌های خاک اره و کلش، تاثیر بیشتری در نرخ بازیابی مشخصه‌های فیزیکی خاک دارد. به عبارت دیگر، نسبت لیگنین به نیتروژن کم و همچنین نسبت C/N کمتر سبب تجزیه سریعتر لاشبرگ نسبت به خاک اره و کلش شده و در نتیجه به علت افزایش فعالیت‌های میکروبی، فون خاک نیز بهبود می‌یابد. از سوی دیگر، به دنبال به‌هم‌خوردگی لایهٔ لاشبرگی و لایه‌های زیرین خاک، پوشش مالچی از فرسایش سطحی جلوگیری نموده و به روند بازیابی مشخصه‌های فیزیکی خاک کمک می‌کند (Jourgholami et al., 2018). اضافه نمودن خاک اره به سطح خاک، هرچند، کاهش رواناب سطحی و رسوب حاصله را به‌دنبال دارد، ولی با دارا بودن مواد لیگنینی، منجر به افزایش نسبت C/N و اسیدی شدن خاک شده که در نهایت منجر به کند شدن روند بازیابی خصوصیات خاک می‌شود.

منابع

Ampoorter, E., R. Goris, W.M. Cornelis and K. Verheyen. (2007). Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. For. Ecol. and Manage., 241: 162-174.

Aust, W.M., Reisinger, T.W., Burger, J.A., Stokes, B.J., (1993). Soil physical and hydrological changes associated with logging a wet pine flat with wide-tired skidders. SJAF, 17, 22–25.

Bolding, M.C., Kellogg, L.D., and Davis, C.T. (2009). Soil compaction and visual disturbance following an integrated mechanical forest fuel reduction operation in Southwest Oregon. International Journal of Forest Engineering, 20: 47-56.

Cambi, M., Certini, G., Neri, F., and Marchi, E. (2015). The impact of heavy traffic on forest soils: a review. Forest Ecology and Management, 338: 124-138.

Drewry, J.J., Paton, R.J. (2000). Effects of cattle treading and natural amelioration on soil physical properties and pasture under dairy farming in Southland, New Zealand. NZ. J. Agric. Res., 43, 377–386.

Flores Fernández, J.L.; Hartmann, P.; Schäffer, J.; Pulhmann, H.; von Wilpert, K. (2017). Initial recovery of compacted soil-planting and technical treatments decrease CO2 concentrations in soil and promote root growth. Ann. For. Sci., 74, 73.

Frey, B., Kremer, J., Rüdt, A., Sciacca, S., Matthies, D., Lüscher, P., (2009). Compaction of forest soils with heavy logging machinery affects soil bacterial community structure. Eur. J. Soil Biol., 45 (4), 312–320.

Fründ, H.C., and Averdiek, A. (2016). Soil aeration and soil water tension in skidding trails during three years after trafficking. Forest Ecology and Management, 380: 224-231.

Goutal, N.; Renault, P.; Ranger, J. (2013). Forwarder traffic impacted over at least four years soil air composition of two forest soils in northeast France. Geoderma, 193–194, 29–40.

Greenwood, K.L., and B.M. McKenzie (2001).Grazing effects on soil physical properties and the conse quences for pastures: A review. Aust. J. Exp. Agric., 41:1231–1250.

Herrick, J.E., Lal, R., (1995). Soil physical property changes during dung decomposition in a tropical pasture. Soil Sci. Soc. Am. J., 59, 908–912.

Horn, R., Vossbrink, J., Becker, S., (2004). Modern forestry vehicles and their impacts on soil physical properties. Soil and Tillage Researc, 79 (2): 207–219.

Iles, J.K. and M.S. Dosmann (1999). Effect of organic and mineral mulches on soil properties and growth of Fairview Flame red maple trees. J. Arboriculture, 25:163–167.

Jordán, A.; Zavala, L.M.; Gil, J. (2010). Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. Catena, 81, 77–85.

Jordán, A.; Zavala, L.M.; Muñoz-Rojas, M. Mulching, (2011). Effects on Soil Physical Properties. In Encyclopedia of Agrophysics; Gliński, J., Horabik, J., Lipiec, J., Eds.; Encyclopedia of Earth Sciences Series; Springer: Dordrecht, The Netherlands; https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1-275.

Jourgholami. M, Khajavi. S, Labelle. E. (2018). Mulching and water diversion structures on skid trails: Response of soilphysical properties six years after harvesting, Ecological Enginiering, 123:1-9.

Labelle, E.R., Poltorak, B.J., and Jaeger, D. (2019). The role of brush mats in mitigating machine-induced soil disturbances: an assessment using absolute and relative soil bulk density and penetration resistance. Canadian Journal of Forest Research, 49: 164-178.

LD Bu, Liu JL, Zhu L, Luo SS, Chen XP, Li SQ, (2013). The effects of mulching on maize growth, yield and water use in a semi-arid region. Agr. Water Manage., 123:71–78.

Merlim, A. D. O., Guerra, J. G. M., Junqueira, R. M., Aquino, A. M. D. (2005). Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. Scientia Agricola, 62(1), 57-61.

Meyer, C., Luscher, P., and Schulin, R. (2014). Enhancing the regeneration of compacted forest soils by planting black alder in skid lane tracks. European Journal of Forest Research, 133: 53-465.

Mulumba LN, Lal R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. Soil Till Res., 98:106–111. doi:10.1016/j.still.2007.10.011.

Ni X, Song W, Zhang H, Yang X, Wang L (2016). Effects of Mulching on Soil Properties and Growth of Tea Olive (Osmanthus fragrans). PLoS ONE/journal, 11(8): e0158228.doi:10.1371.

Picchio, R., Venanzi, R., Tavankar, F., Luchenti, I., Iranparast Bodaghi, A., Latterini, F., Nikooy, M., Di Marzio, N., and Naghdi, R. (2019). Changes in soil parameters of forests after windstorms and timber extraction. European Journal of Forest Research, 138: 875-888.

Rab, M.A. (2004). Recovery of soil physical properties from compaction and soil profile disturbance caused by logging of native forest in Victorian Central Highlands, Australia. For. Ecol. Manag., 191 (1–3), 329–340.

Sinkevičienė, A., Jodaugienė, D., Pupalienė, R., Urbonienė, M. (2009). The influence of organic mulches on soil properties and crop yield, Agronomy Research 7 (Special issue I), 485–491.

Ugawa Sh., Inagaki Y, Karibu F, Tateno R. (2020). Effects of soil compaction by a forestry machine and slash dispersal on soil N mineralization in Cryptomeria japonicaplantations under high precipitation, New Forests., 51: 887–907.

Wilpert, v., Schaffer, J. (2006). Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study. Eur J Forest Res, 125: 129–138.

Organic mulch effectiveness on recovery of soil chemical properties following skidding operations-induced compaction in the Kheyrud forests

M. Jourgholami[1*] and A. Khoramizadeh[2]

1- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran.
2- Ph.D. of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran.

Abstract

Various engineering measures, such as mulching, have been applied to skid trails to suppress the negative effects of surface runoff and flood hazards. However, a study on the effectiveness of such treatments to restore soil properties is scarce. In this study, the effect of organic mulches including leaf litter, rice straw, and sawdust on the recovery of chemical properties of compacted soil of skid trails (organic carbon, nitrogen, phosphorus, magnesium, potassium, acidity and electrical conductivity, carbon sequestration, nitrogen sequestration and carbon to nitrogen ratio), was evaluated and tested two years after skidding operations compared to untreated trails and undisturbed (control) area. The results showed that the treatment of leaf litter mulch, rice straw, and sawdust had a significant effect on all soil chemical properties. The results showed that litter mulch has the greatest effect on the recovery of soil physical and chemical characteristics compared to straw and sawdust mulch. However, for two years, the soil texture was not affected by the type and amount of mulch. Also, in the surface depth, the effects of mulch are more significant. We can conclude that the applying different organic mulches increased levels of each mulch moderately ameliorated soil physical and Chemical properties, after mechanized operations over a two-year period, compared to the untreated treatment; however, the values of soil properties were still lower than those in the undisturbed (control) area, indicating that two years is not long enough to restore the soil properties to pre-harvest levels in the study area.

Keywords: Soil recovery, Soil compaction, Chemical properties, Leaf litter, Rice straw, Sawdust.

*Corresponding author Tel: +2632249312 Email: mjgholami@ut.ac.ir

ارزیابی روند ترمیم مشخصه‌های میکروبی خاک مسیرهای چوبکشی در شدت‌های متفاوت فشردگی در پاسخ به کاشت توسکای قشلاقی

مقداد جورغلامی[1]* و فاطمه کیومرثی[2]

۱- استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

گونه‌های درختی پهن‌برگ بومی عملکردهای سطح زمین را تغییر می‌دهند که می‌تواند کیفیت ورودی لاشبرگ و سیستم ریشه-خاک را تنظیم کند که در نهایت بر ویژگی‌های خاک و محتوای مواد مغذی تأثیر می‌گذارد. تاکنون پژوهشی که تاثیر کاشت گونهٔ یکسان بر ترمیم فشردگی خاک در شدت‌های مختلف کوبیدگی کم، متوسط و زیاد را در بلندمدت آزمون کند، انجام نشده است. این پژوهش در طرح جنگلداری تیروم رود در غرب مازندران انجام شد. در این راستا، روند بازیابی مشخصه‌های میکروبی خاک بعد از عملیات بهره‌برداری جنگل و کاشت نهال در جنگل‌های پایین‌بند شمال ایران با توسکای قشلاقی در مسیرهای چوبکشی دارای سه سطح تراکم (شامل تردد با شدت کم، متوسط و زیاد) در یک دوره ۲۷ ساله با در نظر گرفتن توده طبیعی دست نخوردهٔ ممرز-انجیلی به عنوان شاهد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بعد از این دوره، میزان بازسازی ویژگی‌های لاشبرگ، خواص میکروبی خاک در مسیر با شدت تردد کم نسبت به دو مسیر با شدت تردد متوسط و زیاد بیشتر است، البته هنوز به سطح (شاهد) توده طبیعی دست نخورده ممرز- انجیلی نرسیده است. در نتیجه احیای جنگل‌های توسکای قشلاقی در مسیرهای چوبکشی با شدت تردد کم و متوسط، محتوای میکروبی خاک از جمله تنفس میکروبی خاک، زیست توده میکروبی کربن (MBC)، آمونیوم، نیترات، معدنی شدن نیتروژن، زیست توده میکروبی نیتروژن (MBN)، زیست توده‌های میکروبی فسفر (MBP)، (MBC/MBP)، (MBC/MBP) و (MBN/MBP) را بهبود می-بخشد. بنابراین توسکای قشلاقی به عنوان درخت تثبیت کننده ازت می‌تواند در برنامه‌های احیا به عنوان یک منبع مهم برای تولید لاشبرگ و همچنین برای بازسازی ساختار خاک از طریق بازخورد ریشه-خاک استفاده شود.

واژگان کلیدی: فشردگی خاک، ترمیم، توسکای قشلاقی، درخت تثبیت‌کننده ازت، مشخصه‌های میکروبی.

مقدمه

فشردگی خاک یکی از بارزترین پیامدهای عملیات مکانیزه برداشت چوب است که در اثر تنش‌های عمودی و افقی اعمال شده بر خاک ایجاد می‌شود (Ares et al., 2005). ایجاد مسیرهای چوبکشی و شیارها به‌دنبال عملیات چوبکشی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را مختل کند و عملکرد بوم‌سازگان جنگل را به‌شدت تغییر دهد (Powers et al., 2004). به‌عنوان مثال، فشردگی خاک بین ۱۰ تا ۷۰ درصد از تودهٔ برداشت شده را تحت تأثیر قرار

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲ ایمیل: mjgholami@ut.ac.ir

می‌دهد که نشان‌دهنده پتانسیل قابل توجه آن برای برهم زدن بوم‌سازگان خاک و جنگل است (Picchio et al., 2012). خاک‌های جنگلی به دلیل غنی بودن از مواد آلی، به‌ویژه در لایه‌های بالایی، معمولاً دارای وزن مخصوص ظاهری کمی هستند (Corti et al., 2002). معمولاً، وزن مخصوص ظاهری کم خاک، خاک را مستعد فشردگی می‌کند (Williamson and Neilsen, 2000). افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک‌های جنگلی به دلیل فشردگی می‌تواند تخلخل کل را ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش دهد (Frey et al., 2009). کاهش تخلخل کل خاک به‌طور چشمگیری انتشار اکسیژن و تعادل آب در خاک را مختل می‌کند، که دومی سبب غرقابی، رواناب و فرسایش می‌شود (Ampoorter et al., 2007). در نتیجه، دسترسی اکسیژن و آب به ریشه درختان و میکروارگانیسم‌های خاک کاهش می‌یابد که منجر به اختلال در حاصلخیزی جنگل و خدمات بوم‌سازگانی می‌شود (Ares et al., 2005).

میزان تغییر شکل خاک در اثر فشردگی به چندین ویژگی از جمله وزن مخصوص ظاهری اولیه، بافت، عمق، محتوای مواد آلی و محتوای آب و همچنین به عوامل مدیریتی مانند وزن و دفعات عبور ماشین‌های بهره‌برداری چوب و همچنین زمان پس از وقوع برداشت بستگی دارد (Ballard, 2000; Cambi et al., 2015). به‌عنوان مثال، خاک‌های درشت بافت معمولاً در مقایسه با خاک‌های ریزبافت در برابر تراکم مقاوم‌تر هستند (McNabb et al., 2001; Magagnotti et al., 2012). خاک‌های ریزبافت معمولاً آب بیشتری نسبت به خاک‌های درشت بافت نگه می‌دارند و در نتیجه خاک را مستعد فشردگی می‌کنند (Cambi et al., 2015). مثال دیگر این است که ماشین‌های بهره‌برداری جنگل روی خاک عمدتاً پس از چند بار عبور تأثیر می‌گذارند و دفعات بعدی عبور ماشین تأثیرات جزئی بر خاک دارند (Wang, 1997; Han et al., 2006). وزن ماشین‌آلات بهره‌برداری جنگل یکی دیگر از عوامل مهم کنترل‌کننده فشردگی خاک است. به‌عنوان مثال، ماشین‌های سبک‌تر نسبت به ماشین‌های سنگین‌تر تاثیر کمتری بر خاک دارند (Jansson and Wästerlund, 1999; Picchio et al., 2012). به عنوان مثال، یکی از دلایل رایج رشد ضعیف گیاه، کاهش سطوح مواد مغذی در دسترس گیاه است (Frey et al., 2009; Bottinelli et al., 2014). افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک، اندازه منافذ، نفوذپذیری آب و نرخ تبادل گاز را کاهش می‌دهد که به نوبه خود میزان رطوبت موجود را کاهش می‌دهد. همه این عوامل بر تشکیل سیستم ریشه و رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Susnjar et al., 2006; Mariotti et al., 2020). افزایش محتوای آب خاک به معنی کاهش نیروهای اصطکاک بین ذرات خاک است که ظرفیت باربری خاک را کاهش می‌دهد (McNabb et al., 2001; Han et al., 2006). مطالعات نویسندگان مختلف نشان داده است که محدودیت دسترسی به مواد مغذی و آب بر سرعت جوانه زنی، جرم ریشه، طول ریشه و ارتفاع ساقه اصلی گیاهان تأثیر می‌گذارد (Cambi et al., 2017; Mariotti et al., 2020). اثرات منفی تراکم افق‌های بالایی خاک بر زیست‌توده ریشه طی یک دوره ۱۵ ساله مشاهده شده است (Karpechko, 2008).

مطالعات قبلی نشان داد که پوشش گیاهی به‌عنوان یک عامل مهم شناخته شده است که بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر می‌گذارد (Diao et al., 2020; Oliveira et al., 2021). مطالعات قبلی نشان داد که برگ‌ها نه تنها به عوامل محیطی پاسخ می‌دهند، بلکه بر بسیاری از عملکردهای اکوسیستم تأثیر می‌گذارند (Hagen-Thorn et al., 2004; Aponte et al., 2013) و از طریق فرآیندهای تجزیه بر مواد مغذی خاک تأثیر می‌گذارند (Langenbruch et al., 2012). بنابراین، کیفیت برگ تا حد زیادی تجزیه لاشبرگ و همچنین آزاد شدن مواد مغذی و مواد معدنی در لایه‌های خاک را تعیین می‌کند (Aponte et al., 2013) که نشان‌دهنده رابطهٔ بین برگ درختان، لایهٔ لاشبرگی و مشخصات خاک است (Lucas-Borja et al., 2019). بنابراین، بکارگیری دانش اثرات برگ و لایهٔ لاشبرگ بر چرخه کربن و نیتروژن آلی خاک نقش کلیدی در درک چرخه تغذیه مواد مغذی و فعل و انفعالات گیاه و خاک در اکوسیستم جنگل دارد.

گونه‌های درختی پهن‌برگ بومی عملکردهای سطح زمین را تغییر می‌دهند که می‌تواند کیفیت ورودی لاشبرگ و سیستم ریشه-خاک را تنظیم کند که در نهایت بر ویژگی‌های خاک و محتوای مواد مغذی تأثیر می‌گذارد (Diao et al., 2020; Mayer et al., 2020). لایهٔ لاشبرگ در اکوسیستم‌های جنگلی نه تنها از سطح خاک محافظت می‌کند و اثرات قطرات باران را جذب می‌کند (Jourgholami and Labelle, 2020; Prats et al., 2021)، بلکه جریان و چرخه مواد مغذی را نیز تنظیم می‌کند (Sayer, 2006). لایه‌های لاشبرگی و ویژگی‌های خاک جنگل از طریق برگ درختان و فعالیت‌های ریشه تحت‌تاثیر گونه‌های درخت قرار می‌گیرند (Langenbruch et al., 2012; Diao et al., 2020). کیفیت‌های مختلف برگ درختان، عمدتاً لاشبرگ و نیتروژن، کربن خاک و لیگنین، نسبت C/N را تنظیم می‌کند که بر تجزیه لاشبرگ و مواد آلی، فعالیت میکروبی و بیولوژیکی تأثیر می‌گذارد (Hagen-Thorn et al., 2004; Sayer, 2006). مدیریت جنگلداری و عملیات بهره‌برداری جنگل به دلیل تفاوت‌های اساسی در نحوه نگاه اقشار مختلف جامعه به منابع جنگلی بحث برانگیز شده است. نگرش عمومی نسبت به مدیریت جنگل و فن‌آوری‌های قطع درختان حیاتی‌تر شده است. بنابراین مهم است که نگرانی‌های زیست‌محیطی در طول فعالیت‌های بهره‌برداری، به‌ویژه نگرانی‌های مربوط به اثرات روی خاک در نظر گرفته شود. به‌عبارت دیگر، خاک‌های جنگلی برای بهره‌وری اکوسیستم و پایداری خدمات اکوسیستم حیاتی هستند.

تاکنون پژوهش‌هایی در مورد سیر ترمیم مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مسیرهای چوبکشی به صورت بلندمدت انجام شده، ولی پژوهشی که تاثیر کاشت گونهٔ یکسان بر ترمیم فشردگی خاک در شدت‌های مختلف کوبیدگی کم، متوسط و زیاد را در بلندمدت آزمون کند، انجام نشده است که از این حیث، پژوهش حاضر دارای نوآوری است. هدف از این پژوهش، سیر و روند ترمیم مشخصه‌های میکروبی خاک فشرده شده در شدت‌های مختلف کوبیدگی (کم، متوسط و زیاد) در اثر کاشت نهال با توسکای قشلاقی در مسیرهای چوبکشی ۲۷ سال بعد از تردد ماشین چوبکشی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پارسل ۶۳۳ بخش تنگار از حوضهٔ آبخیز ۳۲ و طرح جنگلداری تیرم رود در جنوب غربی تنکابن انجام شد. بیشترین دما در مرداد ماه و کمترین دما در بهمن ماه می‌باشد. میانگین درجه حرارت سالانه نیز ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه براساس دستگاه اقلیمی دومارتن با داشتن ضریب خشکی معادل ۴۵/۸، خیلی مرطوب است و براساس فرمول آمبرژه اقلیم را خیلی مرطوب سرد تعیین شد. منحنی آمبروتریک با استفاده از درجه حرارت و متوسط بارندگی ماهانه تعیین شد. طبق منحنی ارائه شده فصل خشک وجود ندارد، اما در برخی زمان‌ها مانند نیمه خرداد تا شهریور منحنی موستط درجه حرارت و متوسط بارندگی به یکدیگر نزدیکترند. عملیات بهره‌برداری و خروج چوب در تیرماه سال ۱۳۷۴ با اسکیدر چرخ‌لاستیکی تاف انجام شد. عملیات نمونه‌برداری در تابستان سال ۱۴۰۱ انجام شد. در این پژوهش ابتدا در یک منطقه، ۴ مسیر چوبکشی که با توسکای قشلاقی جنگلکاری شده، انتخاب شد. در هر مسیر ۳ شدت ترافیک (کم، متوسط و زیاد) براساس مستندات طرح جنگلداری و فاصله از دپو انتخاب شده و در هر شدت، قطعه‌نمونه‌ای با ابعاد ۱۰×۴ متری پیاده شد. در این قطعه‌نمونه‌ها، ۵ خط اندازه‌گیری به فاصله ۲ متری پیاده و ۳ خط را به طور تصادفی انتخاب و روی هر خط دو محل ۲۰ ×۲۰ سانتی‌متری برای نمونه‌گیری در نظر گرفته می‌شود، به طوری که یک نمونه در مرکز چرخ راست و نمونه دیگر در مرکز چرخ چپ در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری برداشت می‌شود. به منظور مقایسه میزان بازیابی مشخصه‌های خاک کوبیده-شده در مسیرها با منطقه دست‌نخورده، منطقه دست‌نخورده توده‌ی ممرز-انجیلی به عنوان شاهد انتخاب شد. سپس در

منطقه شاهد مسیر، چهار پلات با ابعاد ۱۰×۴ متری پیاده و در هر پلات ۶ محل برای نمونه‌گیری مشخصه‌های خاک اندازه-گیری شد. در مجموع در مسیرهای چوبکشی ۷۲ نمونه (۴ مسیر × ۳ شدت × ۶ نمونه) و در منطقه شاهد ۲۴ نمونه (۴ پلات × ۶ نمونه) و جمعا ۹۶ نمونه برداشت شد. بعد از انجام نمونه‌گیری و برداشت نمونه خاک‌های لازم در عرصه جنگل، نمونه‌های خاک برای اندازه‌گیری مشخصه‌های میکروبی به آزمایشگاه منتقل شدند. در این مطالعه برای بررسی بهبود طبیعی بلندمدت خصوصیات میکروبی در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک مسیرهای چوبکشی و منطقه دست‌نخورده در سطوح مختلف شدت ترافیک اندازه‌گیری شد. ضخامت لایه‌ها با متر نواری اندازه‌گیری شد و در کیسه‌های پلاستیکی جمع‌آوری و بلافاصله توزین شدند و سپس برای تعیین زی‌توده خشک لایه‌های لاشبرگ به آزمایشگاه (خشک کردن در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین مجدد) منتقل شد. برای مقایسه مشخصه‌های خاک در تیمارها از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. در تجزیه واریانس اثرات هریک از تیمارها و اثرات متقابل آن‌ها بر متغیرها مورد بررسی قرار گرفت. همبستگی واریانس بین تیمارها با آزمون لون در سطح ۰/۰۱ انجام شد. در صورتی‌که داده‌ها دارای توزیع نرمال بوده و اثر هر یک از عوامل در تجزیه و تحلیل واریانس معنی‌دار باشد، از آزمون‌های مقایسه‌ای چندگانه دانکن برای گروه‌بندی مقدار بازیابی مشخصه‌های میکروبی خاک استفاده شد. تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 و رسم نمودارها با Excell انجام شد.

یافته‌ها

نتایج جدول ۱ تجزیه واریانس یک طرفه اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات میکروبی خاک را نشان داد که اثر تیمار بر روی تنفس میکروبی خاک، زی‌توده‌ی میکروبی کربن، آمونیوم، نیترات، معدنی شدن نیتروژن، زی‌توده‌ی میکروبی نیتروژن، زی-توده‌ی میکروبی فسفر، زی‌توده‌ی میکروبی کربن/ نیتروژن، زی‌توده‌ی میکروبی کربن/ فسفر و زی توده‌ی میکروبی نیتروژن / فسفر اثر معنی‌داری دارد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس یک طرفه اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات میکروبی خاک

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
تنفس میکروبی خاک (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز)	۰/۱۵	۳	۰/۰۵	۱۵/۰۶	۰
زی‌تودهٔ میکروبی کربن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۷۴۵۰۷/۱۱	۳	۵۸۱۶۹/۰۴	۱۸/۷۵	۰
آمونیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۷۳۷/۷۸	۳	۲۴۵/۹۳	۱۸/۷۵	۰
نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۵۱۲/۰۴	۳	۱۷۰/۶۸	۲۶/۱۹	۰
معدنی شدن نیتروژن (میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک)	۲۵۶۶/۷۴	۳	۸۵۵/۵۸	۴۲/۶۲	۰
زی‌تودهٔ میکروبی نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲۷۵۱/۸	۳	۹۱۷/۲۷	۳۶/۷۵	۰
زی‌تودهٔ میکروبی فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۴۳۹۰/۰۳	۳	۱۴۶۳/۳۴	۴۸/۴۹	۰
زی‌تودهٔ میکروبی کربن/ نیتروژن	۲۳۱۳/۱	۳	۷۷۱/۰۳	۴۰/۲۳	۰

زی‌تودهٔ میکروبی کربن / فسفر	۲۳۸۶/۴	۳	۷۹۵/۴۷	۴۷/۱۵	۰
زی‌تودهٔ میکروبی نیتروژن/ فسفر	۰/۱	۳	۰/۰۳	۱/۸۲	۰/۱۵

ns عدم معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، * معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

براساس نتایج میزان تنفس میکروبی خاک بین منطقه شاهد و تیمارها تفاوت معنی‌داری دارد. میزان تنفس میکروبی خاک مسیر با شدت فشردگی‌های کم و زیاد به ترتیب ۱۳ و ۲۸ درصد نسبت به منطقه شاهد کمتر است. بنابراین خاک فشرده‌ی مسیرها با سپری کردن یک دوره‌ی ۲۷ ساله و کاشت نهال به طور کامل بازیابی نشده است (جدول ۲).

نتایج نشان می‌دهند که میزان زی‌توده میکروبی کربن بین منطقه‌ی شاهد و مسیر با شدت فشردگی‌های مختلف (کم، متوسط و زیاد) تفاوت معنی‌داری دارد. مقدار زی‌توده‌ی میکروبی کربن در مسیر با شدت فشردگی کم ۱۰ درصد از منطقه شاهد بیشتر بوده است. بنابراین اقداماتی مانند کاشت نهال که بعد از بهره‌برداری صورت گرفته توانسته مقدار زی‌توده میکروبی کربن را به سطح منطقه‌ی شاهد برساند (جدول ۲).

نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهند که میزان آمونیوم بین منطقه‌ی شاهد و مسیر با شدت کوبیدگی‌های مختلف (کم، متوسط و زیاد) تفاوت معنی‌داری دارد. آمونیوم خاک مانند دیگر مشخصه‌های خاک تحت تاثیر کوبیدگی قرار می‌گیرد و تا مدت‌ها اثر کوبیدگی در خاک باقی خواهد ماند. براساس نتایج آمونیوم خاک پس از کاشت نهال در مسیرهای چوبکشی هنوز به سطح منطقه‌ی شاهد نرسیده است به طوری که در مسیر با شدت فشردگی‌های کم و زیاد مقدار آمونیوم ۱۶ و۳۸ درصد کمتر از منطقه‌ی شاهد می‌باشد (جدول ۲).

بررسی میزان نیترات خاک بین شاهد و تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. براساس نتایج نیترات خاک در اثر فشردگی کاهش پیدا می‌کند و هر چه فشردگی شدیدتر باشد این کاهش بیشتر است. پس از گذشت ۲۷ سال از بهره‌برداری و کاشت نهال در مسیرها، نیترات مسیر با شدت فشردگی‌های کم و زیاد به ترتیب نسبت به شاهد ۱۳ و۳۲ درصد کمتر است که نشان می‌دهد خاک به طور کامل بازیابی نشده است (جدول ۲).

نتایج نشان می‌دهند که میزان معدنی شدن نیتروژن بین منطقه شاهد و مسیر با شدت کوبیدگی‌های مختلف (کم، متوسط و زیاد) تفاوت معنی‌داری دارد. با توجه به نتایج، کاشت نهال در مسیرهای چوبکشی بعد از گذراندن یک دوره ۲۷ ساله نتوانسته سبب بهبودی کامل خاک شود. به طوری که در مسیر با شدت فشردگی کم، بهبودی خاک به اندازه‌ای بوده که میزان معدنی شدن نیترات نسبت به شاهد ۱۴ درصد کمتر می‌باشد (جدول ۲).

براساس نتایج مقدار زی‌توده میکروبی نیتروژن بین تیمارها و منطقه‌ی شاهد تفاوت معنی‌داری دارد. مقدار زی‌توده میکروبی نیتروژن در مسیر با شدت کوبیدگی کم ۱۱ درصد کمتر از منطقه شاهد است و بیانگر این است که خاک این مسیر بعد از گذراندن دوره ۲۷ ساله و کاشت نهال هنوز به طور کامل بازیابی نشده است (جدول ۲).

نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهند که مقدار زی‌توده‌ی میکروبی فسفر بین منطقه‌ی شاهد و مسیر با شدت فشردگی‌های مختلف (کم، متوسط و زیاد) تفاوت معنی‌داری دارد. براساس نتایج مقدار زی‌توده میکروبی فسفرخاک در مسیر با شدت فشردگی کم نسبت به شاهد ۷/۲۴ (میلی‌گرم در کیلوگرم) کمتر است و این اختلاف در مسیر با شدت فشردگی‌های متوسط و زیاد بیشتر می‌شود (جدول ۲).

بررسی مقدار زی‌توده میکروبی کربن نسبت به نیتروژن بین منطقه شاهد و مسیر با شدت کوبیدگی‌های مختلف (کم، متوسط و زیاد) تفاوت معنی‌داری دارد. با توجه به نتایج مقدار زی‌توده میکروبی کربن نسبت به نیتروژن در مسیر با شدت

فشردگی کم ۲۷ درصد بیشتر از منطقه شاهد است در نتیجه گذشت ۲۷ سال و کاشت نهال توانسته خاک آن مسیر را به طور کامل بهبود بخشد (جدول ۲).

نتایج نشان می‌دهند که مقدار زی‌توده میکروبی کربن نسبت به فسفر در منطقه شاهد و تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری است. گذشت ۲۷ سال از بهره‌برداری و کاشت نهال توسکا اثر فشردگی خاک را برطرف کرده است به طوری که مقدار زی-توده میکروبی کربن نسبت به فسفر در مسیر با شدت فشردگی کم ۳۲ درصد از منطقه شاهد بیشتر است (جدول ۲).

نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که مقدار زی‌توده میکروبی نیتروژن نسبت به فسفر بین منطقه‌ی شاهد و مسیر با شدت فشردگی‌های مختلف (کم، متوسط و زیاد) تفاوت معنی‌داری دارد. میزان زی‌توده‌ی میکروبی نیتروژن به فسفر در مسیر با شدت فشردگی کم ۹ درصد بیشتر از شاهد است. بنابراین خاک مسیرهای فشرده بعد از گذراندن یک دوره ۲۷ ساله بهبودی یافته است (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین (± انحراف معیار) مشخصه‌های میکروبی خاک در تیمارهای مختلف خاک با آزمون دانکن

مشخصه	تیمار			
	شاهد	شدت تردد کم	شدت تردد متوسط	شدت تردد زیاد
تنفس میکروبی خاک (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز)	۰/۳۸± ۰/۰۷a	۰/۳۳± ۰/۰۶b	۰/۳۲± ۰/۰۵b	۰/۲۷± ۰/۰۵c
زی‌توده میکروبی کربن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۴۱۹/۷۳± ۵۵/۶۷a	۴۶۲/۸۵± ۴۲/۹۶b	۴۸۹/۰۷± ۵۳/۰۷b	۵۳۷/۳۸± ۶۸/۲c
آمونیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲۰/۰۸± ۴/۸۶a	۱۶/۸۳± ۴/۱۱b	۱۵/۷۱± ۳/۲۷b	۱۲/۳۲± ۲/۰۶c
نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۹/۶۳± ۳/۳۸a	۱۶/۹۶± ۲/۳۴b	۱۵/۶۲± ۲/۳۴b	۱۳/۲۴± ۱/۹۲c
معدنی شدن نیتروژن (میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک)	۳۴/۱۷± ۴/۹۸a	۲۹/۰۶± ۴/۶۳b	۲۷/۱۵± ۴/۴۴b	۱۹/۷۶± ۳/۷۹c
زی‌توده میکروبی نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۳۸/۱۱± ۵/۱۴a	۳۳/۸۵± ۴/۸b	۳۰/۱۶± ۵/۴۸c	۲۳/۵۲± ۴/۵۰d
زی‌توده میکروبی فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۴۳/۷۱± ۶/۴۴a	۳۶/۴۷± ۴/۸۲b	۳۲/۲۷± ۵/۱۵c	۲۵/۰۵± ۵/۴۲d
زی‌توده میکروبی کربن/ نیتروژن	۱۱/۰۳± ۰/۵۰c	۱۴/۱۱± ۳/۲۷b	۱۶/۴۶± ۱/۵۱b	۲۴/۲۹± ۷/۹۷a
زی‌توده میکروبی کربن / فسفر	۹/۶۳± ۰/۴۴d	۱۲/۷۷± ۰/۷۲c	۱۵/۳± ۱/۰۴b	۲۳/۱۱± ۸/۱۰a
زی‌توده میکروبی نیتروژن/ فسفر	۰/۸۸± ۰/۰۴b	۰/۹۶± ۰/۲۶a	۰/۹۳± ۰/۰۳ab	۰/۹۵± ۰/۰۶ab

*حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

بحث و نتیجه‌گیری

خاک‌های جنگلی با چگالی ظاهری کم، تخلخل بالا و محتوای مواد آلی، نسبت به تنش‌های مکانیکی بیشتر مستعد و آسیب پذیر هستند (Jourgholami et al., 2020). به دنبال عملیات بهره‌برداری، فضاهای منافذ خاک اغلب تخریب یا ادغام می-شوند که منجر به افزایش تراکم خاک می‌گردد که اثرات مضری روی موجودات زنده خاک دارد. فشردگی خاک به دلیل

تردد خارج از جاده در ماشین‌های جنگلی دارای اثرات منفی بر یکپارچگی خاک از جمله افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، کاهش تخلخل کل و تخلخل درشت، افزایش مقاومت در برابر نفوذ و کاهش نفوذپذیری هوا است. ساختار خاک، هوادهی خاک و تعادل آب به دنبال افزایش چگالی ظاهری خاک و مقاومت در برابر نفوذ تأثیر منفی می‌گذارند (Horn et al., 2007; Poltorak et al., 2018; Jourgholami et al., 2020; Flores Fernández et al., 2017) بزرگی و وسعت فضایی تراکم خاک عمدتاً به بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری اولیه در زمان وارد آمدن نیرو، شیب زمین، نوع ماشین و سیستم برداشت و شدت ترافیک بستگی دارد (Kozlowski, 1999; Cambi et al., 2015). به طور همزمان، می‌تواند خواص شیمیایی خاک را به شدت به دنبال حذف لایه لاشبرگی تغییر دهد، بنابراین منجر به کاهش در دسترس بودن مواد مغذی و چرخش نیتروژن در سطح خاک می‌شود (Kozlowski, 1999). در بیشتر موارد، فشردگی خاک سبب کاهش حجم درشت منافذ می‌شود و در نتیجه بر نسبت‌های نسبی حجم آب و هوا در خاک تأثیر می‌گذارد این به شدت شرایط زندگی موجودات خاک، به ویژه غلظت اکسیژن و دی اکسید کربن در هوای خاک را تعیین می‌کند. در خاک‌های فشرده اغلب زیست توده یا تراکم جمعیت (فراوانی) حیوانات خاک به طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. کاهش فراوانی و یا فعالیت گونه‌های کلیدی، مانند کرم‌های خاکی حفار عمیق، که به طور قابل‌توجهی به شکل‌گیری زیستگاه در خاک کمک می‌کنند، ممکن است به تغییرات عملکردی خاک منجر شود. فشردگی شدید خاک نه تنها سبب کوچکتر و ضخیم شدن ریشه نهال‌ها می‌شود، بلکه منجر به تغییر در الگوی انشعاب ریشه نیز می‌گردد (Beylich et al., 2010). یک نقطه ضعف اصلی تراکم خاک است، یعنی افزایش مقدار ذرات خاک در واحد حجم (Mariotti et al., 2020). فشردگی خاک ممکن است با محدود کردن دسترسی به آب و جذب مواد مغذی خاک، بر فیزیولوژی برگ و رشد گیاه تأثیر منفی بگذارد. فشردگی خاک همچنین سبب تغییر در مقادیر و تعادل هورمون‌های رشد در گیاهان، به ویژه افزایش اسید آبسیزیک و اتیلن می‌شود. جذب مواد مغذی اصلی معدنی با متراکم شدن خاک‌های سطحی و زیرزمینی کاهش می‌یابد (Kozlowski, 1999).

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کاشت نهال توسکا سبب می‌شود که میزان C/N لاشبرگ تغییر یابد. نتایج ما با یافته‌های Vauramo and Setälä, (2011) و Langenbruch et al. (2012) همخوانی دارند. Langenbruch et al. (2012) و Vauramo and Setälä (2011) به این نتیجه رسیدند که پس از کاشت توسکا سیاه، لاشبرگ با تجزیه و آزادسازی مواد آلی، مواد مغذی را به خاک باز می‌گرداند. لاشبرگ با کیفیت بالا در توده توسکا سیاه سبب شد که محتوای نیتروژن بیشتری نسبت به توده ممرز-انجیلی تولید کند. علاوه بر این، عوامل اصلی که بر میزان تجزیه لاشبرگ نظارت می‌کنند، نسبت C/N لاشبرگ و خاک هستند. مطالعات قبلی نشان داده است که ترکیبات حساسی مانند لاشبرگ توسکا سیاه دارای N زیاد، لیگنین کم، C/N و نسبت لیگنین به نیتروژن پایین هستند که محرک اصلی تجزیه لاشبرگ می‌باشند (Yang and Zhu, 2015; Krishna and Mohan, 2017; Diao et al., 2020). این نتایج با آنچه که Parsapour et al. (2015) به دست آورده‌اند همخوانی دارند. در راستا با نتایج پژوهش حاضر، Parsapour et al. (2015) به این نتیجه رسیدند که ذرات آلی کربن (POC)، کربن آلی محلول (DOC)، ذرات الی نیتروژن (PON) و نیتروژن آلی محلول (DON) در جنگل‌کاری ۲۵ ساله به طور قابل‌توجهی بیشتر از جنگل‌کاری ۲۰ و ۱۵ ساله و منطقه بدون پوشش درختی (WTC) است. به طور کلی آنها به این نتیجه رسیدند که وجود سن‌های مختلف جنگل‌کاری توسکا سبب بهبود کیفیت لاشبرگ، در دسترس بودن مواد مغذی خاک و فعالیت آنزیمی می‌شود.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کاشت نهال در مسیرهای چوبکشی فشرده بعد از گذشت ۲۷ سال سبب افزایش زی‌توده میکروبی نیتروژن، NH4، زی‌توده میکروبی کربن می‌شود به طوری که میزان زی‌توده میکروبی کربن از سطح شاهد نیز

بیشتر شده است. نتایج ما با یافته‌های Deng et al. (2015) همخوانی دارد. در همین راستا، Deng et al. (2015) به این نتیجه رسیدند که خاک‌های جنگلی پس از ۱۵ سال جنگل‌کاری، زیست توده میکروبی بالاتر (MBC) و ضریب میکروبی کمتری (نسبت MBC:SOC) دارند. کاهش ضریب میکروبی (نسبت BMC:SOC) در خاک‌های جنگلی احتمالاً توسط ورودی لاشبرگ با کیفیت پایین ایجاد شده است. ورودی‌های بستر افزایش یافته و تغییر در شکل معدنی نیتروژن پس از استقرار به طور قابل‌توجهی بر زیست‌توده میکروبی نیتروژن (MBC) و نسبت آن به نیتروژن کل (TN) تأثیر گذاشته است که به نوبه خود به حفظ نیتروژن (به ویژه +NH4) در خاک‌های جنگلی کمک می‌کند.

در این پژوهش میزان نیترات، معدنی شدن نیتروژن، زیست‌توده میکروبی نیتروژن، آمونیوم، زی‌توده میکروبی کربن که در اثر بهره‌برداری کاهش یافته‌اند با کاشت نهال توسکا و گذشت ۲۷ سال از این اتفاق روند افزایشی داشته است. همچنین خاک از نظر برخی از این موارد به طور کامل بهبود یافته است. این نتایج با نتایجی که Parsapour et al. (2018) به دست اورده‌اند همخوانی دارند. در راستا با نتایج پژوهش حاضر، Parsapour et al. (2018) به این نتیجه رسیدند که زیست توده میکروبی کربن، +NH4، -NO3، معدنی شدن نیتروژن، زیست توده میکروبی نیتروژن (MBN)، در جنگل‌کاری ۲۵ ساله به طور قابل‌توجهی بیشتر از منطقه بدون پوشش درختی است. به طور کلی آنها به این نتیجه رسیدند که وجود سن‌های مختلف جنگل‌کاری توسکا سبب بهبود کیفیت لاشبرگ، در دسترس بودن مواد مغذی خاک و فعالیت آنزیمی می‌شود.

در پژوهش حاضر میزان زیست‌توده‌های میکروبی با کاشت نهال توسکا در مسیرهای فشرده پس از گذشت ۲۷ سال افزایش یافته است و حتی زیست توده میکروبی کربن از سطح شاهد نیز بالاتر رفته است که نشان‌دهنده بهبودی کامل خاک از این نظر می‌باشد. نتایج ما با یافته‌های Bottinelli et al. (2014) و Jourgholami et al. (2019) همخوانی دارد. Bottinelli et al. (2014) و Jourgholami et al. (2019) به این نتیجه رسیدند که افزایش قابل توجه نیتروژن به دلیل تجزیه بستر توسکای قشلاقی و همچنین افزایش نیتروژن به دلیل همزیستی ریشه توسکا با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن سبب افزایش زیست‌توده میکروبی شده است، به ویژه زیست‌توده میکروبی نیتروژن در لایه خاک مسیرهای کوبیده کاشته شده با توسکای قشلاقی. وجود رابطه منفی بین زیست‌توده میکروبی و نسبت C/N خاک نشان دهنده نقش نسبت C/N بالا در خاک مسیرهای فشرده تخریب شده در کاهش زیست‌توده میکروبی خاک است.

در مطالعه حاضر، اثربخشی جنگلکاری توسکای قشلاقی در بازیابی خواص خاک فشرده ناشی از تراکم در مسیرهای چوبکشی با سه شدت عبور ماشین (کم، متوسط و زیاد) پس از ۲۷ سال در مقایسه با توده طبیعی ممرز-انجیلی در جنگل شمال ایران مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که توسکای قشلاقی به عنوان گونه‌های درختی تثبیت‌کننده ازت تا حدی ویژگی‌های خاک را بازیابی کرد، با لاشبرگ با کیفیت بالا (نیتروژن بالا و نسبت C/N کمتر لاشبرگ و خاک) که به شدت به زیست‌توده و فعالیت میکروبی کربن و نیتروژن خاک کمک کرد. یافته‌های ما نشان داد که ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و میکروبی خاک طی یک دوره ۲۷ ساله در مسیرچوبکشی با سه گذر ماشین به طور کامل بهبود نیافته است و این مقادیر همچنان کمتر از مقادیر مشاهده شده در ممرز-انجیلی طبیعی بود. نتایج مطالع حاضر به وضوح تاثیر مثبت توسکای قشلاقی را بر احیای خصوصیات خاک پس از تراکم نشان می‌دهد.

منابع

Ampoorter, E., R. Goris, W.M. Cornelis and K. Verheyen. (2007). Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. For. Ecol. and Manage., 241: 162-174.

Aponte, C., García, L.V., Marañón, T. (2013). Tree species effects on nutrient cycling and soil biota: a feedback mechanism favoring species coexistence. For. Ecol. Manage., 309, 36–46.

Ares, A., Terry, T.A., Miller, R.E., Anderson, H.W., and Flaming, B.L. (2005). Ground-based forest harvesting effects on soil physical properties and douglas-fir growth. Soil Sci. Soc. Am. J., 69, 1822–1832.

Ballard, T. M. (2000). Impacts of forest management on northern forest soils. For. Ecol. Manag., 133, 37–42.

Beylich, A., Oberholzer, H. R., Schrader, S., Höper, H., Wilke, B. M., (2010). Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. Soil Tillage Res., 109, 133–143.

Bottinelli, N., Capowiez, Y., Ranger J. (2014). Slow Recovery of Earthworm Populations after Heavy Traffic in Two Forest Soils in Northern France. Applied Soil Ecology, 73: 130–133.

Cambi M., Certini G., Neri F., Marchi E. (2015). Impact of Heavy Traffic on Forest Soils: A Review. Forest Ecology and Management, 338, 124–138.

Cambi M., Hoshika Y., Mariotti B., Paoletti E., Picchio R., Venanzi R., Marchi E. (2017). Compaction by a Forest Machine Affects Soil Quality and Quercus robur L. Seedling Performance in an Experimental Field. Forest Ecology and Management, 384, 406–414.

Corti, G., Ugolini, F. C., Agnelli, A., Certini, G., Cuniglio, R., Berna, F. (2002). The soil skeleton, a forgotten pool of carbon and nitrogen in soil. Eur. J. Soil Sci., 53, 283–298.

Deng, Q., Cheng, X., Hui, D., Zhang, Q., Li, M., Zhang, Q., (2015). Soil microbial community and its interaction with soil carbon and nitrogen dynamics following afforestation in central China. Science of the Total Environment, 541, 230-237.

Diao, M., Yang, K., Zhu, J., Li, M., and Xu, S. (2020). Native broad-leaved tree species play key roles on maintaining soil chemical and microbial properties in a temperate secondary forest, Northeast China. Forest Ecology and Management, 462, 117971.

Diao, M., Yang, K., Zhu, J., Li, M., Xu, S. (2020). Native broad-leaved tree species play key roles on maintaining soil chemical and microbial properties in a temperate secondary forest, Northeast China. For. Ecol. Manage., 462, 117971.

Flores Fernández, J.L., Hartmann, P., Schäfer, J., Pulhmann, H., von Wilpert, K., (2017). Initial recovery of compacted soil-planting and technical treatments decrease CO2 concentrations in soil and promote root growth. Ann For Sci., 74:73.

Frey B., Kremer J., Rüdt A., Sciacca S., Matthies D., Lüscher P. (2009). Compaction of Forest Soils with Heavy Logging Machinery Affects Soil Bacterial Community Structure. European Journal of Soil Biology, 45, 312–320.

Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K., Nihlgard, B., (2004). The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. For. Ecol. Manage., 195, 373–384.

Han H.-S., Page-Dumroese D.S., Han S.-K., (2006). Tirocke J. Effect of Slash, Machine Passes, and Soil Moisture on Penetration Resistance in a Cut-to-Length Harvesting. International Journal of Forest Engineering, 17, 11–24.

Horn, R., Vossbrink, J., Peth, S., and Becker, S. (2007). Impact of modern forest vehicles on soil physical properties. For. Ecol. Manag., 248, 56–63.

Jansson, K.J., Wästerlund, I. (1999). Effect of traffic by lightweight forest machinery on the growth of young picea abies trees. Scand. J. For. Res., 14, 581–588.

Jourgholami M, Labelle ER. (2020). Effects of plot length and soil texture on runoff and sediment yield occurring on machine-trafficked soils in a mixed deciduous forest. Ann For Sci., 77:19.

Jourgholami, M., Labelle, E. R., and Feghhi, J. (2019). Efficacy of leaf litter mulch to mitigate runoff and sediment yield following mechanized operations in the Hyrcanian mixed forests. Journal of Soils and Sediments, 19, 2076–2088.

Jourgholami, M., Picchio, R., Tavankar, F., Venanzi, R., (2020). Regeneration of Belowground Properties and Nutrient Pools in Soil after Compaction: Response to the Reforestation with Native Tree Species in the Hyrcanian Forest. Environ. Sci. Proc., 3, 72.

Karpechko A.Yu. (2008). Changes in Density and Root Mass in Soils under the Influence of Harvesting Machines in Spruce Forests of Southern Karelia. Russian Journal of Forest Science, 5, 66–70.

Kozlowski, T.T. Soil Compaction and Growth of Woody Plants. Scandinavian Journal of Forest Research, (1999). 14 (6): 596–619.

Krishna, M. P., and Mohan, M. (2007). Litter decomposition in forest ecosystems: A review. Energy, Ecology and Environment, 2, 236–249

Langenbruch, C., Helfrich, M., Flessa, H. (2012). Effects of beech (Fagus sylvatica), ash (Fraxinus excelsior) and lime (Tilia spec.) on soil chemical properties in a mixed deciduous forest. Plant Soil, 352, 389–403.

Lucas-Borja, ME, de Santiago, JH, Yang, Y, Shen, Y, Candel-Pérez, D. (2019). Nutrient, metal contents and microbiological properties of litter and soil along a tree age gradient in Mediterranean forest ecosystems. Science of the Total Environment, 650: 749-758.

Magagnotti, N., Spinelli, R., Güldner, O, Erler, J. (2012). Site impact after motor-manual and mechanised thinning in Mediterranean pine plantations. Biosyst. Eng., 113, 140–147.

Mariotti B., Hoshika Y., Cambi M., Marra E., Feng Z., Paoletti E., Marchi E. (2020). Vehicle- Induced Compaction of Forest Soil Affects Plant Morphological and Physiological Attributes: A Meta-Analysis. Forest Ecology and Management, 462, 118004.

Mayer M, Prescott CE, Abaker WEA, Augusto L, Cécillon L, Ferreira GWD, James J, Jandl R, Katzensteiner K, Laclau J-P, Laganière J, Nouvellon Y, Paré D, Stanturf JA, Vanguelova EI and Vesterdal L., (2020). Tamm review: influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: a knowledge synthesis. For. Ecol. Manag. 466, 118127.

McNabb D., Startsev A., Nguyen H. (2001). Soil Wetness and Traffic Level Effects on Bulk Density and Air-Filled Porosity of Compacted Boreal Forest Soils. Soil Science Society of America Journal, 65, 1238–1247.

Oliveira, I.R., Bordron, B., Laclau, J.P., Paula, R.R., Ferraz, A.V., Gonçalves, J.L.M., Maire, G. le, Bouillet, J.P. (2021). Nutrient deficiency enhances the rate of short-term belowground transfer of nitrogen from Acacia mangium to Eucalyptus trees in mixed-species plantations. For. Ecol. Manag., 491, 119192.

Parsapour, M.K., Kooch, Y., Hosseini, S.M., Alavi, S.J., (2018). Litter and topsoil in Alnus subcordata plantation on former degraded natural forest land: A synthesis of age-sequence.2018, Soil and Tillage Research, 179, 1-10.

Picchio, R., Neri, F., Petrini, E., Verani, S., Marchi, E., Certini, G. (2012). Machinery-induced soil compaction in thinning two pine stands in central Italy. For. Ecol. Manag., 285, 38–43.

Poltorak, B.J., Labelle, E.R., Jaeger, d., (2018). Soil displacement during ground- based mechanized forest operation using mixed-wood brush mats. Soil Till. Res., 179, 96-104.

Powers, R., Sanchez, F., Scott, D. A., and Page-Dumrosese, D. (2004). The North American long-term soil productivity experiment: coast-to-coast findings from the first decade, in USDA Forest Service Proceedings of RMRS-P-34, (Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture), 191–206.

Prats, S.A., Malvar, M.C., Wagenbrenner, J.W., (2021). Compaction and cover effects on runoff and erosion in post-fire salvage logged areas in the Valley Fire, California. Hydrol. Process., 35:e13997.

Sayer, E.J., (2006). Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. Biol. Rev., 81, 1–31.

Šušnjar M., Horvat D., Šešelj J. (2006). Soil Compaction in Timber Skidding in Winter Conditions. Croatian Journal of Forest Engineering, 27, 3–15.

Vauramo, S., and Setälä, H. (2011). Decomposition of labile and recalcitrant litter types under different plant communities in urban soils. Urban Ecosystems, 14, 59–70.

Wang, L. (1997). Assessment of animal skidding and ground machine skidding under mountain conditions. J. For. Eng., 7, 63–72.

Williamson, J.R., Neilsen, W.A. (2000). The influence of forest site on rate and extent of soil compaction and profile disturbance of skid trails during ground-based harvesting. Can. J. For. Res., 30, 1196–1205.

Yang, K., and Zhu, J. J. (2015). Impact of tree litter decomposition on soil biochemical properties obtained from a temperate sec-ondary forest in Northeast China. Journal of Soils and Sediments, 15, 13–23.

Evaluation of recovery trajectory in soil microbial properties of the skid trails at different compaction intensities in response to the black alder (*Alnus glutinosa*) reforestation

M. Jourgholami[1*] and F. Kiumarsi[2]

1- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran.
2- M.Sc. of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran.

Abstract

Native broadleaf tree species alter land surface functions that can regulate the quality of litter input and the root-soil system, which ultimately affects soil properties and nutrient content. So far, no research has been done to test the effect of planting the same species on the restoration of soil compaction in different intensities of low, medium and high compaction in the long term. This research was carried out in the Tirumrud Forestry Project in the East of Mazandaran. In this regards, the effects of reforestation with black alder on the recovery of soil microbial properties in the skid trails imposed by three level of compactions (including few, medium, and frequent intensity traffics) were examined over a 27-year period, compared to the undisturbed natural stand of *Carpinus betulus* L. - *Parrotia persica* C.A.M. (CB-PP) as a benchmark. Nevertheless, recovery values of soil microbial properties were still lower than values of CB-PP treatment over a 27-year period. It was concluded that black alder reforestation under the few and medium machine traffics of skid trails ameliorated the soil microbial content including soil microbial respiration, microbial biomass carbon (MBC), ammonium, nitrate, nitrogen mineralization, microbial biomass nitrogen (MBN), microbial biomass phosphorous (MBP), MBC/MBN, MBC/MBP, and MBN/MBP. The results clearly depicted that black alder as N_2-fixing trees can be applied in the restoration programs as an important source to create a labial component on the surface layer leading to soil organic matter and to build up soil structure via root-soil feedback, as well as improve soil by affecting on nitrogen cycle as a major source of nitrogen.

Keywords: soil compaction, soil recovery; N_2-fixing tree; microbial properties.

*Corresponding author Tel: +2632249312 Email: mjgholami@ut.ac.ir

تأثیر موقعیت شیب بر سطح بازیابی خصوصیات شیمیایی و زی‌توده ریشه خاک‌های فشرده در مسیرهای چوبکشی (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)

مقداد جورغلامی[1*] و علیرضا رامینه[2]

۱- استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دکتری جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

مطالعات متعددی اثرات موقعیت‌های شیب بر خصوصیات خاک را در اکوسیستم‌های جنگلی تأیید کرده‌اند، اما اطلاعات محدودی در خصوص تأثیر موقعیت شیب بر بازیابی لایه‌های خاک که در معرض فشردگی ناشی از تردد ماشین‌آلات قرار دارند، در دسترس است. در این تحقیق عوامل موقعیت شیب (یال، وسط شیب؛ شیب پشتی و پایین شیب؛ پنجهٔ شیب) بر سرعت بازیابی خصوصیات شیمیایی و زی‌توده ریشه خاک، ۴ سال پس از عملیات بهره‌برداری که در محل رد چرخ‌های ماشین در مقایسه با مناطق دست نخورده در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران طراحی شده بود، بررسی شد. خصوصیات شیمیایی خاک‌های فشرده در محل رد چرخ‌های ماشین تفاوت‌های معنی‌داری در میان موقعیت‌های شیب از خود نشان دادند. pH و نسبت کربن به نیتروژن به‌طور معنی‌داری در موقعیت پایین شیب کمتر از مقادیر ثبت شده در موقعیت‌های یال و وسط شیب بودند. بر عکس، کربن آلی، نیتروژن و مواد مغذی در دسترس (شامل: فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) و همچنین زی‌توده ریشه‌های نازک در پایین شیب از موقعیت یال و وسط شیب بالاتر بودند. هرچند نتایج نشان داد که بازیابی کامل خصوصیات شیمیایی و زی‌توده ریشه خاک در مقایسه با مناطق دست نخورده حتی بعد از یک دوره چهار ساله نیز محقق نشده است. نتایج مطالعه ما اهمیت موقعیت شیب در افزایش تفاوت‌های ایجاد شده در خصوصیات شیمیایی و زی‌توده ریشه خاک پس از عملیات بهره‌برداری زمین پایه را آشکارتر نمود.

واژگان کلیدی: فشردگی خاک، تکامل خاک، مسیر چوبکشی، بهره‌برداری مکانیزه، برداشت پایدار جنگل.

مقدمه

جنگل‌های شمال از آستارا تا گلیداغی روی یک نوار باریک در حاشیه دریای خزر، عرصه‌ای با شرایط خاص اکولوژیکی و مجموعه‌ای منحصر به فرد از انواع گونه‌های چوبی و غیرچوبی را تشکیل داده است. هر گونه دخالت در اکوسیستم جنگل اگر به طور اصولی و معقولانه صورت نگیرد، سبب به هم خوردن تعادل اکوسیستم می‌شود (Jourgholami et al., 2018a). در این میان خاک جنگل که مبدا همه تحولات اساسی در جنگل است از اهمیت خاصی برخوردار است. خاک‌های جنگلی به‌دلیل داشتن موادآلی زیاد، دارای وزن مخصوص کم، خلل و فرج زیاد، نفوذپذیری زیاد و مقاومت کم هستند، در نتیجه نسبت به کوبیدگی و تنش‌های برشی حساس‌اند (Jourgholami et al., 2018b). کوبیدگی خاک عبارتی است که اغلب برای توضیح

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲ ایمیل: mjgholami@ut.ac.ir

شرایط کلی در یک توده جنگلی بعد از عملیات چوبکشی استفاده می‌شود، اگر چه شرایط مختلفی شامل گلی و لغزنده شدن خاک، بهم خوردگی و جابجایی خاک ممکن است رخ دهد (Majnounian and Jourgholami, 2013). وقتی که خاک کوبیده می‌شود، ذرات و کلوخه‌ها به هم نزدیک‌تر شده و فضاهای خالی کاهش یافته و تراکم خاک افزایش می‌یابد (وزن واحد حجم در سطح معینی از خاک). کوبیدگی حجم فضاهای خالی یا منافذ را در خاک کاهش می‌دهد، به ویژه حجم منافذ بین ذرات که از مولفه‌های موثر بر انتشار گازها در درون خاک هستند. در هنگام کوبیدگی خاک، نسبت فضای منافذ بزرگ کاهش می‌یابد و نسبت منافذ کوچک افزایش می‌یابد (جورغلامی و مجنونیان، ۱۳۸۹).

موقعیت شیب دامنه در اکوسیستم‌های جنگلی نقش مهمی در ایجاد محیط میکروکلیما و ناهمگنی خاک ایفا می‌کند (Karaca et al., 2018; Jourgholami et al., 2018b) که منجر به فرایندهای خاص اکولوژیک و زیستی خاک می‌شود که بر چرخهٔ مواد غذایی مختلف و جمعیت میکروبی و همچنین فعالیت‌های آنزیمی تاثیرگذار است (Wang et al., 2012; Lozano-García and Parras-Alcantára, 2014). فرایندهای هیدرولوژیکی و مراحل تشکیل خاک توسط شاخص‌های توپوگرافی تنظیم می‌شوند (Krasilnikov et al., 2005; Seibert et al., 2007). موقعیت‌های مختلف منظر اثرات قابل‌توجهی بر خصوصیات خاک دارند (Brubaker et al., 1993; Zhu et al., 2018). تغییرات در ویژگی‌های توپوگرافی مانند ارتفاع، درصد شیب و جهت شیب به تغییرات زیادی در عوامل اقلیمی و خاک کمک می‌کند که بر تنوع کربن آلی خاک تاثیرگذار است (Chen et al., 2016; Karaca et al., 2018; Zhu et al., 2018). به‌طورکلی، شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و همچنین فعالیت‌های آنزیمی تحت تاثیر مواد مادری، پوشش گیاهی، آب و هوا و شرایط توپوگرافی قرار می‌گیرند (Fazlollahi Mohammadi et al., 2017; Lozano-García and Parras-Alcantára, 2014; Zhu et al., 2018). به‌طورکلی، موقعیت شیب و جهت شیب، فرآیندهای هیدرولوژیکی و انرژی تابشی خورشید را تنظیم می‌کنند که به نوبه خود میکروکلیماها را در سطوح کوچک‌تر معرفی می‌کند (Chen et al., 2016; Zhu et al., 2018). ویژگی‌های توپوگرافی مانند درصد شیب، شکل (محدب یا مقعر)، موقعیت (یال، وسط شیب و پایین شیب)، و آبراهه‌ها از عوامل مهم، که به نوبه خود، در توسعه و تنوع خواص خاک، چرخه مواد مغذی، نرخ تجزیه مواد آلی و تبادل گازی بین خاک و هوا تاثیرگذار است (Seibert et al., 2007; Lozano-García and Parras-Alcantára, 2014; Chen et al., 2016; Karaca et al., 2018). در جنگل‌های شمال ایران، میزان رطوبت خاک، کربن آلی و کل نیتروژن و همچنین تنفس میکروبی خاک به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تحت تأثیر شکل و موقعیت شیب دامنه قرار دارد (Fazlollahi Mohammadi et al., 2017). در حوزهٔ دریاچه وان ترکیه، Karaca et al. (2018) نشان دادند که موقعیت‌های توپوگرافی مختلف به علت پدیده آبشویی، حمل و انباشت مواد، به‌طور قابل‌توجهی بر خواص خاک شامل بافت خاک، EC، pH، آهک، مواد آلی و مواد مغذی تاثیر گذاشته است. توپوگرافی از سه طریق بر فرایندهای تشکیل و توسعه خاک تأثیرگذار است: از طریق جذب و حفظ آب در خاک و تأثیر آن بر رطوبت خاک، از دست دادن مواد مغذی خاک توسط فرسایش و انتقال مواد معلق و محلول در آب از یک نقطه به دیگری (Brubaker et al., 1993; Krasilnikov et al., 2005; Lozano-García and Parras-Alcantára, 2014; Zhu et al., 2018). Zhu et al. (2018) نتیجه‌گیری می‌کنند که در منطقه‌ای با پوشش مرتع، کربن آلی خاک به شدت تحت تاثیر ارتفاع و شیب منطقه قرار گرفته است. علاوه بر این، Lozano-García and Parras-Alcantára (2014) دریافتند که کربن آلی خاکی و نیتروژن کل به‌طور قابل ملاحظه‌ای با حرکت از یال به سمت پایین شیب افزایش می‌یابد. خاک جنگل یکی از مولفه‌های مهم در اکوسیستم‌های جنگلی است که دارای ماده آلی زیاد، وزن مخصوص ظاهری کمتر و تخلخل بالاتر هستند (Baldrian, 2017; Jourgholami et al., 2018a, b)، که حساس به نیروی مکانیکی و تراکم خاک است (Horn et al., 2004). با وارد کردن

تنش مکانیکی از طریق ترافیک ماشین‌های چوبکشی، وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش (Ampoorter et al., 2011)، خلل و فرج خاک فشرده شده (Horn et al., 2004) و فشردگی خاک رخ می‌دهد (Poltorak et al., 2018). پوشش گیاهی کف و لایهٔ لاشبرگی (به عنوان مثال؛ لایه L، F و H) در اثر تردد ماشین‌های چوبکشی به طور قابل‌ملاحظه‌ای تخریب شده که به نوبه خود منجر به در معرض قرارگیری خاک معدنی در مقابل اثرات بارندگی شده، که منجر به افزایش رواناب و رسوب می‌شود (Jourgholami et al., 2018a).

در بازیابی خاک‌های تخریب شدهٔ ناشی از عملیات چوبکشی و تردد ماشین‌آلات تمامی خصوصیات فیزیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، تخلخل (Marshal, 2000; Lister et al., 2004)، نفوذپذیری (Brigges et al., 2000; Crock et al., 2001)، مقاومت به نفوذ (Han et al., 2006)، شیار یا رد چرخ ناشی از ماشین و کشیدن بینه روی زمین (Sylvia and James, 2006)، رواناب و هدر رفتن خاک (Crock et al., 2001)، عناصر غذایی خاک، نفوذ ریشه در خاک (Greacen and Sands, 1980; Makineci et al., 2007) و فعالیت میکروارگانیسم‌ها (Battigelli et al., 2004) مورد بررسی قرار می‌گیرند. تداوم کوبیدگی خاک و بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک بسته به درجه تراکم خاک، عمق لایه‌های خاک، نوع خاک، پوشش گیاهی و آب و هوا متفاوت است (Rab, 2004). بازیابی خاک‌های کوبیده جنگلی در غیاب تیمارهای اصلاحی، تحت تاثیر شرایط اقلیمی، فعالیت ریشه‌ها و جانوران خاک آهسته و نیاز به زمان طولانی دارد. سریع‌ترین میزان نرخ بازیابی گزارش شده، یک سال پس از عملیات چوبکشی با اسکیدر چرخ لاستیکی در شرایط خشک بر روی یک خاک درشت بافت در مینه-سوتای آمریکا بوده است (Mace, 1971). Shoulders and Terry (1978) گزارش دادند که تغییرات تخلخل خاک ناشی از آماده‌سازی رویشگاه تا ۶ سال ادامه دارد. Rab (2004) بهبود قابل‌توجهی را در مقدار وزن مخصوص ظاهری و تخلخل‌های درشت بر خاک رس تا لوم- سیلتی در بیش از یک دوره ۱۰ ساله پیدا نکرد. Jakobsen (1983) و Anderson et al. (1992) نشان دادند که مقدار وزن مخصوص ظاهری بر روی مسیرهای چوبکشی، ۲۵ تا ۳۲ سال پس از عملیات چوبکشی به مقدار قابل‌توجهی با منطقه دست نخورده تفاوت دارد. Hakansson and Reeder (1994) به این نتیجه رسیدند حتی در مناطقی با چرخه ذوب و انجماد سالانه بر روی خاک رسی، تراکم در عمق بیش از ۴۰ سانتی‌متر بسیار زیاد و تقریبا دائم است. برای بازیابی کوبیدگی لایه‌های سطحی (۰-۱۰ سانتی‌متر) ممکن است ۱۰ تا ۲۰ سال زمان یا بیشتر لازم باشد (Jourgholami et al., 2018b) و فشردگی لایه‌های عمیق‌تر خاک، برای بازیابی به ۵۰ تا ۱۰۰ سال زمان نیاز است (Greacen and Sands, 1980). مطالعات متعددی از جمله (Rab et al., 2005) نشان دادند که بیشترین تغییرات در لایه سطحی خاک اتفاق می‌افتد و چون این لایه غنی از عناصر غذایی است، بنابراین در حاصلخیزی و میزان تولید جنگل نقش حیاتی را داراست. با توجه به تاثیر منفی کوبیدگی بر موجودات زنده خاک، گیاهان و درختان بهبود سریع آن مد نظر است. با این حال تنها در موارد استثنایی که خاک جنگل به شدت کوبیده شده است می‌توان از ماشین‌های سست‌کننده مانند ریپرها (Sinnet et al., 2008) استفاده کرد که این روش ممکن است سبب آسیب شدید به ریشه درختان و جانوران، اختلال در استقرار بذرها، نابودی لایه گیاهی حاضر و تغییر ترکیب لایه علفی شود. بنابراین برای حفظ تنوع و عملکرد اکوسیستم جنگل این روش باید در شدت آسیب و کوبیدگی خاک زیاد و یا هنگامی که سرعت بازیابی طبیعی ناکافی است استفاده شود. در تمامی دیگر خاک‌های جنگلی، بازیابی خاک وابسته به فرآیند طبیعی است.

جنگل‌های شمال ایران به عنوان اکوسیستم‌های منحصر به فرد در نیمکره شمالی شناخته می‌شوند، که به نوبه خود شامل محدوده‌های متنوعی از توپوگرافی‌های کلان و خرد است. مطالعات متعددی تأثیرات توپوگرافی و موقعیت شیب را روی تفاوت‌های خواص خاک در اکوسیستم‌های جنگلی ثابت می‌کند، اما هیچ گونه اطلاعاتی در مورد تاثیر موقعیت شیب دامنه

در سطح بازیابی خاک که در معرض فشردگی بعد از تردد ماشین‌های چوبکشی هستند، موجود نیست. این مطالعه با هدف تعیین تأثیرات موقعیت شیب دامنه در سطوح بهبود خواص خاک‌های فشرده شده در مدت چهار سال پس از عملیات چوبکشی در مسیرهای چوبکشی نسبت به منطقه دست‌نخورده یا کنترل صورت می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

برای دستیابی به اهداف بیان شده، این تحقیق در بخش گرازبن در جنگل آموزشی پژوهشی خیرود انجام شد. به منظور مطالعه موقعیت شکل دامنه در مقدار بازیابی خاک فشرده شده، چهار مسیر چوبکشی با شکل دامنه مقعر ۴ سال پس از عملیات چوبکشی انتخاب شدند که هر کدام از این مسیرهای چوبکشی از لحاظ ارتفاع، جهت دامنه و گونه گیاهی یکسان هستند. عملیات چوبکشی در این چهار مسیر ذکرشده در تابستان ۱۳۹۳ انجام شد. سه موقعیت شکل دامنه در هر تکرار شامل یال، وسط شیب و پایین شیب و همچنین ناحیه دست نخورده یا شاهد انتخاب شد. در هر موقعیت شیب دامنه، سه قطعه به طور تصادفی پیاده شده و به طور تصادفی یک قطعه نمونه با طول ۲۰ متر و عرض ۴ متر (عرض مسیر) انتخاب می‌شود که در این قطعه نمونه، ۵ خط اندازه‌گیری با فاصله ۴ متری از هم جدا می‌شود و ۳ خط به طورتصادفی برای نمونه‌برداری انتخاب می‌شود (Jourgholami et al., 2018b). روی هر خط، سه محل برای نمونه‌گیری در نظر گرفته می‌شود، به طوری‌که یک نمونه در مرکز شیار سمت راست (چرخ راست)، یک نمونه در مرکز شیار سمت چپ (چرخ چپ) و یک نمونه هم در وسط دو شیار در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری گرفته می‌شود. در مجاورت هر پلات به فاصله ۲۰ متری از مسیر چوبکشی، در منطقه شاهد در چهار تکرار نیز نمونه‌برداری انجام می‌شود تا مقادیر اندازه‌گیری شده با نمونه شاهد مقایسه شود و روند اثرات، ارزیابی شود. نمونه‌برداری برای تعیین جرم مخصوص ظاهری خشک خاک با استفاده از سیلندرهای فلزی با قطر داخلی ۵ و طول ۵ سانتی‌متر انجام می‌شود. نمونه‌های خاک در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شده و بلافاصله به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل می‌شود تا در مرحلهٔ بعد مقدار رطوبت و جرم خشک ظاهری نمونه‌ها بدست آید و براساس آن، جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه شود. در محل هر نمونه، نمونه‌های خاک پس از برداشتن لایه لاشبرگ از سطح خاک در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری، به‌مقدار ۲ تا ۳ کیلوگرم برداشت و در داخل پلاستیک بسته‌بندی و برچسب‌گذاری شده و به آزمایشگاه منتقل می‌شود تا آزمایشات روی این نمونه‌ها انجام شود و خصوصیات شیمیایی خاک شامل اسیدیته، درصد کربن، درصد نیتروژن، نرخ C/N، مقدار فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم موجود و زی‌توده ریشه نازک مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. طرح آزمایشی با توجه به اینکه پلات‌ها در تیمارها به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شوند کاملا تصادفی خواهد بود. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا با آزمون کولموگراف- اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی می‌شود. همبستگی واریانس بین تیمارها با آزمون لون بررسی می‌شود. به‌منظور بررسی اثر موقعیت شیب دامنه بر مقدار خصوصیات مورد بررسی خاک از تجزیه واریانس استفاده می‌شود. در صورتی‌که داده‌ها دارای توزیع نرمال بوده و اثر هر یک از عوامل در تجزیه و تحلیل واریانس معنی‌دار باشد، از یکی از آزمون‌های مقایسه‌ای چندگانه برای گروه‌بندی مقدار شاخص‌های بدست‌آمده استفاده می‌شود. در صورتی‌که عدم نرمال بودن داده‌ها، از آزمون‌های ناپارامتری معادل تجزیه واریانس استفاده می‌شود. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 17.0 و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

یافته‌ها

جدول ۴- ۲ نتایج تجزیه واریانس یک طرفه اثر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر خصوصیات شیمیایی خاک مثل اسیدیته، کربن آلی، نیتروژن، نسبت C/N، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و زی‌توده ریشه‌های نازک خاک را نشان می‌دهد. نتایج حاصل نشان داد که اثر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر خصوصیات شیمیایی و نیز روی زی‌توده ریشه‌های نازک خاک در سطح اطمینان ۹۹ درصد (P <0/01) معنی‌دار بود.

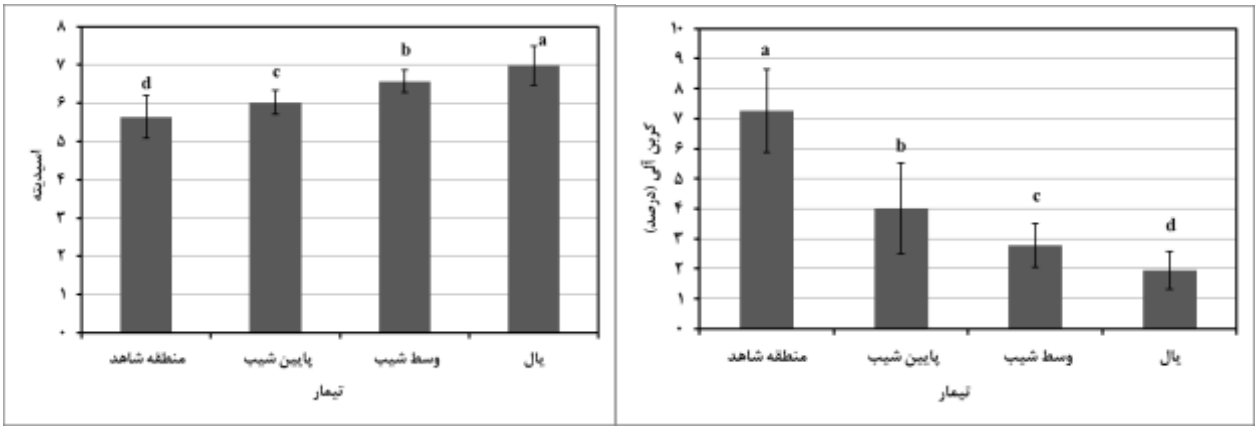
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس یک طرفه اثر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر خصوصیات شیمیایی و زی‌توده ریشه خاک

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
اسیدیته	۳۷/۷۷	۳	۱۲/۵۹	۶۷/۱۶	۰/۰۰ **
کربن آلی	۵۸۷/۴۷	۳	۱۹۵/۸۲	۱۵۲/۶۱	۰/۰۰ **
نیتروژن	۵/۱۵	۳	۱/۷۲	۳۱۱/۹۲	۰/۰۰ **
C/N خاک	۶۴۴/۲۱	۳	۲۱۴/۷۴	۳۸/۲۲	۰/۰۰ **
فسفر	۲۱۸۱/۸۳	۳	۷۲۷/۲۸	۷۶/۴۷	۰/۰۰ **
پتاسیم	۷۱۰۲۵/۰۱	۳	۲۳۶۷۵/۰	۵۸/۱۹	۰/۰۰ **
کلسیم	۷۴۰۶۵/۷۸	۳	۲۴۶۸۸/۶	۱۰۲/۰۲	۰/۰۰ **
منیزیم	۶۷۸۳/۶۶	۳	۲۲۶۱/۲۲	۱۱۴/۰۳	۰/۰۰ **
زی‌توده ریشه‌های نازک	۳۲۷۸۰/۳۹	۳	۱۰۹۲۶/۸	۶۴/۷۹	۰/۰۰ **

ns عدم معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، * معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

اسیدیته

شکل ۱ نمودار اثر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر اسیدیته خاک را نشان می‌دهد.



شکل ۱- مقایسهٔ میانگین متغیر اسیدیته و درصد کربن آلی خاک در تیمارهای موقعیت شیب مختلف خاک با آزمون توکی. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است. بازه نشان داده شده در هر ستون نشان‌دهندهٔ انحراف معیار است.

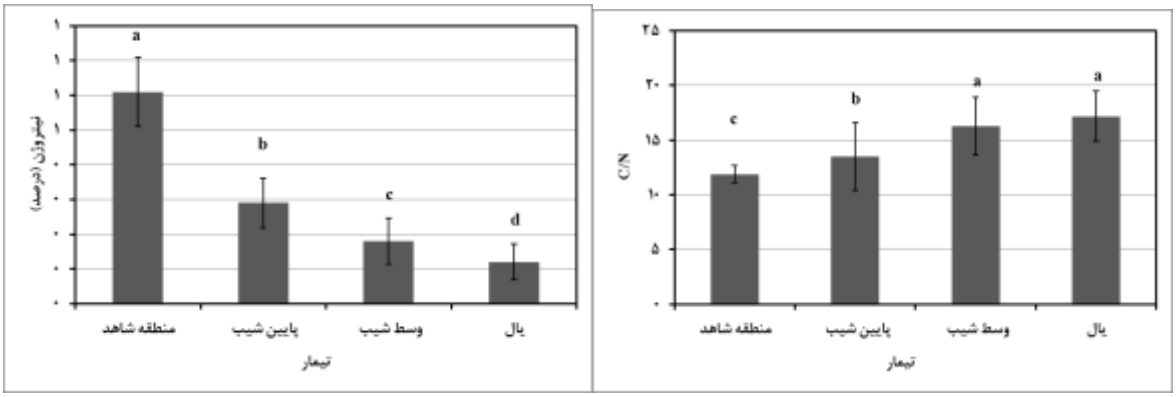
نتایج حاصل نشان داد که اثر تیمارهای موقعیت شیب بر میزان اسیدیته خاک موقعیت‌های مورد ارزیابی معنی‌دار بوده است. کمترین میزان اسیدیته خاک در منطقه شاهد برابر با ۵/۶۴ و بیشترین میزان اسیدیته خاک در موقعیت یال با مقدار ۶/۹۸ اندازه‌گیری شد. در بین سه موقعیت شیب نیز کمترین میزان اسیدیته در موقعیت پایین شیب برابر با ۶/۰۲ مشاهده شد که با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری دارد. در مجموع از نتایج به‌دست آمده چنین بر می‌آید که بیشترین میزان بازیابی اسیدیته خاک در موقعیت پایین شیب اتفاق افتاده که این میزان با مقدار طبیعی آن در منطقه کنترل (شاهد) دارای تفاوت معنی‌داری بوده که نشان‌دهنده این موضوع یا حقیقت بوده که مدت زمان سپری شده (چهارسال)، برای بازیابی اسیدیته خاک، مدت زمان اندکی است.

درصد کربن آلی

شکل ۱ نمودار تأثیر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر میزان درصد کربن آلی خاک مناطق مورد ارزیابی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل نشان داد که اثر موقعیت‌های شیب بر میزان درصد کربن آلی خاک معنی‌دار است. بدین صورت که با افزایش شیب، میزان کربن آلی در خاک کاهش پیدا می‌کند. بیشینهٔ مقدار کربن آلی در منطقه شاهد با مقدار ۷/۲۶ درصد و کمینهٔ آن در موقعیت یال با مقدار ۱/۹۵ درصد اندازه‌گیری شد. در بین سه موقعیت شیب نیز بیشترین مقدار کربن آلی در موقعیت پایین شیب مشاهده شد. در میان موقعیت‌های شیب دامنه نیز موقعیت پایین شیب با مقدار ۴/۰۱ درصد بیشترین مقدار درصد کربن را نشان می‌دهد، که با وجود اینکه بهبود قابل‌توجهی در میزان درصد کربن خاک در موقعیت پای شیب مشاهده می‌شود، اما در مقایسه با منطقه شاهد (کنترل) این میزان بسیار چشمگیر بوده و تفاوت آن معنی‌دار می‌باشد، که بیانگر این مفهوم بوده که مدت زمان سپری شده (چهار سال) برای بازیابی خصوصیت کربن آلی خاک و رسیدن آن به حالت طبیعی مدت زمان کمی بوده و کافی نیست.

درصد نیتروژن

شکل ۲ اثر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر میزان نیتروژن موجود در خاک مناطق مورد ارزیابی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل نشان داد که اثر موقعیت شیب بر روی درصد نیتروژن موجود در خاک معنی‌دار است. با افزایش شیب از میزان نیتروژن موجود در خاک کاسته شده، به‌طوری‌که بیشینه میزان نیتروژن موجود در خاک در منطقه شاهد برابر با ۰/۶۱ درصد و کمینه میزان نیتروژن در موقعیت یال برابر با ۰/۱۲ درصد اندازه‌گیری شد. در بین سه موقعیت شیب نیز بیشترین درصد نیتروژن در موقعیت پایین شیب با مقدار ۰/۲۹ درصد مشاهده شد.



شکل ۲- مقایسهٔ میانگین متغیر درصد نیتروژن و متغیر C/N خاک در تیمارهای موقعیت شیب مختلف خاک با آزمون توکی. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است. بازه نشان داده شده در هر ستون نشان‌دهندهٔ انحراف معیار است.

نسبت C/N

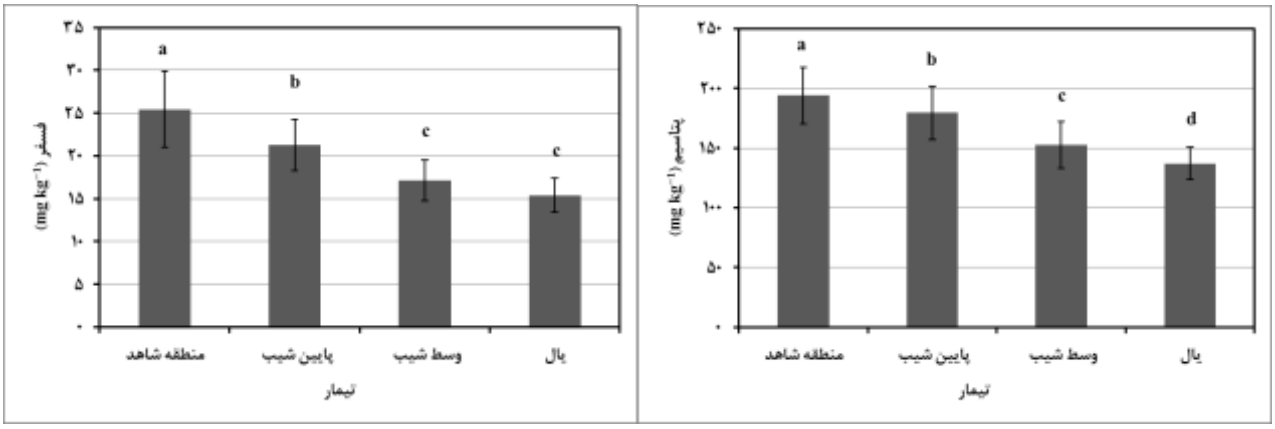
شکل ۲ اثر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر میزان C/N خاک را نشان می‌دهد. نتایج حاصل نشان داد که اثر موقعیت شیب بر نسبت C/N خاک معنی‌دار بوده است. بدین شکل که با افزایش شیب نسبت C/N خاک افزایش می‌یابد. بیشترین میزان C/N در موقعیت یال با مقدار ۱۷/۱۶ و کمترین میزان آن در منطقه شاهد با مقدار ۱۱/۸۷ اندازه‌گیری شد. در بین سه موقعیت شیب نیز کمترین میزان C/N در موقعیت پایین شیب با مقدار ۱۳/۴۹ مشاهده شد. در بین موقعیت‌های وسط شیب و یال، اختلاف‌های نسبت C/N خاک معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج می‌توان چنین گفت که با گذشت چهار سال میزان C/N خاک در موقعیت پایین شیب کاهش یافته و تا حدی بازیابی شده، اما در مقایسه با حالت طبیعی (منطقه شاهد)، هنوز اختلاف معنی‌دار است. این بدان معناست که مدت زمان چهار سال برای بازیابی خصوصیت C/N خاک به‌طور کامل کم بوده و کافی نیست.

میزان فسفر

شکل ۳ اثر تیمارهای موقعیت شیب بر میزان فسفر موجود در خاک را نشان می‌دهد. نتایج حاصل نشان داد که اثر موقعیت شیب بر میزان فسفر موجود در خاک مناطق مورد ارزیابی معنی‌دار بود. بدین صورت که با افزایش شیب از میزان فسفر موجود در خاک کاسته شده، بیشترین میزان فسفر در منطقه شاهد با مقدار مقدار ۲۵/۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و کمترین میزان آن در موقعیت یال با مقدار مقدار ۱۵/۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد. بین مقادیر فسفر در موقعیت‌های یال و وسط شیب اختلاف معنی‌دار نبوده و در بین موقعیت‌های سه‌گانه شیب، بیشترین میزان فسفر، در موقعیت پایین شیب با مقدار ۲۱/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. می‌توان چنین در نظر گرفت که گذشت چهار سال برای بازیابی کامل خصیصه فسفر خاک، مدت زمان کمی بوده و کافی نیست.

میزان پتاسیم

شکل ۳ اثر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر میزان پتاسیم موجود در خاک مناطق مورد ارزیابی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- مقایسهٔ میانگین متغیرهای فسفر و پتاسیم خاک در تیمارهای موقعیت شیب مختلف خاک با آزمون توکی. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است. بازه نشان داده شده در هر ستون نشان‌دهندهٔ انحراف معیار است.

نتایج حاصل نشان داد که اثر موقعیت شیب بر میزان پتاسیم موجود در خاک مناطق مورد ارزیابی معنی‌دار است. با افزایش شیب از میزان پتاسیم موجود در خاک کاسته شده، به‌طوری‌که بیشترین میزان پتاسیم در منطقه شاهد با مقدار ۱۹۳/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار آن در موقعیت یال با مقدار ۱۳۷/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. در بین سه موقعیت شیب نیز بیشترین میزان پتاسیم در موقعیت پایین شیب با مقدار ۱۷۹/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. نتایج به‌دست آمده این مفهوم را می‌رساند که بیشترین میزان بازیابی پتاسیم خاک در موقعیت پایین شیب اتفاق افتاده که در مقایسه با منطقه شاهد هنوز تفاوت معنی‌دار بوده، به عبارت دیگر گذشت چهار سال برای بازیابی کامل پتاسیم خاک زمان کمی بوده و ناکافی است.

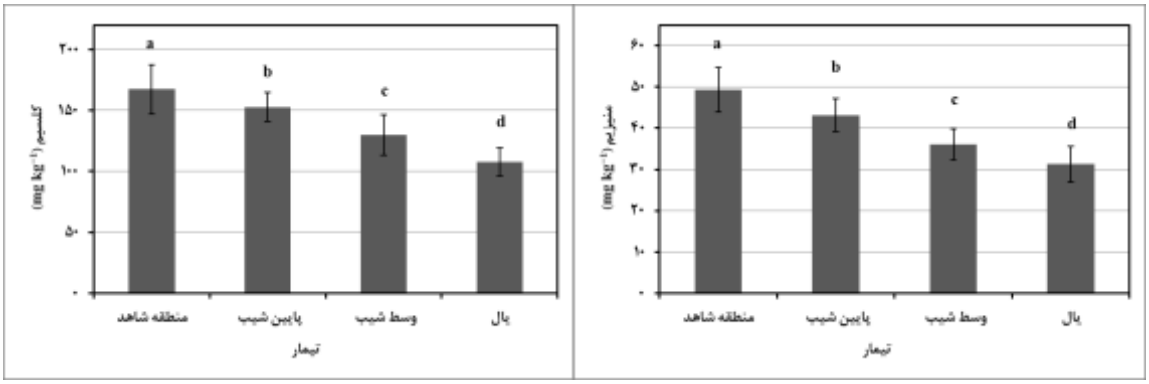
میزان کلسیم

شکل ۴ نمودار تأثیر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر میزان کلسیم موجود در خاک را نشان می‌دهد. نتایج حاصل نشان داد اثر تیمارهای شیب بر میزان کلسیم موجود درخاک در سطح اطمینان ۹۵ ٪ ($P < 0/05$) معنی‌دار است. با افزایش شیب از میزان کلسیم موجود در خاک کاسته می‌شود، به‌طوری‌که بیشینه میزان کلسیم در منطقه شاهد با مقدار ۱۶۷/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمینه آن در موقعیت یال با مقدار ۱۰۷/۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ثبت شد. در بین سه موقعیت شیب، بیشترین میزان کلسیم در موقعیت پایین شیب با مقدار ۱۵۲/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. نتایج دال بر این است که گذشت چهار سال برای بازیابی کامل خصوصیت میزان کلسیم موجود در خاک، زمان کمی بوده و کافی نیست.

میزان منیزیم

شکل ۴ اثر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر میزان منیزیم موجود در خاک مناطق مورد ارزیابی را نشان می‌دهد. نتایج حاصله نشان داد که اثر موقعیت شیب بر میزان منیزیم موجود در خاک مناطق مورد ارزیابی معنی‌دار است. با افزایش شیب

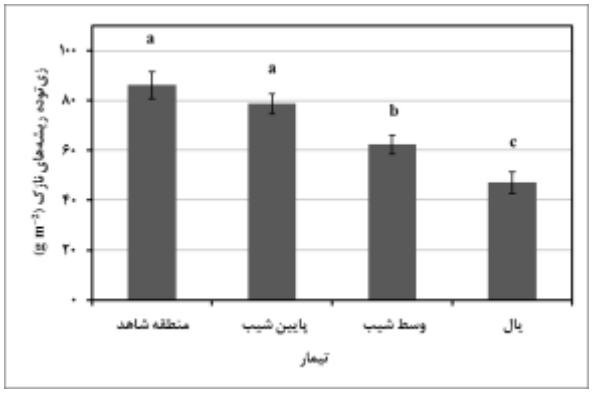
از میزان منیزیم موجود در خاک کاسته می‌شود، به‌طوری‌که بیشترین میزان منیزیم در منطقه شاهد با مقدار ۴۹/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین میزان آن در موقعیت یال با مقدار ۳۱/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم ثبت شد. در بین سه موقعیت شیب، بیشترین میزان منیزیم در موقعیت پایین شیب با مقدار ۴۳/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد.



شکل ۴- مقایسهٔ میانگین متغیرهای کلسیم و منیزیم خاک در تیمارهای موقعیت شیب مختلف خاک با آزمون توکی. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است. بازه نشان داده شده در هر ستون نشان‌دهندهٔ انحراف معیار است.

زی‌توده ریشه‌های نازک

شکل ۵ نمودار اثر تیمارهای موقعیت شیب مختلف بر روی زی‌توده ریشه‌های نازک خاک را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که اثر موقعیت شیب بر زی‌توده ریشه‌های نازک خاک در مناطق مورد ارزیابی در سطح اطمینان ۹۵ ٪ ($P < 0/05$) معنی‌دار است. با افزایش شیب از میزان زی‌توده ریشه‌های نازک در خاک کاسته شده، به‌طوری‌که بیشترین مقدار زی‌توده ریشه در منطقه کنترل (شاهد) و کمترین میزان آن در موقعیت یال اندازه‌گیری شد. در بین سه موقعیت شیب نیز بیشترین میزان زی‌توده ریشه در موقعیت پایین شیب اندازه‌گیری شد. بین مقادیر زی‌توده ریشه ثبت شده در منطقه شاهد و موقعیت پایین شیب از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نبود.



شکل ۵- مقایسهٔ میانگین متغیر زی‌توده ریشه‌های نازک خاک در تیمارهای موقعیت شیب مختلف خاک با آزمون توکی. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است. بازه نشان داده شده در هر ستون نشان‌دهندهٔ انحراف معیار است.

بحث و نتیجه‌گیری

فرسایش در بخش‌های بالایی شیب، بالا بودن مواد آلی در پایین شیب، وجود کمپلکس‌های اسیدهای آلی و بالا بودن زی‌توده میکروبی در پایین شیب، به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در کاهش pH در بخش‌های پایینی شیب هستند. با استناد به نتایج بدست آمده در این پژوهش، میزان اسیدیته یا واکنش خاک بین مناطق و موقعیت‌های شیب دارای اختلاف معنی‌داری است. با افزایش شیب، میزان اسیدیته (pH) خاک نیز روند افزایشی به خود گرفته که می‌توان چنین تفسیر نمود که انجام عملیات چوبکشی و اثرات فشردگی و تخریبی حاصل سبب شروع روند فرسایشی و آبشویی در دامنه و تغییر در میزان تجمع مواد آلی و فعالیت‌های میکروبی و تجزیه‌ای شده و نهایتا افزایش pH در خاک مناطق بالایی شیب را در پی دارد و با توجه به شدت این فشردگی و آثار آن در موقعیت‌های بالایی شیب، میزان واکنش خاک نیز به همان اندازه افزایش می‌یابد. در رصد تیمارهای موقعیت شیب مختلف نیز به‌منظور کنترل اثرات آن بر میزان بازیابی اسیدیته خاک، با توجه به انتخاب قطعه شاهد و تعیین اسیدیته آن به همین منظور مشاهده شد که روند این بازیابی در موقعیت‌های پایین شیب بیشتر بوده و دلیل آن را می‌توان چنین توضیح داد که در موقعیت‌های پایین شیب با توجه به میزان انباشت مواد و ذرات منتقل شده از موقعیت‌های بالاتر، عمق خاک نیز بیشتر بوده و میزان مواد آلی و معدنی بیشتر در این موقعیت (پای شیب)، محیطی مناسب‌تر برای فعالیت موجودات زنده خاکزی و انجام فعالیت‌های آنزیمی (شیمیایی) در خاک فراهم آورده و از طرفی در چنین موقعیت‌هایی اثرات متقابل بین ریشه درختان و گیاهان با خاک نیز سبب تقویت و تشدید تحول خاک و پدیده خاکزایی در آنها شده که مجموعا اسیدیته این مناطق را به سمت بهبود و نزدیک شدن به منطقه کنترل (شاهد) می‌نماید. همانند یافته‌های ما، Jourgholami et al. (2018b) گزارش کردند که pH پس از عملیات چوبکشی و تردد ماشین، به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. علاوه بر این، Karaca et al. (2018) گزارش کردند که pH خاک از وسط شیب تا یال افزایش می‌یابد.

میزان و وضعیت ماده آلی خاک به عنوان یکی از مهمترین عوامل کیفیت خاک محسوب می‌شود. فرآیندهای تجمع آب و روانآب به‌طور عمده به وسیله شکل و موقعیت زمین تعیین می‌شوند. با توجه به شیب منطقه ، انحنای سطح زمین، شاخص رطوبتی، مقدار کربن و نیتروژن آلی خاک نیز متغیر است. کربن آلی به عنوان عاملی از مؤلفه‌های حاصلخیزی خاک محسوب شده و در مدیریت خاکهای جنگلی و حاصلخیزی رویشگاه استفاده می‌شود. از کربن آلی خاک به عنوان یکی از پارامترهای شیمیایی که قابلیت دسترسی به عناصر غذایی را تسهیل می‌کند و یکی از مؤلفه‌های محیطی کیفیت خاک است، می‌توان نام برد. مواد آلی همچنین منبع تولید ازت در خاک اند. این مواد در اثر پوسیده شدن، ازت را به‌صورت یون‌های نیترات و آمونیم که قابل جذب برای گیاه است، آزاد می‌سازند. نیتروژن در حدود ۰/۰۱ درصد از پوسته جامد زمین را تشکیل می‌دهد و این در حالی است که گیاهان به مقادیر زیادی ازت جهت رشد و نمو خود احتیاج دارند، به‌طوری‌که در هر ۱۰۰ گرم وزن خشک گیاه، به‌طور متوسط ۱ – ۳ درصد ازت وجود دارد. ازت در خاک به دو فرم آلی و معدنی یافت می‌شود. ازت آلی در ترکیب هوموس یا ماده آلی خاک یافت می‌شود و ازت معدنی به فرم یون‌های آمونیوم در ساختمان برخی مینرال‌های رسی مانند ایلیت یافت می‌شود. منبع اصلی ازت مورد نیاز گیاهان در خاک مواد آلی است که پس از تجزیه توسط طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌های خاک طی مراحل مینرالیزاسیون (معدنی شدن) به ازت معدنی تبدیل می‌شود و به شکل محلول آمونیوم، نیتریت و نیترات در خاک آزاد می‌شود. گیاهان ازت را تنها به فرم معدنی آن یعنی به شکل یون‌های آمونیوم (NH_4^+) و نیترات (NO_3^-) جذب می‌نمایند. مادهٔ آلی خاک، به‌طور متوسط محتوی ۵۸ ٪ کربن آلی و ۳-۶ درصد (میانگین ۵٪) ازت آلی است.

سطوح بازیابی مقادیر C و N خاک در پایین شیب بیشتر از تیمارهای وسط شیب و یال اندازه‌گیری شده است که نتایج مشابه نیز توسط Fazlollahi Mohammadi et al. (2017) هم گزارش شده است. این نتایج با یافته‌های Lozano-García and Parras-Alcantára (2014) مطابقت دارد که بیان نمودند میزان کربن آلی و N خاک از بالای شیب (یال) تا پایین شیب به علت فرآیند فرسایش افزایش می‌یابد. همانند یافته‌های ما، Zhu et al. (2018) نشان داد که کربن آلی خاک به‌طور معنی‌داری در ناحیه پایین شیب بالاتر از یال است.

نتایج این پژوهش بیانگر تأثیر قابل توجه موقعیت شیب بر ویژگی‌های میزان مواد آلی موجود در خاک است. در موقعیت پایین شیب میزان کربن و نیتروژن آلی خاک بیشتر از سایر موقعیت‌ها بود. نتایج بدست آمده وجود تفاوت معنی‌دار از نظر آماری در مقادیر غلظت مواد آلی خاک تحت تأثیر عوامل طبیعی، موقعیت‌ها و جهت‌های گوناگون شیب را نشان داد. تفاوت ویژگی‌های خاک به‌ویژه ازت و کربن آلی خاک در مناطق مشابه از نظر موقعیت و جهت شیب، نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه تخریب و کوبیدگی بر این خصوصیات است. در پژوهش حاضر، نسبت C/N در خاک تیمار پایین شیب کمتر از تیمارهای یال و وسط شیب، در مقایسه با منطقه شاهد یا دست‌نخورده، اندازه‌گیری شد. مطالعات قبلی نشان داد که موقعیت شیب می‌تواند یک میکروکلیما را معرفی کند که به نوبه خود رطوبت خاک و تابش خورشید را تنظیم می‌کند که منجر به تغییرات فضایی در نسبت C، N و نسبت C/N می‌شود (Kang et al., 2006; Lozano-García and Parras-Alcantára 2014; Fazlollahi Mohammadi et al., 2017; Karaca et al., 2018 Zhu et al., 2018).

سطوح بازیابی مقادیر عناصر مغذی خاک در پایین شیب بیشتر از تیمارهای وسط شیب و یال اندازه‌گیری شده است که نتایج مشابه نیز توسط Fazlollahi Mohammadi et al. (2017) هم گزارش شده است. نتایج حاصل در این پژوهش وجود اختلاف معنی‌دار در درصد عناصر مغذی خاک در میان موقعیت‌های مختلف شیب را نشان می‌دهد. در حقیقت با افزایش میزان شیب از میزان عناصر و مواد مغذی موجود درخاک کاسته شده و بیشترین درصد این عناصر (فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) در موقعیت پایین شیب ثبت شد. دلیل این امر را می‌توان آبشویی و فرسایش در موقعیت‌های بالاتر شیب و انتقال مواد آلی و عناصر غذایی موجود در لایه‌های سطحی خاک به مناطق پایین‌تر که دارای رطوبت بیشتری نیز هستند، دانست. در ضمن با توجه به اینکه این موقعیت‌های پایین دارای شرایط مساعدتری جهت فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در خاک نیز هستند، مواد هوموسی و لاشبرگ وارد شده به این مناطق سریعتر تجزیه شده و درصد عناصر و مواد غذایی حاصل از تجزیه ترکیبات آلی، در این موقعیت‌ها (پای شیب) افزایش می‌یابد.

در اثر کوبیدگی شدید خاک، دسترسی آب، عناصر غذایی، هورمون‌های رشد و کربوهیدرات‌ها به بافت‌های مریستمی کاهش می‌یابد که مقدمه‌ای بر کاهش رشد گیاهان است. کسری آب، رویش گیاهان در خاکهای کوبیده شده را کاهش می‌دهد. کوبیدگی خاک، جذب عناصر غذایی مهم به‌ویژه نیتروژن، پتاسم و فسفر را به‌وسیله ریشه کاهش می‌دهد. کاهش جذب عناصر همراه با از دست رفتن مواد غذایی از خاک سبب می‌شود که دسترسی ریشه‌ها به مواد غذایی و ظرفیت ریشه برای جذب عناصر غذایی کاهش یابد (Kozlowski, 1999). جذب محدود عناصر غذایی از خاک‌های کوبیده شده، تجمع عناصر غذایی را در بسیاری از درختان جنگلی کاهش می‌دهد (Alameda and Villar, 2012). کوبیدگی خاک شرایط خاک را به سمت کمبود اکسیژن تغییر می‌دهد که با کاهش فعالیت‌های میکروبی هوازی و افزایش ازت غیر قابل جذب مرتبط است. وقتی که خاک کوبیده می‌شود، کاهش فضاهای بزرگ، فعالیت‌های غیرهوازی را افزایش می‌دهد (Torbert and Wood, 1992). وقتی کوبیدگی خاک زیاد باشد، سبب افزایش از دست دادن نیتروژن به شکل گاز می‌شود. وقتی که اجزای خاک در هنگام کوبیدگی خاک به هم نزدیک‌تر می‌شوند، نسبت انتشار عناصر غذایی سریع‌تر می‌شود که این حالت ممکن است

جذب مواد غذایی را در واحد طول ریشه افزایش دهد، ولی جذب مواد غذایی در هر گیاه کاهش می‌یابد، زیرا با تشدید مقاومت خاک، رشد ریشه‌ها برای نفوذ در خاک متوقف می‌شود. وقتی که ریشه‌ها نتوانند در بخش عمده‌ای از خاک گسترش یابند، عناصر غذایی نیز غیر قابل دسترس می‌شوند (Wolkowski, 1990).

کوبیدگی خاک معمولا نسبت فتوسنتز را در گیاهان کاهش می‌دهد (Conlin and Van den Driessche, 1996). نسبت فتوسنتز در هنگامی که روزنه‌ها به علت کمبود آب برگ، بسته می‌شوند، کاهش می‌یابد (Alameda and Villar, 2009; Day et al., 2010). کوبیدگی خاک به صورت ترکیب با تغییرات فیزیکی خاک و عدم کارکردهای فیزیولوژیکی گیاه، بر روی رویش گیاهان اثر می‌گذارد (Wronski and Murphy, 1994). در خاک‌های خشک، افزایش مقاومت مکانیکی و کاهش پتانسیل آب خاک (و فشار ریشه) بیشتر مشاهده می‌شود. در خاک‌های مرطوب، کمبود اکسیژن و تجمع فیتوکسین‌ها دارای اهمیت بیشتری است. خاکی با ساختمان مناسب برای موجودات خاکزی (Jordan et al., 1999)، ریشه درختان (Greacen and Sands, 1980) و گیاهان (Buckley et al., 2003) بسیار حائز اهمیت است. فشردگی خاک تاثیر زیادی بر ویژگی‌های ساختاری خاک، هوادهی خاک و تعادل آب دارد و ممکن است تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر توسعه ریشه و موجودات زنده بگذارد و احتمالا منجر به کاهش عملکرد و تنوع زیستی اکوسیستم شود (Jordan et al., 2003; Siegel-Issem et al., 2005; Pérez-Ramos et al., 2010). از آنجا که جانوران (فون خاک و میکروارگانیسم‌ها) نقش مهمی در فرآیندهای اکوسیستم از جمله تجزیه و انتشار مواد مغذی دارند، فشردگی خاک ممکن است به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر آنها تاثیر بگذارد و حاصلخیزی و بهره‌وری رویشگاه را تغییر دهد (Gobat et al., 1998; Jordan et al., 2003).

منابع

جورغلامی ، م. و مجنونیان، ب، (۱۳۸۹). کوبیدگی و بهم خوردگی خاک جنگل در اثر خروج چوب با اسکیدر چرخ لاستیکی (مطالعه موردی: جنگل خیرود). مجله جنگل ایران، ۲ (۴): ۲۹۸-۲۸۷.

Ampoorter, E., De Schrijver, A., De Frenne, P., Hermy, M., Verheyen, K., (2011). Experimental assessment of ecological restoration options for compacted forest soils. Ecol. Eng. 37, 1734–1746.

Baldrian, P. (2017). Forest microbiome: diversity, complexity and dynamics. FEMS Microbiology Reviews, 41(2): 109–130.

Bottinelli, N., Capowiez, Y., Ranger, J. (2013). Slow recovery of earthworm populations after heavy traffic in two forest soils in northern France. Applied Soil Ecology 73: 130–133.

Bottinelli, N., Hallaire, V., Goutal, N., Bonnaud, P., Ranger, J. (2013). Impact of heavy traffic on soil macroporosity of two silty forest soils: Initial effect and short-term recovery. Geoderma, 217–218: 10–17.

Brubaker S.C., Jones A.J., Lewis D.T., Frank K., (1993). Soil properties associated with landscape position. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:235–239.

Chen LF, He ZB, Du J, Yang JJ, Zhu X (2016) Patterns and environmental controls of soil organic carbon and total nitrogen in alpine ecosystems of northwestern China. Catena, 137:37–43

Ezzati, S., A. Najafi, M.A. Rab and Zenner, E. (2012). Recovery of soil bulk density, porosity and rutting from ground skidding over a 20-year period after timber harvesting in Iran. Silva Fenn. 45(4): 521-538.

Fazlollahi Mohammadi, M., Jalali, S.G., Kooch, Y., Said-Pullicino, D., (2017). The effect of landform on soil microbial activity and biomass in a Hyrcanian oriental beech stand. Catena, 149: 309–317.

Han, H-S., Page-Dumroese, D., S-Khan., Tirocke, J. (2006). Effect of slash, machine passes, and soil wetness on soil strength in a cut-to-length harvesting. International Journal of Forest Engineering, 17(2): 11-24.

Horn R., Vossbrink J., Becker S., (2004). Modern Forestry Vehicles and Their Impacts on Soil Physical Properties. Soil and Tillage Research, 79: 207-219

Jourgholami, M., Khajavi, S., Labelle, E.R., (2018a). Mulching and water diversion structures on skid trails: Response of soil physical properties six years after harvesting. Ecol. Eng., 123, 1–9.

Jourgholami, M., Nasirian, A., Labelle, E.R., (2018b). Ecological restoration of compacted soil following the application of different leaf litter mulches on the skid trail over a five-year period. Sustainability, 10(7), 2148.

Karaca, S., Gülser, F., Selçuk, R., (2018). Relationships between soil properties, topography and land use in the Van Lake Basin, Turkey. Eurasian J Soil Sci., 7: 115–120.

Kleibl, M., Klvač, R., Lombardini, C., Porhaly, J., Spinelli, R. (2014). Soil Compaction and Recovery after Mechanized Final Felling of Italian Coastal Pine Plantations. Croat. j. for. eng., 35:1.

Krasilnikov PV, García Calderón NE, Sedov SN, Vallejo Gómez E, Ramos BR. (2005). The relationship between pedogenic and geomorphic processes in mountainous tropical forested area in SierraMadre del Sur, Mexico. Catena, 62(1): 14–44.

Lozano-García B, Parras-Alcantára L (2014) Variation in soil organic carbon and nitrogen stocks along a toposequence in a traditional Mediterranean olive grove. Land Degrad Dev., 25:297–304

Meyer, C., Luscher, P., Schulin, R., (2014). Enhancing the regeneration of compacted forest soils by planting black alder in skid lane tracks. Eur. J. For. Res., 133, 453–465.

Missanjo, E and Kamanga-Thole, G. (2014). Impact of Site Disturbances from Harvesting and Logging on Soil Physical Properties and Pinus kesiya Tree Growth. Hindawi Publishing Corporation. International Scholarly Research Notices. Volume 2014, Article ID 323626.

Poltorak BJ, Labelle ER, Jaeger D (2018) Soil displacement during ground-based mechanized forest operations using mixed-wood brush mats. Soil Tillage Res., 179:96–104.

Reichert, J.M., da Rosa, V.T., Vogelmann, E.S., da Rosa, D.P., Horn, R., Reinert, D.J., Sattler, A., Denardin, J.E. (2015). Conceptual framework for capacity and intensity physical soil properties affected by short and long-term (14 years) continuous no-tillage and controlled traffic. Soil and Tillage Research, 158: 123–136.

Seibert, J., Stendahl, J., Sørensen, R., (2007). Topographical influences on soil properties in boreal forests. Geoderma, 141: 139–148.

von Wilpert, K and Schaffer, J. (2005). Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study. Eur J Forest Res., 125: 129–138.

Wang, S., Wang, X., Ouyang, Z., (2012). Effects of land use, climate, topography and soil properties on regional soil organic carbon and total nitrogen in the Upstream Watershed of Miyun Reservoir, North China. J Environ Sci., 24: 387–395.

Zhu, M., Feng, Q., Zhang, M., Liu, W., Qin, Y., Deo, R.C., Zhang, C. (2018). Effects of topography on soil organic carbon stocks in grasslands of a semiarid alpine region, northwestern China. J Soils Sediments https://doi.org/10.1007/s11368-018-2203-0.

The effects of slope position on recovery level of the compacted soil chemical properties and fine root biomass in machine operating trails (case study: Gorazbon district, Kheyrud forests)

M. Jourgholami[1*] and A. Ramineh[2]

1- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran.
2- Ph.D. of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran.

Abstract

Several studies emphasize the effects of slope position on divergences of soil properties in forest ecosystems, but limited data is available on the impact of slope position on recovery levels of soil, which were exposed to compaction due to machine traffic. This study examined the effects of slope position (i.e., S; summit, BS; backslope, and TS; toeslope) on recovery rate of soil chemical properties and fine root biomass four years after ground-based harvesting operations were performed on machine operating trails, compared to the undisturbed areas (UND) in the Hyrcanian forests (north of Iran). Soil properties of compacted soil in machine operating trails showed significant trend differences among the slope positions. A significantly lower pH, and C/N ratio were found in TS compared to the values recorded in the BS and S treatments. Conversely, organic C, total N, available nutrients (i.e., P, K, Ca, and Mg), and fine root biomass were higher in TS than in the BS and S treatments. The highest recovery levels of all soil properties and fine root biomass were found in TS, followed by BS > S treatment. However, the full recovery of soil properties did not occur even after a 4-year period, compared to the UND areas. Our study results highlight the significance of the slope position in augmenting divergence in soil properties and fine root biomass after ground-based machine traffic.

Keywords: soil compaction, soil integrity, machine operating trail, mechanized harvesting, sustainable forest harvesting.

*Corresponding author Tel: +2632249312 Email: mjgholami@ut.ac.ir

تحلیل تغییرات پوشش جنگلی ناشی از اقدامات مدیریتی مختلف در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران

سیما بروکانلو[۱] و هادی بیگی حیدرلو[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

در زمینه ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران، نظام‌های مدیریتی مختلف طی دهه‌های گذشته فرصتی منحصربه‌فرد برای تحلیل تأثیرات سیاست‌گذاری و شیوه‌های مدیریتی بر پویایی‌های پوشش جنگلی فراهم کرده‌اند. این منطقه از یک‌سو تحت فشار فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، چرای بی‌رویه دام و تغییرات کاربری زمین قرار دارد و از سوی دیگر از مداخلات حفاظتی متعددی همچون اجرای طرح‌های ملی و بین‌المللی بهره‌مند شده است. این پژوهش با هدف ارزیابی روشمند تغییرات پوشش جنگلی ارسباران در طول زمان، با تمرکز بر دوره‌های قبل و بعد از طبقه‌بندی مجدد منطقه حفاظت نشده در سال ۱۳۹۲ و همچنین تحلیل اثربخشی طرح‌های مدیریتی اجراشده توسط سازمان‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی و آبخیزداری، به‌دنبال کمی‌سازی تغییرات پوشش اراضی جنگلی است. نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست نشان داد که پس از تبدیل منطقه حفاظت نشده به منطقه حفاظت شده و تغییر مدیریت از سازمان منابع طبیعی به سازمان محیط‌زیست، مساحت جنگل‌ها در منطقه افزایش یافته است. در سال ۱۳۶۳، مجموع مساحت جنگل‌ها ۵۹۱۰۸ هکتار بود که تا سال ۱۴۰۳ به ۶۲۳۹۲ هکتار رسید. تغییرات در منطقه حفاظت شده نشان‌دهنده حفظ ۲۸۳۷۲ هکتار جنگل و تغییر ۱۶۱۸ هکتار از غیرجنگل به جنگل است. در منطقهٔ حفاظت نشده، پس از تبدیل به منطقه حفاظت شده، ۲۹۵۸۲ هکتار از جنگل‌ها حفظ و ۲۷۶۳ هکتار از غیرجنگل به جنگل تبدیل شد. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنای سیاست‌گذاری‌های آگاهانه‌تر و تصمیم‌گیری‌های مؤثرتر در مدیریت منابع طبیعی و حفاظت از زیست‌کره‌های مشابه در سطح ملی و جهانی قرار گیرد و راهکارهایی عملی برای مقابله با تهدیدات زیست‌محیطی در مناطق تحت حفاظت ارائه دهد.

واژگان کلیدی: پایش اکوسیستم، تحلیل زمانی، مدیریت جنگل، مناطق حفاظت شده.

مقدمه

ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران، یکی از نه ذخیره‌گاه زیست‌کره ایران بوده که تحت برنامه انسان و سیاره زمین یونسکو تعیین شده و یک بوم‌سازگان جنگلی مهم است که با تنوع زیستی غنی و ویژگی‌های بوم‌شناسی منحصربه‌فرد آن مشخص شده است (Alijanpour, 2017; Sasanifar et al., 2024). این ذخیره‌گاه به دو منطقه متمایز تقسیم می‌شود: منطقه حفاظت شده که از سال ۱۳۵۰ با مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران اداره می‌شود و منطقه حفاظت نشده که تا سال ۱۳۹۲

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۱۸۶۶۳۹۹ ایمیل: h.beygi@urmia.ac.ir

تحت نظارت سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری ایران بود (Amini Parsa et al., 2016). در سال ۱۳۹۲، منطقه حفاظت نشده به‌عنوان منطقه حفاظت شده طبقه‌بندی و مدیریت آن نیز به سازمان حفاظت محیط‌زیست واگذار شد. این انتقال فرصتی منحصربه‌فرد برای بررسی تأثیر طرح‌ها و حاکمیت‌های مدیریتی مختلف بر تغییرات پوشش جنگلی در این ذخیره‌گاه را ارائه کرده است.

بوم‌سازگان‌های جنگلی در سرتاسر جهان در معرض فشارهای ناشی از اختلالات طبیعی، تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی هستند (Seidl et al., 2011; Li et al., 2018). راهبردهای مدیریتی و حفاظتی مؤثر برای کاهش این فشارها، حفظ تنوع زیستی و حفظ خدمات بوم‌سازگان ضروری است (Lindenmayer et al., 2006). مناطق حفاظت شده سنگ بنای تلاش‌های حفاظتی هستند و اثربخشی آنها اغلب به شیوه‌های مدیریتی اجرا شده بستگی دارد (Walker et al., 2020). پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که مناطق حفاظت شده می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی نرخ جنگل‌زدایی را کاهش داده و بازسازی جنگل‌ها را ترویج کنند، اما موفقیت این مناطق بسته به سطح حفاظت، اجرا و شرایط اجتماعی - اقتصادی محلی می‌تواند متفاوت باشد (Rahman and Islam, 2021).

مناطق حفاظت شده برای حفاظت از جنگل‌ها در ایران ضروری است. بررسی‌ها نشان‌می‌دهد که این مناطق به کاهش جنگل‌زدایی و حفظ تنوع زیستی کمک می‌کند. به‌عنوان مثال، Kolahi et al. (2015) اثربخشی مناطق حفاظت شده در ایران را بررسی کردند و دریافتند که مناطقی که اقدامات حفاظتی سخت‌گیرانه‌تری دارند، نسبت به مناطق حفاظت نشده، نرخ جنگل‌زدایی کمتر داشته و جنگل‌ها از وضعیت سلامتی بهتری برخوردار هستند. Joppa and Pfaff (2011) در پژوهشی دریافتند که در سطح جهان، مناطق حفاظت شده در مقایسه با مناطق حفاظت نشده، نرخ جنگل‌زدایی کمتری دارند. به‌طور مشابه، Nolte et al. (2013) گزارش دادند که مناطق حفاظت شده در آمازون در کاهش جنگل‌زدایی مؤثر هستند، اگرچه سطح اثربخشی براساس حکمرانی و اجرا متفاوت بوده است.

سیاست‌های حفاظتی نقش حیاتی در شکل دادن به پویایی پوشش جنگل ایفا می‌کند. مداخلات سیاستی مؤثر می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی جنگل‌زدایی را کاهش دهد و جنگلکاری را ترویج کند، درحالی‌که سیاست‌های ناکافی می‌تواند منجر به تخریب جنگل شود. پژوهش DeFries et al. (2007) اهمیت چارچوب‌های سیاستی قوی در مهار جنگل‌زدایی را برجسته می‌کند. آنها نشان دادند که سیاست‌های حفاظتی به‌خوبی طراحی‌شده، از جمله ایجاد مناطق حفاظت شده و اجرای مقررات زیست‌محیطی، برای حفظ پوشش جنگلی حیاتی هستند. به‌طور مشابه، Hosonuma et al. (2012) بر نقش تلاش‌های بین‌المللی حفاظت، مانند برنامه +REDD، در حمایت از طرح‌های حفاظت از جنگل‌های ملی و محلی تأکید داشته است.

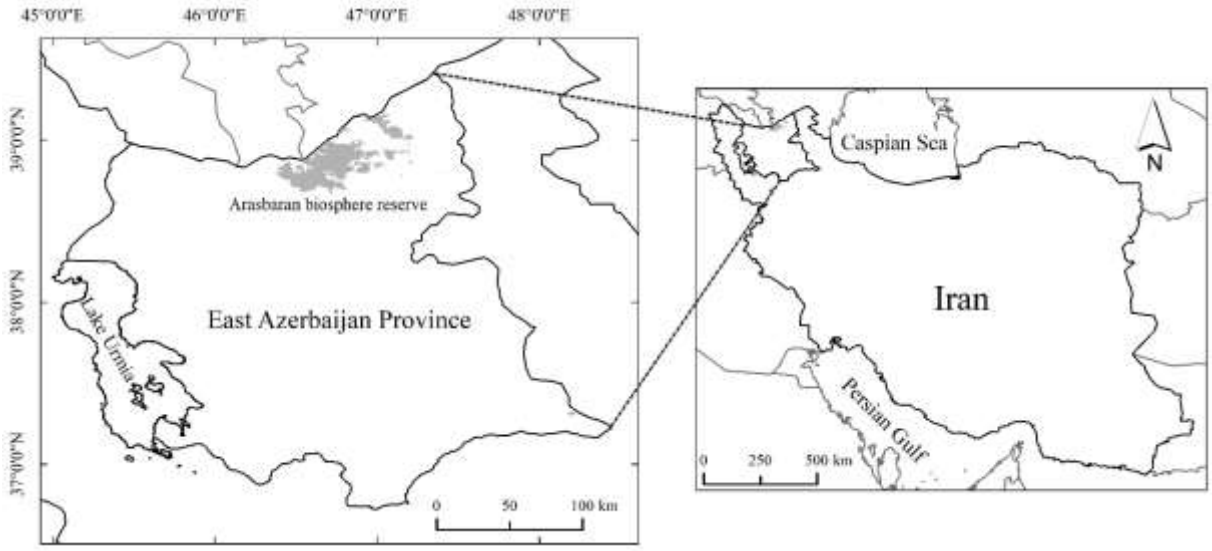
در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران، تنوع نظام‌های مدیریتی در دهه‌های اخیر فرصتی ارزشمند برای بررسی اثرات سیاست‌گذاری‌ها و شیوه‌های مدیریتی بر تغییرات پوشش جنگلی ایجاد کرده است. این منطقه، از یک‌سو با چالش‌هایی مانند فعالیت‌های انسانی شامل کشاورزی، چرای بیش از حد دام و تغییر کاربری اراضی مواجه است و از سوی دیگر، از اقدامات حفاظتی گسترده‌ای همچون اجرای طرح‌های ملی و بین‌المللی بهره‌مند شده است (Sasanifar et al., 2024). این پژوهش با هدف ارزیابی روشمند تغییرات پوشش جنگلی ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران در طول زمان، با تمرکز بر دوره‌های قبل و بعد از طبقه‌بندی مجدد منطقه حفاظت نشده در سال ۱۳۹۲ و همچنین تحلیل اثربخشی طرح‌های مدیریتی اجراشده توسط سازمان‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی، به‌دنبال کمی‌سازی تغییرات پس از تغییرات مدیریتی و ارائه توصیه‌های سیاستی و مدیریتی به‌منظور بهبود برنامه‌های حفاظتی و توسعه شیوه‌های مدیریت پایدار است. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنای

سیاست‌گذاری‌های آگاهانه‌تر و تصمیم‌گیری‌های مؤثرتر در مدیریت منابع طبیعی و حفاظت از زیست‌کره‌های مشابه در سطح ملی و جهانی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

جنگل‌های کوهستانی پهن‌برگ ارسباران در شمال غرب ایران و در ارتفاعات قره‌داغ از کنار رود مرزی ارس تا بیش از ۲۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا ادامه دارند (شکل ۱) و جزء ناحیه اصلی اروپ-سیبری (Euro-Siberian) و زیر ناحیه هیرکانی (Euxino- Hyrcanian) هستند (Sagheb Talebi et al., 2014). طبق آخرین پژوهش انجام شده سطح تقریبی جنگل‌های واقع در منطقه ارسباران با تاج پوشش بالای پنج درصد، ۱۳۱۰۱۰ هکتار است (Ostadhashemi et al., 2023) که در عرض جغرافیایی "۵۹ '۲۵ °۳۸ تا "۷ '۲۰ °۳۹ شمالی و طول جغرافیایی "۱۸'۹ °۴۶ تا "۵ '۱۶ °۴۷ شرقی قرار گرفته است. این ناحیه از چهار حوضه آبخیز اصلی با نام‌های سلن‌چای، کلیبرچای، ایلگنه‌چای و حاجلرچای و ۱۱ واحد هیدرولوژیک تشکیل شده است. طبق اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی (۲۰۱۱-۲۰۰۶)، میانگین دمای سالانه ارسباران ۱۰/۹ درجهٔ سانتی‌گراد، بارندگی سالانه ۳۳۳/۴ میلی‌متر، میانگین رطوبت نسبی ۷۰/۵ درصد ، اقلیم به روش دومارتن نیمه خشک سرد و اقلیم به روش آمبرژه نیمه‌مرطوب سرد است (Asri and Partonia, 2016).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد بررسی (جنگل‌های ارسباران)

روش کار

با توجه به اهداف تحقیق، در هر یک از مناطق حفاظت‌شده و حفاظت‌نشدهٔ قبلی دوره‌های زمانی مختلفی برای ارزیابی تغییرات پوشش اراضی جنگلی تعریف شدند: دورهٔ زمانی ۱۴۰۳-۱۳۶۳ در منطقهٔ حفاظت‌شده (از سال ۱۳۵۰) و دوره‌های زمانی ۱۳۹۲-۱۳۶۳ (در منطقهٔ حفاظت‌نشده تحت مدیریت سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور) و ۱۴۰۳-۱۴۹۲ (در منطقهٔ حفاظت‌نشدهٔ قبلی (حفاظت‌شده از سال ۱۳۹۲) تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست کشور). اثر تغییرات

مدیریتی و سیاست‌های حفاظتی جدید و قبلی بر فرآیندهای جنگل‌زدایی و احیای جنگل با استفاده از نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی چند زمانه بررسی شدند.

نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی چندزمانه

در این پژوهش مجموعه داده‌های تعلیمی و مرجع چندزمانه (نمونه‌های آموزش و اعتبارسنجی) به‌عنوان مرحله اولیه در تهیهٔ نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی ایجاد شدند. این مجموعه داده با تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بسیار زیاد در نرم‌افزار گوگل ارث و تصاویر گوگل و شرکت ESRI در نرم‌افزار QGIS و همچنین انواع ترکیبات باندی رنگی طبیعی و کاذب از داده‌های ماهواره‌ای Landsat تهیه شدند. آخرین نقطه زمانی (یعنی سال ۱۴۰۳) به‌عنوان نقطه شروع این فرآیند انتخاب شد. برای دیگر بازه‌های زمانی (۱۳۹۲ و ۱۳۶۳) از روش بازنگری رو به عقب (backward revision method) استفاده شد (Mas et al., 2016).

به‌منظور تهیه و تولید نقشه‌های چندزمانه کاربری و پوشش اراضی منطقهٔ مورد بررسی، از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. از این‌رو، به‌منظور تهیهٔ مجموعهٔ تصاویر لندست، پیش پردازش، استخراج ویژگی‌ها، طبقه‌بندی و محاسبهٔ دقت و صحت نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی از پلت‌فرم محاسبات ابری Google Earth Engine (GEE) استفاده شد. محصولات بازتاب سطحی (Surface reflectance) لندست در دورهٔ زمانی ۱ خرداد تا ۳۰ مهر که پوشش ابری کمتر از ۵ درصد داشتند برای تمام دوره‌های زمانی پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، برای شناسایی مؤثر طبقات کاربری و پوشش اراضی منطقهٔ مورد بررسی، چندین متریک زمانی - طیفی یا STMs (Spectral Temporal Metrics) از جمله معیارهای صدک (Percentile metrics)، انحراف معیار، میانگین، حداقل و حداکثر همه باندهای طیفی (B2:B7) محاسبه شدند. همراه با باندهای طیفی، چندین شاخص پوشش گیاهی، شامل شاخص تعدیل خاک پوشش گیاهی (SAVI)، شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص سبز نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (GNDVI) و شاخص تفاوت پوشش گیاهی (DVI) محاسبه و مورد استفاده قرار گرفتند.

برای بررسی تغییرات پوشش اراضی جنگل‌ها، از نمونه‌های آموزشی در دوره‌های زمانی مختلف استفاده شد تا مقادیر پیکسل‌های باند به‌ازای هر باند از STMs استخراج شود. این داده‌ها برای آموزش مدل جنگل تصادفی (Random Forest) (Breiman, 1999) به کار گرفته شد تا نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی برای دوره‌های زمانی مختلف تولید شوند. الگوریتم جنگل تصادفی به دلیل پایداری در وظایف طبقه‌بندی، قابلیت مدیریت انواع داده‌های مختلف، نیاز کم به تنظیم پارامترها و کارایی در پردازش انتخاب شد (Chávez-Durán et al., 2022). تنظیم هایپرپارامترها بر دو مؤلفه تمرکز داشت: تعداد درخت‌ها (ntree) و تعداد پیش‌بین‌ها (mtry). مقادیر بهینه برای مجموعه داده‌های سال ۱۴۰۳ برابر با ntree = 500 و mtry = 10 شناسایی و به دوره‌های زمانی پیشین (۱۳۹۲ و ۱۳۶۳) اعمال شدند. پس از طبقه‌بندی، نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی با استفاده از ابزار فیلتر اکثریت در نرم‌افزار ArcGIS Pro پردازش و اصلاح شدند. دقت نقشه‌های نهایی با استفاده از تکنیک‌های ارزیابی مختلف از جمله تحلیل ماتریس خطا، محاسبه ضریب کاپا (KC) و دقت کلی (OA) بررسی شد. علاوه بر این، معیارهای دقت مصرف‌کننده (CA) و دقت تولیدکننده (PA) نیز برای تأیید قابلیت اطمینان نتایج به کار گرفته شدند.

برای تحلیل تغییرات زمانی جنگل‌های ارسباران و تعاملات آنها با دیگر کلاس‌های کاربری/پوشش اراضی، از جمله مناطق غیرجنگلی، از روش آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی (post-classification) استفاده شد. این فرآیند شامل تولید الگوهای مکانی پیکسل‌هایی بود که بین دسته‌های جنگلی و غیرجنگلی جابجا شده‌اند. این تحلیل شامل کاهش‌ها

(جنگل‌زدایی)، افزایش‌ها (بازیابی جنگل‌ها)، پایداری جنگل و تغییرات خالص بود. این یافته‌ها از یکپارچه‌سازی نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی دوره‌های زمانی مورد بررسی (۱۳۶۳، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۳) با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS Pro به‌دست آمد.

یافته‌ها

پویایی تغییرات پوشش اراضی

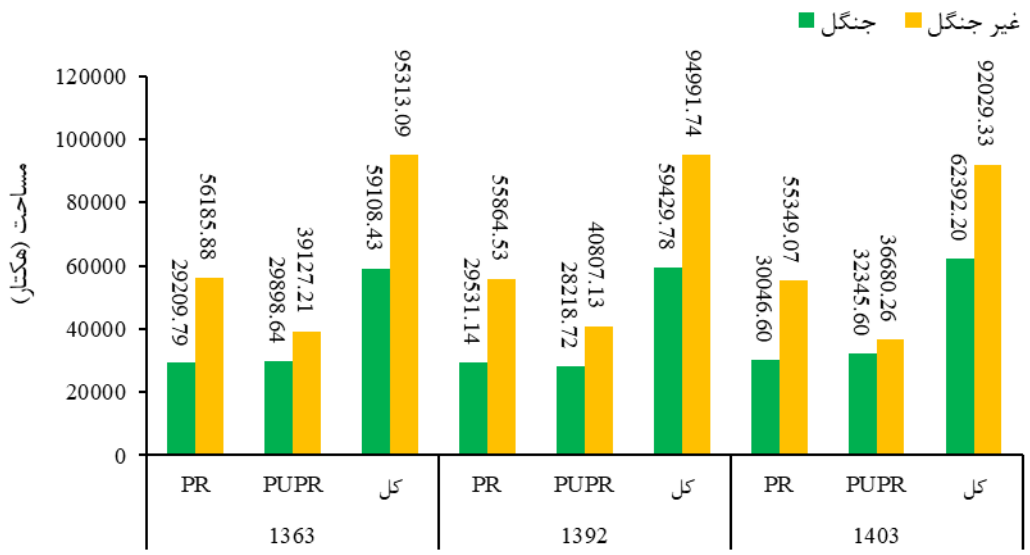
دقت طبقه‌بندی مناطق جنگلی و غیرجنگلی برای سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۳ با استفاده از شاخص‌هایی مانند دقت کلی، ضریب کاپا، دقت مصرف‌کننده و دقت تولیدکننده ارزیابی شد (جدول ۴). در سال ۱۳۶۳، طبقه‌بندی به دقت مصرف‌کننده ۹۷/۶۸ درصد، دقت تولیدکننده ۹۶/۹۷ درصد، دقت کلی ۹۷/۲۶ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۴۳۴ دست یافت. تا سال ۱۳۹۲، این شاخص‌ها بهبود اندکی نشان دادند و به دقت مصرف‌کننده ۹۸/۲۱ درصد، دقت تولیدکننده ۹۷/۳۶ درصد، دقت کلی ۹۷/۷۰ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۵۲۶ رسیدند. روند دقت بالا در سال ۱۴۰۳ نیز ادامه یافت و به دقت مصرف‌کننده ۹۶/۰۳ درصد، دقت تولیدکننده ۹۳/۷۳ درصد، دقت کلی ۹۵/۷۹ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۱۳۰ دست یافت. این نتایج نشان‌دهنده دقت زیاد طبقه‌بندی در تمامی سال‌ها است، همراه با بهبود تدریجی در طول زمان و همبستگی قوی بین داده‌های طبقه‌بندی‌شده و مرجع که اعتبار روش‌های طبقه‌بندی استفاده‌شده را تأیید می‌کند.

جدول ۱- ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر در سال‌های موردبررسی

	۱۳۶۳		۱۳۹۲		۱۴۰۳	
	دقت مصرف‌کننده	دقت تولیدکننده	دقت مصرف‌کننده	دقت تولیدکننده	دقت مصرف‌کننده	دقت تولیدکننده
جنگل	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۴
غیرجنگل	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۷
دقت کل	۰/۹۷		۰/۹۸		۰/۹۶	
ضریب کاپا	۰/۹۴		۰/۹۵		۰/۹۱	

نتایج نشان داد که در بازه‌های زمانی موردبررسی، مساحت جنگل‌ها هم در منطقه حفاظت شده (که از این پس به‌عنوان PR شناخته می‌شود) و هم در منطقه قبلاً غیرحفاظت شده (که از این پس به‌عنوان PUPR شناخته می‌شود) افزایش یافته است (شکل‌های ۲ و ۳). در سال ۱۳۶۳، مساحت جنگل‌ها در PR برابر با ۲۹۲۰۹/۷۹ هکتار بود، درحالی‌که در PUPR این مقدار به ۲۹۸۹۸/۶۴ هکتار می‌رسید، که مجموع مساحت جنگل‌ها را به ۵۹۱۰۸/۴۳ هکتار رساند. در همان سال، مساحت مناطق غیرجنگلی در PR معادل ۵۶۱۸۵/۸۸ هکتار و در PUPR برابر با ۳۹۱۲۷/۲۱ هکتار بود، که مجموعاً ۹۵۳۱۳/۰۹ هکتار را شامل می‌شد. تا سال ۱۳۹۲، پس از اینکه PUPR به منطقه حفاظت شده تبدیل شد، مساحت جنگل‌ها در PR به ۲۹۵۳۱/۱۴ هکتار افزایش یافت، درحالی‌که در PUPR اندکی کاهش یافته و به ۲۸۲۱۸/۷۲ هکتار رسید، که مجموع مساحت جنگل‌ها را به ۵۹۴۲۹/۷۸ هکتار رساند. همزمان، مساحت مناطق غیرجنگلی در PR به ۵۵۸۶۴/۵۳ هکتار کاهش یافت، درحالی‌که در PUPR به ۴۰۸۰۷/۱۳ هکتار افزایش یافت و مجموعاً به ۹۴۹۹۱/۷۴ هکتار رسید. تا سال ۱۴۰۳، مساحت جنگل‌ها در PR به ۳۰۰۴۶/۶۰ هکتار و در PUPR به ۳۲۳۴۵/۶۰ هکتار افزایش یافت، که مجموع مساحت جنگل‌ها

را به ۶۲۳۹۲/۲۰ هکتار رساند. همزمان، مساحت مناطق غیرجنگلی در PR به ۵۵۳۴۹/۰۷ هکتار کاهش یافت و در PUPR به ۳۶۶۸۰/۲۶ هکتار کاهش یافت، که مجموع مساحت مناطق غیرجنگلی را به ۹۲۰۲۹/۳۳ هکتار رساند.



شکل ۲- تغییرات مساحت جنگل‌ها و مناطق غیرجنگلی (به هکتار) در منطقه حفاظت شده (PR) و منطقه قبلاً غیرحفاظتی (PUPR) از سال ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۳



شکل ۳- نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی در مناطق حفاظت شده (PR) و قبلاً غیرحفاظت شده (PUPR) در جنگل‌های ارسباران طی سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۴

جدول ۲ تغییرات پوشش اراضی بین مناطق جنگلی و غیرجنگلی را در هر دو منطقه PR و قبلاً PUPR در سه بازه زمانی ۱۳۹۲-۱۳۶۳، ۱۴۰۳-۱۳۹۲ و ۱۴۰۳-۱۳۶۳ نشان می‌دهد. در منطقه PR ، پوشش جنگلی بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۳ نسبتاً پایدار باقی مانده است. در مجموع، ۲۸۳۷۲/۹۸ هکتار از پوشش جنگلی حفظ شد، درحالی‌که ۸۳۶/۸۱ هکتار از جنگل به غیرجنگل تبدیل شد و ۱۶۱۸/۰۴ هکتار از غیرجنگل به جنگل تغییر یافت. این تغییرات منجر به افزایش خالص ۸۳۶/۸۱ هکتار جنگل شد که نشان‌دهنده موفقیت در تلاش‌های جنگلکاری و احیای جنگل در این منطقه است. در مقابل، تغییرات قابل‌توجه‌تری در منطقه PUPR بین سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۴۰۳ رخ داد، پس از این‌که به‌عنوان یک منطقه حفاظت

شده تعیین شد. پوشش جنگلی تا حد زیادی دست‌نخورده باقی ماند و ۲۹۵۸۲/۱۵ هکتار از جنگل همچنان حفظ شد، اگرچه ۳۱۶/۴۹ هکتار از جنگل به غیرجنگل تبدیل شد. در همین حال، ۲۷۶۳/۴۵ هکتار از غیرجنگل به جنگل تبدیل شد که منجر به افزایش خالص ۲۴۴۶/۹۶ هکتار پوشش جنگلی شد، درحالی‌که مساحت غیرجنگل به همان مقدار کاهش یافت. بین سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۴۰۳، تغییرات قابل‌توجه‌تری در پوشش جنگلی PUPR مشاهده شد. مناطق جنگلی ۱۶۷۹/۹۲ هکتار کاهش یافتند و ۱۹۱۵/۴۱ هکتار از جنگل به غیرجنگل تبدیل شد. با این حال، همان مقدار از اراضی غیرجنگلی مجدداً به جنگل بازگشت که در نتیجه، کاهش خالص ۱۶۷۹/۹۲ هکتار در پوشش جنگلی به ثبت رسید.

جدول ۲- تغییرات پوشش اراضی در مناطق مورد بررسی طی دوره‌های زمانی مختلف

	PR*		PUPR**			
	۱۳۶۳ - ۱۴۰۳		۱۳۶۳ - ۱۳۹۲		۱۳۹۲ - ۱۴۰۳	
	جنگل	غیرجنگل	جنگل	غیرجنگل	جنگل	غیرجنگل
جنگل	۲۸۳۷۲/۹۸	۸۳۶/۸۱	۲۷۹۸۳/۲۳	۱۹۱۵/۴۱	۲۹۵۸۲/۱۵	۳۱۶/۴۹
غیرجنگل	۱۶۱۸/۰۴	۵۴۵۶۷/۸۴	۲۳۵/۴۹	۳۸۸۹۱/۷۲	۲۷۶۳/۴۵	۳۶۳۶۳/۷۶
کاهش‌ها	۷۸۱/۲۳	۱۶۱۸/۰۴	۱۹۱۵/۴۱	۲۳۵/۴۹	۳۱۶/۴۹	۲۷۶۳/۴۵
افزایش‌ها	۱۶۱۸/۰۴	۷۸۱/۲۳	۲۳۵/۴۹	۱۹۱۵/۴۱	۲۷۶۳/۴۵	۳۱۶/۴۹
تغییرات خالص	۸۳۶/۸۱	-۸۳۶/۸۱	-۱۶۷۹/۹۲	۱۶۷۹/۹۲	۲۴۴۶/۹۶	-۲۴۴۶/۹۶

*: منطقهٔ حفاظت شده، **: منطقهٔ قبلاً غیرحفاظت شده.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با بررسی تغییرات پوشش جنگلی در جنگل‌های ارسباران طی سه دوره زمانی (۱۳۶۳، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۳)، نقش سیاست‌های حفاظتی در کاهش نرخ جنگل‌زدایی و بهبود پوشش جنگلی را نشان می‌دهد. یافته‌ها حاکی از آن است که سیاست‌های حفاظتی، به‌ویژه پس از طبقه‌بندی مجدد منطقه قبلاً غیرحفاظت شده به‌عنوان منطقه حفاظت شده در سال ۱۳۹۲، تأثیر قابل‌توجهی در کاهش جنگل‌زدایی داشته‌اند. یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر این تغییرات، تفاوت در رویکردهای مدیریتی دو سازمان مسئول نظارت بر جنگل‌های حفاظت شده، یعنی سازمان حفاظت محیط‌زیست و سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، بوده است.

سازمان حفاظت محیط‌زیست به‌عنوان نهاد اصلی مسئول حفظ تنوع زیستی و اکوسیستم‌ها، بر حفاظت از زیستگاه‌ها و حفاظت از گونه‌های نادر یا در خطر انقراض تمرکز دارد (Ramezani et al., 2023; Balmford et al., 2003) برای جلوگیری از تخریب و از دست دادن جنگل‌ها، این سازمان معمولاً رویکردی حفاظتی‌تر اتخاذ کرده و مقررات سختگیرانه‌ای را اجرا می‌کند (Aghmashhadi et al., 2018). اولویت‌های مدیریتی این سازمان شامل تحقیقات علمی و پایش اکوسیستم به‌منظور حفظ پایدار این زیستگاه‌ها و اطمینان از حفاظت مداوم آن‌ها است (Sala et al., 2000). مأموریت سازمان حفاظت محیط‌زیست تقویت تلاش‌های حفاظتی و به حداقل رساندن تأثیرات انسانی بر جنگل‌ها و منابع طبیعی است (Pressey and Margules, 2000).

در مقابل، هدف اصلی سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، مدیریت پایدار منابع طبیعی، از جمله جنگل‌ها، با دیدگاهی اقتصادی‌تر است (Beygi Heidarlou et al., 2023). این سازمان بر استفاده پایدار از منابع تأکید دارد و جنگل‌ها را برای

تولید چوب، محصولات غیرچوبی و سایر اشکال بهره‌برداری مصوب مدیریت می‌کند (Reed et al., 2016). مقررات این سازمان اغلب برای تسهیل استفاده بهینه و پایدار از منابع طراحی شده‌اند و درعین‌حال اصول اولیه حفاظت را رعایت می‌کنند. علاوه بر این، سازمان منابع طبیعی پروژه‌های مرتبط با بهره‌برداری و مدیریت منابع جنگلی را اجرا کرده و کاربران محلی را برای استفاده بهینه و پایدار از جنگل‌ها آموزش می‌دهد (Goushehgir et al., 2022).

این تفاوت‌های مدیریتی که در رویکردهای حفاظت و بهره‌برداری از منابع ریشه دارند، تأثیرات مختلفی بر تغییرات پوشش جنگلی در ارسباران داشته‌اند. به‌ویژه از سال ۱۳۹۲، زمانی که مدیریت منطقه قبلاً غیرحفاظتی به سازمان حفاظت محیط‌زیست منتقل شد، این منطقه بهبودهای بیشتری در حفاظت از جنگل تجربه کرد.

همچنین نتایج تأیید کردند که در این پژوهش، مناطق حفاظت شده کاهش در جنگل‌زدایی را نشان می‌دهند که با بهبودهای مشاهده شده در هر دو منطقه، منطقه حفاظت شده و منطقه قبلاً غیرحفاظتی پس از طبقه‌بندی مجدد مطابقت دارد. این نتیجه با تحقیقات قبلی که نشان می‌دهند مناطق حفاظت شده با کاهش فعالیت‌های انسانی مخرب، پوشش جنگلی را حفظ می‌کنند، همخوانی دارد و نقش سیاست‌های حفاظتی مؤثر را در حفظ اکوسیستم‌های جنگلی برجسته می‌کند (Andam et al., 2008; Bruner et al., 2001). پژوهش‌های قبلی، از جمله تحقیقات Joppa and Pfaff (2011) و Notle et al. (2016)، نیز نتیجه گرفته‌اند که مناطق حفاظت شده، در صورت نظارت و پایش دقیق، می‌توانند جنگل‌زدایی را کاهش دهند. این نتایج بر اهمیت تدوین و اجرای دقیق سیاست‌های حفاظتی تأکید کرده و نشان می‌دهند که با استراتژی‌های حفاظتی مناسب، تخریب جنگل به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (Duncanson et al., 2023).

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که سیاست‌های حفاظتی اعمال‌شده در جنگل‌های ارسباران، به‌ویژه پس از طبقه‌بندی مجدد مناطق غیرحفاظت شده به مناطق حفاظت شده در سال ۱۳۹۲، تأثیر بسزایی در کاهش نرخ جنگل‌زدایی و بهبود پوشش جنگلی داشته‌اند. این نتایج بر اهمیت مدیریت مؤثر و یکپارچه جنگل‌ها تأکید دارند و نقش کلیدی تفاوت در رویکردهای مدیریتی سازمان حفاظت محیط‌زیست و سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری را در تغییرات پوشش جنگلی برجسته می‌کنند.

نتایج این پژوهش با تحقیقات پیشین همخوانی دارد و تأکید می‌کند که نظارت دقیق و اجرای سیاست‌های حفاظتی مؤثر می‌تواند نقش قابل‌توجهی در حفظ اکوسیستم‌های جنگلی ایفا کند. بهبودهای مشاهده شده در هر دو منطقه حفاظت شده و مناطقی که به‌تازگی به طبقه‌بندی حفاظتی اضافه شده‌اند، نشان می‌دهد که توسعه استراتژی‌های حفاظتی دقیق و اجرای آنها می‌تواند به حفظ منابع طبیعی کمک کند و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی را کاهش دهد. این یافته‌ها می‌توانند به‌عنوان مبنایی برای تدوین سیاست‌های پایدار در دیگر مناطق جنگلی با شرایط مشابه استفاده شوند.

منابع

Aghmashhadi, A.H., Babu, S.C., Daroodi, M., Zahedi, S.and Kazemi, A. (2018). Perspectives on Iran's environmental policy process: Issues and constraints; Intl Food Policy Res Inst. Volume 1777.

Alijanpour, A. (2017). Cornelian cherry (L.) fruit as a non-timber forest product of Arasbaran biosphere reserve forests in Northwest of Iran. Forestry Studies Vol. 67: 72-85.

Amini Parsa, V., Yavari, A. and Nejadi, A. (2016). Spatio-temporal analysis of land use/land cover pattern changes in Arasbaran Biosphere Reserve, Iran. Modeling Earth Systems and Environment, Vol. 2. 1-13.

Andam, K.S., Ferraro, P.J., Pfaff, A., Sanchez-Azofeifa, G.A. and Robalino, J.A.J.P.o.t.n.a.o.s. (2008). Measuring the effectiveness of 749 protected area networks in reducing deforestation. In Proceedings of the National Academy of Sciences, pp. 16089-16094.

Asri, Y. and Partonia, L. (2016). Site and silvicultural characteristics of Juniperus foetidissima Willd. endangered species in Arasbaran Biosphere Reserve. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, Vol. 24. 699-687.

Balmford, A., Green, R.E., Jenkins, M.J.T.i.E. and Evolution. (2003). Measuring the changing state of nature. Trends in Ecology and Evolution, Vol. 18. 326-330.

Beygi Heidarlou, H., Banj Shafiei, A., Nasiri, V., Niță, M.D., Borz, S.A. and Lopez-Carr, D.J.S. (2023). Impact of Iran's forest nationalization 743 law on forest cover changes over six decades: A case study of a zagros sparse coppice oak forest. Sensors, Vol. 23. 871.

Breiman, L. (1999). Random Forests-Random Features, Technical Report 567; University of California, Statistics Department, Berkeley: Berkeley, CA, USA.

Bruner, A.G., Gullison, R.E., Rice, R.E. and Da Fonseca, G.A.J.s. (2001). Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. Science Vol. 291. 125-128

Chávez-Durán, Á.A., Olvera-Vargas, M., Figueroa-Rangel, B., García, M., Aguado, I. and Ruiz-Corral, J.A. (2022). Mapping homogeneous response areas for forest fuel management using geospatial data, k-means, and random forest classification. Forests, Vol. 13. No. 12. 1970.

DeFries, R., Hansen, A., Turner, B., Reid, R. and Liu, J. (2007). Land use change around protected areas: management to balance human needs and ecological function. Ecological Applications, Vol. 17. 1031-1038.

Duncanson, L., Liang, M., Leitold, V., Armston, J., Krishna Moorthy, S., Dubayah, R., Costedoat, S., Enquist, B., Fatoyinbo, L. and Goetz, S.J.N.C. (2023). The effectiveness of global protected areas for climate change mitigation. Nature Communications, Vol. 14. No. 1. 2908.

Goushehgir, Z., Feghhi, J. and Innes, J.L.J.F. (2022). Challenges facing the improvement of forest management in the Hyrcanian forests of Iran. Forests, Vol. 13. No. 12. 2180.

Goushehgir, Z., Feghhi, J. and Innes, J.L.J.F. (2022). Challenges facing the improvement of forest management in the Hyrcanian forests of Iran. Forests, Vol. 13. No. 12. 2180.

Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R. S., Brockhaus, M., Verchot, L., Angelsen, A. and Romijn, E. (2012). An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. Environmental Research Letters Vol. 7 No. 4. 044009.

Joppa, L.N. and Pfaff, A. (2011). Global protected area impacts. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, Vol. 278. 1633-1638.

Joppa, L.N. and Pfaff, A.J.P.o.t.R.S.B.B.S. (2011). Global protected area impacts. In Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, pp. 1633-1638.

Kolahi, M., Sakai, T., Moriya, K., Makhdoum, M. F. and Koyama, L. (2013). Assessment of the effectiveness of protected areas management in Iran: Case study in Khojir National Park. Environmental Management Vol. 52. 514-530.

Li, D., Wu, S., Liu, L., Zhang, Y. and Li, S. (2018). Vulnerability of the global terrestrial ecosystems to climate change. Global Change Biology Vol. 24. No. 9. 4095-4106.

Lindenmayer, D. B., Franklin, J. F. and Fischer, J. (2006). General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. Biological Conservation Vol. 131. No. 3. 433-445.

Margules, C.R. and Pressey, R.L.J.N. (2000). Systematic conservation planning. Vol. 405. 243-253.

Mas, J.-F., Lemoine-Rodríguez, R. and Taud, H. (2016). Toward a near-real time forest monitoring system. Investigaciones Geográficas, 168-175.

Nolte, C., Agrawal, A., Silvius, K.M. and Soares-Filho, B.S. (2013). Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 110. 4956-4961.

Nolte, C., Agrawal, A., Silvius, K.M. and Soares-Filho, B.S. (2013). Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. In Proceedings of the National Academy of Sciences, pp. 4956-4961.

Ostadhashemi, R., Mirakhorlou, K., Yarahmadi, J. and Najibzadeh, M.R. (2023). Mapping forest distribution and density as well as other land uses in Arasbaran area using Sentinel2 data. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), Vol. 32. 67-80.

Rahman, M.F. and Islam, K. (2021). Effectiveness of protected areas in reducing deforestation and forest fragmentation in Bangladesh. Journal of Environmental Management, Vol. 280. 111711.

Ramezani, S., Nastaran, M., Nooraie, H. and Otsuki, K.J.L.U.P. (2023).The role of the institutional environment in land use planning in Iran: A conceptual framework. Land Use Policy, Vol. 135. 106942.

Reed, J., Van Vianen, J., Deakin, E.L., Barlow, J. and Sunderland, T.J.G.c.b. (2016). Integrated landscape approaches to managing social and 745 environmental issues in the tropics: learning from the past to guide the future. Global Change Biology, Vol. 22. 2540-2554.

Sagheb Talebi, K., Sajedi, T. and Pourhashemi, M. (2014). Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future; Springer Netherlands.

Sasanifar, S., Alijanpour, A., Shafiei, A.B., Rad, J.E., Molaei, M. and Álvarez-Álvarez, P. (2024). Understanding how forest ecosystem services are affected by conservation practices and differences in elevation: A study in the Arasbaran biosphere reserve, Iran. Ecological Engineering, vol. 203. 107230.

Sasanifar, S., Alijanpour, A., Shafiei, A.B., Rad, J.E., Molaei, M. and Álvarez-Álvarez, P. (2024). Understanding how forest ecosystem services are affected by conservation practices and differences in elevation: A study in the Arasbaran biosphere reserve, Iran. Ecological Engineering, Vol. 203. 107230.

Seidl, R., Fernandes, P.M., Fonseca, T.F., Gillet, F., Jönsson, A.M., Merganičová, K., Netherer, S., Arpaci, A., Bontemps, J.D., Bugmann, H. and González-Olabarria, J.R. (2011). Modelling natural disturbances in forest ecosystems: a review. Ecological Modelling Vol. 222. No. 4. 903-924.

Walker, W.S., Gorelik, S.R., Baccini, A., Aragon-Osejo, J.L., Josse, C., Meyer, C., Macedo, M.N., Augusto, C., Rios, S., Katan, T. and de Souza, A.A., 2020. (2020). The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas. Proceedings of the National Academy of Sciences Vol. 117. No. 6. 3015-3025.

Analysis of forest cover changes resulting from various management actions in Arasbaran Biosphere Reserve

S. Brukanlu[1] and H. Beygi Heidarlou[2*]

1- M.Sc. student of Forestry, Natural Resources Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Assistant Prof., Forest Science and Engineering Department, Natural Resources Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract

In the context of the Arasbaran Biosphere Reserve, various management systems over the past decades have provided a unique opportunity to analyze the impacts of policy-making and management practices on forest cover dynamics. This region is under pressure from human activities such as agriculture, overgrazing, and land-use changes, while also benefiting from multiple conservation interventions, including national and international projects. This study aims to systematically assess the changes in forest cover in Arasbaran over time, with a focus on the periods before and after the reclassification of the previously unprotected area in 2013. Additionally, it analyzes the effectiveness of management plans implemented by the Environmental Protection Organization and the Department of Natural Resources and Watershed Management, aiming to quantify changes in forest land cover. The results from Landsat satellite image classification showed that after the reclassification of the unprotected area into a protected one and the change in management from the Department of Natural Resources to the Environmental Protection Organization, forest area increased in the region. In 1984, the total forest area was 59,108 hectares, which grew to 62,392 hectares by 2024. The changes in the protected area indicated the preservation of 28,372 hectares of forest and the conversion of 1,618 hectares from non-forest to forested land. In the previously unprotected area, after its conversion to a protected area, 29,582 hectares of forest were preserved, and 2,763 hectares were converted from non-forest to forest. The findings of this research can serve as a foundation for more informed policy-making and more effective decision-making in the management of natural resources and the conservation of similar biosphere reserves at national and global levels, offering practical solutions to environmental threats in protected areas.

Keywords: ecosystem monitoring, temporal analysis, forest management, protected areas.

*Corresponding author Tel: +98 9141866399 Email: h.beygi@urmia.ac.ir

ارزیابی خشکسالی مبتنی بر سنجش از دور با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در جنگل‌های هیرکانی ایران

هادی بیگی حیدرلو[1*]، علی حاتمی باشلانبوشلو[2]، پیمان شریفی[2] و ملینا غلام‌زاده بازارباش[2]

۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

خشکسالی یکی از تهدیدات جدی برای بوم‌سازگان‌های جنگلی، به‌ویژه جنگل‌های هیرکانی ایران است. این تحقیق به ارزیابی خشکسالی در این منطقه با استفاده از داده‌های سنجش از دور، شامل شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و NDMI و دمای سطح زمین (LST)، در دوره زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۲ پرداخته است. برای این منظور، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای سال ۱۴۰۱ و لندست ۵ برای سال ۱۳۸۹ استفاده شد و پردازش داده‌ها و محاسبه شاخص‌ها در سکوی Google Earth Engine انجام گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که شاخص‌های NDVI و NDMI در این دوره کاهش قابل‌توجهی داشته‌اند؛ به‌طوری‌که بیشینه NDVI از ۰/۷۲ در سال ۱۳۸۹ به ۰/۵۷ در سال ۱۴۰۲ و بیشینه NDMI از ۰/۷۱ به ۰/۵۴ کاهش یافته است. این کاهش نمایانگر افت سلامت و تراکم پوشش گیاهی جنگل‌ها است. علاوه بر این، مقادیر کمینه این شاخص‌ها افزایش نشان داد که احتمالاً به علت بهبود پوشش گیاهی در مناطق فقیر یا تغییرات کاربری اراضی باشد. همچنین، تغییرات دمای سطح زمین نشان داد که کمینه دما از ۹/۱۳ به ۱۱/۶۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته، در حالی که بیشینه دما تغییرات کمتری را تجربه کرده است. همبستگی منفی معنادار بین شاخص‌های NDVI و NDMI با LST مشاهده شد که نشان‌دهنده تأثیرات عوامل اقلیمی و انسانی همچون کاهش بارش، تغییر کاربری اراضی و کاهش تراکم جنگل‌ها بر این تغییرات است. این نتایج بر اهمیت مدیریت پایدار جنگل‌ها و ضرورت سیاست‌های حفاظتی برای مقابله با اثرات منفی تغییرات اقلیمی تأکید دارد.

واژگان کلیدی: خشکسالی، جنگل‌های هیرکانی، سنجش از دور، تغییرات اقلیمی.

مقدمه

خشکسالی به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین بلایای طبیعی، تأثیرات مخربی بر سلامت انسان، امنیت غذایی، زیرساخت‌ها، منابع طبیعی و محیط زیست دارد (Hidalgo and Baez, 2019). این پدیده که عمدتاً ناشی از کاهش بارندگی، افزایش دما و تغییرات اقلیمی است، در مناطق خشک و نیمه‌خشک شدت بیشتری دارد (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۱؛ جهانبازی و همکاران، ۱۴۰۱). خشکسالی، علاوه بر تهدید مستقیم منابع آب و خاک، می‌تواند موجب تغییرات عمیقی در بوم‌سازگان‌ها

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۱۸۶۶۳۹۹ ایمیل: h.beygi@urmia.ac.ir

شود. با این حال، تشخیص اثرات بلندمدت و گسترده آن همچنان چالش‌برانگیز است (Potter and Brooks, 1998; Schultz and Halpert, 1995).

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از بوم‌سازگان‌های کلیدی، در برابر این تغییرات بسیار حساس هستند. جنگل‌های ایران که تنها ۶/۸ درصد از سطح کشور را پوشش می‌دهند، نقش مهمی در حفظ تنوع زیستی و مقابله با تغییرات آب‌وهوایی دارند (Neuville et al., 2021). با این وجود، جنگل‌زدایی و تخریب جنگل‌ها، به‌ویژه در جنگل‌های هیرکانی، تهدید جدی محسوب می‌شود. این جنگل‌ها، که بقایای ارزشمند جنگل‌های پهن‌برگ دوران باستان هستند، بخش عمده‌ای از منابع چوب صنعتی ایران را تأمین می‌کنند. در مقابل، جنگل‌های زاگرس، ایران-تورانی، ارسباران و دیگر مناطق به‌دلیل آسیب‌پذیری و رشد محدود، کمتر بهره‌برداری می‌شوند (مروی مهاجر، ۱۳۸۴، Nasiri et al., 2023).

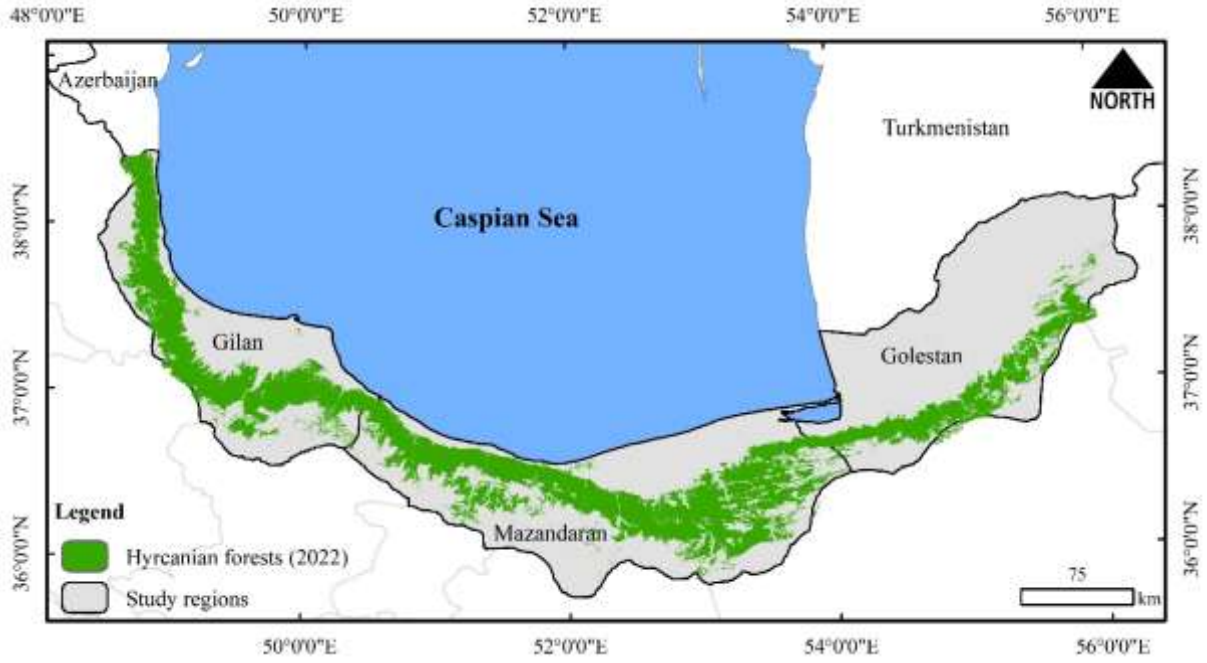
در این میان، فناوری سنجش از دور ابزاری قدرتمند برای پایش اثرات خشکسالی فراهم کرده است. این فناوری با جمع‌آوری داده‌های ماهواره‌ای، امکان تحلیل وضعیت پوشش گیاهی، رطوبت خاک و دیگر متغیرهای محیطی را در مقیاس‌های زمانی و مکانی وسیع فراهم می‌کند (Zou et al., 2020; Norman et al., 2016). شاخص‌های پوشش گیاهی حاصل از سنجش از دور می‌توانند تغییرات در پوشش گیاهی، خشکی خاک و تأثیرات خشکسالی بر جنگل‌ها را شناسایی کرده و ابزار مؤثری برای پیش‌بینی و برنامه‌ریزی مدیریت منابع طبیعی ارائه دهند (ویسی و همکاران، ۱۴۰۱). برای مثال، Klisch and Atzberger (2016) در پژوهشی در آفریقا از داده‌های ماهواره‌ای MODIS برای ارزیابی خشکسالی‌های شدید بهره گرفتند. در این پژوهش، شاخص‌های مرتبط با رطوبت خاک و دمای سطح زمین مورد تحلیل قرار گرفت و مشخص شد که ترکیب این داده‌ها می‌تواند نقشه‌های دقیقی از مناطق تحت تأثیر ارائه کند. نتایج این تحقیق بر نقش مؤثر سنجش از دور در شناسایی مناطق بحرانی و تسهیل برنامه‌ریزی بهینه منابع آب تأکید دارد. Farrokhzadeh et al. (2017) نیز در پژوهشی به تحلیل رابطه همبستگی میان دو شاخص گیاهی EVI و NDVI با شاخص خشکسالی هواشناسی SPI پرداختند. این تحقیق که با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ انجام شد، نشان داد که بین شاخص استاندارد بارش (SPI) و شاخص‌های پوشش گیاهی، همبستگی معناداری وجود دارد. Das et al. (2023) در پژوهشی تأثیر خشکسالی را بر تنوع زیستی، زیستگاه گونه‌های وحشی و عملکرد بوم‌سازگان در شمال‌غربی بنگلادش مورد بررسی قرار دادند. این پژوهش با بهره‌گیری از داده‌های Landsat در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، به تحلیل شاخص‌های گیاهی (NDVI، NDWI، NDMI و SAVI) و دمای سطح زمین (LST) پرداخت. یافته‌ها کاهش شاخص‌های گیاهی همراه با افزایش LST را نشان دادند، به‌طوری‌که رابطه منفی میان NDVI و LST تأییدکننده اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی بود.

این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که فناوری‌های سنجش از دور ابزارهای کارآمدی برای پایش خشکسالی و پیش‌بینی اثرات آن بر اکوسیستم‌ها هستند. این روش‌ها با ارائه داده‌های جامع و دقیق در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف، می‌توانند در مدیریت بهینه منابع آب و برنامه‌ریزی اکوسیستمی مؤثر باشند. با توجه به اهمیت و حساسیت زیاد جنگل‌های هیرکانی و تأثیرات مخرب خشکسالی بر این اکوسیستم ارزشمند، پژوهش حاضر از فناوری‌های سنجش از دور و شاخص‌های مرتبط با پوشش گیاهی بهره گرفته تا روند خشکسالی در این منطقه را تحلیل و ارزیابی کند. از این‌رو هدف اصلی این پژوهش، بررسی روند خشکسالی، ارزیابی تأثیر آن بر پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی و ارائه اطلاعات کاربردی برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک است. یافته‌های این تحقیق نه تنها به درک بهتر اثرات خشکسالی بر جنگل‌های هیرکانی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به‌عنوان مرجعی علمی در سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار مدیریت منابع طبیعی کشور مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد بررسی

منطقه مطالعه در نوار جنوبی و جنوب غربی دریای خزر قرار دارد و شامل سه استان گیلان، مازندران و گلستان است (شکل ۱). این منطقه با مساحت تقریبی ۵۸۷۰۰ کیلومتر مربع، یکی از مناطق مهم زیست‌محیطی در شمال ایران به شمار می‌رود. محدوده جغرافیایی این منطقه از عرض‌های جغرافیایی '۴۸°۵۶ تا '۵۶°۳۰ شرقی گسترش یافته است. ویژگی بارز این منطقه، توپوگرافی متنوع آن است که از دشت‌های ساحلی با ارتفاع ۹۰ متر زیر سطح دریا آغاز شده و تا ارتفاعات کوه‌های البرز با حداکثر ارتفاع ۵۶۰۹ متر در قله دماوند ادامه دارد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه موردبررسی و پراکنش جنگل‌های هیرکانی در سال ۲۰۲۲ (Nasiri et al., 2023b)

این ناحیه که به‌عنوان یکی از مناطق زیستی کلیدی در سطح جهانی شناخته می‌شود، اکوسیستمی غنی و متنوع دارد. جنگل‌های شمال ایران، که به‌عنوان جنگل‌های معتدل پهن‌برگ نیز شناخته می‌شوند، زیستگاه بیش از ۸۰ گونه گیاهی چوبی، ۵۸ گونه پستاندار و ۱۸۰ گونه پرنده هستند که بسیاری از آنها بومی این منطقه هستند. (Darvishsefat, 2006). گونه‌های درختی غالب این جنگل‌ها شامل ممرز (*Carpinus betulus*)، راش (*Fagus orientalis*)، انجیلی (*Parrotia persica*) و بلوط بلندمازو (*Quercus macranthera*) هستند که نقش مهمی در پایداری اکولوژیکی منطقه دارند (Nasiri et al., 2023a).

علاوه بر اهمیت زیستی و اکولوژیکی، این منطقه جمعیت قابل‌توجهی نیز دارد. براساس سرشماری جمعیت و مسکن ایران در سال ۱۳۹۵، جمعیت کل منطقه مورد بررسی حدود ۷۶۸۰۰۰۰ نفر تخمین زده شده است. تراکم جمعیت و فعالیت‌های انسانی در این ناحیه، همراه با تغییرات کاربری زمین، تأثیرات قابل‌توجهی بر پایداری جنگل‌ها و تنوع زیستی آن داشته است.

این عوامل در کنار ویژگی‌های طبیعی منطقه، آن را به موضوعی مهم برای بررسی‌های زیست‌محیطی و مدیریتی تبدیل کرده‌اند.

ویژگی‌های اقلیمی جنگل‌های هیرکانی ایران، تحت تأثیر عواملی مانند موقعیت جغرافیایی، ارتفاعات کوهستانی و نزدیکی به دریا است. این منطقه دارای اقلیم معتدل مرطوب است و بارش‌های سالانه در آن به‌طور عمده از سمت دریای خزر و بادهای مرطوب شمالی تأمین می‌شود. در نتیجه، جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان یکی از مناطق پربارش ایران شناخته می‌شوند. میانگین بارش سالانه در این منطقه به‌طور قابل‌توجهی بالاست و می‌تواند به ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر برسد که عمدتاً در فصول پاییز و زمستان انجام می‌شود. در عین حال، دما در این منطقه در طول سال تغییرات قابل‌توجهی دارد. تابستان‌ها به‌طور معمول گرم و مرطوب هستند، با دمای متوسط بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، درحالی‌که زمستان‌ها سرد و مرطوب بوده و دما در برخی مناطق به زیر صفر درجه می‌رسد. شرایط اقلیمی این منطقه به‌ویژه در ارتفاعات بالاتر، که در آنها دمای هوا پایین‌تر و رطوبت بالاتر است، سبب ایجاد شرایط مناسب برای رشد گونه‌های گیاهی مختلف و حفظ تنوع زیستی فراوان می‌شود. با این حال، این منطقه به‌دلیل تغییرات اقلیمی و کاهش بارش‌های فصلی، در معرض تهدید خشکسالی‌های دوره‌ای قرار دارد.

روش کار

در این پژوهش، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (Landsat-8 OLI/TIRS) برای سال ۱۴۰۱ و لندست ۵ (Landsat-5 TM) برای سال ۱۳۸۹ استفاده شد تا شاخص‌های مختلف مرتبط با وضعیت پوشش گیاهی، تنش‌های آبی و خشکسالی استخراج شوند. تمامی مراحل پردازش داده‌ها و محاسبات شاخص‌ها در سکوی (پلتفرم) Google Earth Engine (GEE) انجام شد. این سکو با ارائه مجموعه‌ای از ابزارهای تحلیلی و دسترسی به داده‌های ماهواره‌ای، امکان اجرای پردازش‌های پیشرفته روی داده‌های بزرگ را به‌صورت کارآمد و در مقیاس منطقه‌ای فراهم می‌آورد (Gorelick et al., 2017).

پیش‌پردازش داده‌ها

ابتدا مجموعه داده‌های Landsat Collection 2 Level-2 شامل تصاویر لندست ۸ و لندست ۵ از GEE Data Catalog بارگیری شدند. این مجموعه داده‌ها شامل تصاویر پردازش‌شده با تصحیحات جوی و رادیومتریک دقیق است که اطلاعات بازتاب سطحی (Surface Reflectance) و دمای سطح زمین را فراهم می‌کند. داده‌های این مجموعه با رزولوشن مکانی ۳۰ متر در باندهای بازتابی و ۱۰۰ متر در باند حرارتی عرضه می‌شوند، که برای پایش تغییرات محیطی و تحلیل‌های زیست‌محیطی بسیار مناسب هستند.

برای حذف داده‌های ابری، از باند QA_PIXEL استفاده شد. این باند شامل اطلاعات کیفی برای هر پیکسل است و وضعیت‌هایی مانند وجود ابر، سایه ابر، برف و آب را مشخص می‌کند. با استفاده از این باند، پیکسل‌های آلوده به ابر یا دیگر ناهنجاری‌ها به‌صورت خودکار ماسک شدند تا تنها داده‌های معتبر در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

سپس، تصاویر پردازش‌شده با استفاده از توابع درونی GEE به‌صورت ماسک شده آماده‌سازی شدند. این فرآیند تضمین کرد که تنها پیکسل‌های عاری از ابر در تحلیل‌های طیفی و محاسبه شاخص‌ها مورد استفاده قرار گیرند. در مرحله بعد، تصاویر ماسک‌شده با روش آماری میانگین‌گیری زمانی ترکیب شده و محدوده منطقه موردبررسی کلیپ شد تا تنها بخش‌های مربوط به جنگل‌های شمالی ایران در بازه زمانی موردنظر در تحلیل در نظر گرفته شوند.

شاخص‌های طیفی محاسبه‌شده

شاخص‌های زیر برای تحلیل وضعیت منطقه مورد بررسی محاسبه شدند:

۱- شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص NDVI برای ارزیابی سلامت و تراکم پوشش گیاهی استفاده شد (Beygi Heidarlou et al., 2024). این شاخص به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Rouse, 1973):

رابطهٔ ۱
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

که در آن NIR: بازتاب باند مادون قرمز نزدیک (SR_B5) و RED: بازتاب باند قرمز (SR_B4) است.

محاسبه NDVI با استفاده از تابع داخلی normalizedDifference در GEE انجام شد. مقادیر این شاخص بین ۱- تا ۱+ متغیر بوده و مقادیر نزدیک به ۱+ نشان‌دهنده پوشش گیاهی سالم و متراکم است. مقادیر نزدیک به صفر یا منفی، مناطقی با خاک خشک یا بدون پوشش گیاهی را نشان می‌دهند.

۲- شاخص تفاضل نرمال‌شده رطوبت پوشش گیاهی (NDMI)

این شاخص مقدار رطوبت گیاهان را بررسی می‌کند و به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Gao, 1995):

رابطهٔ ۲
$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

که SWIR: بازتاب باند مادون قرمز کوتاه (SR_B6) است.

شاخص NDMI در GEE با استفاده از تابع normalizedDifference محاسبه شد. مقادیر مثبت این شاخص نشان‌دهنده گیاهان دارای رطوبت بالا و مقادیر منفی بیانگر شرایط خشک هستند.

انتخاب شاخص‌های NDVI و NDMI به‌عنوان ابزارهای اصلی برای بررسی خشکسالی جنگل‌های شمال ایران به دلایل زیر انجام شده است. NDVI به‌عنوان یکی از پرکاربردترین شاخص‌های پوشش گیاهی، تغییرات مرتبط با سلامت و تراکم گیاهان را با دقت بالایی مشخص می‌کند. این شاخص به کاهش سبزینگی گیاهان که یکی از پیامدهای اساسی خشکسالی است، بسیار حساس است. در مقابل، NDMI با تمرکز بر محتوای رطوبت گیاهان، امکان شناسایی مستقیم استرس آبی را فراهم کرده و اثرات کمبود آب را در گیاهان به‌خوبی نمایان می‌سازد. استفاده همزمان از این دو شاخص، دیدگاهی جامع از تأثیرات خشکسالی بر سلامت و پایداری بوم‌سازگان جنگلی ارائه می‌دهد (Gao, 1996; Pettorelli et al., 2005).

محاسبه دمای سطح زمین

برای تهیه نقشه دمای سطح زمین (LST)، میانگین دما با استفاده از مجموعه داده‌های MOD11A2.006 مربوط به دمای سطح زمین ماهواره Terra محاسبه شد. این مجموعه داده از طریق کاتالوگ داده‌های GEE در دسترس است. این محصول توسط سنجنده مادیس MODIS که بر روی ماهواره Terra ناسا قرار دارد تولید می‌شود. محصول MOD11A2 یک ترکیب هشت روزه از دمای سطح زمین را ارائه می‌دهد که با کاهش آلودگی ناشی از ابرها و تضمین انسجام بهتر داده‌ها همراه است و دارای وضوح مکانی یک کیلومتر است که آن را برای تحقیق‌های محیطی در مقیاس بزرگ مناسب می‌سازد.

داده‌های دمای سطح زمین برای پوشش منطقه مورد بررسی، شامل مناطق جنوبی و جنوب‌غربی دریای خزر و برای دوره زمانی مورد نظر فیلتر شدند. برای تضمین کیفیت و دقت نتایج، از داده‌های ماسک‌شده ابر استفاده شد. ترکیب زمانی از طریق میانگین‌گیری رکوردهای هشت روزه در طول کل دوره مورد بررسی ایجاد شد که لایه‌ای نماینده از میانگین دما را فراهم می‌کند. این روش امکان ثبت تغییرات مکانی دمای سطح زمین در پوشش‌های مختلف زمین و توپوگرافی‌های متنوع، از دشت‌های ساحلی تا مناطق مرتفع کوهستانی، را فراهم می‌کند.

تحلیل داده‌ها

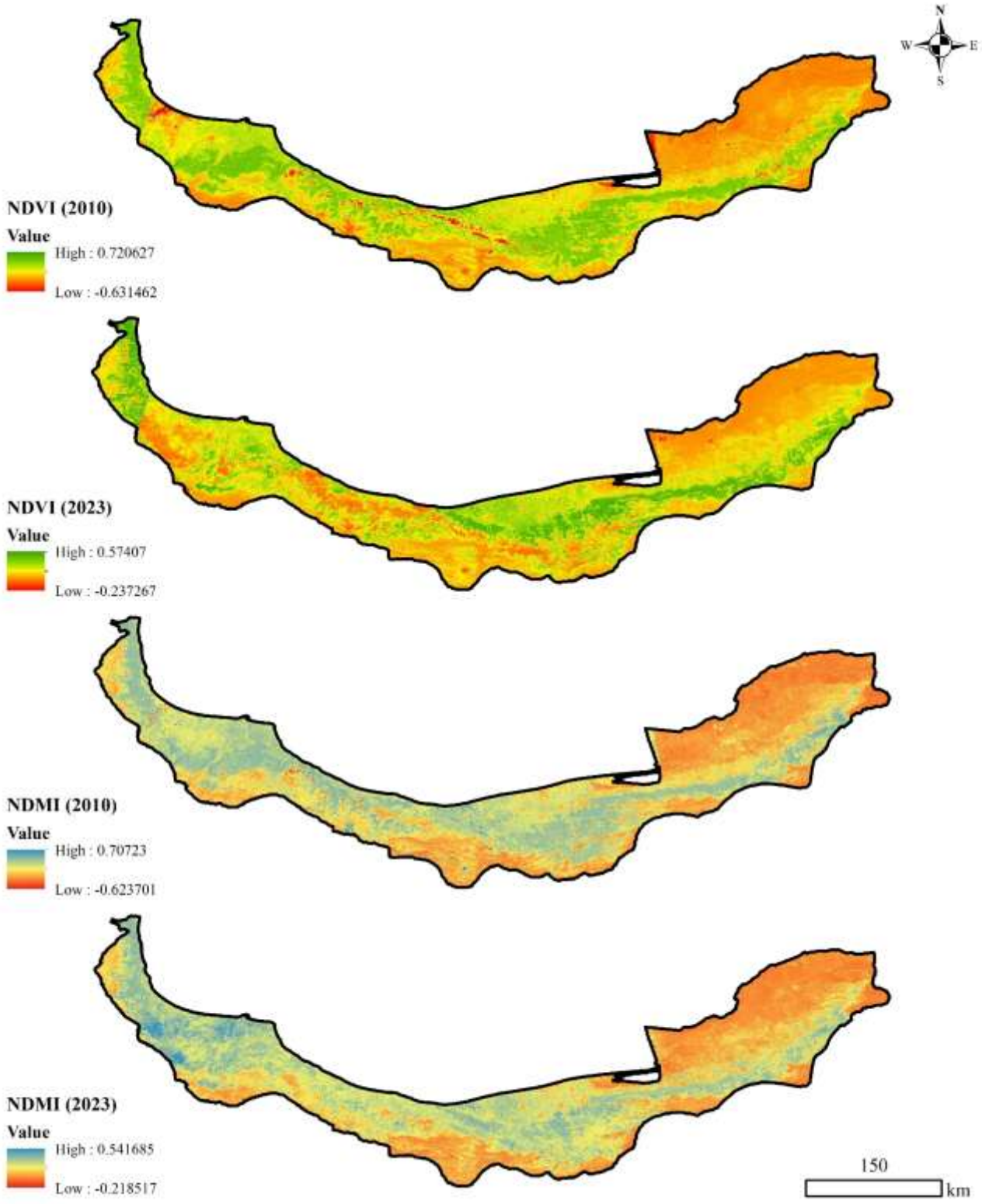
در این پژوهش برای بررسی ارتباط بین شاخص‌های پوشش گیاهی مورد بررسی NDVI و NDMI و دمای سطح زمین (LST) در طول دو دورهٔ زمانی مختلف (۱۳۸۹ و ۱۴۰۲) با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون تحلیل شد، به‌طوری‌که شاخص‌های پوشش گیاهی به‌عنوان متغیر وابسته و LST به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند.

یافته‌ها

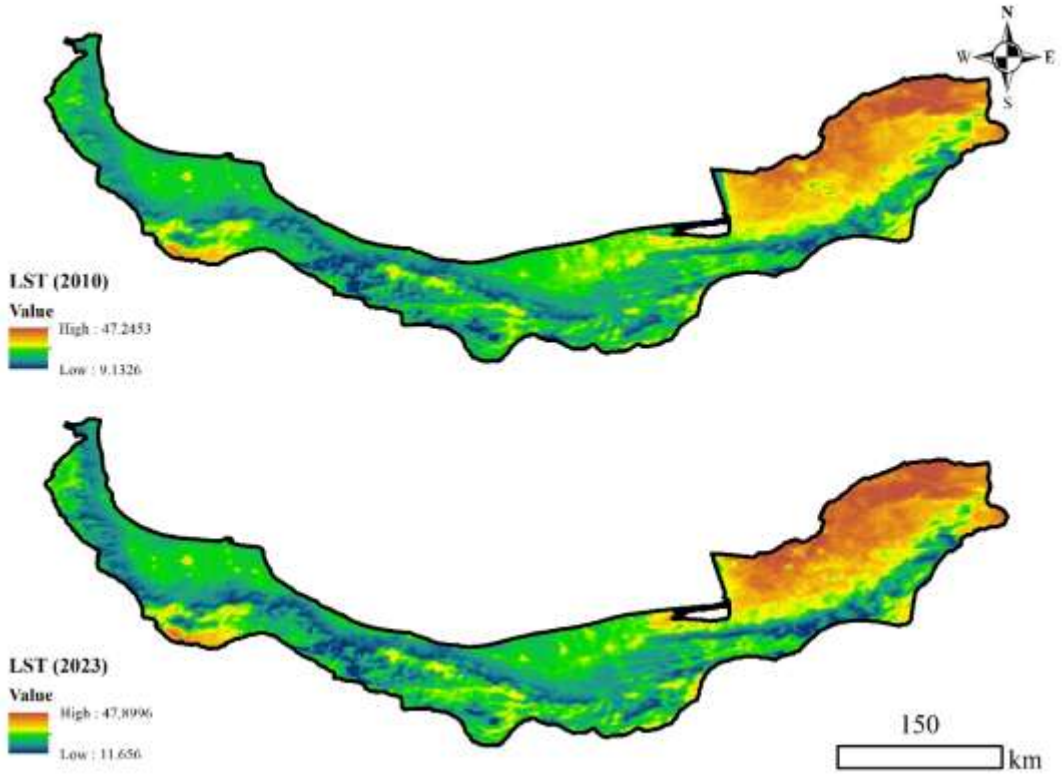
نتایج تحلیل شاخص NDVI در شکل ۲ نشان می‌دهد که کمینه این شاخص در سال ۱۳۸۹ برابر با ۰/۶۳۱۴- و بیشینه آن ۰/۷۲۰۶ بوده است. در سال ۱۴۰۲، مقادیر کمینه و بیشینه NDVI به‌ترتیب به ۰/۲۳۷۲- و ۰/۵۷۴۰ تغییر یافته‌اند. این تغییرات بیانگر کاهش قابل‌توجه در مقادیر بیشینه NDVI است که نشان‌دهنده کاهش تراکم پوشش گیاهی سالم و متراکم در مناطق جنگلی است. همچنین، افزایش مقدار کمینه NDVI ممکن است ناشی از بهبود نسبی پوشش گیاهی در برخی مناطق فقیر یا تغییر در کاربری اراضی باشد.

تحلیل شاخص NDMI نیز روند مشابهی را نشان می‌دهد (شکل ۲). در سال ۱۳۸۹، کمینه NDMI برابر با ۰/۶۲۳۷- و بیشینه آن ۰/۷۰۷۲ بوده است. در سال ۱۴۰۲، کمینه NDMI به ۰/۲۱۸۵- و بیشینه آن به ۰/۵۴۱۶ کاهش یافته است. کاهش مقادیر بیشینه NDMI به‌طور مستقیم به کاهش رطوبت خاک و پوشش گیاهی جنگل‌ها اشاره دارد که احتمالاً به دلیل تغییرات اقلیمی، کاهش بارندگی، یا افزایش برداشت منابع آبی رخ داده است. افزایش مقادیر کمینه NDMI نیز می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات در مناطق دارای رطوبت پایین‌تر یا تغییر کاربری زمین باشد.

تحلیل شاخص دمای سطح زمین LST در بازه زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۲ نشان‌دهنده تغییرات قابل‌توجهی در حداقل و حداکثر مقادیر این شاخص است (شکل ۳). در سال ۱۳۸۹، کمینه دمای سطح زمین برابر با ۹/۱۳۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد و بیشینه آن ۴۷/۲۴۵۳ درجهٔ سانتی‌گراد ثبت شد. در سال ۱۴۰۲، این مقادیر به‌ترتیب به ۱۱/۶۵۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد و بیشینه آن ۴۷/۸۹۹۶ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یافته‌اند. افزایش کمینه دمای سطح زمین می‌تواند ناشی از روند کلی گرم‌شدن اقلیم، کاهش پوشش گیاهی، و تغییرات کاربری زمین باشد. به‌ویژه، کاهش پوشش جنگلی در مناطق شمال ایران می‌تواند منجر به افزایش دما در نواحی کم‌ارتفاع و بازتر شود.



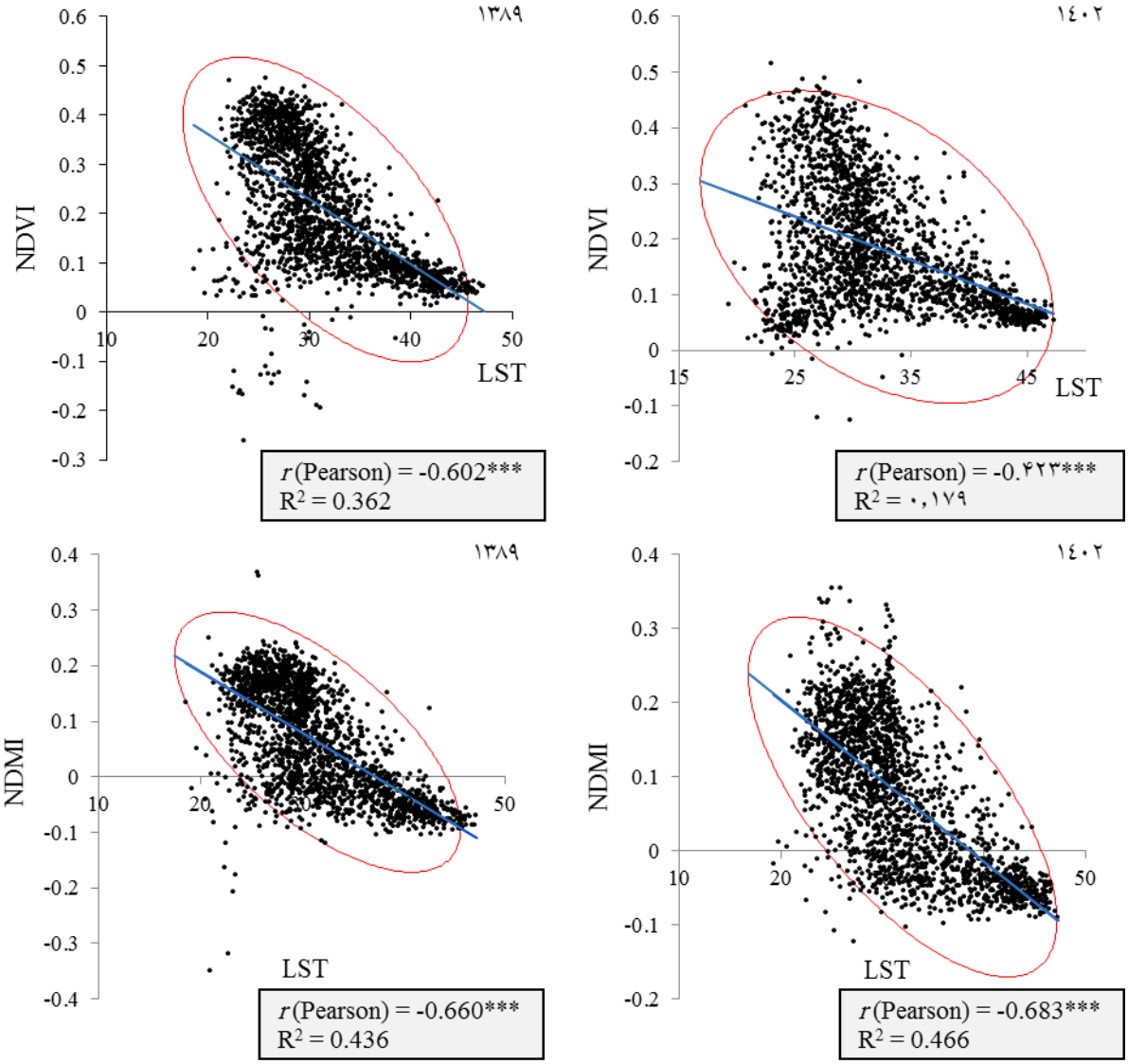
شکل ۲- تغییرات شاخص‌های NDVI و NDMI در جنگل‌های شمال ایران (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان) طی سال‌های ۱۳۸۹ (۲۰۱۰) و ۱۴۰۲ (۲۰۲۳)



شکل ۳- تغییرات شاخص دمای سطح زمین (LST) در جنگل‌های شمال ایران (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان) طی سال‌های ۱۳۸۹ (۲۰۱۰) و ۱۴۰۲ (۲۰۲۳)

شکل ۴ تغییرات همبستگی شاخص دمای سطح زمین (LST) با شاخص‌های NDVI و NDMI در جنگل‌های شمال ایران در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۲ را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که همبستگی منفی معناداری بین شاخص LST و NDVI در هر دو سال وجود دارد، به‌طوری‌که در سال ۱۳۸۹ مقدار همبستگی پیرسون $r = -۰/۶۰۲$ و $R^2 = ۰/۳۶۲$ بود. این امر بیانگر کاهش پوشش گیاهی با افزایش دمای سطح زمین است. در سال ۱۴۰۲، مقدار همبستگی پیرسون $r = -۰/۴۲۳$ و $R^2 = ۰/۱۷۹$ محاسبه شد که نشان‌دهنده کاهش قدرت همبستگی بین این شاخص‌ها نسبت به سال ۱۳۸۹ است. این تغییر ممکن است ناشی از تغییرات کاربری اراضی، کاهش تراکم پوشش گیاهی، یا تأثیرات عوامل انسانی و اقلیمی در این بازه زمانی باشد.

در تحلیل همبستگی بین LST و NDMI نیز رابطه منفی قوی و معناداری مشاهده شد (شکل ۴). در سال ۱۳۸۹، مقدار همبستگی پیرسون $r = -۰/۶۶۰$ با $R^2 = ۰/۴۳۶$ بود که نشان می‌دهد افزایش دمای سطح زمین تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش رطوبت خاک و پوشش گیاهی دارد. در سال ۱۴۰۲، مقدار همبستگی پیرسون $r = -۰/۶۸۳$ با $R^2 = ۰/۴۶۶$ نشان داد که این رابطه منفی همچنان قوی بوده و دما تأثیر بیشتری بر کاهش رطوبت نسبت به پوشش گیاهی داشته است.



شکل ۴- رابطه شاخص دمای سطح زمین (LST) با شاخص‌های NDVI و NDMI در جنگل‌های شمال ایران در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۲. *** نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تغییرات در سطح خطای ۰/۰۰۱ > p است

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که شاخص NDVI و NDMI در بازه زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۲ دستخوش تغییرات چشمگیری شده‌اند. کاهش قابل‌توجه در مقادیر بیشینه NDVI و NDMI نشان‌دهنده کاهش تراکم و سلامت پوشش گیاهی جنگل‌های شمال ایران است. این نتایج با پژوهش‌های پیشین که کاهش پوشش جنگلی و تغییرات در ساختار اکوسیستم‌های طبیعی ایران را تأیید کرده‌اند، هم‌خوانی دارد (Pourbabaei et al., 2014). کاهش رطوبت و پوشش گیاهی ممکن است به‌دلیل ترکیبی از عوامل از جمله افزایش فشارهای انسانی مانند قطع درختان، گسترش کشاورزی و تغییرات اقلیمی باشد که موجب کاهش بارندگی و افزایش دما شده‌اند.

افزایش مقادیر کمینه NDVI و NDMI می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات مثبت در برخی مناطق فقیر جنگلی یا تغییرات کاربری اراضی به‌نفع پوشش گیاهی کمتر متراکم باشد. این پدیده ممکن است به اقدامات حفاظت و مدیریت مناطق جنگلی در برخی نقاط یا بازسازی طبیعی مناطقی که پیش‌تر تخریب شده بودند، مرتبط باشد. با این حال، چنین تغییراتی نیازمند بررسی‌های دقیق‌تر برای بررسی تأثیر کاربری زمین و سیاست‌های مدیریتی است.

نتایج شاخص LST حاکی از افزایش دما در بازه زمانی مورد بررسی بوده که با روند گرم‌شدن جهانی و تأثیرات تغییرات اقلیمی بر جنگل‌های ایران هم‌خوانی دارد (Taleshi et al., 2019). افزایش کمینه دما می‌تواند به کاهش پوشش گیاهی و بازتاب کمتر سطح زمین در مناطق جنگلی بازتر نسبت داده شود. همچنین، کاهش پوشش گیاهی منجر به جذب بیشتر انرژی خورشیدی و افزایش دمای محلی شده که در پژوهش‌های مشابه نیز گزارش شده است (Huryna and Pokorný, 2016).

تحلیل همبستگی بین شاخص‌های NDVI و NDMI با LST نشان داد که رابطه منفی معناداری بین این شاخص‌ها وجود دارد. این امر نشان‌دهنده تأثیر مستقیم افزایش دما بر کاهش پوشش گیاهی و رطوبت خاک است. کاهش قدرت همبستگی بین NDVI و LST در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۳۸۹ می‌تواند به دلیل تأثیرات مختلف انسانی و طبیعی باشد که ساختار پوشش گیاهی را تغییر داده‌اند. به‌ویژه، افزایش دخالت‌های انسانی مانند گسترش شهرسازی، کشاورزی و تغییرات کاربری زمین، الگوهای بوم‌سازگان را مختل کرده و موجب کاهش تراکم پوشش گیاهی شده است.

رابطه قوی‌تر و پایدار بین LST و NDMI در هر دو سال نشان می‌دهد که دمای سطح زمین تأثیر بیشتری بر کاهش رطوبت خاک دارد. این یافته با پژوهش‌های پیشین که تأثیرات تغییرات اقلیمی بر کاهش رطوبت و خشکی خاک در بوم‌سازگان‌های جنگلی را گزارش داده‌اند، هم‌خوانی دارد (Hanson and Weltzin, 2000; Anderson, 1991). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش دما و کاهش بارندگی‌ها می‌توانند چرخه‌های آبی و بوم‌شناسی مناطق جنگلی را به‌طور قابل‌توجهی مختل کنند.

به‌طورکلی، نتایج این پژوهش تأکید می‌کند که ترکیب عوامل انسانی و طبیعی به‌ویژه تغییرات اقلیمی، فشارهای قابل‌توجهی بر جنگل‌های شمال ایران وارد کرده است. این فشارها نه‌تنها منجر به کاهش پوشش گیاهی و رطوبت خاک شده‌اند، بلکه پایداری بوم‌سازگان را نیز تهدید کرده و موجب کاهش خدمات زیست‌محیطی این جنگل‌ها شده‌اند. این موضوع نیازمند اقدامات مدیریتی جدی برای کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی و حفاظت از جنگل‌های باقی‌مانده است.

منابع

جهانبازی، ح.، پورهاشمی، م.، ایرانمنش، ی.، خان حسنی، م.، حیدری، م.، رحیمی، ح.ا.، زرافشار، م.، عسگری، ی.، کرمیان، ر.، نگهدار صابر، م.ر.، مهدی‌فر، د.، هنارهف ج.، رشیدی، ف.، حسینی، ا. و طهماسبی، م.، (۱۴۰۱). روند زوال بلوط در رویشگاه‌های جنگلی زاگرس. طبیعت ایران، ۷ (۵): ۷-۱۱.

عابدینی، م.، محمدزاده شیشه گران، م. و قلعه، ا.، (۱۴۰۱). پایش و برآورد وسعت مناطق گرفتار حریق بخشی از کوهستان زاگرس با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳۳ (۴): ۴۹-۶۲.

مروی مهاجر، م.ر. (۱۳۸۴). جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران.

ویسی، و.، رنجبرفردوئی، ا. و موسوی، س.ح.، (۱۴۰۱). پایش تغییرات چند زمانه پوشش گیاهی جنگل‌های نیمه‌خشک نواه کوه با استفاده از دورسنجی (۲۰۱۵-۱۹۷۵). مهندسی اکوسیستم بیابان، ۴ (۹): ۷۰-۵۷.

Anderson, J.M. (1991). The effects of climate change on decomposition processes in grassland and coniferous forests. Ecological Applications, 1 (3): 326-347.

Beygi Heidarlou, H., Oprea-Sorescu, O., Marcu, M.V. and Borz, S.A. (2024). Mapping Small-Scale Willow Crops and Their Health Status Using Sentinel-2 Images in Complex Agricultural Areas. Remote Sensing, Vol. 16. No. 3. 595.

Darvishsefat, A.A. (2006). Atlas of Protected Areas of Iran. University of Tehran, Tehran.

Das, A.C., Shahriar, S.A., Chowdhury, M.A., Hossain, M.L., Mahmud, S., Tusar, M.K., Ahmed, R. and Salam, M.A. (2023). Assessment of remote sensing-based indices for drought monitoring in the north-western region of Bangladesh. Heliyon, Vol. 9. No. 2. e13016.

Farrokhzadeh, B., Mansouri, S. and Sepehr, A. (2017). Determining the correlation between NDVI and EVI vegetation indices and SPI drought index (case study: Golestan rangelands). Journal of Agricultural Meteorology, 5 (2): 55-65. (In Persian)

Gao, B.C. (1995). Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. In Imaging spectrometry (Vol. 2480: 225-236). SPIE.

Gao, B.C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote sensing of environment, 58 (3): 257-266.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote sensing of Environment, 202: 18-27.

Hanson, P.J. and Weltzin, J. F. (2000). Drought disturbance from climate change: response of United States forests. Science of the Total Environment, 262 (3): 205-220.

Hidalgo, J. and Baez, A.A. (2019). Natural disasters. Crit Care Clin, 35 (4): 591-607.

Huryna, H. and Pokorný, J. (2016). The role of water and vegetation in the distribution of solar energy and local climate: a review. Folia geobotanica, 51: 191-208.

Klisch, A. and Atzberger, C. (2016). Operational drought monitoring in Kenya using MODIS NDVI time series. Remote Sensing, Vol. 8. No. 4. 267.

Nasiri, V., Beloiu, M., Darvishsefat, A.A., Griess, V.C., Maftei, C. and Waser, L.T. (2023a). Mapping tree species composition in a Caspian temperate mixed forest based on spectral-temporal metrics and machine learning. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 116. 103154.

Nasiri, V., Beygi Heidarlou, H., Alchin, A.A., Moradi, F., Rahmanian, S., Afshari, S., Maftei, C. and Griess, V.C. (2023b). How do conservation policies, climate and socioeconomic changes impact Hyrcanian forests of northern Iran? Ecological Informatics, Vol. 78. 102351.

Neuville, R., Bates, J.S. and Jonard, F. (2021). Estimating forest structure from UAV-mounted LiDAR point cloud using machine learning. Remote sensing, Vol. 13. No. 3. 352

Norman, S.P., Koch, F.H. and Hargrove, W.W. (2016). Review of broad-scale drought monitoring of forests: Toward an integrated data mining approach. Forest Ecology and Management, 380: 346-358.

Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.M., Tucker, C.J. and Stenseth, N.C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. Trends in Ecology and Evolution, 20 (9): 503-510.

Potter, C.S. and Brooks, V. (1998). Global analysis of empirical relations between annual climate and seasonality of NDVI. International Journal of Remote Sensing, 15 (1): 2921-2948.

Pourbabaei, H., Ebrahimi, S.S., Torkaman, J. and Pothier, D. (2014). Comparison in woody species composition, diversity and community structure as affected by livestock grazing and human uses in beech forests of northern Iran. Forestry, 20 (1): 1-11.

Rouse, R.A. (1973). Conformational analysis of saturated heterocycles substituted final ozonides. International Journal of Quantum Chemistry, 7 (S7): 289-294.

Schultz, P.A. and Halpert, M.S. (1995). Global analysis of the relationships among a vegetation index, precipitation, and land surface temperature. International Journal of Remote Sensing, 16 (3): 2755-2777.

Taleshi, H., Jalali, S.G., Alavi, S.J., Hosseini, S.M., Naimi, B. and Zimmermann, N.E. (2019). Climate change impacts on the distribution and diversity of major tree species in the temperate forests of Northern Iran. Regional Environmental Change, 19 (8): 2711-2728.

Zou, L., Cao, S. and Sanchez-Azofeifa, A. (2020). Evaluating the utility of various drought indices to monitor meteorological drought in Tropical Dry Forests. International Journal of Biometeorology, 64 (4): 701-711.

Remote sensing-based drought assessment using vegetation and LST indices in Hyrcanian forests of Iran

H. Beygi Heidarluo[1*], A. Hatami Bashlanboshlu[2], P. Sharifi[2] and M. Gholamzadeh Bazarbash[2]

1- Assistant Prof., Forest Science and Engineering Department, Natural Resources Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.
2- B.Cs. student of Forestry, Natural Resources Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract

Drought poses a significant threat to forest ecosystems, especially the Hyrcanian forests of Iran. This research investigates drought in the region using remote sensing data, specifically vegetation indices (NDVI and NDMI) and land surface temperature (LST), spanning the years 2009 to 2023. Landsat 8 images from 2022 and Landsat 5 images from 2009 were analyzed, with all data processing and index calculations carried out on the Google Earth Engine platform. The findings revealed a notable decline in NDVI and NDMI values over this period; the maximum NDVI dropped from 0.7206 in 2009 to 0.5740 in 2023, and the maximum NDMI fell from 0.7072 to 0.5416. These decreases reflect a loss in vegetation health and density. On the other hand, the minimum values of these indices increased, possibly due to land-use changes or recovery of vegetation in previously degraded areas. Analysis of land surface temperature showed an increase in minimum temperature from 9.1326°C to 11.6560°C, with minimal changes in maximum temperature. A significant negative correlation between NDVI and NDMI with LST was identified, emphasizing the influence of climatic and human factors, such as reduced precipitation, land-use modifications, and declining forest density. These results highlight the critical need for sustainable forest management and effective conservation policies to address the impacts of climate change.

Keywords: drought, Hyrcanian forests, remote sensing, climate change.

*Corresponding author Tel: +98 9141866399 Email: h.beygi@urmia.ac.ir

بررسی تغییرات رشد و زنده‌مانی نهال‌های زبان گنجشک و افراپلت در گرادیان ارتفاع از سطح دریای جنگل شصت کلاته گرگان در سال اول بعد از کاشت

علیرضا علی‌عرب[1*]، محمدحسن ناصری[2] و علی اکبر محمدعلی‌پور ملکشاه[3]

۱- دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۲- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۳- دانش‌آموخته دکتری جنگلداری. دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

چکیده

در تحقیق حاضر عملکرد رشد و زنده‌مانی نهال دو گونه از درختان پیشگام و صنعتی ارزشمند شمال ایران، شامل افرا پلت و زبان گنجشک در گرادیان ارتفاعی جنگل آموزشی و پژوهشی شصت‌کلاته استان گلستان بررسی شد. بدین‌منظور در منطقه مورد مطالعه با انجام جنگل گردشی ۳ ناحیه با ارتفاع متفاوت از سطح دریای (۳۹۰، ۵۶۰ و ۸۹۰ متر از سطح دریا) در جنگل شصت کلاته گرگان انتخاب شده و در هر کدام از آنها ۳ روشنه با اندازه‌های کوچک تا متوسط (حداکثر ۶۵۰ متر مربع) انتخاب گردید. پس از انجام عملیات پاک‌تراشی در هریک از روشنه‌ها، تعداد مساوی (۱۸ نهال) از هریک از گونه‌های افرا پلت و زبان گنجشک با فواصل ۲×۲ متر در ۳ موقعیت مکانی داخل روشنه‌های منتخب (مرکز و حاشیه‌های شمالی و جنوبی) کاشته شد و پس از یکسال مراقبت از نهال‌ها، زنده‌مانی و رشد نهالها در انتهای فصل رویش اول مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد در ارتفاعات میانی و فوقانی منطقه مورد مطالعه نهال‌های گونه افرا پلت از زنده‌مانی مناسبی (به‌ترتیب با میانگین ۸۷/۰۴ و ۸۵/۱۹ درصد) برخوردار بودند و با کاهش ارتفاع از سطح دریای منطقه نرخ زنده‌مانی و همچنین رشد ارتفاعی نهال‌های این گونه کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد میانگین نرخ زنده‌مانی نهال‌های گونه افرا پلت، بویژه در ارتفاعات میانی و فوقانی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با نهال‌های زبان گنجشک بسیار بیشتر بوده است. با این وجود کاهش ارتفاع از سطح دریا موجب افزایش نرخ زنده‌مانی نهال‌های زبان‌گنجشک شد. طوری‌که نتایج نشان داد در ارتفاعات پایینی زنده‌مانی نهال‌های زبان گنجشک با مقدار ۴۲/۵۹ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق مرتفع‌تر بوده است. علاوه بر این نتایج نشان داد موقعیت مکانی کاشت نهال تاثیر معنی‌داری بر صفات رویشی و زنده‌مانی نهال‌های افرا پلت نداشت، اما زنده‌مانی و ضریب قدکشیدگی نهال‌های زبان گنجشک را تحت تاثیر قرار داد. به طوری‌که در بسیاری از موارد موقعیت مرکزی روشنه‌ها برای کاشت نهال‌های زبان گنجشک از اولویت برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع رویشگاه، جنگل‌کاری، موقعیت‌مکانی کاشت، افرا پلت، زبان گنجشک.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۲۷۸۱۴۷۰ ایمیل: aliarab@gau.ac.ir

مقدمه

جنگلهای شمال ایران که در دنیا با نام جنگل‌های هیرکانی شناخته می‌شوند، یکی از پوشش‌های گیاهی منحصر به فرد کشور هستند که در دامنه‌های شمالی رشته کوه‌های البرز از اراضی ساحلی دریای خزر تا ارتفاعات فوقانی (حدود ۲۸۰۰ متر از سطح دریا) پراکنش داشته و باتوجه به ترکیب گونه‌ای و ساختارهای گیاهی متنوعی که ایجاد نموده‌اند، عملکردهای بوم-شناختی، اقتصادی و اجتماعی بسیار ارزشمندی را در این مناطق بوجود می‌آورند. این مناطق با مساحتی حدود ۱/۸۵ میلیون هکتار، ۱/۱ درصد از سطح کشور و ۱۵ درصد از سطح جنگل‌های ایران را شامل می‌شوند و در زمره انبوه‌ترین و متنوع‌ترین پوشش‌های جنگلی ایران قرار دارند (Sagheb-Talebi et al., 2014). قرارگیری بخش عمده‌ای از این جنگل‌ها در دامنه‌های شیب‌دار مناطق کوهستانی و همچنین فاصله نسبتا کم آنها از مناطق خشک و نیمه‌خشک در مناطق مرکزی ایران و همچنین در مناطق بیابانی و نیمه‌خشک شمال استان‌های گلستان، خراسان شمالی و ترکمنستان، ضمن تاکید بر حساسیت و شکنندگی این اکوسیستم‌ها از یکسو اهمیت این جنگلها را در حفاظت آب و خاک کشور افزایش داده و از سوی دیگر لزوم توجه بیش از پیش به اصول مدیریت پایدار این جنگل‌های ارزشمند و اصول بوم‌شناختی پرورش، احیاء و توسعه آنها را مورد تاکید قرار می‌دهد.

تجدیدحیات جنگل و استقرار نهال درختان جنگلی در روشنه‌ها، یکی از مهم‌ترین گام‌ها در مدیریت پایدار جنگل و همچنین یکی از اصول بنیادی در حفظ تمامیت اکوسیستم جنگلی و فرآیندهای بوم‌شناختی مربوط به تحول و پویایی آن محسوب می‌شود (Shen and Nelson, 2018, Fredericksen and Mostacedo, 2000). از طرفی، آینده یک جنگل طبیعی متکی به وضعیت کنونی زادآوری آن است و چیزی که به عنوان جنگل یا توده‌های جنگلی در نقاط مختلف شناخته می‌شود، در واقع نتیجه تکامل و تحول زادآوری در گذشته آن جنگل است (غیاث‌الدین و همکاران، ۱۳۹۵). باتوجه به اهمیت زیاد جنگل‌ها، دانشمندان متعددی از گذشته‌های دور (Watt, 1947) تاکنون فرآیندهای موثر بر تجدیدحیات جنگل را مورد مطالعه قرار داده‌اند، که به‌طورکلی یافته‌های حاصل از آنها را می‌توان در دو طبقه با مقیاس‌های مکانی مختلف نقسیم‌بندی نمود. در مقیاس چشم‌انداز[1]، عوامل متعددی بر تجدیدحیات درختان جنگلی موثرند که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به عوامل زیستگاهی[2] شامل عوامل اقلیمی، فیزیوگرافی و زیستی، ویژگی‌های توده، سابقه کاربری زمین، آفات، بیماری‌ها و علفخواری اشاره نمود. همچنین در مقیاس توده، تعدادی از متغیرهای بوم‌شناختی شامل الگوی پراکنش بذر و تغییرات مکانی مشخصات توده و عوامل خردزیستگاهی مانند میکروتوپوگرافی بر استقرار، رشد و زنده‌مانی نهال درختان جنگلی تاثیرگذار می‌باشند (Paluch, 2005; Collins and Battaglia, 2002).

در یک توده جنگلی، تاج‌پوشش درختان سرپا به‌صورت مستقیم تشعشعات خورشیدی و سایر عوامل خردزیستگاهی را با توجه به صفات توده (سن، ساختار و ترکیب گونه‌ای) تحت تاثیر قرار می‌دهند (Hobbie et al., 2006; Joly et al., 2017). همچنین درختان موجود در جنگل با تغییراتی که در مقدار و ویژگی‌های شیمیایی نزولات رسیده به سطح جنگل، ترکیب برگی تاج پوشش و همچنین سیستم‌های ریشه‌ای بوجود می‌آورند، بر بسیاری از عوامل خردزیستگاهی دیگر موثر بر تجدیدحیات جنگل، شامل عمق لایه اکتوهوموس و رطوبت، اسیدیته و کربن آلی خاک، تاثیرگذار می‌گذارند (Paluch, 2005). هرچند تا رسیدن به این مرحله[3] (شل گروه) عوامل متعددی شامل بذرخواری، میکروتوپوگرافی منطقه، ویژگی‌های

1- Landscape scale
2- Habitat factors
3- Sapling stage

فیزیکی و شیمیایی بستر بذر و رقابت پوشش گیاهی مستقر در منطقه در موفقیت تجدیدحیات جنگل نقش دارند، اما زمانی‌که نهال در کف جنگل مستقر می‌گردد و بر پوشش علفی کف جنگل غالب می‌شوند، مهم‌ترین عامل کنترل کننده رشد و زنده‌مانی آنها نور می‌باشد (Lin et al., 2014). این عامل مهم و حیاتی که با شدت، کیفیت و تناوب خود می‌تواند زنده‌مانی، رشد و کیفیت تجدیدحیات درختان جنگلی را تحت تاثیر قرار دهد و تغییرات مکانی و زمانی فراوانی را در زیر آشکوب توده‌های جنگلی به‌وجود آورد (Hale, 2001). به‌طورکلی، در جنگل‌های متراکم عواملی مانند قطع، شکستن، ریشه-کن شدن و یا خشکیدگی درختان سرپا، سبب بوجود آمدن روشنه در تاج پوشش جنگل می‌گردد که در مقیاس‌های مختلف تغییراتی را در نور و سایر عوامل محیطی کف جنگل ایجاد می‌نماید و از این نظر تاثیر فراوانی در تجدیدحیات درختان جنگلی و پویایی اکوسیستم جنگل دارد (Nagel et al., 2006; Jaloviar et al., 2020). این تغییرات سبب شده است که در علوم مختلف اکولوژی و پرورش جنگل، توجه بسیار زیادی به روشنه‌های تاج‌پوشش جنگل شود و مطالعات فراوانی نیز در این زمینه انجام پذیرد (Collins and Bataglia, 2002). در این راستا غیاث‌الدین و همکاران (۱۳۹۵) بیان داشتند که شادابی نهال‌های جنگلی کاشته شده در روشنه‌های با مساحت کم بیشتر می‌باشد؛ اما قطر یقه نهال‌ها در روشنه‌های بزرگتر بیشتر می‌باشد. میردارهریجانی و همکاران (۱۳۹۵) نیز بیان داشتند که میزان زنده‌مانی زادآوری صورت گرفته در حاشیه روشنه‌های جنگلی بیشتر از مرکز روشنه‌ها است که دلیل آن را تنش‌های نوری و دمایی بر استقرار نهال‌ها در مرکز روشنه دانستند. همچنین در پژوهشی شاهینی و همکاران (۱۳۹۳) بیان داشتند که اندازه روشنه تاثیر معنی‌داری بر رشد و زنده‌مانی نهال‌ها دارد و در روشنه‌های با اندازه کوچکتر، میزان زنده‌مانی نهال‌ها افزایش می‌یابد. نصیری و همکاران (۱۳۹۴) نیز در بررسی استقرار تجدید حیات گونه راش شرقی در روشنه‌ها بیان داشتند که فراوانی و ارتفاع زادآوری در روشنه‌های کوچک تر و حاشیه روشنه‌ها بیشتر می‌باشد. بنابراین وجود ناهمگنی فراوان در شکل و ابعاد روشنه‌های تاج پوشش و همچنین تغییرات زیاد عوامل توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا)، ترکیب و ساختار توده‌های جنگلی سبب شده است که در چنین مطالعاتی استقرار تجدیدحیات درختان جنگلی در شرایط مختلف مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته و در طرح‌های غنی‌سازی تجدیدحیات جنگل که در روشنه‌های تاج پوشش انجام شوند.

یکی عوامل مهمی که با تعیین شرایط محیطی منطقه، رشد و زنده‌مانی نهال‌های کاشته شده را محدود می‌کند، ارتفاع از سطح دریای مناطقی است که نهال در آن کاشته می‌شود (Marcora et al., 2013). از این رو شناخت شرایط و عوامل موثر بر رشد و زنده‌مانی نهال‌ها در گرادیان ارتفاعی مناطق کاشت، کمک موثری به جنگل‌کاری موفق گونه‌ها می‌گردد. در مناطق کوهستانی، عوامل محیطی مختلف که تجدید حیات درختان جنگلی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، به‌شدت تحت تاثیر ارتفاع از سطح دریای منطقه کاشت قرار می‌گیرند؛ زیرا میزان بارندگی، دما و شرایط رویشگاهی در شرایط مختلف ارتفاع از سطح دریای منطقه تغییر می‌کند و بر عملکرد گونه‌ها تاثیر می‌گذارد (De Groot and Vrezec, 2019). پاونددرو و همکاران (۱۳۹۳) بیان نمودند که استقرار گونه افرا پلت در ارتفاعات بالا موفق تر صورت می‌پذیرد که دلیل آن را اثرگذاری کم چرای دام در آن مناطق دانستند.

در تحقیقات قبلی که در پایین‌بند جنگل شصت‌کلاته گرگان صورت پذیرفته، رشد و زنده‌مانی نهال‌های افراپلت (*Acer velutinum*) و زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*) در روشنه‌های با ابعاد مختلف و همچنین موقعیت‌های مختلف کاشت نهال در داخل روشنه‌های تاج پوشش مورد بررسی قرار گرفته است، نتایج آن بیانگر رشد و زنده‌مانی بهتر نهال‌ها در روشنه-های با ابعاد متوسط بوده و موقعیت مکانی توانسته است رشد و زنده‌مانی نهال این دو گونه را تحت تاثیر قرار دهد. همچنین

تحقیقات نشان داده است که با گسترده شدن ابعاد روشنه‌ها و افزایش شدت نور نسبی، فراوانی نونهال‌های نورپسند و امکان کاشت موفقیت آمیز گونه‌های نورپسند افزایش می‌یابد (محمدنژاد کیاسری و همکاران، ۱۳۸۰؛ Tabari et al., 1998).
با توجه به اینکه در بسیاری از پژوهش‌های پیشین، تاثیر ارتفاع از سطح دریا بر تجدیدحیات طبیعی مورد بررسی قرار گرفته است، با توجه به تفاوتهای ذاتی تجدیدحیات طبیعی و نهال‌های کاشته شده، استفاده از نتایج این تحقیقات باید با احتیاط صورت‌پذیرد. بنابراین با عنایت به مطالب بیان شده و همچنین اهمیت تجدید حیات موفق گونه‌های درختی در توده‌های طبیعی، تحقیق حاضر در نظر دارد تا تاثیر ارتفاع از سطح دریای منطقه کاشت و موقعیت درونی روشنه‌های تاج پوشش (مرکز، شمال، جنوب) را بر رشد و زنده‌مانی نهال‌های کاشته شده در انتهای فصل رویش اول مورد بررسی قرار دهد و مناسب‌ترین ارتفاع از سطح دریا و همچنین بهترین موقعیت مکانی داخل روشنه را برای رشد و زنده‌مانی گونه‌های افرا پلت و زبان گنجشک مشخص و معرفی نماید.

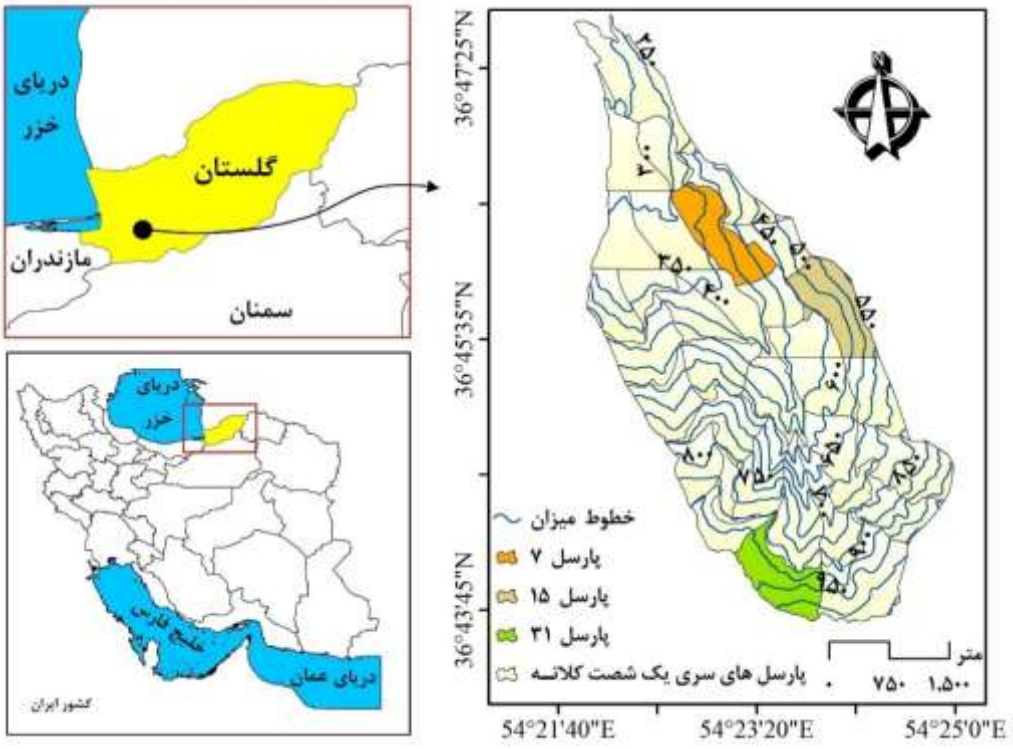
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در بخشی از شیب‌های شمالی سلسله جبال البرز و در ارتفاعات مختلف جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته استان گلستان (سری ۱ طرح جنگلداری دکتر بهرام نیا) انجام شد. این جنگل‌ها که در حوضه آبخیز شماره ۸۵ طرح جامع جنگل‌های شمال کشور بین ″۶ ′۴۸ °۳۶-″۲۷ ′۴۳ °۳۶ عرض جغرافیایی و ″۲۶ ′۲۱ °۵۴-″۵۷ ′۲۴ °۵۴ طول جغرافیایی قرار دارند، بخشی از حوزه استحفاظی اداره کل منابع طبیعی استان گلستان محسوب گردیده و در فاصله ۸ کیلومتری جنوب غربی گرگان قرار دارند. سری یک طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا از تعداد ۳۳ پارسل و در مجموع با مساحتی بیش از ۱۷۱۳/۳ هکتار تشکیل شده است (بی‌نام، ۱۳۸۷) که در این پژوهش، پارسل‌های ۷، ۱۵ و ۳۱ که به ترتیب در ارتفاعات پایینی، میانی و فوقانی این سری قرار دارند مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱ و شکل ۱).

جدول ۱- مشخصات کلی مناطق مورد بررسی در جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته گرگان

مشخصات کلی منطقه	پارسل ۷ (ارتفاع پایینی)	پارسل ۱۵ (ارتفاع میانی)	پارسل ۳۱ (ارتفاع بالایی)
سطح (هکتار)	۷۱/۹	۷۰/۷	۶۶/۰
میانگین ارتفاع از سطح دریا (متر)	۳۹۰	۵۶۰	۸۹۰
جهت کلی دامنه	جنوب غربی	جنوب غربی- غربی	شمالی- شمال شرقی
مناطق با شیب کمتر از ۳۰٪ (درصد)	۹۷/۱	۶۹/۷	۷۳/۹



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه در کشور ایران، استان گلستان و سری یک جنگل شصت کلاته گرگان

روش انجام پژوهش، طراحی آزمایش و اندازه‌گیری تیمارها

پس از جنگل گردشی در سری یک جنگل شصت کلاته گرگان، ۳ ناحیه با ارتفاع از سطح دریای متفاوت در طبقات ارتفاعی پایینی، متوسط و بالای جنگل مورد مطالعه انتخاب شد. پس از تعیین روشنه‌هایی با مساحت ۲۰۰ تا ۵۰۰ مترمربع، عملیات پاک‌تراشی درون روشنه‌ها انجام و پس از آماده‌سازی آنها، در اسفند ماه سال ۱۳۹۹، تعداد ۹۰ اصله نهال از گونه افرا پلت و ۹۰ اصله نهال یک‌ساله از گونه زبان‌گنجشک (جمعا ۱۸۰ نهال) تهیه و در قالب ۶ خط کاشت (هر گونه ۳ خط کاشت ۱۰ تایی) در مرکز و حواشی شمالی و جنوبی هر یک از روشنه‌های منتخب به صورت خطی و با فواصل ۲ متری کاشته شد. لازم به ذکر است که در هر روشنه جمعا ۶۰ اصله نهال از گونه‌های ذکر شده و به صورت آمیخته کاشته شد. طرح آزمایشی مورد استفاده در تحقیق حاضر شامل طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و ۳ تیمار، شامل سطوح کم، متوسط و زیاد ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. به‌منظور فراهم آوردن امکان بررسی دقیق تمامی نهال‌ها در طول اجرای پژوهش، تمامی نهال‌های کاشته شده در دو مرحله و با فواصل زمانی یک سال (زمستان سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) به‌صورت کامل آماربرداری شدند. طی این عملیات، تعداد نهال‌های خشک‌شده به‌منظور برآورد زنده‌مانی نهال‌ها، رشد ارتفاع، رشد قطری و ضریب قدکشیدگی نهال‌ها ثبت گردید. ارتفاع نهال‌ها در سال اول به وسیله خط‌کش فلزی و در سال دوم بوسیله متر نواری اندازه‌گیری شد. همچنین قطر ساقه نهال‌ها در ارتفاع ۱ سانتی‌متری سطح خاک، به‌وسیله کولیس دیجیتال تا دقت صدم میلی‌متر اندازه‌گیری گردید.

روش تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات

مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص‌های رشد و زنده‌مانی پس از پایان دوره رویش، پس از بررسی نرمال بودن باقیمانده‌های مدل و همگنی واریانس داده‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های Shapiro- wilk و Leven در سطح اعتماد ۹۵٪ از روش تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام پذیرفت. همچنین به منظور مقایسه میانگین‌های اثر ارتفاع از سطح دریا بر زنده‌مانی نهال‌ها، از آزمون SNK استفاده شد (مصداقی، ۱۳۷۷).

نتایج

زنده‌مانی

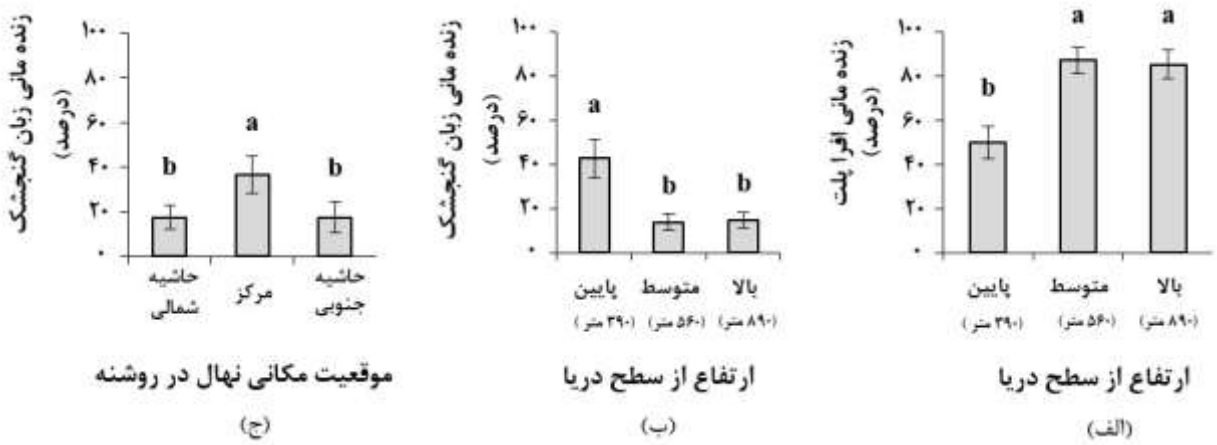
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌داد که زنده‌مانی نهال‌های افرا پلت در سال اول کاشت به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر ارتفاع از سطح دریای منطقه جنگل‌کاری قرار می‌گیرد (جدول ۲). به طوری‌که زنده‌مانی نهال‌های این گونه در ارتفاعات پایینی منطقه مورد بررسی با میانگین ۵۰ درصد، به‌طور معنی‌داری کم‌تر از مناطق مرتفع‌تر بوده است و در ارتفاعات میانی و فوقانی زنده‌مانی افرا پلت (به‌ترتیب با میانگین ۸۷/۰۴ و ۸۵/۱۹ درصد) تغییر معنی‌داری را نشان نداد (شکل۲- الف).

همان‌طوری که در شکل‌های ۲-الف و ۲-ب مشاهده می‌شود، به‌طورکلی میانگین نرخ زنده‌مانی نهال‌های گونه افرا پلت، بویژه در ارتفاعات میانی و فوقانی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با نهال‌های زبان گنجشک بسیار بیشتر بوده است. همچنین نتایج نشان داد زنده‌مانی نهال‌های زبان گنجشک در سال اول کاشت به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر ارتفاع از سطح دریای منطقه جنگل‌کاری و همچنین موقعیت کاشت در روشنه قرار گرفته است (جدول ۲). به طوری‌که برعکس آنچه در مورد افرا پلت مشاهده شد، زنده‌مانی نهال‌های زبان گنجشک در ارتفاعات پایینی با مقدار زنده‌مانی ۴۲/۵۹ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق مرتفع‌تر بوده است و در ارتفاعات میانی و فوقانی زنده‌مانی زبان گنجشک (به‌ترتیب با میانگین ۱۳/۸۹ و ۱۴/۸۱ درصد) تغییر معنی‌داری را نشان نداد (شکل۲-ب). علاوه بر این، نتایج نشان داد نهال‌های زبان گنجشک کاشته شده در مرکز روشنه‌های تاج پوشش به‌طور معنی‌داری زنده‌مانی بیشتری از موقعیت‌های کاشت جانبی (حاشیه شمالی و جنوبی) داشتند (جدول ۲، شکل ۲-ج).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر ارتفاع منطقه و موقعیت مکانی کاشت بر زنده‌مانی سال اول نهال‌های افرا پلت و زبان گنجشک

منابع تغییرات	افرا پلت			زبان گنجشک		
	MS	F	*p*	MS	F	*p*
ارتفاع منطقه (A)	۲۸۰۸/۶۴	۶/۳۴۹**	۰/۰۰۸	۱۳۹۴/۶۱	۹/۲۱۸*	۰/۰۲۰
موقعیت مکانی (L)	۱۲۳/۴۶	۰/۲۷۹ns	۰/۷۶۰	۱۰۲۸/۸۵	۳/۹۶۱*	۰/۰۳۸
اثر متقابل (A×L)	۳۳۹/۵۱	۰/۷۶۷ns	۰/۵۶۰	۳۰۳/۵۰	۱/۱۶۸ns	۰/۳۵۸
اشتباه آزمایشی	۴۴۲/۳۹	------		۲۵۹/۷۷	------	

علامت‌های ** و * معرف وجود اثر معنی‌دار به ترتیب در سطوح خطای ۱ و ۵ درصد و ns فقدان اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهند



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های مربوط به درصد زنده‌مانی افرا پلت در رابطه با ارتفاع از سطح دریا (الف)، درصد زنده‌مانی زبان‌گنجشک در رابطه با ارتفاع از سطح دریا (ب) و درصد زنده‌مانی زبان‌گنجشک در موقعیت‌های مکانی در روشنه

رشد ارتفاعی نهال‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌داد که در سطح اعتماد ۹۵ درصد ارتفاع اولیه نهال‌های دو گونه کاشته شده در منطقه تفاوت معنی‌داری در تیمارهای مختلف نداشته است (جدول ۳). بنابراین رشد ارتفاعی نهال‌ها می‌تواند به‌صورت مستقل از این عامل و به صورت دقیق مورد مقایسه قرار گیرد. همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس رشد ارتفاعی نهال‌های افرا پلت در سال اول کاشت به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر ارتفاع از سطح دریای منطقه قرار می‌گیرد (جدول ۴). به طوری‌که در ارتفاعات بالایی منطقه مورد بررسی رشد ارتفاعی نهال‌های افراپلت با میانگین ۱۳/۸۳ سانتی‌متر، به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق با ارتفاع متوسط بوده است و در ارتفاعات ارتفاعات میانی و پایینی رشد ارتفاعی نهال‌های این گونه (به‌ترتیب با میانگین ۹/۱۶ و ۹/۹۳ سانتی‌متر) تغییر معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۳). علاوه بر این نتایج نشان داد برعکس آنچه در مورد رشد ارتفاعی گونه افرا پلت مشاهده گردید، ارتفاع از سطح دریای منطقه کاشت تاثیر معنی‌داری بر رشد ارتفاعی گونه زبان گنجشک نداشته است. همچنین موقعیت مکانی کاشت و اثر متقابل این عامل با ارتفاع از سطح دریای منطقه کاشت تاثیر معنی‌داری بر رشد ارتفاعی هیچکدام از نهال‌های گونه‌های مورد بررسی نداشته است (جدول ۴).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر ارتفاع منطقه و موقعیت مکانی کاشت بر ارتفاع اولیه نهال‌های افرا پلت و زبان گنجشک

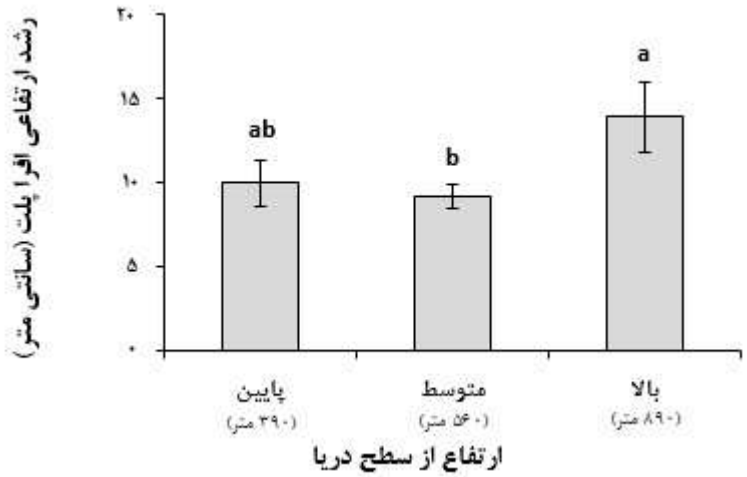
منابع تغییرات	افرا پلت			زبان گنجشک		
	MS	F	*p*	MS	F	*p*
ارتفاع منطقه (A)	۲۲/۵۸۷	۰/۶۱۲^{ns}	۰/۵۵۳	۲۹۳/۱۹۱	۰/۶۵۰^{ns}	۰/۵۳۹
موقعیت مکانی (L)	۲۹/۳۰۷	۰/۷۹۴^{ns}	۰/۴۶۷	۲۵۹/۸۰۲	۰/۵۷۶^{ns}	۰/۵۷۷
اثر متقابل (A×L)	۳۷/۴۶۱	۱/۰۱۵^{ns}	۰/۴۲۶	۱۴۶۴/۴۰۲	۳/۲۴۸^{ns}	۰/۰۵۱
اشتباه آزمایشی	۳۶/۹۱۵	------		۴۵۰/۵۸۳	------	

ns فقدان اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر ارتفاع منطقه و موقعیت مکانی کاشت بر رشد ارتفاعی نهال‌های افرا پلت و زبان گنجشک

منابع تغییرات	افرا پلت			زبان گنجشک		
	MS	F	*p*	MS	F	*p*
ارتفاع منطقه (A)	۵۶/۴۱۶	۳/۵۹۹*	۰/۰۴۸	۱۱۹۷/۲۷	۱/۹۹۰ns	۰/۱۷۹
موقعیت مکانی (L)	۱۱/۹۷۷	۰/۷۶۴ns	۰/۴۸۰	۴۷۹/۶۴	۰/۷۹۷ns	۰/۴۷۳
اثر متقابل (A×L)	۴۱/۰۷۱	۲/۶۲۰ns	۰/۰۶۹	۶۰۱/۵۸	۰/۸۱۸ns	۰/۵۳۸
اشتباه آزمایشی	۱۵/۶۷۸	------		۴۵۰/۵۸۳	------	

علامت * معرف وجود اثر معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد و ns فقدان اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد



شکل ۳- تأثیر ارتفاع از سطح دریای منطقه کاشت بر رشد ارتفاعی نهال‌های افراپلت در سال اول کاشت

رشد قطری نهال‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌داد که در سطح اعتماد ۹۵ درصد قطر اولیه نهال‌های دو گونه کاشته شده در منطقه تفاوت معنی‌داری در تیمارهای مختلف نداشته است (جدول ۵). بنابراین رشد قطری نهال‌ها می‌تواند به‌صورت مستقل از این عامل و به صورت دقیق مورد مقایسه قرار گیرد. همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس رشد قطری نهال‌های افرا پلت و زبان گنجشک در سال اول کاشت در سطح اعتماد ۹۵ درصد تحت تاثیر ارتفاع از سطح دریای منطقه کاشت و همچنین موقعیت مکانی کاشت و اثر متقابل این دو عامل قرار نگرفته است (جدول ۶).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر ارتفاع منطقه و موقعیت مکانی کاشت بر قطر اولیه نهال‌های افرا پلت و زبان گنجشک

منابع تغییرات	افرا پلت			زبان گنجشک		
	MS	F	*p*	MS	F	*p*
ارتفاع منطقه (A)	۰/۳۱۰	۱/۲۵۷^{ns}	۰/۳۱۳	۲/۶۸۷	۰/۵۹۶^{ns}	۰/۵۶۹
موقعیت مکانی (L)	۰/۱۹۹	۰/۸۰۶^{ns}	۰/۴۶۵	۱/۴۵۴	۰/۳۲۳^{ns}	۰/۷۳۲
اثر متقابل (A×L)	۰/۱۹۲	۰/۷۷۷^{ns}	۰/۵۵۷	۴/۵۰۸	۲/۴۱۴^{ns}	۰/۱۱۸
اشتباه آزمایشی	۰/۲۴۷	------		۴۵۰/۵۸۳	------	

ns فقدان اثر معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد را نشان می‌دهد

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر ارتفاع منطقه و موقعیت مکانی کاشت بر رشد قطری نهال‌های افرا پلت و زبان گنجشک

منابع تغییرات	افرا پلت			زبان گنجشک		
	MS	F	*p*	MS	F	*p*
ارتفاع منطقه (A)	۰/۰۳۸	۰/۰۷۱^{ns}	۰/۹۳۱	۵/۶۷۰	۰/۸۰۷^{ns}	۰/۴۷۳
موقعیت مکانی (L)	۰/۲۳۳	۰/۴۳۴^{ns}	۰/۶۵۶	۱/۲۴۰	۰/۱۷۶^{ns}	۰/۸۴۱
اثر متقابل (A×L)	۰/۲۸۷	۰/۵۳۵^{ns}	۰/۷۱۲	۱۲/۹۹۹	۱/۸۴۹^{ns}	۰/۱۹۶
اشتباه آزمایشی	۰/۵۳۶	------		۷/۰۲۹	------	

علامت * معرف وجود اثر معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد و ns فقدان اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد

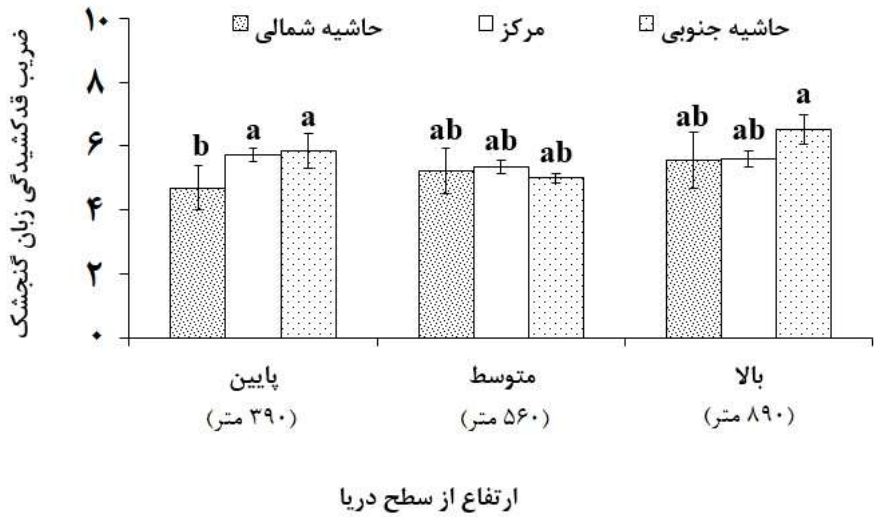
ضریب قدکشیدگی نهال‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌داد که در سطح اعتماد ۹۵ درصد ضریب قدکشیدگی نهال‌های افرا پلت و زبان گنجشک در سال اول کاشت تحت تاثیر ارتفاع از سطح دریای منطقه کاشت و همچنین موقعیت مکانی کاشت و اثر متقابل این دو عامل قرار نگرفته است (جدول ۷). در گونه زبان گنجشک نیز اثرات اصلی ارتفاع از سطح دریا و موقعیت مکانی کاشت بر ضریب قدکشیدگی نهال‌ها غیر معنی‌دار گزارش گردید، اما نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل معنی‌داری بین این دو عامل وجود دارد (جدول ۳-۶). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین ضریب قدکشیدگی نهال‌ها اثر موقعیت مکانی کاشت بر ضریب قدکشیدگی نهال‌ها تا حدودی به ارتفاع از سطح دریای منطقه کاشت بستگی دارد. به طوری‌که در ارتفاعات پایینی منطقه بالاترین ضریب قدکشیدگی نهال‌های زبان گنجشک در مرکز و حاشیه شمالی روشنه (به‌ترتیب با مقادیر ۵/۷۳ و ۵/۸۴) ثبت گردید، اما در ارتفاعات فوقانی منطقه کاشت و در حاشیه شمالی روشنه بالاترین مقدار ضریب قدکشیدگی نهال-ها مشاهد شد (شکل ۴).

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثر ارتفاع منطقه و موقعیت مکانی کاشت بر ضریب قدکشیدگی نهال‌های افرا پلت و زبان گنجشک در سال اول کاشت

منابع تغییرات	افرا پلت			زبان گنجشک		
	MS	F	*p*	MS	F	*p*
ارتفاع منطقه (A)	۱/۱۳۶	۱/۴۲۰^{ns}	۰/۲۶۷	۰/۱۲۵	۰/۱۲۰^{ns}	۰/۸۸۸
موقعیت مکانی (L)	۰/۹۰۹	۱/۱۳۶^{ns}	۰/۳۴۳	۲/۸۶۶	۲/۷۴۹^{ns}	۰/۱۰۴
اثر متقابل (A×L)	۰/۶۳۵	۰/۷۹۴^{ns}	۰/۵۴۴	۳/۸۸۷	۳/۷۲۹*	۰/۰۳۴
اشتباه آزمایشی	۰/۸۰۰			۱/۰۴۲		

ns فقدان اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد



شکل ۴- تأثیر ارتفاع از سطح دریای منطقه کاشت بر ضریب قدکشیدگی نهال‌های زبان گنجشک در سال اول کاشت

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد یکسال پس از کاشت، به‌طور متوسط نیمی از نهال‌های افرا پلت کاشته شده در ارتفاعات پایینی منطقه مورد بررسی از بین رفتند و این سبب شد نرخ زنده‌مانی نهال‌ها در این منطقه به‌طور معنی‌داری کمتر از مناطق مرتفع‌تر ثبت گردد. اما در ارتفاعات میانی و فوقانی زنده‌مانی این گونه در حد قابل قبولی (به‌ترتیب با میانگین ۸۷/۰۴ و ۸۵/۱۹ درصد) گزارش گردید.

این یافته از یکسو می‌تواند به‌دلیل دمای بالاتر و رطوبت کم‌تر خاک در ارتفاعات تحتانی منطقه مورد مطالعه و از سوی دیگر به‌دلیل تراکم بیشتر پوشش علفی کف جنگل در ارتفاعات پایینی بوجود آمده باشد. تحقیقات نشان داده است علف‌های هرز از یکسو با افزایش رقابت و از سوی دیگر با فراهم نمودن آشیان اکولوژیک برای جوندگان و حشرات موجب صدمه دیدن نهال درختان جنگلی و در نهایت کاهش نرخ زنده‌مانی نهال‌های کاشته شده می‌شوند (Gemmel et al., 1996؛ صلاحی، ۱۳۹۳). علاوه بر این نتایج نشان داد میانگین نرخ زنده‌مانی نهال‌های گونه افرا پلت، بویژه در ارتفاعات میانی و فوقانی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با نهال‌های زبان گنجشک بسیار بیشتر بوده است. همچنین با توجه به اینکه در ارتفاعات بالایی منطقه

مورد بررسی رشد ارتفاعی نهال‌های افراپلت به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق با ارتفاع متوسط بوده است، بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که جهت افزایش عملکرد جنگل‌کاری، کاشت گونه افرا پلت به‌عنوان گونه پیشگام بویژه در ارتفاعات میانی و فوقانی جنگل شصت کلاته از اولویت برخوردار است. نتایج نشان داد با اینکه نهال‌های زبان‌گنجشک در ارتفاعات فوقانی و میانی منطقه مورد مطالعه عملکرد مناسبی نشان ندادند (به‌ترتیب با میانگین ۱۳/۸۹ و ۱۴/۸۱ درصد)، در ارتفاعات پایینی زنده‌مانی نهال‌های زبان گنجشک با مقدار ۴۲/۵۹ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق مرتفع‌تر بوده است. این یافته از یکسو می‌تواند به‌دلیل مقاومت قابل قبول نهال‌های زبان‌گنجشک در برابر خشکی، گرما و پوشش علفی بیشتر ارتفاعات پایینی بوجود آمده باشد و از سوی دیگر به‌دلیل حضور دشمنان طبیعی این گونه، بویژه علفخورانی مانند مرال (*Cervus elaphus*) و شوکا (*Carpreolus carpreolus*) در ارتفاعات میانی و فوقانی باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده، با اینکه صفات رویشی و زنده‌مانی نهال‌های افرا پلت به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر موقعیت مکانی کاشت نهال قرار نگرفت، در برخی موارد پاسخ نهال‌های زبان‌گنجشک به این عامل معنی‌دار و قابل توجه بوده است. به طوری‌که نهال‌های زبان‌گنجشک کاشته شده در مرکز روشنه به‌طور معنی‌داری زنده‌مانی بیشتر از موقعیت‌های کاشت جانبی (حاشیه شمالی و جنوبی) داشته‌اند. همچنین در ارتفاعات پایینی منطقه، بیشترین ضریب قدکشیدگی نهال‌های این گونه در مرکز و حاشیه شمالی روشنه (به‌ترتیب با مقادیر ۵/۷۳ و ۵/۸۴) ثبت گردید، اما در ارتفاعات فوقانی منطقه کاشت و در حاشیه شمالی روشنه بیشترین ضریب قدکشیدگی نهال‌ها مشاهد شد. با توجه به نورپسندی نهال‌های زبان‌گنجشک (Jaloviar et al., 2020)، چنین یافته‌ای از یکسو می‌تواند به‌دلیل تاثیر موقعیت مکانی بر میزان دریافت نور در موقعیت‌های مکانی مرکزی و شمالی باشد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۶؛ موسوی، ۱۳۹۴) و از سوی دیگر به‌دلیل وجود رقابت علفی شدیدتر در موقعیت‌های یادشده و در نتیجه میل به رویش ارتفاعی بیشتر نهال‌های زبان گنجشک جهت فرار از این رقابت بوجود آمده باشد. در این رابطه Lu et al. (2018) اظهار داشتند چنین اثراتی با توجه به تیپ پوشش جنگلی و همچنین نوع پوشش علفی مستقر در منطقه می‌تواند متفاوت باشد. بنابراین تبیین دلایل بوجود آمدن چنین پاسخی به تحقیق بیشتر در منطقه مورد مطالعه نیازمند است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد در ارتفاعات میانی و فوقانی منطقه مورد مطالعه زنده‌مانی نهال‌های افرا پلت در حد قابل قبولی (به‌ترتیب با میانگین ۸۷/۰۴ و ۸۵/۱۹ درصد) قرار دارد. اما در ارتفاعات پایینی منطقه، نرخ زنده‌مانی نهال‌ها به‌طور معنی‌داری کمتر از مناطق مرتفع‌تر ثبت گردید. البته میانگین نرخ زنده‌مانی نهال‌های گونه افرا پلت، بویژه در ارتفاعات میانی و فوقانی منطقه مورد مطالعه در مقایسه با نهال‌های زبان گنجشک بسیار بیشتر بوده است. همچنین نتایج نشان داد در ارتفاعات بالایی منطقه مورد بررسی رشد ارتفاعی نهال‌های افراپلت به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق با ارتفاع متوسط بوده است. با اینکه نهال‌های زبان‌گنجشک در ارتفاعات فوقانی و میانی منطقه مورد مطالعه عملکرد مناسبی نشان ندادند (به‌ترتیب با میانگین ۱۳/۸۹ و ۱۴/۸۱ درصد)، در ارتفاعات پایینی زنده‌مانی نهال‌های زبان گنجشک با مقدار ۴۲/۵۹ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق مرتفع‌تر بوده است. همچنین با اینکه صفات رویشی و زنده‌مانی نهال‌های افرا پلت به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر موقعیت مکانی کاشت نهال قرار نگرفت، در برخی موارد پاسخ نهال‌های زبان‌گنجشک به این عامل معنی‌دار و قابل توجه بوده است. نهال‌های زبان‌گنجشک کاشته شده در مرکز روشنه به‌طور معنی‌داری زنده‌مانی بیشتری از موقعیت‌های کاشت جانبی (حاشیه شمالی و جنوبی) داشتند. همچنین در ارتفاعات پایینی منطقه، بیشترین

ضریب قدکشیدگی نهال‌های این گونه در مرکز و حاشیه شمالی روشنه (به‌ترتیب با مقادیر ۵/۷۳ و ۵/۸۴) ثبت گردید، اما در ارتفاعات فوقانی منطقه کاشت و در حاشیه شمالی روشنه بیشترین ضریب قدکشیدگی نهال‌ها مشاهد شد.

منابع

بی‌نام، (۱۳۸۷). کتابچه طرح‌جنگلداری دکتربهرام نیا (شصت‌کلاته) تجدیدنظر سوم سری یک (دهساله ۱۳۹۶-۱۳۸۷). سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، اداره‌کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان‌گلستان، اداره فنی، ۲۵۲ صفحه.

پاونددرو، ع. صالحی، ع. پوربابایی، ح. علوی، س.، ج. (۱۳۹۳). رابطه بین استقرار و پراکنش گونه پلت (*Acer velutinum Boiss*) با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عوامل توپوگرافی در جنگل‌های شمال (مطالعه موردی: حوزه ناو اسالم/استان گیلان)، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۷(۴): ۵۳۳-۵۲۰.

شاهینی، ی. ثاقب‌طالبی، خ. حیدری، ح.، ا. پرهیزکار، پ. آزادفر، د. (۱۳۹۳). تأثیر شدت نور نسبی و موقعیت مکانی روشنه بر ویژگیهای کمی و کیفی تجدید حیات طبیعی بلندمازو در جنگل لوه – استان گلستان. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۱ (۱): ۶۴-۴۵.

صلاحی، م. (۱۳۹۳). اثرات کیفیت نهال و مالچ پلاستیکی بر رشد و زنده‌مانی جنگل‌کاری بلندمازو در جنگل شصت‌کلاته استان گلستان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۳۰ صفحه.

عبداللهی، ا.، علی‌عرب، ع.، پرهیزکار، پ. و محمدعلی‌پور ملکشاه، ع. (۱۳۹۶). اثر اندازه و موقعیت‌های داخلی روشنه تاج بر رشد و زنده‌مانی نهال‌های بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، شیردار (*Acer cappadocicum*) و توسکا ییلاقی (*Alnus subcordata*). مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۲۵ (۲): ۲۷۵-۲۸۵.

غیاث‌الدین، ح. جمشیدی‌باختر، ع. پورمجیدیان، م.، ر. طبری‌کوچسرایی، م. عامی، ش. اسپهبدی، ک. (۱۳۹۵). استقرار و زنده‌مانی نهال جنگلی و نهال نهالستانی راش شرقی (*Fagus orientalis Lipsky*) در مساحت‌های مختلف روشنه، فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۷(۱):۱۷-۹.

محمدنژاد کیاسری، ش. رحمانی، ر. (۱۳۸۰). اثر خشکه دار بر فراوانی زادآوری طبیعی در جنگل آمیخته راش-ممرز (جمال‌الدین کلای مازندران). مجله منابع طبیعی ایران، (۵۴): ۱۵۲-۱۴۳.

مصداقی، م. (۱۳۷۷). روشهای آماری و تحقیقات علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۸۸ صفحه.

موسوی، ح. (۱۳۹۴). اثر اندازه روشنه، موقعیت مکانی و شدت نور نسبی بر رشد و زنده‌مانی نهالهای افراپلت و ون در نخستین سال کاشت در جنگل شصت کلاته گرگان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۸۱ صفحه.

میردارهریجانی، م. پورمجیدیان، م.، ر. (۱۳۹۵). تاثیر اندازه سطح روشنه‌های تاج‌پوشش بر استقرار و زنده‌مانی زادآوری طبیعی جنگل(مطالعه موردی: پارسل ۱۸ طرح جنگلداری سری جمند). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(۳): ۲۰۰-۱۸۹.

نصیری، ن. مروی‌مهاجر، م.،ر. اعتماد، و. سفیدی، ک. (۱۳۹۴). ویژگی‌های کمی تجدیدحیات راش شرقی در داخل روشنه و زیر پناه پوشش‌تاجی (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود نوشهر). فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۳(۱): ۱۳-۲۴.

Collins, B. S., and Battaglia, L. L., (2002). Microenvironmental heterogeneity and *Quercus michauxii* regeneration in experimental gaps. Forest Ecology and Management, 155(1-3), 279-290.

Fredericksen, T. S., and Mostacedo, B., (2000). Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. Forest Ecology and Management, 131(1-3), 47-55.

Gemmel, P., Nilsson, U., and Welander, T., (1996). Development of oak and beech seedlings planted under varying shelterwood densities and with different site preparation methods in southern Sweden. New forests, 12, 141-161.

De Groot, M. and Vrezec, A., (2019). Contrasting effects of altitude on species groups with different traits in a non-fragmented montane temperate forest. Nature Conservation, 37, pp.99-121.

Hale, S. E. (2001). Light regime beneath Sitka spruce plantations in northern Britain: preliminary results. Forest Ecology and Management, 151(1-3), 61-66.

Hobbie, S.E., Reich, P.B., Oleksyn, J., Ogdahl, M., Zytkowiak, R., Hale, C. and Karolewski, P., (2006). Tree species effects on decomposition and forest floor dynamics in a common garden. Ecology, 87(9), pp.2288-2297.

Jaloviar, P., Sedmáková, D., Pittner, J., Jarčušková Danková, L., Kucbel, S., Sedmák, R., and Saniga, M. (2020). Gap structure and regeneration in the mixed old-growth forests of National Nature Reserve Sitno, Slovakia. Forests, 11(1): 81.

Joly, F.X., Milcu, A., Scherer-Lorenzen, M., Jean, L.K., Bussotti, F., Dawud, S.M., Müller, S., Pollastrini, M., Raulund-Rasmussen, K., Vesterdal, L. and Hättenschwiler, S., (2017). Tree species diversity affects decomposition through modified micro-environmental conditions across European forests. New Phytologist, 214(3), pp.1281-1293.

Lin, F., Comita, L.S., Wang, X., Bai, X., Yuan, Z., Xing, D. and Hao, Z., (2014). The contribution of understory light availability and biotic neighborhood to seedling survival in secondary versus old-growth temperate forest. Plant Ecology, 215, pp.795-807.

Lu, D., Wang, G. G., Yu, L., Zhang, T., and Zhu, J. (2018). Seedling survival within forest gaps: the effects of gap size, within-gap position and forest type on species of contrasting shade-tolerance in Northeast China. Forestry: An International Journal of Forest Research, 91(4):470-479.

Marcora, P.I., Renison, D., País-Bosch, A.I., Cabido, M.R. and Tecco, P.A., (2013). The effect of altitude and grazing on seedling establishment of woody species in central Argentina. Forest Ecology and Management, 291, pp.300-307.

Nagel, T. A., Svoboda, M., and Diaci, J. (2006). Regeneration patterns after intermediate wind disturbance in an old-growth Fagus–Abies forest in southeastern Slovenia. Forest Ecology and management, 226(1-3): 268-278.

Paluch, J. G. (2005). The influence of the spatial pattern of trees on forest floor vegetation and silver fir (*Abies alba* Mill.) regeneration in uneven-aged forests. Forest Ecology and Management, 205(1-3), 283-298.

Sagheb-Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., (2014). Forests of Iran, A Treasure from the Past, a Hope for the Future. Springer Netherlands, No. 15325.

Shen, C., and Nelson, A. S. (2018). Natural conifer regeneration patterns in temperate forests across the Inland Northwest, USA. Annals of Forest Science, 75(2): 1-16.

Tabari, M., lust, N., Neirynek, J. (1998). Effect of light and humus on survival and height growth of ash (*Fraxinum excelsior* L.) seedlings. Silva Gandavensis. 63:36-54.

Watt, A. S. (1947). Pattern and process in the plant community. Journal of ecology, 35(1/2), 1-22.

Investigation on variation of growth and survival of *Acer velutinum* and *Fraxinus excelsior* seedlings in elevation gradient of Gorgan-Shastkalateh forest after the first growing season

A. Aliarab[1*], M.H. Naseri[2] and A.A. Mohammad-Alipour Malekshah[3]

1- Associate Prof., Department of silviculture and forest ecology, Faculty of forest sciences, University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran.
2- Ph.D. student of forestry, Faculty of forest sciences, University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran.
3- Ph.D. of forestry, Faculty of forest sciences, University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran.

Abstract

In the present study, growth and survival of seedlings of two pioneer and industrially valuable forest trees in northern Iran, including Persian maple and common ash, were investigated in the altitude gradient of the educational and research forest of ShastKalateh of Golestan province. For this purpose, 3 districts with different altitudes (390, 560 and 890 meter a.s.l.) were selected and three small to medium size canopy gaps (with maximum area 650 m^2) were specified. After weeding practice in each of the canopy gaps, an equal number (18) of each of the species Persian maple and common ash with distances of 2 x 2 meters in 3 locations inside the selected clearings (center and 2 edges in north and south parts) were planted, and after one year of caring, the survival and growth of the seedlings were examined at the end of the first growing season. The results showed that in general, in the middle and upper altitudes of the study area, the saplings of the Persian maple species had a good survival rate (with an average of 87.04 and 85.19% respectively) and with the decrease in height above the sea level of the region, the survival rate and height growth of seedlings of this species decreased. Also, the results showed that the average survival rate of Persian maple seedlings, especially in the middle and upper altitudes of the study area, was much higher compared to ash seedlings. However, the decrease in altitude from the sea level increased the survival rate of ash seedlings. The results showed that in the lower altitudes, the survival rate of ash seedlings was significantly higher than the higher areas with a value of 42.59%. In addition, the results showed that the location of seedling planting did not have a significant effect on the growth characteristics and survival of Persian maple seedlings, but it affected the survival and stem slenderness coefficient of ash seedlings. So, in many cases, the central location of the clearings is preferred for planting ash seedlings.

Keywords: Site elevation, Reforestation, Within-gap position, Persian maple, Common ash.

*Corresponding author Tel: +98 9112781470 Email: aliarab@gau.ac.ir

تأثیر محلول‌پاشی با *Bacillus thuringiensis* بر جمعیت لاروهای پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L.) در جنگل‌های بلوط منطقه قبرحسین (پیرانشهر)

بهزاد غزنوی[۱]، محمدرضا زرگران[۲*]، سید رستم موسوی میرکلا[۳] و هادی بیگی حیدرلو[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

پروانه جوانه‌خوار یکی از آفات مهم در جنگل‌های شمال‌غرب ایران به‌ویژه شهرستان پیرانشهر می‌باشد که نقش مهمی در تخریب جنگل‌های بلوط این منطقه دارد. در پژوهش حاضر تأثیر محلول‌پاشی با استفاده از باکتری *Bacillus thuringiensis* بر جمعیت لاروهای این آفت بر روی دو گونه بلوط دارمازو (*Quercus infectoria*) و وی‌ول (*Q. libani*) در جهت‌های شمالی و جنوبی در منطقه قبرحسین (شهرستان پیرانشهر) مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از سه ترانسکت به طول ۲۹۰ متر به‌صورت تصادفی- سیستماتیک به موازات هم و با فاصله ۳۰۰ متر از همدیگر استفاده شد. در هر ترانسکت تعداد ۳۰ قطعه‌نمونه (درخت) (در مجموع ۹۰ قطعه‌نمونه) و با فاصله ۱۰ متری نمونه‌برداری و تعداد لاروهای جوانه‌خوار بلوط قبل و بعد از محلول‌پاشی مورد شمارش قرار گرفتند. از آزمون لون (Leven) برای بررسی همگنی واریانس‌ها و از آزمون t وابسته به‌منظور بررسی تفاوت بین میانگین تعداد لاروهای آفت قبل و بعد از محلول‌پاشی با BT استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین تعداد لاروهای پروانه جوانه‌خوار بلوط قبل و بعد از محلول‌پاشی در سطح ۱ درصد با یکدیگر از اختلاف معنی‌داری برخوردار بوده، به‌طوری‌که میانگین تعداد لاروها از ۵۳ عدد قبل از محلول‌پاشی با باکتری به ۱۹ عدد پس محلول‌پاشی کاهش یافته بود. مقایسه تعداد لاروهای فعال در گونه‌های دارمازو و وی‌ول و در جهت‌های شمالی و جنوبی نیز حاکی از آن بود که میانگین تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است، چنان‌که جهت جنوبی با ۱۲ عدد کاهش لارو نسبت به دامنه شمالی از بیشترین تأثیر محلول‌پاشی برخوردار بوده است. این نتایج می‌تواند به راه‌کاری برای مدیریت آفات و حفاظت از جنگل‌های بلوط کمک کند.

واژگان کلیدی: جنگل، بلوط، دارمازو، زاگرس، آفت.

مقدمه

مساحت جنگل‌های ایران حدود ۱۲/۴ میلیون هکتار است که در حدود ۷/۴۰ درصد از مساحت کل کشور را در برگرفته است (سیفی و همکاران، ۱۴۰۲). جنگل‌های زاگرس در دامنه‌های رشته‌کوه زاگرس در غرب ایران با قدمتی ۵۵۰۰ ساله از منابع

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۴۸۶۲۲۱۰ ایمیل: m.zargaran@urmia.ac.ir

مهم زیستی ایران و دومین بوم‌سازگان بزرگ جنگلی ایران به‌شمار می‌روند (Ghanbari Motlagh et al., 2020; Moradi et al., 2023). این جنگل‌ها با وسعتی بیش از سه میلیون هکتار در اقلیم نیمه‌خشک واقع شده (Beygi Heidarlou et al., 2024) و بیش از ۷۰ درصد آن از گونه‌های مختلف بلوط تشکیل شده است (Haghighiana et al., 2020). در دهه‌های اخیر این جنگل‌ها در معرض تهدیدات متعددی قرار دارند که از جمله آنها می‌توان به تغییر کاربری اراضی، قطع درختان، چرای دام، آتش‌سوزی عمدی و غیرعمدی، تغییرات اقلیمی و طغیان آفات و بیماری‌ها اشاره کرد (Akhavan et al., 2018).

سالانه آفات با تأثیر منفی بر محصولات کشاورزی و زیرساخت‌ها و کمک به شیوع بیماری‌ها، میلیاردها دلار زیان مالی در سطح جهان به بار می‌آورند (Crimmins et al., 2020). در میان آفات درختان جنگلی، پروانه‌ها فراوان‌ترین و مضرترین حشرات برگ‌خوار هستند (Tiberi et al., 2016). پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L.) از جمله آفات مهم جنگل‌های بلوط در برخی از کشورهای اروپائی، شمال غرب آفریقا و همچنین ایران و عراق است (Schroder and Degen, 2008). میزبان این آفت در جنگل‌های ایران، دارمازو (*Quercus infectoria*) و برودار (*Q. brantii*) است (Gieger and Thomas, 2002). بلوط یکی از مهم‌ترین گونه‌های درختان است که به‌دلیل گرم شدن تدریجی زمین به‌طور فزاینده‌ای در معرض عوامل تنش زیستی و غیرزیستی قرار می‌گیرد و علاوه بر خشکسالی و گرما، حشرات گیاه‌خوار گرمادوست نیز چالشی برای درختان بلوط هستند (Orgel et al., 2021). این آفت در ایران در جنگل‌های بلوط زاگرس، به‌ویژه در استان‌های کهگیلویه و بویر احمد، لرستان، چهارمحال و بختیاری، فارس و آذربایجان‌غربی پراکنده است (زرگران و همکاران، ۱۳۸۶).

جنگل‌های زاگرس شمالی واقع در استان آذربایجان غربی در شهرستان پیرانشهر از منطقه قبرحسین در ۳۰ کیلومتری جاده پیرانشهر به سردشت آغاز شده و تا شهرستان سردشت ادامه می‌یابد (زرگران، ۱۳۸۶). مساحت این جنگل‌های انبوه و تنک به‌ترتیب از ۷۱۷۶ هکتار و ۶۸۹۲۷ هکتار در سال ۱۹۵۵ به ۵۶۶۴ هکتار و ۵۹۲۲۳ هکتار در سال ۲۰۲۲ کاهش یافته است (Beygi Heidarlou et al., 2024). در اوایل بهار لاروهای جوانه‌خوار بلوط بر روی جوانه‌ها و سپس از گل‌ها و برگ‌های درختان بلوط تغذیه کرده و در نهایت سبب بی‌برگ شدن درختان بلوط در اوایل فصل رویش می‌شوند. این موضوع موجب تضعیف درختان شده و شرایط را برای حمله آفات و بیماری‌های ثانویه فراهم می‌نماید (زرگران، ۱۳۸۶). از بین رفتن برگ‌های درخت در فصل رویش سبب می‌شود تا درخت ابزار و وسیله تولید را از دست داده، مقدار فتوسنتز کاهش یافته و در نتیجه از مقدار رویش قطری و ارتفاعی آن کاسته شود، ادامه این وضعیت در چند سال متوالی می‌تواند به کاهش تولید چوب منتهی شده و جنگل را به‌سمت نابودی سوق دهد (بانج شفیعی و همکاران، ۱۳۹۰).

مرور منابع مطالعاتی داخلی و خارجی در مورد پروانه جوانه‌خوار نشان داد که بسیاری از پژوهش‌ها در داخل و خارج از ایران بر شناسایی و بررسی سیکل زندگی و تغییرات جمعیتی آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط متمرکز شده است. چنان‌که زرگران و همکاران (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) به‌ترتیب با انجام پژوهش‌هایی بر روی تغییرات جمعیتی پروانه جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های منطقه قبرحسین-پیرانشهر و جنگل‌های پیرانشهر نشان دادند که بین میانگین مقدار لارو جوانه‌خوار بلوط در جهت‌های مختلف جغرافیایی اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری که یافته‌های محققان مذکور حاکی از آن بود که در جنگل‌های پیرانشهر در سال ۱۳۹۴ بیش‌ترین و کمترین مقدار فراوانی لاروها به‌ترتیب در جهت‌های جغرافیایی جنوبی و شمالی می‌باشد. Bendixsen et al. (2015) نیز در پژوهشی با بررسی پدیده زوال در جنگل‌های بلوط در منطقه‌ای در جنوب مرکزی ایلات متحده نشان دادند که در مناطقی که درختان نزدیک به آب و ارتفاع پایین، رو به جهت دامنه شمال شرقی، شرق و جنوب شرقی هستند، زوال درختان بلوط تسریع می‌شود. در برخی پژوهش‌های بسیار معدود نیز همچون Mannai et al. (2021) تأثیر اسانس حشره‌کش بر روی لاروهای پروانه جوانه‌خوار مورد بررسی قرار گرفته است. چنانکه محققان مذکور در

پژوهشی در جنگل‌های بلوط در شمال غربی تونس با بررسی تأثیر کاربرد اسانس درختان *Cupressus arizonica* و *C. sempervirens* به‌عنوان حشره‌کش بر روی لاروهای پروانه جوانه‌خوار بلوط نشان دادند که اسانس *C. arizonica* مؤثرتر از *C. sempervirens* است.

با این وجود در منابع داخلی و خارجی پژوهشی که تأثیر محلول‌پاشی بر روی تعداد جمعیت پروانه جوانه‌خوار در جهت‌های مختلف دامنه و گونه‌های درختی متفاوت را مورد بررسی قرار دهد، یافت نشد. با توجه این‌که انجام تحقیق و پژوهش در مورد راه‌کارها و روش‌های مبارزه با آفات و کارآمدی این روش‌ها گام اول در کنترل جمعیتی این آفات و حفاظت از منابع جنگلی است. به‌همین سبب هدف اصلی از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر محلول‌پاشی بروی جمعیت جوانه‌خوار بلوط در گونه‌های درختی و جهت‌های مختلف دامنه جغرافیایی در جنگل‌های منطقه قبرحسین در پیرانشهر استان آذربایجان غربی است. با استفاده از نتایج این تحقیق مشخص خواهد شد که این محلول‌پاشی برای مبارزه با آفت در کدام جهت جغرافیایی از تأثیر بیش‌تری برخوردار بوده تا بتوان با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده، به منطقه کم تأثیر ناشی از محلول‌پاشی، دسترسی پیدا کرد و برای مبارزه بهتر با آن برنامه‌ریزی دقیق‌تری انجام داد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

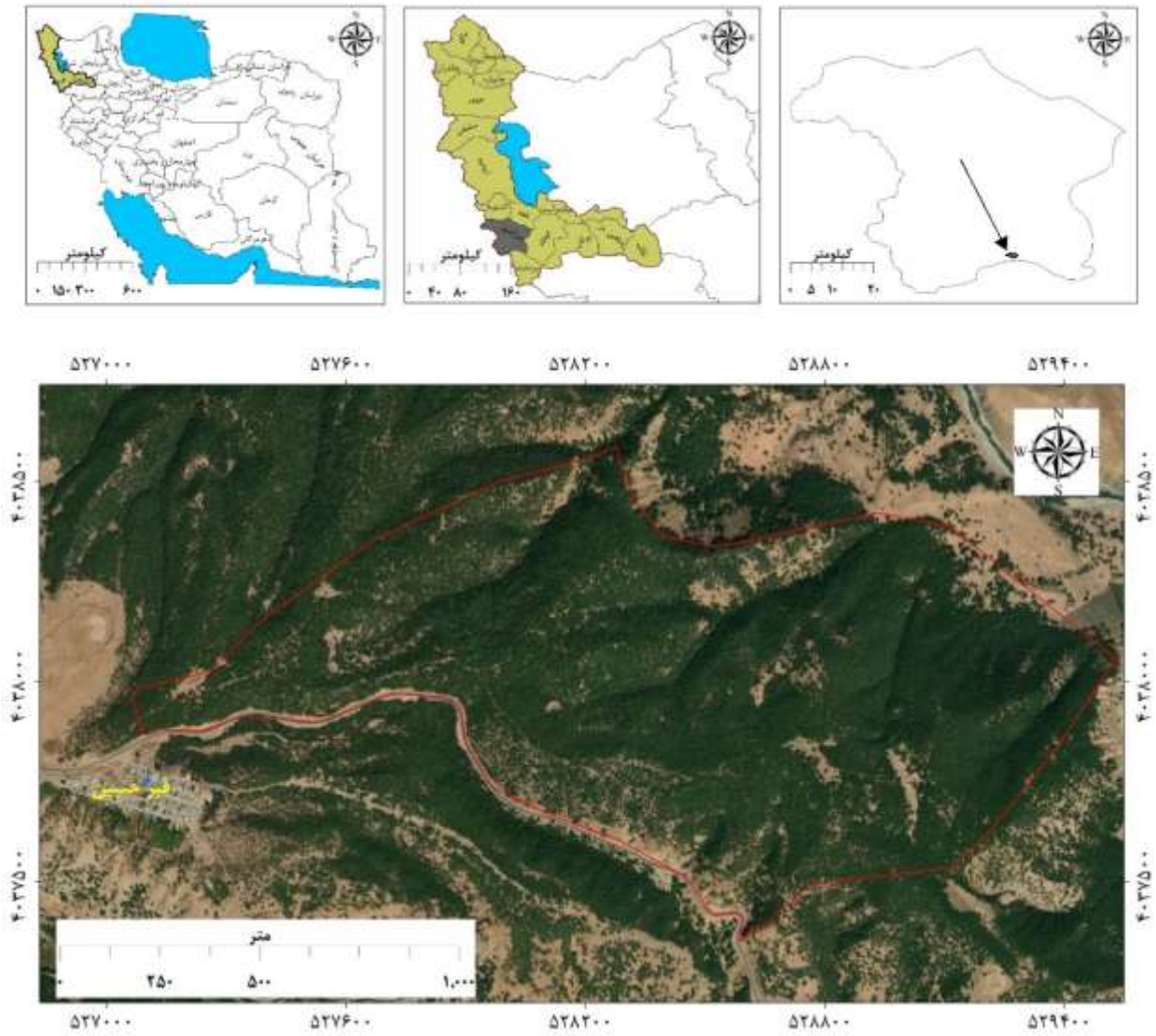
منطقه مورد بررسی در جنگل‌های شمال غرب ایران، جنوب استان آذربایجان غربی و در جنوب شهرستان پیرانشهر واقع شده است. محدوده جنگل‌های مورد بررسی با مساحت حدود ۱۵۰ هکتار در شمال شرقی قبرحسین قرار گرفته است (شکل ۱). منطقه قبرحسین با توجه به این که از مهم‌ترین کانون‌های آلوده به آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط است (زرگران و همکاران، ۱۳۹۵) به‌عنوان منطقه مورد بررسی انتخاب شد. غالب درختان این منطقه را گونه‌های بلوط دارمازو (*Q. infectoria* Oliv.)، وی‌ول (*Q. libani* Oliv.) و برودار (*Q. brantii* Lindl.) تشکیل می‌دهد که به‌همراه آن‌ها، درختان زالزالک (*Crataegus* spp.)، بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) و گلابی وحشی (*Pyrus communis* L.) نیز دیده می‌شوند (اسحاقی‌راد و همکاران ۱۳۹۴). حداکثر ارتفاع این منطقه ۱۴۵۷ و حداقل آن ۱۲۷۳ متر از سطح دریا بوده و مقدار بارش سالانه آن نزدیک به ۱۰۰۰ میلی‌متر و اقلیم منطقه براساس منحنی آمبرژه در محدوده اقلیم نیمه‌مرطوب سرد قرار گرفته است (زرگران و همکاران، ۱۳۹۵).

محلول‌پاشی باکتری BT

باکتری *Bacillus thuringiensis* اثر تماسی یا تدخینی بر روی حشرات ندارد و اثر آن گوارشی است و فقط لارو حشرات را مسموم کرده و از پای در می‌آورد. این باکتری بر روی تخم، شفیره و حشره کامل اثر نمی‌کند. بنابراین زمانی باید مصرف شود که حشره در مرحله لاروی است. لارو حشره پس از خوردن برگ‌هایی که باکتری روی آن پاشیده شده وارد دستگاه گوارش حشره می‌شود و با فعل و انفعالاتی که در دستگاه گوارش و روده حشره اتفاق می‌افتد، سبب فلج شدن روده حشره شده و لارو را از تغذیه باز می‌دارد و پس از ۲-۳ روز سبب مرگ آن می‌شود. این باکتری باید طوری روی شاخ و برگ درختان پاشیده شود که توسط لاروهای آفت خورده شود تا بتواند آنها را مسموم کند.

در پژوهش حاضر از دوز و غلظت توصیه شده روی برچسب استفاده شد که در این عملیات دوز توصیه شده ۱ کیلوگرم برای ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ لیتر آب بود. در زمان محلول‌پاشی باید حداقل تا ۴۸ ساعت بارندگی نباشد، زیرا بارندگی سبب شسته شدن

باکتری از روی گیاه می‌شود. در عملیات سم‌پاشی تمام سطح گیاه به‌ویژه قسمت‌هایی که بیش‌تر در معرض آفت قرار داشت با سم آغشته شد. زمان سم‌پاشی هنگام بعد از ظهر زمانی که خورشید درحال غروب است، انتخاب شد، زیرا اشعه خورشید در طول روز سبب کاهش کارایی BT می‌شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

عملیات میدانی

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی بر تعداد لاروهای پروانه جوانه‌خوار بلوط در منطقه، قبل و بعد از محلول‌پاشی تعداد لاروهای آفت مذکور اندازه‌گیری شد. برای این منظور از سه ترانسکت به طول ۲۹۰ متر به‌صورت تصادفی-سیستماتیک به موازات هم و با فاصله ۳۰۰ متر از همدیگر استفاده شد. در هر ترانسکت تعداد ۳۰ قطعه‌نمونه (درخت) (در مجموع ۹۰ قطعه‌نمونه) و با فاصله ۱۰ متری نمونه‌برداری شد و تعداد لاروهای آفت جوانه‌خوار بلوط قبل و بعد از محلول‌پاشی در آنها

شمارش شد. همچنین در این تحقیق در منطقه مورد نظر، دو جهت جغرافیایی شمالی و جنوبی انتخاب و در هر جهت جغرافیایی ترانسکت‌هایی با فواصل ۱۰۰ متر در دو گونه درختی دارمازو و وی‌ول پیاده شد. درختان بلوط که به‌نحوی (تاج یا تنه آنها) در راستای ترانسکت (آزیموت مشخص) بودند و از لحاظ شکل ظاهری نیز مشابه و تقریباً یکدست بودند، به‌منظور کاهش خطای نمونه‌برداری مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. لازم به‌ذکر است که در هر درخت مورد بررسی در دو جهت اصلی تاج درخت (جهت شمالی و جنوبی تاج درخت مورد نظر) یک شاخه مناسب انتخاب و در هر شاخه از نوک شاخه به‌سمت داخل درخت، به طول ۵۰ سانتی‌متر تعداد لاروهای جوانه‌خوار بلوط شمارش شد. شکل ۲ موقعیت خط‌نمونه‌ها را در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد.



شکل ۲- موقعیت خط نمونه‌ها و نقاط برداشت زمینی برای انجام عملیات میدانی قبل و بعد از محلول‌پاشی

تجزیه تحلیل آماری

برای تحلیل‌های آماری از برنامه‌های SPSS و Excel استفاده شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها، با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov–Smirnov) مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون لون (Leven) برای بررسی همگنی واریانس‌ها و از آزمون t وابسته به‌منظور برررسی تفاوت بین میانگین تعداد لاروهای پروانه جوانه‌خوار قبل و بعد از محلول‌پاشی با باکتری BT استفاده شد. همچنین پس از تفکیک داده‌های تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی و نیز تعداد کاهش لاروها در جهت‌های جغرافیایی و نوع گونه درختی، تأثیر جهت دامنه شمالی و جنوبی و نوع گونه درختی دارمازو و وی‌ول بر تعداد جمعیت لارو با استفاده از آزمون لون (Leven) و t وابسته مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

نتایج حاصل از بررسی آمار توصیفی ۹۰ نمونه (در هر خط برداشت ۳۰ نمونه) نشان داد که میانگین تعداد لاروها قبل از محلول‌پاشی، تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی و کاهش تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی به‌ترتیب ۵۳/۳۷، ۱۸/۷۳ و ۳۴/۶۴ می‌باشد. نتایج آزمون کلموگراف-اسمیرنوف (نرمال بودن) نشان داد که توزیع مقادیر تعداد لاروها چه قبل از محلول‌پاشی و چه بعد از محلول‌پاشی و همچنین کاهش تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی، در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج آزمون نرمال بودن کلموگراف-اسمیرنوف تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی با باکتری BT

پارامتر	میانگین	انحراف معیار	کلموگراف-اسمیرنوف Z	Sig
تعداد لارو قبل از محلول‌پاشی	۵۳/۳۷	۱۵/۷۴	۱/۲۹	۰/۰۷
تعداد لارو بعد از محلول‌پاشی	۱۸/۷۳	۷/۲۶	۱/۲۳	۰/۱
تعداد کاهش لارو	۳۴/۶۴	۱۱/۷۴	۱/۰۴	۰/۲۲

براساس آزمون لون حاصل از آزمون t-test وابسته، تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی از واریانس یکسانی برخوردار بودند. میانگین تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی در سطح معنی‌داری ۱ درصد، متفاوت است، به‌طوری که میانگین تعداد لاروها قبل از محلول‌پاشی نسبت به بعد از محلول‌پاشی در حدود ۳۵ لارو بیش‌تر بود. (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج آزمون t وابسته تعداد لارو قبل و بعد از محلول‌پاشی با باکتری BT

آزمون لون (برابری واریانس)		آزمون t-test (برابری میانگین)						
F	Sig	t	df	Sig (2-tialed)	تفاوت میانگین	تفاوت انحراف معیار	تفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد	
							سطح پایین	سطح بالا
۶۱/۵۲	۰/۰۰	۱۸/۹۶	۱۷۸	۰/۰۰	۳۴/۶۳	۱/۸۳	۳۱/۰۳	۳۸/۲۴
		۱۸/۹۶	۱۲۵/۱۸	۰/۰۰	۳۴/۶۳	۱/۸۳	۳۱/۰۲	۳۸/۲۶

نتایج به‌دست آمده از آزمون لون حاصل از آزمون t-test وابسته گونه درخت نشان داد که میانگین عددی لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی و همچنین کاهش تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی در گونه‌های درختی دارمازو و وی‌ول متفاوت نیست. از آنجایی که تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی و همچنین تعداد کاهش لاروها بعد از محلول‌پاشی در این دو گونه درختی از واریانس یکسانی برخوردار نیست و مقدار .Sig آزمون هم از ۰/۰۵ بیش‌تر است، بنابراین بین میانگین تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی و همچنین کاهش تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی در دو گونه درختی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج آزمون t وابسته تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی با باکتری B.T بر حسب نوع گونه درخت

پارامتر	آزمون لون (برابری واریانس)		آزمون t-test (برابری میانگین)						
	F	Sig	t	df	Sig (2-tialed)	تفاوت میانگین	تفاوت انحراف معیار	تفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد	
								سطح پایین	سطح بالا
تعداد لارو قبل از محلول‌پاشی	۰/۴۴	۰/۵۱	۱/۳۷	۸۸	۰/۱۷	۴/۸۹	۳/۵۷	-۲/۲۰	۱۱/۹۸
			۱/۳۹	۵۴/۳۶	۰/۱۶	۴/۸۹	۳/۵۱	-۲/۱۴	۱۱/۹۲
تعداد لارو بعد از محلول‌پاشی	۰/۰۴	۰/۸۴	۰/۳۹	۸۸	۰/۷۰	۰/۶۴	۱/۶۶	-۲/۶۶	۳/۹۴
			۰/۳۸	۵۴/۳۶	۰/۷۱	۰/۶۴	۱/۶۹	-۲/۷۵	۴/۰۲
تعداد کاهش لارو	۰/۶۹	۰/۴۱	۱/۶۰	۸۸	۰/۱۱	۴/۲۵	۲/۶۵	-۱/۰۲	۹/۵۱
			۱/۶۶	۵۴/۳۶	۰/۱۰	۴/۲۵	۲/۵۵	-۰/۸۶	۹/۳۶

بررسی نتایج به‌دست آمده از آزمون لون حاصله از آزمون t-test وابسته جهت دامنه حاکی از آن است که اگر چه میانگین تعداد لاروها قبل از محلول‌پاشی در دو جهت دامنه جنوبی و شمالی در سطح معنی‌داری ۱ درصد متفاوت است، اما چون تعداد لاروها قبل محلول‌پاشی در دو جهت دامنه ذکر شده، از واریانس یکسانی برخوردار نیست و مقدار .Sig آزمون از ۰/۰۵ بیش‌تر است، به‌همین سبب تفاوت معنی‌دار میانگین بین تعداد لاروها قبل از محلول‌پاشی در دو جهت دامنه فاقد اعتبار است (جدول ۳). با این وجود، میانگین تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی و همچنین میانگین کاهش تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی در دو جهت دامنه جنوبی و شمالی در سطح معنی‌داری ۱ درصد متفاوت بوده و با توجه به این که تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی و همچنین کاهش تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی در دو جهت دامنه مذکور از واریانس یکسانی برخوردار است و مقدار .Sig آزمون هم از ۰/۰۱ کمتر است، بنابراین میانگین تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی و میانگین کاهش تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی در دو جهت دامنه در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. چنان‌که میانگین تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی و نیز میانگین کاهش تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی در جهت دامنه جنوبی نسبت به شمالی در حدود ۱۲ لارو بیش‌تر است. (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج آزمون t وابسته تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی با باکتری BT در جهت‌های مختلف

پارامتر	آزمون لون (برابری واریانس)		آزمون t-test (برابری میانگین)						
	F	Sig	t	df	Sig (2-tialed)	تفاوت میانگین	تفاوت انحراف معیار	تفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد	
								سطح پایین	سطح بالا
تعداد لارو قبل از محلول‌پاشی	۱/۸۰	۰/۱۸	۱/۳۷	۸۸	۰/۱۷	۴/۸۹	۳/۵۷	-۲/۲۰	۱۱/۹۸
			۱/۳۹	۵۴/۳۶	۰/۱۶	۴/۸۹	۳/۵۱	-۲/۱۴	۱۱/۹۲
تعداد لارو بعد از محلول‌پاشی	۱۶/۶۷	۰/۰۰	۰/۳۹	۸۸	۰/۷۰	۰/۶۴	۱/۶۶	-۲/۶۶	۳/۹۴
			۰/۳۸	۵۴/۳۶	۰/۷۱	۰/۶۴	۱/۶۹	-۲/۷۵	۴/۰۲
تعداد کاهش لارو	۷/۳۷	۰/۰۰	۱/۶۰	۸۸	۰/۱۱	۴/۲۵	۲/۶۵	-۱/۰۲	۹/۵۱
			۱/۶۶	۵۴/۳۶	۰/۱۰	۴/۲۵	۲/۵۵	-۰/۸۶	۹/۳۶

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میانگین تعداد لاروهای پروانه جوانه‌خوار قبل و بعد از محلول‌پاشی با باکتری BT در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار حدود ۳۴ عددی می‌باشد و تعداد میانگین ۵۳ لارو قبل از محلول‌پاشی به ۱۹ عدد لارو بعد از محلول‌پاشی کاهش یافته است. این موضوع نشان دهنده تأثیر ملموس محلول‌پاشی بر کاهش جمعیت پروانه جوانه‌خوار است. این نتیجه با یافته‌های Mannai et al. (2021) همخوانی دارد، به‌طوری که محققان مذکور نیز در جنگل‌های بلوط در شمال غربی تونس نشان دادند که اسانس *C. arizonica* به‌طور موثری‌تری در کاهش جمعیت پروانه جوانه‌خوار نقش دارد. مقایسه میانگین تعداد لاروها در گونه درختی دارمازو و وی‌ول و جهت‌های دامنه شمالی و جنوبی نشان داد که در میانگین تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی با لحاظ کردن دو گونه درختی مذکور، تفاوت معناداری وجود ندارد، اما میانگین تعداد لاروها در دو جهت جنوبی و شمالی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده، چنان‌که تعداد لاروها قبل و بعد از محلول‌پاشی و نیز میانگین کاهش تعداد لاروها بعد از محلول‌پاشی در جهت دامنه جنوبی نسبت به شمالی در حدود ۱۲ لارو بیش‌تر است. این نتیجه با یافته‌های زرگران و همکاران (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) در جنگل‌های منطقه قبرحسین-پیرانشهر و جنگل‌های پیرانشهر مشابهت دارد. محققان مذکور نیز به این نتیجه رسیدند که میانگین مقدار لارو جوانه‌خوار بلوط در جهت‌های مختلف جغرافیایی دارای اختلاف معنی‌داری بوده، به‌طوری که در جنگل‌های پیرانشهر در سال ۱۳۹۴ بیش‌ترین و کمترین مقدار فراوانی لاروها به‌ترتیب در جهت جغرافیایی جنوبی و شمالی بوده است.

به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تأثیر محلول‌پاشی باکتری BT در جهت دامنه جنوبی در کاهش تعداد لاروهای پروانه جوانه‌خوار بسیار مشهود می‌باشد. این امر می‌تواند در جهت اتخاذ تصمیمات درست و کارآمد برای مدیران و دست‌اندرکاران مدیریت آفات جنگل‌های منطقه، بسیار مثمر ثمر واقع شود.

منابع

اسحاقی‌راد، ج.، مطلب‌پور، ع. و علیجانپور، ا. (۱۳۹۴). بررسی اجتماع بین گونه‌های بلوط در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی در جنگل‌های زاگرس (بررسی موردی: جنگل‌های سردشت، ربط). پژوهش و توسعه جنگل، ۱(۴): ۲۹۴-۲۸۴.

بانج شفیعی، ع. اسحاقی‌راد، ج. علیجانپور، ا. و پاتو، م.، (۱۳۹۰). تأثیر آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط *Tortrix viridana* بر پهنای دوایر سالیانه بلوط وی‌ول *Quercus libani* در جنگلهای پیرانشهر و سردشت. نشریه حفاظت گیاهان، ۲۵(۲): ۱۷۸-۱۸۵.

زرگران، م.ر.، عسکری، ح.، سالاری، ا.، و بخش علی ساعتلو، و. (۱۳۸۶). کنترل فرمونی جوانه‌خوار بلوط *Tortrix viridana* L. در استان آذربایجان غربی، دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، گرگان.

زرگران، م.ر. جمشیدی، م. و موسوی میرکلا، س.ر.، (۱۳۹۵). تأثیر جهت جغرافیایی بر مشخصه‌های رویشی و تغییرات جمعیتی پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Lep.: Tortricidae*) *Tortrix viridana* L. در جنگل‌های منطقهٔ قبرحسین-پیرانشهر، مجله جنگل ایران. ۸(۴): ۵۱۹-۵۳۲

زرگران، م.، جمشیدی، م.، موسوی میرکلا، س.ر.، (۱۳۹۶). تغییرات سالیانه جمعیتی لاروهای پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L.) روی دو گونه بلوط دارمازو (*Quercus infectoria* Oliv.) و وی‌ول (*Q. libani* Lindl.) در استان آذربایجان غربی. نشریه حفاظت خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱(۳): ۴۳۲-۴۲۰.

سیفی، س.، مددی، ح.، غباری، ح. و پیرباوقار، م. (۱۴۰۲). مطالعه پارامترهای مؤثر بر پراکنش *Tortrix viridana* L. در جنگل‌های بلوط مریوان. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۲۱(۲-۴۲): ۳۴۹-۳۳۷.

Akhavan, R., Mahdavi, A., and Kianfar, M. (2018). Analysis of the decline status of Zagrosian oak forests using spatial statistics (Case study: Zarab forests of Ilam) %J Iranian Journal of Forest and Range Protection Research. 16(2): 129-145.

Bendixsen, D.P. Hallgren,S.W .Frazier, A.E. (2015). Stress factors associated with forest decline in xeric oak forests of south-central United States. Forest Ecology and Management, 347:40-48.

Beygi Heidarlou, H., Karamat Mirshekarlou, A., Lopez-Carr, D., and Borz, S.A. (2024). Conservation policy and forest transition in Zagros forests: Statistical analysis of human welfare, biophysical, and climate drivers. Forest Policy and Economics, 161: 103177.

Crimmins, T. M., Gerst, K. L., Huerta, D. G., Marsh, R. L., Posthumus, E. E., Rosemartin, A. H., Whitmore, M. (2020). Short-Term Forecasts of Insect Phenology Inform Pest Management. Annals of the Entomological Society of America, 113(2): 139-148.

Ghanbari Motlagh, M., Amraei, B. And Halimi, M., (2020). Evaluating the hazardous potential of the dieback of the Zagros Oak forests using the multi-criteria decision-making methods. Arabian Journal of Geosciences, 13: 1-11.

Gieger T. and Thomas F.M., (2005). Differential response of two Central-European oak species to single and combined stress factors. Trees, 19(5): 607-618.

Haghighian, F., Yousefi, S. And Keesstra, S., (2022). Identifying tree health using sentinel-2 images: a case study on Tortrix viridana L. Infected oak trees in Western Iran. Geocarto International, 37(1): 304-314.

Mannai, Y., Dhahri, S., Jama, M. L. B., and Hamrouni, L., (2021). Insecticidal activity of essential oils of Cupressus arizonica Greene and C. Sempervirens L. On Tortrix viridana (Lepidotera, Tortricidae). World Journal of Biology and Biotechnology, 6(1): 1-5.

Moradi, M.J., Kiadaliri, H., Kafaky, S.B. and Bakhoda, H., (2023). Investigation of the efficiency of MaxEnt, topsis and invest models on site suitability and decline potential of Persian oak forests in Zagros, Iran (Ilam Province). CERNE, 29, p.e103135.

Orgel, F.; Wolf, C.-A.; Schroeder, H. (2021). Performance of a Specialist and a Generalist Herbivorous Moth on Different Quercus robur Genotypes. Biology and Life Sciences Forum, 4(1): 49.

Schroeder, H. and Degen, B., (2008). Genetic structure of the green oak leaf roller (Tortrix viridana L.) and one of its hosts, Quercus robur L. Forest Ecology and Management, 256(6): 1270-1279.

Tabari, M. (2016). Effect of warm stratification, GA3 and H2O2 on seed germination of Caucasian maple (Acer monspessulanum subbsp. iericum M.B.). Iranian Journal of Forest, 8(1): 23-34.

Effects of *Bacillus thuringiensis* on the Population of Oak Leaf Roller (*Tortrix viridana* L.) Larvae in the Oak Forests of Ghabre-Hossein (Piranshahr)

B. Ghaznavi[1], M.R. Zargaran[2*], S.R. Mousavi Mirkala[3] and H. Beygi Heidarlou[2]

1- M.Sc. Student of forest science, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
3- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract
The oak leaf roller is one of the most important pests in the forests of northwest Iran, particularly in Piranshahr, playing a significant role in the decline of oak forests in this region. This study investigated the effects of spraying the *Bacillus thuringiensis* on the number of oak leaf roller larvae on two oaks species (*Quercus infectoria* and *Quercus libani*) and the northern and southern aspects in the Ghebreh-Hossein region (Piranshahr). For this purpose, three transects, each 290 meters long, were systematically and randomly established, spaced 300 meters apart. Along each transect, 30 trees (a total of 90 trees) were sampled at 30-meter intervals, and the number of oak leaf roller larvae was counted before and after spraying. Levene's test was used to assess the homogeneity of variances, and a paired t-test was applied to compare the mean number of larvae before and after spraying. The results showed a statistically significant difference at the 1% level between the mean number of larvae before and after spraying. The average number of larvae decreased from 53 before spraying to 19 after spraying, indicating a significant reduction of 34 larvae. Additionally, comparing the mean number of larvae across the tree oak species and slope aspects revealed significant differences at the 1% level. The southern slope showed a greater reduction of 12 larvae compared to the northern slope, highlighting its stronger impact on the effectiveness of spraying. These results can contribute to pest management strategies and the conservation of oak forests in the region.

Keywords: Forest, Oak, *Quercus infectoria*, Zagros, Pest.

*Corresponding author Tel: +98 9144862210 Email: m.zargaran@urmia.ac.ir

تعیین کارکردها و شاخص‌های پایداری جنگل دست‌کاشت سرو سیمین دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

صابر دهان‌زاده ابرقویی*

- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت جنگل، دانشگاه تهران.

چکیده

انجام پایش و بررسی پایداری جنگل دست‌کاشت سرو سیمین، متعلق به پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، نیازمند دستیابی به ابزارهایی تحت عنوان کارکردها و شاخص‌های پایداری جهت تجزیه و تحلیل متناسب با اصول سه گانه پایداری اجتماعی، اکولوژیکی و اقتصادی است. روش مطالعه طی سه مرحله بنا به تهیه پرسشنامه‌ای با ضمیمه چهار کارکرد اجتماعی، تولید چوب، حفاظتی- حمایتی و محیط زیستی و مجموع ۲۴ شاخص متناسب با کارکردها و همچنین نظردهی پنج متخصص در حوزه مدیریت پایدار جنگل، با استفاده از مقیاس پنج گانه طیف لیکرت با استفاده از نرم‌افزار TOPSIS نسخه ۲۰۱۷ درجه‌بندی و اولویت دهی شدند، انجام شد. در مرحله بعد، کارکردها و شاخص‌ها براساس میزان وزن‌دهی و اولویت‌بندی حاصل، به دو دسته نزدیک به ایده آل مثبت یا لازم‌الاجرا و همچنین نزدیک به ایده‌آل منفی یا کم‌اهمیت تقسیم‌بندی شدند. در نهایت کارکردها و شاخص‌های متناسب با هر کارکرد مورد ارزیابی قرار گرفت که در نتیجه شاخص‌های با اهمیت زیاد به جهت اجرایی شدن در برنامه و تصمیم‌گیری دراولویت بالاتر و طبعا شاخص‌های با اولویت کمتر نقش جایگزین شاخص‌های اصلی را ایفا خواهند کرد و شاخص‌های با اولویت پایین، حذف شدنی یا نادیده گرفته خواهند شد.

واژگان کلیدی: پایداری جنگل، طیف لیکرت، ایده‌آل مثبت و منفی، اولویت.

مقدمه

مدیریت پایدار منابع طبیعی شامل سه مرحله برنامه‌ریزی بر پایه اصول، معیار و شاخص و استانداردهای مورد توافق و تعهد، (اجرا) به همراه حراست و نگهبانی می‌باشد که معیارها و شاخص‌ها، یک وسیله مناسب برای کمک به مدیریت پایدار منابع طبیعی است. برای مشخص کردن معیارها و شاخص‌ها، دو رویکرد بالا به پایین (خبرگان، فهرست معیارها و شاخص‌ها را براساس موقعیت محلی، سازگار کرده) و پایین به بالا (مشارکت جوامع محلی در تعیین معیارها و شاخص‌ها نقش دارد) وجود دارد، اما گاهی نیز به صورت تلفیقی از این دو راهکار، استفاده می‌شود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). پیشینه مدیریت پایدار جنگل به سده ۱۸ میلادی بر می‌گردد که در ابتدا به اصل حفظ تعادل میان رشد و برداشت سالانه و همچنین، مدیریت پایدار محصول مربوط بود (ملک‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳). مدیریت پایدار جنگل به تدبیر، کیاست و ریاست منابع و

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۷۱۸۸۵۹۶۶۵ ایمیل: saber.abarquei@ut.ac.ir

منافع جنگلی به نحوی که احتیاجات دودمان کنونی را لحاظ کند، اما به شرطی که قدرت و توانایی دودمان آتی را دچار ریسک نکند، گفته می‌شود (بصیری و پروین، ۱۳۹۱). اما با گذشت زمان و پیشرفت علم، مدیریت پایدار جنگل به منزله رعایت سه اصل و رکن اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیک است. با وجود اینکه در بسیاری از سیاستگذاری‌ها در سطوح مختلف جهانی، بین المللی و ملی، مفهوم پایداری، مطرح است، بنابراین پایداری با توجه به اینکه محتاج درک پیچیده‌ای است، نیازمند ادواتی است تا میزان آن را مشخص و ارزیابی کند. از این رو،کارکردها، معیارها و شاخص‌های مشخص شده در سطح ملی، در جهت ارزیابی واحد مدیریت جنگل استفاده می‌شوند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۶). امروزه علم مدیریت جنگل از یک طرف، نیازمند کاربردی چند منظوره شامل محیط زیستی، تولید چوب، حفاظتی- حمایتی، اجتماعی و ... است و از سویی دیگر طی یک فرایند تحلیلی، باید از وجهه زمانی در سه سطح کوتاه، متوسط یا بلندمدت، صورت‌گیرد (ملک نیا و همکاران، ۱۳۹۳). از این رو، برای ما بیش از مفهوم مدیریت پایدار یک واحد جنگلی، وجود ادوات کاربردی، برای تعیین و کمی‌سازی پایداری و همچنین افزایش بینش و فهم متخصص نسبت به آن مهم است (جوکار و همکاران، ۱۳۹۰) که در این میان، شاخص‌ها، وجه ممیزه کیفی و کمی مناسب سنجش و اندازه‌گیری هستند که سبب ارزیابی و پایش تحولات موجود در جنگل می‌شوند. همچنین شاخص‌ها باید دارای ویژگی‌هایی چون روشن و مناسب درک، امکان سنجش آسان، انعطاف‌پذیر و سازگار با وضعیت‌های اجتماعی، محیط زیستی و .... در منطقه با دیگر شاخص‌ها باشند (جوکار و همکاران، ۱۳۹۰؛ مرادی و همکاران، ۱۳۹۳). تهیه پرسشنامه با مقیاس طیف لیکرت، در تعیین کارکردها و شاخص‌های یک منطقه مورد مطالعه، مناسب است که با مطالعه و بررسی‌های انجام شده در تعیین کارکردها و شاخص‌های پایداری جنگل دست‌کاشت سرو سیمین پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و با بهره از ایده‌ها و نظرات متخصصان و مقایسه لیکرت، ۲۴ شاخص برای چهار کارکرد جنگل که شامل کارکردهای اجتماعی، تولید چوب، حفاظتی- حمایتی و محیط زیستی است تشریح شده است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۳). در کشور ایران نیز تحقیقاتی در حوزه مدیریت پایدار جنگل انجام گرفته است: (گوشه گیر و همکاران، ۱۳۹۴) نخستین بار سلسله شاخص‌های اجرایی مناسب کارکردهای محیط زیستی، حفاظتی- حمایتی، تولیدی، تفرجی به جهت ثبات و پایداری بخش گرازبن جنگل خیرود، تهیه نمود. سپس شاخص‌های موجود را براساس استانداردهایی، به دو گروه اجرایی با شرایط ایده آل و حذف شدنی (ناکارآمد)، تقسیم‌بندی نمودند. در نتیجه کارایی شاخص‌های موجود در هر کارکرد را بدست آوردند. در تحقیقی دیگر (بصیری و کرمی، ۱۳۸۵) به ارزیابی شاخص تنوع پوشش گیاهی از معیار تنوع زیستی درجنگل‌های چناره مریوان که با شیوه ترکیبی، منطقه به شش طبقه بوم‌شناسی تقسیم شد و بر ای هر گروه، هشت شاخص مربوط به غنای گونه‌ای و تنوع یکنواختی سنجیده شد. ایشان دریافتند که در منطقه، شاخص‌های یکنواختی با غنای گونه‌ای، وحدت و اتحاد همنویسه‌ای دارند. در تحقیقی دیگر (جعفری، ۱۳۹۶)، شروع به تعیین معیارها و شاخص‌های مدیریت پایدار جنگل‌های جهان، هیرکانی و شیب جنوب البرز با هدف شناخت، اجرا و تخمین در منطقه کردند و در پایان دریافتند که باید در هر منطقه، براساس کارکردهای معنی دار همان منطقه، معیارها و شاخص‌های متناسب را تدوین نمایند.

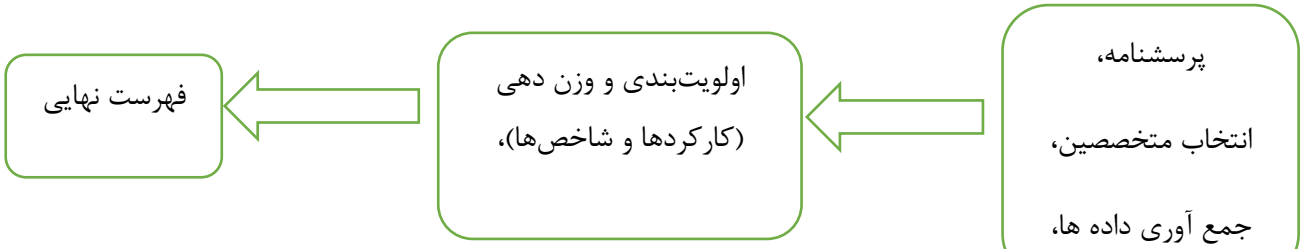
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه جنگل دست‌کاشت سرو سیمین است که در سال ۱۳۳۴ ه.ش به اهتمام مرحوم دکتر حجازی و مرحوم دکتر طباطبایی ایجاد گشته و سپس در طی سالیان به صورت دوره‌های یکساله آبیاری شده است. از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۴ ه.ش، عمل هرس مصنوعی از پایین درختان، صورت گرفته است. طی سال‌های گذشته بویژه در سال ۱۳۹۹ ه.ش درختان بر

اثر طوفان، شکسته و افتاده اند. اغلب درختان آن سرو است و گونه‌های همراه آن گردو، افرا و ارغوان در قالب گونه‌های داخلی است. در طی سال‌ها، بارش برف سنگین و نشستن برف روی درختان سبب خم شدگی این درختان و نهال‌ها شده که تلخ ترین اتفاق ممکن، مربوط به خم‌شدگی درختان در سال ۱۳۸۸ ه.ش بوده است. در سال ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در این عرصه، واکاری صورت گرفته است (اعتماد، ۱۴۰۳).

روش تحقیق

روش مطالعه در این تحقیق بر پایه فرآیند سه گامی مطابق شکل ۱ است.



شکل ۱- نمودار ۳ مرحله‌ای روش انجام تحقیق

روایی پرسشنامه و انتخاب متخصصین

در این پژوهش، با عنایت به هدف بررسی، فهرست گسترده‌ای از کارکردها و شاخص‌های تعیین پایداری حاصل از منابع مختلف، شامل فرایندهای هلسینکی، خاور نزدیک، با رویکرد مدیریتی از بالا به پایین تهیه شد و در مقابل، با توجه به وضعیت منطقه، تحولاتی در آن ایجاد شد. در شروع کار پس از مطالعه و بررسی، لیست کارکردها و شاخص‌ها براساس اسناد و مقالات مرتبط، کارکردها و شاخص‌ها در اختیار دو نفر از متخصصان حوزه مدیریت جنگل و جنگلشناسی قرار داده شد و در عین‌حال، مواردی با توجه به بینش و علم خود نسبت به هدف، کارکردها و شاخص‌هایی افزوده، حذف و یا ترکیب، ایجاد شد. با تهیه پرسشنامه با مقیاس طیف لیکرت در پنج سطح اهمیت، به جهت نظرسنجی از پنج متخصص استفاده گردید که چهار نفر از این افراد از اعضای هیات علمی دانشگاه تهران و یک نفر کارمند اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس بودند. در نهایت براساس چهار کارکرد اجتماعی، تولید چوب، حفاظتی- حمایتی و محیط زیستی و مجموع ۲۴ شاخص پراکنده و متناسب با هر کارکرد، با استفاده از نرم‌افزار TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)، با عنایت به اهمیت هر کارکرد و شاخص‌های مناسب هر کارکرد، از طیف مقیاس پنج تایی طیف لیکرت (خیلی کم اهمیت تا خیلی مهم)، تحلیل سیستمی انجام شد. بنابراین در این پژوهش، هر یک از کارکردها و شاخص‌های متناظر با آن، دارای تاثیر و رتبه متفاوتی‌اند که با عنایت به میزان نمره شاخص‌ها محاسبه شد (مرادی و همکاران،۱۳۹۳؛ گوشه گیر و همکاران، ۱۳۹۳).

جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

بررسی و تحلیل این پژوهش، با استفاده از طیف لیکرت در مقیاس پنج تایی (خیلی کم اهمیت تا خیلی مهم) برای مجموع ۲۴ شاخص که متناسب با چهار کارکرد اجتماعی، تولید چوب، حفاظتی- حمایتی و محیط زیستی است در بستر نرم‌افزار TOPSIS نسخه ۲۰۱۷، صورت گرفت. در گام اول با بدست آوردن ماتریس تصمیم، تصمیمی که دارای m گزینه و n شاخص بود را به نحوی ارزیابی کردیم که ماتریس تصمیم برای هر کدام از موارد، سود و هزینه به دست آمد. سپس در گام دوم، از روش استاندارد (تقسیم هر عنصر بر مجذور مربعات عناصر هر ستون)، به جهت توانایی انجام مقایسه مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری، عمل بی مقیاس‌سازی صورت گرفت.

رابطه (۱):

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt[2]{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^2}}$$

رابطه (۲):

$$n_{ij} = \frac{Min_i * a_{ij}}{a_{ij}}$$

گام سوم، بدست آوردن ماتریس تصمیم بی مقیاس‌سازی بود تا با استفاده از روش آنتروپی، وزنی برای کارکردها و شاخص‌ها تعیین شود.

رابطه (۳): محاسبه Pij

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_j}$$

رابطه (۴): محاسبه مقدار اطمینان Ej

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} [P_{ij} \ln P_{ij}]$$

رابطه (۵): محاسبه مقدار عدم اطمینان d_j

$$d_j = 1 - E_j$$

رابطه (۶): محاسبه اوزان W_j

$$W_J = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}$$

رابطه (۷): محاسبه اوزان تعدیل شده $W_j^{'}$ (که وزن‌های ذهنی اند، در صورتی که موجود نباشد، مرحله ۵ منتفی است)

$$W_j^{'} = \frac{\lambda_j W_j}{\sum_{j=1}^{n} \lambda_j W_j}$$

رابطه (۸): محاسبه K

$$K = \frac{1}{\ln(m)}$$

رابطه (۹): مجموع وزن‌های W_j در ماتریس نرمالایز شده (N)، ضرب می‌شود.

$$V = N * W_{n*n}$$

با توجه به این که ماتریس W_{1*n} قابل ضرب در ماتریس تصمیم نرمالایز شده (n*n) نیست، قبل از ضرب باید ماتریس وزن را به یک ماتریس قطری W_{n*n} تبدیل نمود (وزن‌ها روی قطر اصلی).

در گام چهارم، تعیین راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی به نحوی صورت گرفت که گزینه‌های ایجاد شده در واقع دارای بدترین و بهترین راه حل هستند. بهترین و بدترین مقادیر برای شاخص‌های +، به ترتیب، بزرگترین و کوچکترین مقادیر آن و در مقابل، بهترین و بدترین مقادیر برای شاخص‌های -، به ترتیب کوچکترین و بزرگترین مقدار می‌باشد.

در گام پنجم، فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده ال مثبت و منفی بدست آمد.

رابطه (۱۰): $i=1,2,3,\ldots,m$

$$d_i^+ = \sqrt[2]{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)\text{^}2}$$

رابطه (۱۱):
$$d_i^- = \sqrt[2]{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \qquad i=1,2,3,\ldots,m$$

گام ششم به محاسبه نزدیکی نسبی به راه حل‌های ایده آل، یعنی عدد یک تعلق دارد که در این بین، میزان درجه اهمیت زیر ۲۰ درصد قابل حذف شدنی و میزان درجه اهمیت بالای ۸۰ درصد قابل اجرا هستند.

رابطه (۱۲):
$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- - d_i^+}$$

و در نهایت گام هفتم نیز به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌پردازد که در پایان محاسبات گزینه‌ها کارکردها و شاخص‌ها را براساس ترتیب صعودی رتبه‌بندی می‌کنیم.

رابطه (۱۳):
$$A_1 > A_2 > A_3$$

یافته‌ها

در انتهای نوبت نخست واکاوش، به ترتیب برای کارکرد اجتماعی پنج شاخص، کارکرد تولید چوب چهار شاخص، کارکرد حفاظتی- حمایتی شش شاخص و برای کارکرد محیط زیستی نه شاخص انتخاب شد. سپس در نوبت دوم واکاوش، براساس پرسشنامه و نظردهی پنج متخصص، تشریح میزان درجه اهمیت با توجه به بیان کیفیت متناسب با آن، در پنج رده براساس خیلی با اهمیت (قابل اجرا)، نسبتا با اهمیت (متوسط)، نسبتا کم اهمیت (با قابلیت اجرایی پایین تر) و خیلی کم اهمیت (قابل حذف)، مشخص شد که در میان کارکردها در حدود ۲۶ درصد قابلیت اجرایی بالا، ۵۵ درصد قابلیت اجرایی کمتر و در حدود ۱۹ درصد شاخص‌ها، قابل حذف می‌باشند که با علایم اختصاری در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده اند.

جدول ۱- تشریح میزان درجه اهمیت با توجه به بیان کیفیت، متناسب با کارکردها و شاخص‌های مربوطه و علائم اختصاری آن

بیان کیفیت اهمیت		میزان درجه اهمیت	علامات اختصاری (ع.ا)
خیلی با اهمیت (قابل اجرا)		۸۰ < X	الف
نسبتا با اهمیت	نسبتاً قابل اجرایی	۶۰ < x < ۸۰	ب
متوسط		۴۰ < x < ۶۰	پ
نسبتا کم اهمیت		۲۰ < x < ۴۰	ت
خیلی کم اهمیت (حذفی)		x< ۲۰	ث

جدول ۲- وزن‌دهی و رتبه‌بندی کارکردها و شاخص‌های مربوط به هر کدام از کارکردها

کارکردها											
اجتماعی		(ع.ا)	تولید چوب		(ع.ا)	حفاظتی‌حمایتی		(ع.ا)	محیط زیستی		(ع.ا)
۰/۴۲		پ	۰/۴۰		پ	۰/۵۸		پ	۰/۴۳		پ
شاخص‌ها											
شاخص‌های کارکرد اجتماعی		(ع.ا)	شاخص‌های کارکرد تولید چوب		(ع.ا)	شاخص‌های کارکرد حفاظتی- حمایتی		(ع.ا)	شاخص‌های کارکرد محیط زیستی		(ع.ا)
آموزش عملی دروس جنگل	۰/۸۰	الف	حجم درختان باد افتاده	۰/۷۲	ب	تعداد درختان آسیب دیده (طوفان- خشکی-برف و ...)	/۷۵	ب	زادآوری	۰/۸۷	الف
میزان رضایت(اساتید، دانشجویان، کارمندان و ...)	۰/۶۹	ب	موجودی در هکتار	۰/۳۳	ت	تعداد درختان خشک شده	۰/۴۷	پ	تنوع پرندگان	۰/۸۷	الف
امکانات استفاده تفرجی	۰/۶۵	ب	رویش	۰/۲۸	ت	کیفیت هوموس خاک	۰/۲۵	ت	تعداد درختان مسن و قطر	۰/۸۵	الف
ظرفیت پژوهشی	۰/۶۱	ب	تعداد در هکتار	۰/۲۱	ت	میزان ذخیره آب در خاک	۰/۱۹	ث	سلامتی و شادابی اکوسیستم	۰/۸۴	الف
شدت استفاده تفرجی	۰/۰۸	ث				اسیدیته خاک	۰/۱۸	ث	خشکه دار	۰/۸۳	الف
						میزان نفوذ پذیری ریشه	۰/۱۵	ث	موجودی کربن	۰/۸۱	الف
									تنوع پوشش علفی	۰/۷۸	ب
									تنوع درختچه ای	۰/۴۸	پ
									تنوع درختی	۰/۰۶	ث

بحث و نتیجه‌گیری

در طی این سال‌ها، بیش از هرچیزی، تخریب یک اکوسیستم، جامعه جهانی را وارد ترس و نگرانی می‌کند که به همین جهت این جامعه بزرگ، تصمیم بر آن داشته که با شناخت و اولویت‌بندی کارکردها، معیارها و شاخص‌های پایداری را براساس سه رویکرد اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی مورد سنجش قرار دهد. بنابراین جنگل سرو سیمین نیز پس از مبانی نظری از سه رویکرد مشخصه، چهار کارکرد (اجتماعی، تولید چوب، حفاظتی- حمایتی و محیط زیستی) و مجموع ۲۴ شاخص متناسب و پراکنده با هر کارکرد، براساس پرسشنامه با مقیاس پنج رتبه‌ای طیف لیکرت، مورد ارزیابی توسط پنج متخصص قرار گرفت. براساس یافته‌های پژوهش، مشخص شد که از میان چهار کارکرد، کارکرد محیط زیستی ۰/۵۸ و پس از آن کارکردهای حفاظتی- حمایتی و اجتماعی با ۰/۴۳ و ۰/۴۲ و در کمترین میزان، تولید چوب ۰/۴۰ وزن شرایط ایده آل و اولویت را به خود اختصاص داده است. به علاوه، یافته حاصل از پژوهش نشان داد که شاخص‌های کارکرد اجتماعی، به ترتیب بالاترین و پایین ترین اولویت را، شاخص‌های آموزش عملی دروس جنگل به میزان ۰/۸۰ و شدت استفاده تفرجی به میزان ۰/۰۸ را تشکیل داده‌اند. در بررسی دیگر، از شاخص‌های موجود در کارکرد تولید چوب،گواه این است که شاخص تعداد در هکتار با میزان ۰/۲۱ کمترین میزان اولویت را شامل شده و در مقابل به ترتیب اولویت و وزن‌دهی، شاخص‌های حجم درختان باد افتاده، موجودی در هکتار و رویش، توانستند اولویت‌های اول تا سوم را به خود اختصاص دهند. در کنار بررسی و اولویت‌بندی شاخص‌های اجتماعی و محیط زیستی، پژوهش انجام شده نشان داد که بنا به نظر متخصصین در مورد شاخص‌ها دو کارکرد حفاظتی- حمایتی و محیط زیستی نیز به ترتیب بالاترین اولویت‌ها با شاخص‌های تعداد درختان آسیب دیده (باد، خشکی، طوفان ...) به میزان ۰/۷۵ در کارکرد حفاظتی- حمایتی و به صورت مشترک، زادآوری و تنوع پرندگان در کارکرد محیط زیستی به میزان ۰/۸۷ مربوط می‌شود و در مقابل، در این دو کارکرد ذکر شده، به ترتیب شاخص‌های میزان نفوذپذیری ریشه در کارکرد حفاظتی- حمایتی و شاخص تنوع زیستی در کارکرد محیط زیستی، کمترین میزان اهمیت را دارا هستند. بنابراین اولویت اصلی این جنگل، باید کارکرد حفاظتی- حمایتی باشد و بقیه کارکردهای ذکر شده اولویت کمتری نسبت به آن دارند، گویی که کارکرد تولید چوب در این جنگل زیان‌آور بوده و هزینه‌های هنگفتی را ایجاد خواهد کرد و کارکردهای محیط زیستی و اجتماعی با میزان سود نسبتا کمتری با شرایط ایده آل مثبت در مقابل کارکرد حفاظتی‌حمایتی قرار دارند. همچنین، دو شاخص تنوع پرندگان و زادآوری به میزان ۰/۸۷ از کارکرد محیط زیستی، نشان می‌دهد، با توجه به این که جنگل سرو سیمین، یک جنگل دست کاشت است، اما در کمال تعجب به خوبی توانسته در این دو شاخص مهم در یک اکوسیستم، نقش خود را ایفا کند. در عین حال، گرچه باور بر این است که بررسی و پایش مدیریت پایدار جنگل، به عوامل مختلفی چون پیچیدگی و دینامیک بوم سازگان، میزان بالای نبود قطعیت، اختلاف نظر در میزان رتبه‌بندی توسط متخصصین و همچنین سخت بودن تعریف استانداردهای پایش و بررسی کارکردها و شاخص‌ها، بستگی دارد، اما می‌توان با رتبه‌بندی و اولویت‌دهی کارکردها و شاخص‌های موجود، به نحوی معین کرد که در مورد اکوسیستم موجود، چه کارکرد و شاخصی اولویت و اهمیت بالایی داشته یا لازم الاجرا است و کدام کارکردها و شاخص‌ها به سبب اهمیت پایین باید در برنامه و تصمیم‌گیری‌ها حذف شده یا نادیده گرفته شوند که در صورت اجرایی شدن آن‌ها، هزینه‌هایی منفی در بر خواهد داشت. با انجام تحولاتی در کارکردها و شاخص‌های این تحقیق علمی ممکن است در ارزیابی و پایش دیگر مناطق نیز مفید بوده و استفاده شود (گلیچ و همکاران، ۱۳۹۴).

سپاسگزاری

تشکر از اساتید محترم بنده، آقایان، دکتر جهانگیر فقهی، دکتر وحید اعتماد، دکتر سید عطاالله حسینی، دکتر مقداد جورغلامی و مهندس مرتضی طاری پناه که بنده را در نوشتن این مقاله یاری نمودند.

منابع

اعتماد، و.، (۱۴۰۳)، مصاحبه شخصی با موضوع شناخت پیشینه جنگل دست کاشت سرو سیمین.

بصیری. ر.،کرمی، پرویز (۱۳۸۵)، ارزیابی تنوع گونه‌ای با استفاده از شاخص‌های تنوع در جنگل‌های چناره مریوان، نشریه کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۲): ۱۷۲-۱۶۳.

جعفری، م.، (۱۳۹۶). معیارها و شاخص‌های مدیریت پایدار جنگل؛ الزامی برای شناخت، بکارگیری و ارزیابی، نشریه طبیعت ایران، ۲ (۵): ۱۵-۱۲.

جوکار، م.، فقهی، ج.، اعتماد، و.، (۱۳۹۰)، معیار و شاخص‌های مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس مرکزی، دوره یکم.

حسینی، س.ز.، ملک‌نیا، ر.، صادقی، ح.، (۱۳۹۶)، رویکرد ترکیبی در ارزیابی معیارها و شاخص‌های مدیریت پایدار جنگل در سطح محلی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز لیرابی، استان چهارمحال و بختیاری)، نشریه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۵ (۱): ۱۵۹-۱۴۹.

گلیچ، ا.، حسن‌زاد ناورودی، ا.، محمدی لیمایی، س.، جوکار، م.، (۱۳۹۵)، تدوین معیارها و شاخص‌های مدیریت پایدار جنگل براساس دیدگاه کارشناسان ومردم محلی (مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه اسالم شمال ایران)، مجله جنگل ایران، ۸ (۳): ۳۷۹-۳۶۵.

گوشه‌گیر، س.، ز.، فقهی، ج.، مروی مهاجر، م.، ر.، مخدوم، م.، روزت، ک.، (۱۳۹۴)، تعیین شاخص‌های اجرایی مناسب برای پایش پایداری کارکردهای جنگل‌های شمال ایران (مطالعه موردی: جنگل خیرود)، نشریه محیط زیست طبیعی، ۶۸ (۲): ۲۷۶-۲۶۷.

مرادی، غ. ح.، فقهی، ج.، زبیری، م.، واسیک، ه.، (۱۳۹۵)، ارزیابی شاخص‌های مدیریت پایدار در منطقه حفاظت‌شده باغ شادی یزد، نشریه محیط زیست طبیعی، ۶۹ (۱): ۲۱۰-۱۹۷.

ملک‌نیا، ر.، فقهی، ج.، مخدوم، م.، مروی مهاجر، م.ر.، زبیر، م.، (۱۳۹۳)، تهیه سیاهه معیارها و شاخص‌های پایش پایداری کارکردهای اکولوژیکی جنگل‌های شمال در سطح واحد مدیریت جنگل (مطالعه موردی: جنگل خیرود نوشهر)، نشریه علمی پژوهش‌های محیط زیست، ۵ (۹): ۱۴۶-۱۳۷.

Determination of sustainability functions and indicators Simin cypress hand-planted forest of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

S. Dohanzadeh Abarghouei *

- M.Sc. Student of forest management, Tehran University

Abstract

In order to monitor and evaluate the sustainability of Simin Cypress hand-planted forest, which belongs to the Agriculture and Natural Resources Campus of Tehran University, it is necessary to obtain tools under the title of sustainability functions and indicators for analysis according to the three principles of social, ecological and economic sustainability. That the study method during three stages based on the preparation of a questionnaire with an appendix of four social functions, wood production, protective protection and environment and a total of 24 indicators corresponding to the functions, as well as the opinion of five experts in the field of sustainable forest management, using the five spectrum scale Likert scale using Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) software, 2017 version, were graded and In the next step, the functions and indicators were divided into two categories close to the positive or And finally, the functions and indicators corresponding to each function have been evaluated, and as a result, the indicators with high importance, in order to be implemented in the plan and decision-making, have a higher priority, and naturally, the indicators with lower priority have the role of replacing the main indicators. Will play and low priority indicators will be deleted or ignored.enforceable ideal and also close to the negative or unimportant ideal based on the resulting weighting and prioritizatio.

Keywords: forest sustainability, Likert spectrum, positive and negative ideal, priority.

*Corresponding author Tel: +98 9171885965 Email: saber.abarquei@ut.ac.ir

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

بیماری‌های درختان بلوط در جنگل‌های ایران

مهدی صدروی*

- دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

چکیده

درختان بلوط رشته‌کوه‌های زاگرس در غرب و بعضی مناطقی در شمال ایران را پوشانده‌اند. میوه بلوط برای تهیه انواع نان، غذا و تغذیه دام در زمستان و از چوبهای خشک آن برای تولید انرژی و گرما در این مناطق استفاده می‌شوند. شیوع بیماریهای پوسیدگی ذغالی، مرگ ناگهانی، سفیدک پودری و داروش سبب خشکیدگی وسیع این درختان در چند دهه اخیر در جنگلهای ایران شده‌اند. نشانه‌های این بیماری‌ها، مشخصات بیمارگرها و نحوه شیوع آن‌ها و راهکارهایی جهت حفاظت درختان بلوط در برابر این بیماری‌ها در این مقاله شرح داده شده‌اند.

واژگان کلیدی: پوسیدگی ذغالی، مرگ ناگهانی، سفیدک پودری، داروش.

مقدمه

چندگونه بلوط شامل: *Quercus brantii* Lindl.، *Q. libani* Oliv. و *Q. infectoria* Oliv. سطح وسیعی از رشته‌کوه‌های زاگرس در غرب و بخشی از جنگل‌های هیرکانی و ارسباران را پوشانده‌اند. رویشگاه‌های گونه‌های بلوط بیشتر در استان‌های کردستان، کرمانشاه، ایلام، لرستان، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و فارس هستند (ثابتی، ۱۳۷۷). میوه بلوط به همراه پوسته‌اش حاوی ۲۶۳۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی، ۱۱ درصد چربی، ۱۱،۵ درصد فیبر، ۱۸،۵ درصد پروتئین و مقداری تانن است. تانن موجود در میوه بلوط با تقویت مخاط معده در درمان ورم و زخم معده، اسهال و بهبود زودتر زخم‌ها و خونریزی‌ها کاربرد دارد. همچنین از آرد میوه بلوط، نان تهیه می‌شود. دامداران با توجه به گرانی خوراک دام، دانه‌های بلوط را در پاییز جمع‌آوری می‌کنند و به عنوان تغذیه جایگزین در زمستان به دام‌ها می‌دهند که علاوه بر خواص غذایی بسیار، برای سلامت دام‌ها نیز مفید است. چوب بلوط نیز با چگالی در حدود ۰،۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دلیل داشتن مقادیر بالای اسید تانیک از سختی و استحکام زیادی برخوردار است و از مرغوب‌ترین چوب‌ها است (Marvie, 2005; Hosseini et al., 2008). بیماری‌ها، آفت‌ها و شرایط نامساعد محیطی به دلیل تغییرات اقلیمی سبب خشکیدگی سطح وسیعی از جنگلهای بلوط کشور شده است (توکلی و پیروزی، ۱۳۹۰، میرابوالفتحی، ۱۳۹۲، سپه‌وند و همکاران ۱۳۹۳). نشانه‌های بیماری‌ها بلوط، مشخصات ریختی بیمارگرها، نحوه شیوع، مناطق انتشار و روش مدیریت آن‌ها در این مقاله شرح داده شده‌اند.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۷۴۳۱۰۰۶۲۶۱ ایمیل: msadravi@yu.ac.ir

پوسیدگی ذغالی بلوط

نشانه‌های بیماری به‌صورت زوال و خزان بی‌هنگام درختان می‌باشد. در بهار تعدادی از درختان کاملاً خشک‌شده و در تعدادی دیگر پوست درخت به‌صورت نواری از تنه جدا شده است. تراوش صمغ سفید در محل شروع آلودگی روی شاخه‌ها و حجم زیادی از صمغ تیره روی تنه درختان مسن قابل توجه است. همچنین قهوه‌ای شدن نسوج چوب و دسته‌جات آوند چوبی دیده می‌شود. این بیماری به صورت پژمردگی شاخ و برگها و خروج شیرابه سیاه رنگ از قسمتهای پایین تنه بروز می‌نماید، به مرور زمان شیرابه افزایش یافته و حالت ذغالی شکل در روی تنه و سیاه شدن در زیر پوست قابل رؤیت است که در نهایت منجر به مرگ کامل درخت می‌شوند (کرمی و همکاران،۱۳۹۲؛ میرابوالفتحی، ۱۳۹۲). این بیماری اولین بار در ایران از استان گلستان و سپس استان‌های ایلام، فارس، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان و جنگلهای ارسباران گزارش شده است (میرابوالفتحی، ۱۳۹۲؛ قاسمی اسفهلان و همکاران، ۱۳۹۵). این بیماری که به زوال یا مرگ خاموش نیز معروف است روی *Q. suberi* و *Q. ilex* L. در آفریقا، اسپانیا، پرتغال، اسلوونی و ایتالیا نیز شیوع چشمگیر دارد (Jurc and Ogris, 2005).

بیمارگر: قارچ *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) O. Kuntze است که استرومای به رنگ مشکی یا ذغالی به‌صورت گسترده و کشیده و یا نواری به طول ۱۰- ۵ سانتی‌متر و به ضخامت ۲-۱ میلی‌متر روی تنه درختان بیمار تشکیل می‌شود. آسکوکارپ پریتسیوم گلابی شکل، آسک و آسکوسپورها درون این بافتهای استرومایی سیاهرنگ تشکیل می‌شوند و آسکوسپورهای فراوان رها شده از آنها در بهار و تابستان پخش شده و سبب شیوع بیماری می‌گردند (توکلی و پیروزی،۱۳۹۰؛Jurc and Ogris, 2005). دمای بهینه برای جوانه‌زنی هاگ‌ها ۲۵ درجه سلسیوس است (Parvaneh and Valipour, 2012). این قارچ مرحله درون‌رستی و کمون طولانی دارد که در این مرحله نشانه‌های بیماری مشاهده نمی‌شوند. در شرایط تنش خشکی و دمای بالاتر از حد معمول به‌صورت مهاجم و سریع عمل می‌کند. رابطه بسیار نزدیک بین تنش خشکی و حساسیت گونه‌های بلوط به‌ویژه *Q. cerris* در برابر *B. mediterana* در جنگل و شرایط گلخانه به اثبات رسیده است. افزایش عفونت‌های متعدد در گیاه به دلیل کلونیزه شدن آوندها توسط عامل بیماری‌زا، سبب کاهش جریان شیره خام و پژمردگی و خشکیدگی میزبان می‌گردد. علاوه بر این هجوم سوسک‌های شاخک بلند (*Coleoptera*: *Cerambycidae*)، مانند سوسک شاخک بلند بلوط (*Megopis scabricornis* Scopoli) و سوسک شاخک بلند رزاسه (*Osphranteria coerulescens* Redtenbacher)، به درختان بیمار، عاملی است که روند گسترش بیماری و شدت خسارت آن را افزایش می‌دهند (کرمی و همکاران ۱۳۹۲؛ Martin et al. 2005).

مدیریت: پاشیدن قارچکش جذبی پروپیکونازول یا سوسپانسیون هاگ‌های قارچ *Trichoderma harzianum* Rifai روی طوقه و تنه درختان به محض بروز نشانه‌های بیماری و زخم‌ها می‌تواند به بهبود آن‌ها کمک کند. همچنین مبارزه با سوسک‌های شاخک بلند و هرس شاخه‌های خشکیده که لارو این سوسک‌ها در آن‌ها مستقر هستند در اواخر زمستان و بریدن و ریشه‌کنی درختان خشک شده، که منشا آلودگی برای درختان سالم می‌گردند، برای مدیریت بیماری توصیه شده است (Karami et al., 2017; Rostamian et al., 2017).

مرگ ناگهانی بلوط

این بیماری با ایجاد زخم‌هایی روی قسمت پایینی تنه درختان بلوط، که از آن‌ها شیرابه‌های قرمز تیره تا سیاه‌رنگ ترشح می‌شود، ظاهر شده و با ایجاد اختلال در سیستم آوندی گیاه موجب زرد و خشک شدن برگها در سرشاخه‌ها و مرگ سریع

درختان بیمار می‌شود. زیر زخم‌ها نواحی خال‌دار تغییر رنگ یافته بافت‌های درونی پوست قابل مشاهده است. برگ‌ها نیز به‌صورت گروهی در مدت زمان کمی تغییر رنگ داده و روی شاخه‌ها پژمرده و خشک می‌شوند. لکه‌های مرده در طول حاشیه برگ و ظاهر شده و تا دم برگ‌ها توسعه می‌یابند و سبب از بین رفتن جوانه‌ها می‌شوند (Alexander and Swain, 2010).

بیمارگرها: چند گونه *Phytophthora* به عنوان عامل این بیماری گزارش شده‌اند (ارشاد، ۱۳۸۸)، ولی شایع‌ترین آن‌ها، شبه‌قارچ خاک‌زی *Phytophthora ramorum* Werres است. اسپورانژیوم‌های آن بیضی تا دوکی‌شکل، به ابعاد ۲۸-۲۱ × ۶۵-۴۶ میکرومتر، با پاپیل کوتاه، به‌صورت منفرد یا خوشه‌ای، کلامیدوسپورها به ابعاد ۴۶×۶۰ میکرومتر و گرد با دیواره نازک هستند. این شبه‌قارچ که هتروتال است در دمای ۲۰ درجه سلسیوس تولید ریسه و اسپورانژیوم می‌کند، که آنها در دمای پایین تولید زئوسپور می‌کنند و در دمای بالا به‌صورت مستقیم جوانه می‌زنند. سرعت رشد آن در دمای بالاتر از ۲۵ درجه کند می‌شود و تولید کلامیدوسپور می‌کند. زئوسپورها در سطح آب پس از باران شنا کرده و سبب انتشار بیماری می‌شوند. کلامیدوسپورها می‌توانند در خاک‌های آلوده سال‌های طولانی زنده بمانند و موجب انتقال بیماری شوند. این بیمارگر دامنه میزبانی وسیعی دارد که مهم‌ترین میزبان‌های آن گونه‌های *Quercus*، راش، زبان‌گنجشک، سرخدار و بلندمازو هستند (Werres et al., 2001).

مناطق انتشار: این بیماری خطرناک در آمریکای شمالی و بعضی کشورهای اروپایی شیوع دارد (Alexander and Swain, 2010). دو گونه *Phytophthora* از ریشه و طوقه پوسیده درخت بلوط در ایران گزارش شده است (ارشاد، ۱۳۸۸).

مدیریت : حذف درختان خشکیده به‌منظور عدم سرایت بیماری به سایر درختان، بانکت‌بندی اراضی شیب‌دار برای مهار آب‌های روان پیش از کاشت نهال‌های درختان حساس برای پیشگیری از گسترش بیماری موثر است (Alexander and Swain, 2010). پاشیدن سم دانه‌ای متالاکسیل (ریدومیل) به پای درختان بیمار و در سایه‌انداز آن‌ها به میزان ۵ گرم برای هر مترمربع پیش از بارندگی و یا آبیاری آن‌ها پس از پاشیدن سم را می‌توان برای درمان درختان بیمار آزمود.

سفیدک پودری

پودر سفیدرنگی روی سطح برگ‌ها و جوانه‌های شاخه‌های جوان ظاهر می‌شود، که می‌تواند به زرد شدن و خشکیدگی آن‌ها بیانجامد. بیماری در آب و هوای خشک هم شیوع می‌یابد، ولی بارندگی یا رطوبت نسبی زیاد برای ایجاد آلودگی جدید لازم است و بر شدت آن می‌افزایند. با وجود این‌که بیماری درخت را ازبین نمی‌برد، اما رشد رویشی و میزان میوه آن کاهش می‌یابد.

بیمارگرها : قارچ‌های *Erysiphe alphitoides* Braun and Takamatsu var. *alphitoides*، *Phyllactinia guttata* (Wallr. Fr.)، *Leveillula taurica* (Lev.) Arnaud و *Sawadaea tulasnei* (Fuck.) Homma از روی گونه‌های *Quercus* در ایران و جهان گزارش شده‌اند (سپه‌وند و همکاران ۱۳۹۳).

مناطق انتشار: این بیماری در جنگل‌های بلوط در غرب و شمال ایران، سایرکشورهای آسیایی، اروپایی و آمریکای شمالی شایع است (سپه‌وند و همکاران، ۱۳۹۳).

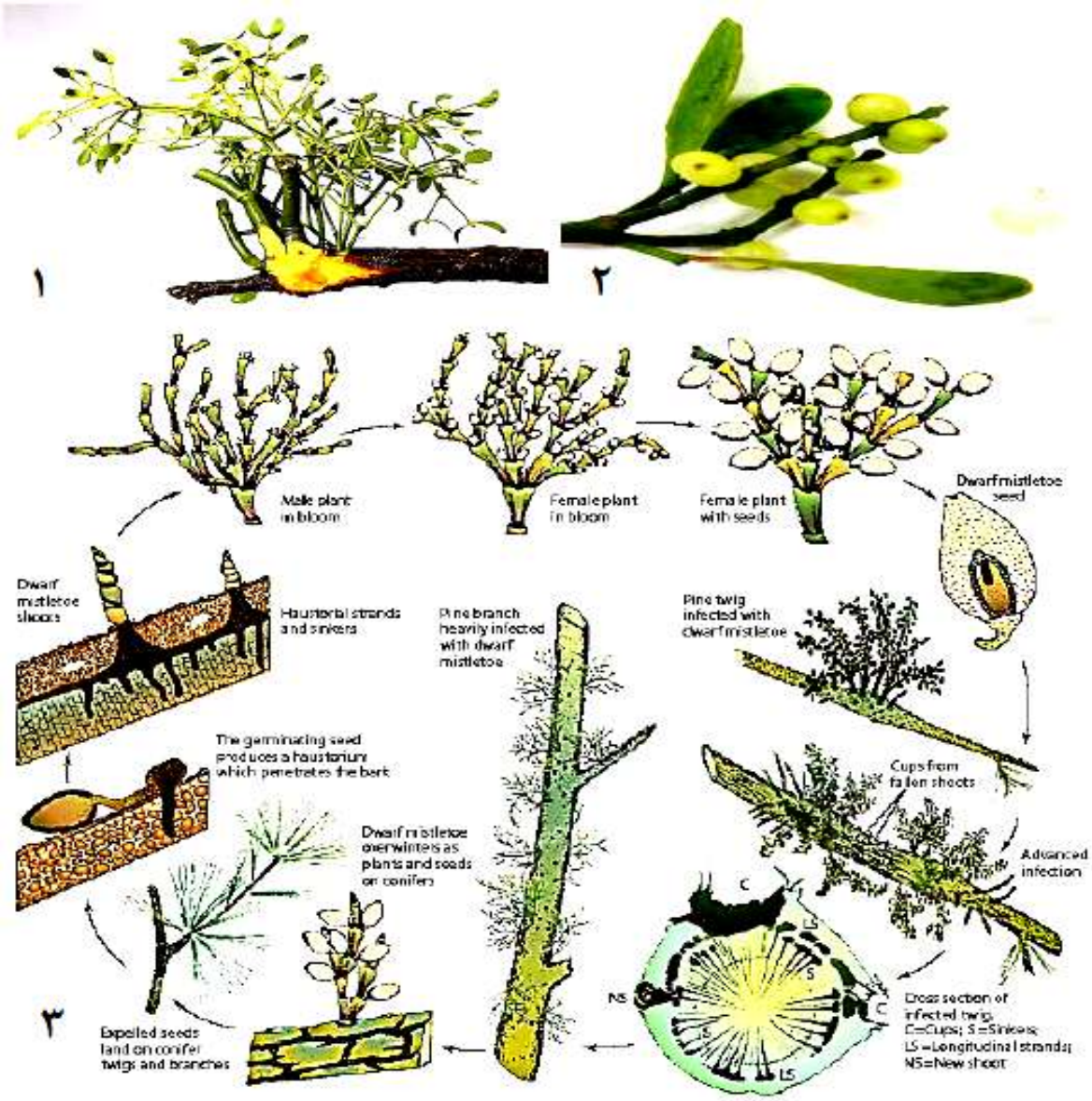
مدیریت : معمولاً این بیماری منجر به خشکیدگی کامل درختان بلوط نمی‌شود، ولی ضمن کاهش رشد رویشی و میزان محصول آن‌ها سبب افزایش حساسیت درختان بیمار به سایر بیماری‌ها و آفت‌ها و سرانجام زوال بلوط می‌شود. در صورت آلودگی شدید درختان به بیماری می‌توان تاثیر قارچ‌کش‌های تری‌دیمورف (کالکسین) و یا استروبیلورینی را در کاهش شدت بیماری در نهالستان‌ها و یا درختان جوان آزمود.

داروواش

داروواش (*Loranthus europaeus* Jacq, *Loranthus grewinkii* Boiss. and Buhse., *Viscum album* L.) یک گیاه نیمه انگل همیشه‌سبز است که برگ دارد و می‌تواند قسمتی از مواد غذایی خود را تولید کند. داروواش در فارسی و گیلکی به معنی «علف درخت» است و به آن «موخور» نیز گفته می‌شود. این گیاه روی درختان بلوط، نارون، شاه‌بلوط، کاج و تعدادی از درختان میوه مانند سیب و گلابی است و در جنگلهای استانهای همدان، کرمانشاه، ایلام، لرستان، مرکزی، کهگیلویه و بویراحمد، فارس و استانهای شمالی کشور شیوع دارد (بهداد، ۱۳۶۶؛ بختیاریان و همکاران، ۱۳۹۷؛ رستمی و شیخی، ۱۳۹۵). میوه‌های داروش به صورت دسته‌ای به رنگ سفید مایل به زرد و به اندازه نخود با گوشتی چسبناک و دانه‌ای کوچک می‌باشند که بسیار مورد علاقه پرندگان هستند. بذر این گیاه که در مدفوع پرندگانی که قبلاً از میوه این گیاه تغذیه کرده‌اند روی درختان می‌نشیند و جوانه می‌زند و رشد می‌کند. مکینه‌های آن درون شاخه درخت فرو رفته، شیره گیاه را جذب میکند و موجب خشکیدگی شاخه درخت می‌شود. این گیاه دارای گل‌های زیبایی است که حتی بعضی مواقع به خاطر گل‌های زیبای آن، آن را از بین نمی‌برند و اجازه رشد آن را روی درخت می‌دهند. بوته‌های این انگل همیشه سبز روی شاخه‌های درختان بیمار در زمستان به خوبی قابل تشخیص هستند (شکل‌های ۳-۱) و تا ۲۰۰ بوته روی یک درخت دیده شده‌اند (Agrios, 2005).

مدیریت: هرس و از بین بردن شاخه‌های آلوده در پاییز یا زمستان از فاصله حداقل ۵۰ سانتی‌متری پایین‌تر از محل رشد بوته داروواش.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA
We Respect the Science



شکل‌های ۳-۱- گیاه نیمه انگل همیشه‌سبز داروا‌ش (Mistletoe): ۱- بوته داروا‌ش که تا مغز چوب شاخه درخت میزبان نفوذ کرده است، ۲- میوه‌های داروا‌ش و دانه آن، ۳- چرخه بیماریزایی داروا‌ش (Agrios, 2005).

منابع

ارشاد ج. (۱۳۸۸). قارچ‌های ایران. موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران، ایران، ۵۳۱ ص.

بختیاریان، م.، صیاد، ا.، پوررضا، م. و غلامی، ش. (۱۳۹۷). اثر جهت بر حضور داروا‌ش در تاج درختان بلوط در جنگل بابایادگار. نهمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار،تهران، https://civilica.com/doc/822613

بهداد، ۱. (۱۳۶۶). آفات و بیماریهای درختان و درختچه‌های جنگلی و گیاهان زینتی ایران. چاپ نشاط اصفهان، ۸۲۴ ص.

رستمی، ع.، و شیخی ز. (۱۳۹۵). اثر آلودگی به *Loranthus europaeus* Jacq. روی برخی ویژگی‌های کمی و جذب عناصر غذایی در درختان بلوط ایرانی (مطالعه موردی: منطقه بانکول در استان ایلام). بوم‌شناسی جنگل‌های ایران ۴ (۷)،۸-۱.

توکلی، م. و پیروزی، ف. (۱۳۹۰). بررسی مقدماتی علل خشکیدگی بلوط در جنگل‌های منطقه بلوران کوهدشت. همایش ملی جنگل‌های زاگرس مرکزی، جهاد دانشگاهی، لرستان، آذر ۱۳۹۰، ص ۲.

ثابتی، ح. (۱۳۷۳). جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران. دانشگاه یزد، ۲۲۵ ص.

سپه‌وند، ک.، درویش‌نیا، م.، و بازگیر، ع. (۱۳۹۳). شناسایی قارچ‌های *Erysiphaceae* در گروهی از درختان و درختچه‌های جنگلی استان لرستان. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران ۱۲: ۱۲۱-۱۰۷.

کرمی، ج.، کاوسی، م.، و رحمانی، ر. پ. (۱۳۹۲). ارزیابی علائم و نشانه‌های بیماری ذغالی بلوط با عاملیت قارچ *Biscogniauxia mediterranea* و عوامل مؤثر آن بر شیوع و مدیریت. مقالات دومین همایش ملی دانشجویی علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ۱۸ -۱۷ اردیبهشت، ۱۳: ۴۵-۳۴.

قاسمی اسفهلان، س.، ارزنلو، م.، و بابای اهری، ا. (۱۳۹۵). ردیابی گونه *Biscogniauxia mediterranea*، عامل بیماری پوسیدگی ذغالی بلوط از جنگل‌های ارسباران و ارزیابی بیماری زایی آن روی بلوط در شرایط گلخانه. بیماریهای گیاهی، ۵۲ (۲)، ۲۱۷-۲۳۰.

میرابوالفتحی، م. (۱۳۹۲). شیوع بیماری ذغالی درختان بلوط و آزاد در جنگل‌های البرز و زاگرس. بیماری‌های گیاهی ۴۹، ۲۶۳-۲۵۷.

Agrios, G.N. (2005). Plant Pathology. Elsevier Academic Press, USA, 922pp.

Alexander, J. M. and Swain, S. V. (2010). Sudden Oak death. University of California Agriculture and Natural Resources Program. Davis, CA 95616, 1-8.

Hosseini, A., Moayeri, M. H. and Haidari, H. (2008). Effect of site elevation on natural regeneration and other characteristics of oak (*Quercus brantii*) in the Hyanan's Forest, Ilam. Journal of Agriculture Science Natural Resources 15, 27–42.

Jurc, D. and Ogris, N. (2005). First reported outbreak of charcoal disease caused by *Biscogniauxia mediterranea* on Turkey oak in Slovenia. Plant Pathology 55, 299-299.

Karami, J., Kavosi, M. R., Babanezhad, M. and Kiapasha, K. (2017). Integrated management of the charcoal disease by silviculture, chemical and biological methods in forest parks. Journal of Sustainable Forestry https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1416642.

Martin, J., Cabezas, J., Buyolo, T. and Paton, D. (2005). The relationship between *Cerambyx* spp. damage and subsequent *Biscogniauxia mediterranum* infection on *Quercus suber* forests. Forest Ecology and Management, 216,166-174.

Marvie, M. (2005). Silviculture. University of Tehran Press, Tehran 387p.

Parvaneh, B. and Valipour, M. (2012). Investigation on Effects of Climatic Variables on Zagros Oak *Q. Brantii* lindl Tree Rings: A Case Study of Shurab Park (Western Iran). World Applied Sciences Journal, 17:626- 630

Rostamian, M., Kavosi, M. R., Bazgir, E. and Babanezhad, M. (2017). Charcoal disease (*Biscogniauxia mediterranea*) control using biological and chemical compounds in vitro. Imperial Journal of Interdisciplinary Research 3(4), 1960-1968.

Werres, S., Marwitz, R., Veld, W., Cock, A., Bonants, P. J. M., Weerdt, M. D., Themann, K., Ilieva, E. and Baayen, R. P. (2001). *Phytophthora ramorum* sp. nov., a new pathogen on Rhododendron and Viburnum. Mycological Research 105, 1155-1165.

Diseases of oak trees in Iranian forests

M. Sadravi*

- Associate Prof., Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.

Abstract

Oak trees cover the Zagros Mountains in the west and some areas in the north of Iran. Oak fruit is used to prepare a variety of bread, food, and animal feed in winter, and its dry wood is used to produce energy and heat in these areas. The epidemics of charcoal rot sudden death, powdery mildew diseases, and mistletoe have caused extensive decline of these trees in the forests of Iran in the last few decades. The symptoms of these diseases, the characteristics of the pathogens, their mode of spread, and strategies for protecting oak trees against these diseases are described in this article .

Keywords: Charcoal rot, Sudden death, Powdery mildew, Mistletoe.

*Corresponding author Tel: +987431006261 Email: msadravi@yu.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

شناسایی، پهنه‌بندی و کنترل بیماری‌های قارچی و داروواش در جنگل‌های پارک ملی گلستان

محمدرضا کاوسی[۱*]، وحیده پیام نور[۱] و جهانگیر محمدی[۱]

۱- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

چکیده

بیماری‌ها از مهم‌ترین عوامل آشفتگی و خسارت به رویشگاه‌ها و زیستگاه در جنگل هستند. برای حفاظت از جنگل‌ها، پارک‌ها و مناطق حفاظت‌شده شناخت کافی از وضعیت رویشگاه و عوامل آسیب‌رسان، سلامت درختان، شدت و سطح خسارت و عوامل تأثیرگذار ضروری است. در سالیان اخیر بیماری‌های قارچی و گیاه نیمه انگل داروواش (*Viscum album*) به جنگل‌های استان گلستان به‌ویژه پارک ملی گلستان خسارت زده است. تحقیق فوق با هدف شناسایی مهم‌ترین بیماری‌های قارچی و گیاهان نیمه انگل و انجام روش‌های اجرایی کنترل آن‌ها در پارک ملی گلستان انجام شد. برداشت داده‌ها در ۵۴۵ قطعه نمونه که به‌طور تصادفی در فاصله ۱۰۰۰ متر از هم به روش یک‌چهارم نقطه مرکزی در مساحت ۹۰۱۹۳ هکتار پارک ملی گلستان انجام شد. در قطعات نمونه مختصات جغرافیایی، نوع میزبان، رتبه و محل خسارت، نوع بیماری و گیاه نیمه انگل ثبت شد. وضعیت درختان از نظر آلودگی به ۵ رتبه، شامل؛ رتبه ۱ (بیش از ۶۰ درصد آلودگی)، رتبه ۲ (۳۱-۵۹ درصد)، رتبه ۳ (۵-۳۰ درصد)، رتبه ۴ (کمتر از ۵ درصد) و رتبه ۵ (خشک یا مرده) تقسیم‌بندی گردید. در این تحقیق پس از کشت و جداسازی در آزمایشگاه ۱۹ گونه قارچ شناسایی گردید که ۳ جنس مهم (*Ophistoma* sp., *Biscogniauxia* sp., *Cytospora* sp.,) به ترتیب بیماری‌های زغالی، فتیله نارنجی و آفیوستوما به درختان بلندمازو، آزاد، کچف، ممرز، آزاد، ملچ و اوجا را بیمار و خسارت زده‌اند. در نقشه پهنه‌بندی تهیه شده عوامل بیماری‌زای جنگل در پارک ملی گلستان. ۶۵/۸ درصد از درختان منطقه سالم و ۳۴/۲ درصد بقیه مبتلابه بیمار و خشک شده‌اند. در این منطقه به ترتیب مساحت، رتبه ۴ (سالم) ۵۹۳۴۹ هکتار، رتبه ۳ (بیماری متوسط) ۲۴۷۷۱ هکتار، رتبه ۵ (مرده) با ۳۲۳۲ هکتار، رتبه ۲ (کانون نیمه بحرانی) با مساحت ۲۷۶۹ هکتار و رتبه ۱(کانون بحرانی) با ۷۲ هکتار از سطح منطقه را تشکیل می‌دهند. همچنین در نقشه پهنه‌بندی گیاه نیمه انگل داروواش در پارک ملی گلستان مشخص گردید که از نظر میزان سطح آلودگی درختان به ترتیب: رتبه ۴ (پهنه سبز) با ۵۸۲۹۱ هکتار، رتبه ۳ به مساحت ۱۵۴۰۹ هکتار، رتبه ۲ به مساحت ۱۳۴۷۷ هکتار، رتبه ۱ به مساحت ۲۴۵۹ هکتار و رتبه ۵ با مساحت ۵۵۷ هکتار را به خود اختصاص داده‌اند. در مجموع ۶۴/۶۲ درصد از درختان منطقه سالم و ۳۵/۳۸ درصد بقیه درختان آلوده و خشک هستند. با توجه به خسارت عوامل فوق به درختان، در صورت عدم کنترل، موجب تخریب رویشگاه‌ها و زیستگاه‌ها و آثار نامطلوبی را بر روی حیات‌وحش به‌ویژه گونه‌های شاخص و در معرض تهدید خواهد گذاشت. بنابراین مدیریت بیماری‌های قارچی و داروواش در پارک ملی گلستان جهت حفظ و پایداری اکوسیستم و زیستگاه‌ها با استفاده از روش‌های بهداشتی، مکانیکی، فیزیکی، بیولوژیک و مدیریت تلفیقی همراه با احیاء مناطق خسارت‌دیده با کاشت بذور و نهال‌های بومی و مقاوم با توجه به شرایط رویشگاه، میزبان و نوع بیماری انجام شده است.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۳۷۳۵۸۱۱ ایمیل: kavousi@gau.ac.ir

واژگان کلیدی: استان گلستان، بیماری قارچی، پارک ملی گلستان، پهنه‌بندی، داروا‌ش، رتبه بیماری.

مقدمه

تغییرات آب و هوایی جهان، افزایش درجه حرارت سبب تشدید حوادثی مانند سیل، خشک‌سالی، شیوع آفات و بیماری‌ها در جنگل شده است. در دهه اخیر شیوع آفات و بیماری‌های درختان جنگلی تهدیدی برای اکوسیستم‌های جنگلی در سرتاسر جهان هستند که اغلب سبب اختلال در عملکرد و اثرات منفی بر تنوع زیستی، بهره‌وری، چرخه مواد غذایی خواهند شد (Condeso and Meentemeyer, 2007). عوامل مختلفی در تخریب عرصه‌های جنگلی و رویشگاهی در مناطق مختلف کشور نقش دارند، در سال‌های اخیر برخی از بیماری‌ها در جنگل‌های استان گلستان، به‌ویژه در پارک ملی گلستان شیوع یافته و خسارت زیادی را به درختان و درختچه‌ها وارد کرده است. پارک‌های ملی و مناطق حفاظت‌شده یکی از مهم‌ترین میراث طبیعی هر کشور می‌باشد و مناطق فوق بیانگر طیف گسترده‌ای از اکوسیستم‌های طبیعی با تنوع عظیمی از گیاهان و جانوران، انواع زیستگاه‌ها، سیمای منحصربه‌فرد از عوارض زمینی، اجتماعات گیاهی و چشم‌اندازها در گستره‌ای وسیع هستند. بعضی از بیماری‌های مهم در عرصه‌های جنگلی می‌توانند درختان را در معرض تهدید جدی قرار دهد و موجب کاهش رویش سالیانه، کاهش ارزش اقتصادی و حتی مرگ درختان شوند. علاوه بر موارد فوق، بیماری‌ها سبب از بین رفتن میوه و بذر درختان شده و می‌توانند در زادآوری طبیعی رستنی‌های جنگل اختلال ایجاد اختلال کنند. یکی از مهم‌ترین ارکان حفاظت و حمایت از جنگل جلوگیری به‌موقع از گسترش و طغیان بیماری‌ها می‌باشد که بایستی همواره با سایر عملیات مراقبتی و حمایتی جنگل به مرحله اجرا درآید. شناخت کامل وضعیت منطقه از نظر میزان آلودگی به بیماری‌ها برای به حداقل رساندن این تهدیدها باید تحلیل مکانی دقیقی از کانون بیماری‌ها در هر منطقه صورت گیرد. بعد از شناخت کامل از فرایندهای زمانی و مکانی، می‌بایست استراتژی‌های حفاظتی برای هر منطقه طراحی شود. لازمه این طراحی توانایی در پیش‌بینی، تحلیل مکانی و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر بیماری‌های خسارت‌زا است؛ بنابراین از طریق تهیه نقشه و پهنه‌بندی خطر می‌توان با مدیریت صحیح نقاط بحرانی و نیمه بحرانی خسارات ناشی از بیماری‌ها را به حداقل رساند. لازمه شناسایی مناطق و کانون‌های آلوده، مشخص کردن عوامل مؤثر بر حضور و گسترش بیماری‌ها در این مناطق است. این عوامل عبارتند از: نوع گونه، شرایط توپوگرافی، شرایط آب و هوایی و عوامل انسانی که رابطه‌ای بین این عوامل و میزان ایجاد و انتشار بیماری‌ها وجود دارد. برای این منظور نیاز است، نقاط و کانون‌های آلوده ثبت و این نقاط را با لایه‌های مربوط به عوامل اثرگذار روی بیماری‌ها تطبیق و تحلیل‌های فراوانی آن‌ها را در هر یک از عوامل و در شرایط مختلف انجام داد. با ملاحظه نقاط میزان فراوانی یا پهنه‌های آلودگی در محدوده عوامل مختلف می‌توان ارتباط بین این عوامل را با حضور بیماری‌ها به دست آورد. هدف از این تحقیق پهنه‌بندی و تهیه نقشه آلودگی بیماری‌های خسارت‌زا به درختان و درختچه‌ها در پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت‌شده جهان‌نما در جنگل‌های شمال کشور، با کمک گرفتن از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه و تعیین کانون‌های بحرانی و نیمه بحرانی بیماری‌های خسارت‌زا می‌باشد. شناسایی مهم‌ترین بیماری خسارت‌زا و استفاده از اطلاعات موجود و پهنه‌بندی مناطق آلوده بحرانی و نیمه بحرانی و پراکنش مکانی آن‌ها جهت ارائه راهکارهای اجرایی در حفاظت مناطق فوق نقش اساسی در پیشگیری و کنترل بیماری‌ها را دارد.

مواد و روش‌ها

پارک ملی گلستان در شمال شرقی ایران و شرق استان گلستان قرارگرفته است. این منطقه در حدفاصل ″۴۴ ′۱۶ °۳۷ تا ″۳۵ ′۳۱ °۳۷ عرض شمالی و ″۲۵ ′۴۳ °۵۵ تا ″۴۸ ′۱۷ °۵۶ طول شرقی قرار دارد. این پارک با مساحتی برابر با ۹۰۱۹۳ هکتار در استان‌های گلستان، خراسان شمالی و سمنان و در منتهی‌الیه شرقی جنگل‌های هیرکانی قرار دارد. پارک ملی گلستان منطقه‌ای کوهستانی با دامنه ارتفاعی ۴۰۰ تا ۲۴۱۱ متر از سطح دریا است (آخانی، ۱۳۸۳). پارک ملی گلستان به‌عنوان یک ذخیره‌گاه ارزشمند ژنتیکی و تنوع زیستی در ایران از سال ۱۳۳۶ تحت حفاظت قرارگرفته و در سال ۱۳۵۴ به‌عنوان یکی از ذخایر زیست‌کره جهانی در فهرست یونسکو به ثبت رسیده است. بارندگی متوسط سالیانه در شرق و غرب منطقه به ترتیب ۱۵۰ و ۷۰۰ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه نیز بین ۱۱/۵ و ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد و دارای اقلیم‌های نیمه مرطوب تا مرطوب معتدل و از تنوع زیستی بسیار زیادی برخوردار است. درجه حرارت آن از ۲۵- درجه تا ۳۵+ درجه سانتی‌گراد برحسب ماه‌های مختلف متفاوت است. شرایط اقلیمی، توپوگرافی و ادافیکی پارک موجب به وجود آمدن زیستگاه‌های مناسبی را برای رویش رستنی‌های متنوع و زیست جانوران گوناگون مانند مرال در نواحی استپی نیز حیوانات مختلفی مانند آهو، قوچ و میش، کل و بز و یوزپلنگ را فراهم کرده است. در این منطقه تاکنون ۱۳۴۰ گونه گیاه آوندی متعلق به ۱۱۰ تیره و ۵۶۱ جنس، شناخته‌شده و به ثبت رسیده است که ۱۹ درصد گونه‌ها، ۴۵ درصد جنس‌ها و ۶۹ درصد تیره‌های گیاهی ایران را در خود جای داده است (مظفریان ۱۳۹۶؛ حسینی و همکاران، ۱۳۸۷). علاوه بر تنوع زیستی بی‌نظیر دارای چند تیپ اقلیم از جمله مرطوب و نیمه مرطوب، مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک می‌باشد. مهم‌ترین درختان و درختچه‌های پارک ملی گلستان عبارت‌اند از: بلندمازو، اوری، آزاد، ممرز، کچف، سفید پلت، توسکا، انواع افرا (افرا پلت، شیردار، کرکو و افرا شبه چناری)، ملج، اوجا، نمدار، بارانک، انجیلی، داغداغان، گردو، ون، بید، بیدمشک، سیب وحشی، گلابی وحشی، ولیک، گوجه جنگلی، تنگرس، ال، افدرا، نسترن وحشی، یاسمن وحشی، سیاه تلو، گز، زرشک، شیرخشت، خاس، پیرو، ارس، مای مرز، گون هستند. گستره تنوع و غنای این پارک در سطحی است که اطلاعات کنونی به‌هیچ وجه اجازه معرفی درخور آن را نمی‌دهد (آخانی، ۱۳۸۳؛ کاوسی ۱۳۹۹). تنوع غنی پوشش گیاهی و اقلیمی در پارک ملی گلستان سبب به وجود آمدن زیستگاه‌های متنوع و غنی‌شده که این مهم خود سبب زیست جانوران بی‌شماری از مهره‌داران، مانند پستانداران، پرندگان، دوزیستان و خزندگان و بی مهرگانی مانند انواع حشرات و نرم‌تنان ودوکفه ای‌ها و... شده است. در پارک ملی گلستان ۶۹ گونه پستاندار وابسته به ۶ راسته و ۲۱ خانواده و ۵۰ جنس وجود دارد که از این تعداد از راسته حشره خوران ۳ گونه خارپشت و ۶ گونه حشره‌خوار و از راسته‌ی خفاش‌ها ۱۸ گونه، راسته‌ی خرگوشان ۲ گونه شناسایی‌شده است. تاکنون ۱۴۹ گونه پرنده متعلق به ۱۵ راسته، ۴۲ خانواده و ۸۹ جنس شناسایی‌شده است که از این تعداد ۲۶ گونه پرنده شکاری از جمله با ارزش‌ترین فون پرندگان پارک محسوب می‌شوند که برخی از آن‌ها مانند؛ عقاب طلایی، عقاب شاهی، بالابان، شاهین و هما از پرندگان در خطر انقراض محسوب می‌شوند. جوندگان ۱۸ گونه، راسته گوشت‌خواران ۱۶ گونه و راسته‌ی زوج سمان ۶ گونه وجود دارد (سپهوند و همکاران، ۱۴۰۱). در این تحقیق جهت انتخاب قطعات نمونه و برداشت داده‌ها از روش یک‌چهارم نقطه مرکزی (PCQ[1]) استفاده گردید و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، ترانسکت‌هایی با فاصله ۱۰۰۰ متر از هم در امتداد شمال- جنوب منطقه روی نقشه رقومی ترسیم گردید و مرکز گره‌ها به‌صورت منظم - تصادفی بافاصله حداقل ۱۰۰۰ متر در طول ترانسکت‌ها مشخص شد. محل دقیق گره‌ها با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) در عرصه

1- Point Centered Quarter

شخص و با هدف حذف اثرات حاشیه‌ای، گره‌هایی که حداقل ۱۰۰ متر از مرز جنگل فاصله داشتند، انتخاب شدند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۴). برای انتخاب درختان، خطی فرضی عمود بر ترانسکت در مرکز گره رسم گردید تا مرکز گره را قطع نماید سپس در هر ربع، نزدیک‌ترین درخت تا مرکز گره انتخاب شد. بعد از انتخاب مکان پلات‌ها، موقعیت جغرافیایی مرکز پلات به‌طور دقیق ثبت شد. سپس در هرکدام از مرکز پلات‌ها فاصله درختان بیمار و افت زده با قطر بیش از ۷/۵ سانتی‌متر در هر چهار جهت جغرافیایی از مرکز پلات براساس روش یک‌چهارم نقطه مرکزی، آزیموت درختان نسبت به مرکز پلات، نوع میزبان، محل خسارت، درصد خشکیدگی تنه و تاج و رتبه خسارت درختان و درختچه‌ها به بی‌مارها، تیپ بیماری، گیاهان نیمه انگل همچنین ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، جهت جغرافیایی هر پلات ثبت گردید. شادابی و وضعیت سلامت درختان به ۵ رتبه و گروه (رتبه ۱: کانون قرمز با بیش از ۶۰ درصد آلودگی درختان، رتبه ۲: کانون نارنجی شدت خسارت بین ۳۱ تا ۵۹ درصد، رتبه ۳: پهنه زرد با شدت خسارت ۵ تا ۳۰ درصد، رتبه ۴: پهنه سبز با کمتر از ۴ درصد خسارت بیمارها و رتبه ۵: درختان مرده و خشک‌شده) تقسیم گردید. در این تحقیق بیش ۵۴۵ قطعه‌نمونه در پارک ملی گلستان انتخاب و پیاده شد. سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند نقاط و کانون‌های آلوده برداشت‌شده توسط GPS که خود بخشی از سیستم اطلاعات جغرافیایی در جمع‌آوری داده‌های موردنیاز برای یک سیستم GIS است و به‌صورت یک لایه اطلاعاتی رقومی درآمده را با لایه‌های عوامل مؤثر بر بیماری‌ها تلفیق و رابطه مکانی موجود بین این عوامل با بیماری‌ها را تحلیل نماید. در پهنه‌بندی مناطق آلوده به داروا‌ش و بیماری‌ها، ضروری است ابتدا لایه‌های مؤثر بر حضور بیماری‌ها باهم ترکیب شود تا نقشه پهنه‌بندی تهیه گردد. ترکیب این لایه‌ها می‌تواند به‌صورت ترکیب خطی (بدون در نظر گرفتن وزن متفاوت برای لایه‌ها) و یا به‌صورت ترکیب وزنی (با در نظر گرفتن وزن هر لایه با توجه به میزان سهم و اثر آن عامل در حضور بیماری‌ها در هر منطقه) انجام شود که معمولاً در بسیاری از تحقیقات، از روش ترکیب وزنی استفاده می‌نمایند؛ بنابراین سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به‌طور موثری عوامل مؤثر بر بیماری‌ها را باهم ترکیب کند و پهنه‌های آلودگی بیماری‌ها را بر روی نقشه حدودبندی نماید.

روشی که در این تحقیق برای پهنه‌بندی بیماری‌ها و گیاهان نیمه انگل در جنگل مورد استفاده قرارگرفته است، روش درون‌یابی معکوس فاصله می‌باشد. این روش براساس درون‌یابی کل صفحه با توجه به مقادیر معلوم و فواصل آن‌ها از نقاط مجهول است (رابطه ۱). بدین‌صورت که چنانچه نقاط معلوم xi و یک نقطه مجهول x فرض گردد مقدار عددی نقطه مجهول x با توجه به مقادیر عددی نقاط معلوم xi و فاصله اقلیدسی بین نقاط معلوم و مجهول (|x-xi|) از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$f(x) = \frac{\sum w_i(x) y_i}{\sum w_i(x)} \qquad \text{رابطه ۱}$$

$$w_i(x) = \left(\frac{1}{|x - x_i|}\right)^p \qquad \text{رابطه ۲}$$

برای برآورد مقدار عددی یک نقطه مجهول در این روش معمولاً از مقادیر عددی ۱۱ نقطه معلوم مجاور استفاده می‌شود. استفاده از تعداد نقاط بیشتر ممکن است برآورد نقطه مجهول را تحت تأثیر نقاط دور قرار دهد که در نتیجه بر مطلوبیت نتایج تأثیر منفی گذارد. در این روش علاوه بر مقدار عددی نقاط معلوم مجاور فاصله نقاط معلوم از نقطه مجهول نقش زیادی دارد به بیان‌دیگر پیکسل‌های نزدیک به نقاط معلوم اثر بیشتری نسبت به پیکسل‌های دورتر از این نقاط می‌گیرند. میزان تأثیر فاصله در مقدار عددی نقاط مورد محاسبه به مقدار توان معکوس فاصله یعنی p وابسته است. در این روش به‌طور معمول p بین ۱ تا ۵ برای عکس فاصله در نظر گرفته می‌شود، ولی اغلب از توان ۲ استفاده می‌شود، یعنی عکس مجذور

فاصله که ما نیز از توان ۲ استفاده نموده‌ایم. رابطه کلی درون‌یابی صفحه‌ای به روش IDW[1] به‌صورت زیر است:

$$f(x)=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{|x-x_i|^{P}}\Big/\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{|x-x_i|^{P}}$$

P=2 ، I=1,2,….,11 که در آن f(x) مقدار تعریف‌شده است برای نقطه مجهول x ، Yi مقدار عددی نقطه xi ، Xi نقاط معلوم مجاور نقطه مجهول x ، I تعداد نقاط معلوم مجاور نقطه x، Wi(x) وزن اختصاص داده شده به هریک نقاط معلوم xi متناسب بافاصله آن‌ها از نقطه x ، $|x-x_i|$ فاصله اقلیدسی نقطه x تا نقطه xi ، P مقدار توان عکس فاصله

بحث و نتیجه‌گیری

در پارک ملی گلستان براساس تحقیقات انجام شده و مشخص شدن بیماری‌ها، میزان و رتبه آلودگی و تهیه نقشه پهنه‌بندی عوامل خسارت‌زا باید برای پیشگیری از بیمار شدن درختان سالم از ایجاد تنش به درختان اجتناب و به آن‌ها کمک کرد تا توان خود را برای مقابله طبیعی با این بیماری‌ها پیدا کنند. اگر درخت تحت تأثیر تنش قرار گیرد، باید قبل از این‌که بیماری کاملاً به آن سرایت نماید، اقدامات پیشگیرانه برای احیای آن انجام شود (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۱). بعد از بررسی نمونه‌ها در عرصه و آزمایشگاه، کشت و جداسازی آن‌ها در آزمایشگاه آسیب‌شناسی جنگل در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، تعداد ۱۹ گونه قارچ شناسایی گردید (جدول ۱).

جدول ۱- قارچ‌های شناسایی‌شده منطقه حفاظت‌شده جهان‌نما و پارک ملی گلستان

ردیف	نوع قارچ	میزبان	بیماری	محل خسارت
۱	*Biscogniauxia mediterranea*	بلندمازو، اوری، آزاد	زغالی	تنه، شاخه
۲	*Cytospora decipiens* (*Anthostoma decipiens*)	ممرز، کچف و لور	فتیله نارنجی	تنه، شاخه
۳	*Ophistoma ulmi*	ملج، اوجا، آزاد	آفیوستومایی	تنه، شاخه و برگ
۴	*Ophiostoma novo-ulmi*			
۵	*Rhytisma acerinum*	افرا	لکه قیری	برگ
۶	*Phyllactinia guttata*	کچف، لور	لکه برگی	برگ
۷	*Cercospora cerasella*	گیلاس وحشی		
۸	*Phyllosticta maculiformis*	زبان‌گنجشک		
۹	*Microdiplodia fraxini*			
۱۰	*Cercospora fraxini*			
۱۱	*Diplodia fraxini*			
۱۲	*Gloeosporium robergei*	شیردار		
۱۳	*Phyllosticta acericola*			
۱۴	*Phyllosticta acericola*	افرا پلت		
۱۵	*Gloeosporium robergei*			
۱۶	*Cercospora microspora*	نمدار		

1- Inverse distance weighting

۱۷	*Hyllosticta ilicicola*	بلندمازو		
۱۸	*Microsphaera alphitoides*	افرا پلت	سفیدک پودری	برگ
۱۹	*Armillaria mellea*	بلندمازو	پوسیدگی	ریشه

بیماری زغالی بلندمازو

قارچ عامل بیماری زغالی بلوط (*Biscogniauxia mediterranea*) با بیش از ۵۰ تاکسون دارای پراکندگی وسیعی در جهان است و براساس آخرین رده‌بندهای معتبر، قارچی از شاخه Ascomycota، رده Sordariomycetes، راسته Xylariales و خانواده Xylariaceae می‌باشد (بهداد، ۱۳۸۵). مهم‌ترین جنس‌های شناخته‌شده خانواده Xylariaceae شامل: *Xylaria*، *Daldinia*، *Hypoxylon*، *Rosellinia* و *Biscogniauxia* می‌باشند (Henriques et al., 2014). این بیماری در سال‌های اخیر موجب مرگ تعداد زیادی از درختان بلوط، آزاد، راش و بادام در جنگل‌های غرب و شمال ایران خصوصاً جنگل‌های استان گلستان شده است. علائم بیماری زغالی بلوط با توجه به نوع گونه، مقاومت میزبان، سن و شرایط رویشگاهی می‌تواند متفاوت باشد. قارچ عامل بیماری زغالی با استروماهای پهن یا فنجانی شکل قهوه‌ای، اسکوسپورهای بیضی‌شکل سیاه با شیارهای تندشی مشخص می‌گردد (کرمی و همکاران، ۱۳۹۴). این قارچ در جنگل‌های با آب‌وهوای مدیترانه‌ای و نیمه مدیترانه‌ای به علت ایجاد شانکرهای زغالی در درختان بلوط، به یکی از مشکلات اصلی جنگل‌های بلوط جهان مخصوصاً مناطقی که تغییرات آب و هوایی دارند. این گونه دارای زندگی اندوفیتی می‌باشد و از مهم‌ترین علائم این بیماری زخم‌ها روی تنه درخت با شیرابه سیاه‌رنگ، تغییر رنگ و خشک شدن برگ‌ها به‌صورت گروهی روی شاخه‌ها، خشک شدن شاخه‌های جوان و کوچک همراه با برگ در فصول رویش و کوچک و ضعیف شدن و قهوه‌ای شدن برون‌چوب می‌باشد. گونه‌های متعلق به جنس *Biscogniauxia*، به‌عنوان بیمارگر روی تعدادی از درختان نهان‌دانه، غالباً به‌عنوان پارازیت‌های ضعیف و فرصت‌طلب مطرح می‌شوند که روی گونه‌های میزبان ضعیف شده تحت استرس‌ها خصوصاً تنش خشکی ظاهر می‌گردند. در بررسی حاضر مشخص شد که این بیماری در جنگل‌های پارک ملی گلستان مناطق وسیعی را آلوده نموده و به درختان بلندمازو، اوری و آزاد را در مرحله رویشی مختلف خسارت شدی وارد کرده است (شکل ۱). این بیماری در کانون‌های آلوده در سایر کشورها علاوه بر بلوط موجب آلودگی درختان راش، افرا، ممرز، چنار و لاله درختی شده است ولی درختان بلوط نسبت به این بیماری حساس‌تر می‌باشند (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۱). از عوامل مهم انتشار و گسترش این بیماری می‌توان باد، باران، خاک، حشرات، پرندگان، حیوانات و انسان را نام برد. با توجه به اهمیت درختان بلوط و اوری در مناطق مورد مطالعه و شدت و سرعت خسارت قارچ عامل زغالی به درختان میزبان، تهیه نقشه پهنه‌بندی مناطق خسارت‌دیده، مدیریت و مبارزه با این عامل بیماری بسیار ضروری می‌باشد.



شکل ۲- خسارت بیماری زغالی در پارک ملی گلستان در شمال ایران

بیماری فتیله نارنجی درختان ممرز

جنس ممرز (*Carpinus betulus*) شامل ۳۵ گونه درختی خزان‌کننده است که به‌صورت بومی در نیمکره شمالی پراکنش دارد. این گونه دامنه وسیعی از شرایط مختلف نوری و خاکی را تحمل می‌کند و دارای دامنه اکولوژیک وسیعی است، اما نور کامل و خاک غنی و با زهکشی خوب شرایط بهینه برای رشد آن می‌باشد. گونه ممرز حدود ۴۳ درصد کل موجودی جنگل‌های تجارتی شمال ایران را به خود اختصاص می‌دهد و از نظر تعداد و حجم نخستین گونه جنگل‌های شمال ایران می‌باشد. در سال‌های اخیر بیماری سر خشکیدگی و شانکر سیتوسپورایی یکی از عوامل تهدیدکننده و زوال جمعیت درختان جنس ممرز در جنگل‌های شمال ایران شده است (ججوزاده، ۱۳۹۷). این بیماری توسط چندین گونه از جنس سیتوسپورا (*Cytospora*) ایجاد می‌شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۱). گزارش‌های متعددی از ایجاد خسارات این جنس بر روی گونه‌های مختلف مانند: گردو، هلو، توت، چنار، صنوبر و بید گزارش شده است (فتوحی فر، ۱۳۸۷). میرابوالفتحی و همکاران (۱۳۹۲) تلئومورف گونه *C. decipiens* (*Anthostoma decipiens*) را بر روی درختان ممرز در ایران شناسایی و گزارش کردند. این بیماری متأسفانه در سطح وسیعی از جنگل‌های پارک ملی گلستان به درختان ممرز وکچف خسارت وارد کرده است (شکل ۲).



شکل ۲- بیماری فتیله نارنجی به درختان ممرز در پارک ملی گلستان

بیماری آفیوستومایی

این بیماری نخستین بار در سال ۱۹۱۷ از فرانسه گزارش گردید و سپس در سرتاسر اروپا، بخش‌هایی از آسیا و بیشتر مناطق معتدل آمریکای شمالی انتشاریافته است. بیماری آفیوستومایی در ایران عمدتاً درختان خانواده Ulmaceae (ملج، اوجا، آزاد و داغداغان) هستند. در سال‌های اخیر این بیماری در جنگل‌های جلگه‌ای تا ارتفاعات شمال ایران گسترش یافته است که به درختان در مرحله رویشی مختلف خسارت زیادی وارد کرده است. بیماری آفیوستومایی (مرگ نارون) بسیار خطرناک است و می‌تواند شاخه‌ها و تمام درخت را در چند هفته تا چند سال پس از وقوع بیماری از بین ببرد (عراقی و همکاران، ۱۳۸۶). آفیوستوما در پارک ملی به درختان آزاد، ملج و اوجا خسارت شدیدی را وارد کرده است و کانونی آلودگی زیادی ایجاد کرده

است. علائم بیماری به‌صورت پژمردگی در فصل بهار رؤیت می‌شود. از مهم‌ترین علائم قابل مشاهده بیماری، پژمردگی برگ‌ها در نوک شاخه‌ها به رنگ زرد است که نوک آن‌ها به سمت بالا پیچ‌خورده و در نهایت قهوه‌ای می‌شوند و یا به‌سرعت خشک می‌شوند و درنهایت علائم نکروز برگی مشاهده می‌گردد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). از دیگر علائم بیماری، مشاهده خطوط قهوه‌ای ناپیوسته در محل آوندهای چوبی بهاره در زیر پوست شاخه‌های بیمار است. همچنین وجود سوراخ‌های ریز بر روی تنه، شاخه، محل انشعاب شاخه‌ها و سرشاخه‌های یک یا دوساله درختان بیمار که محل تغذیه سوسک‌های پوست خوار است. قارچ عامل بیماری آفیوستومایی (*Ophiostoma* sp.) متعلق به شاخه آسکومایکوتا، زیرشاخه پزیزومایکوتینا، رده سوردواریومیست، راسته آفیوستومال‌ها، خانواده افیوستوماسه می‌باشد. بیماری مرگ نارون در مناطق مورد مطالعه در اثر گونه مهاجم و جدید *Ophiostoma novo-ulmi* به وجود آمده است و سبب زوال شدید درختان اوجا و ملج به‌ویژه درختان آزاد (*Zelkova carpinifolia*) شده است (ایزدپناه و همکاران، ۱۳۸۹).

گیاه نیمه انگل داروواش

داروواش بانام علمی *Viscum album* از خانواده داروواش‌ها (Viscaceae) و از راسته Mistletoes می‌باشد. داروواش‌ها دارای طیف گسترده‌ای از میزبان‌ها بوده و محدوده پراکنش بسیار وسیعی در دنیا دارد به‌ویژه اروپا، آمریکا، آسیا از جمله ایران یافت می‌شوند (Varga and Ildikó, 2012). داروواش در ایران بیشتر بر روی درختان ممرز، کچف، انجیلی، ولیک، آزاد، ملج، اوجا، نمدار، افرا پلت، آلوچه، توسکا، سفیدپلت، جل و گاهی هم بید و صنوبر و گردو می‌روید (پیام‌نور و همکاران، ۱۳۹۷). داروواش‌ها گیاهان نیمه انگل و همیشه‌سبزند که برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته و ساقه‌هایی به قطر ۱ تا ۲ سانتی‌متر یا بیشتر دارند. ارتفاع داروواش از چند سانتی‌متر تا یک متر هم می‌رسد. گل‌های آن دوپایه و میوه آن سته سفیدرنگ و معمولاً تک‌دانه و چسبناک است (ایزدپناه و همکاران، ۱۳۸۹) بر روی شاخه‌های میزبان‌های درختی و درختچه‌ای زیست می‌کنند. فاقد ریشه حقیقی اند و از طریق اندام نفوذی و ریشه مانندی (مکینه یا هاستریوم) به شاخه‌ها و تاج زنده میزبان چسبیده و آب و مواد معدنی مورد نیاز خود را جهت انجام فرایندهای سنتزی خود را از این طریق جذب می‌کنند. در پارک ملی گلستان داروواش درختان ممرز، کچف، لور، ولیک، سیب وحشی، گلابی وحشی، کرکو و انجیلی را بیشتر از سایر درختان آلوده نموده و موجب ضعف فیزیولوژیک درختان فوق و در کانون‌های با آلودگی زیاد موجب خشک شدن درختان به‌ویژه درختان کچف و ولیک در سطح وسیع شده است (شکل ۳).



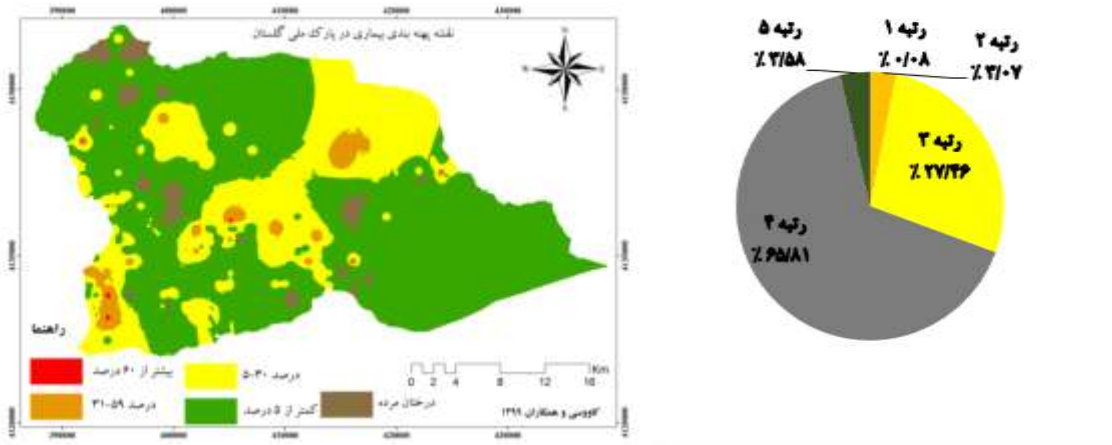
شکل ۳- آلودگی درخت کچف به گیاه نیمه انگل داروواش در پارک ملی گلستان

بحث و نتیجه‌گیری

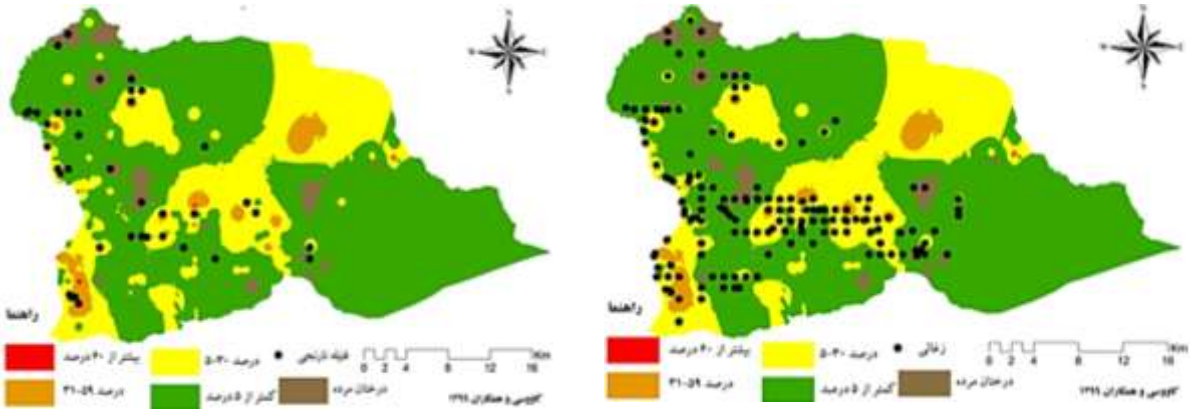
در نقشه پهنه‌بندی بیمارها و داراوش تهیه شده، سطوح آلودگی درختان و جنگل برحسب شدت خسارت میزبان به ۵ رتبه تقسیم‌بندی گردید. رتبه ۱ با بیش از ۶۰ درصد آلودگی (کانون بحرانی)، رتبه ۲ با ۳۱ تا ۵۹ درصد آلودگی (کانون نیمه بحرانی)، رتبه ۳ با ۵ تا ۳۰ درصد شدت آلودگی (شدت متوسط) و رتبه کمتر از ۵ درصد آلودگی درخت میزبان به رنگ سبز و درختان خشک سرپا که در اثر آلودگی شدید به بیماری خشک شده‌اند رتبه ۵ و به رنگ قهوه‌ای مشخص شدند.

پهنه‌بندی بیماری‌های درختان در پارک ملی گلستان

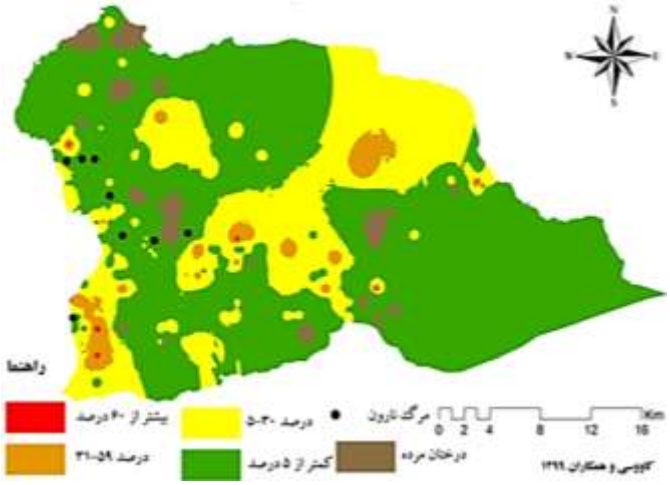
نقشه پهنه‌بندی بیماری در کل مساحت پارک ملی گلستان (۹۰۱۹۳ هکتار) نشان می‌دهد که از نظر رتبه و سطوح آلودگی به بیماری درختان در منطقه فوق به ترتیب رتبه ۴ (سبز) ۵۹۳۴۹ هکتار، رتبه ۳ (زرد) ۲۴۷۷۱ هکتار، رتبه ۵ (قهوه‌ای) ۳۲۳۲ هکتار، رتبه ۲ (نارنجی) با مساحت ۲۷۶۹ هکتار و رتبه ۱ (قرمز) با ۷۲ هکتار سطح جنگل منطقه را شامل می‌شوند (شکل ۴). با توجه به نقشه پراکنش تیپ بیماری زغالی در درختان بلندمازو، اوری و آزاد و تیپ فتیله نارنجی در درختان ممرز و کچف و همچنین تیپ بیماری آفیوستوما یا مرگ نارون در درختان ملچ، اوجا و آزاد بیشترین سطح پهنه‌های آلودگی در جنگل را تشکیل می‌دهند درختان آلوده به سه تیپ بیماری فوق از درختان غالب بخش جنگلی پارک ملی گلستان را تشکیل می‌دهند و درختان آزاد به دو بیماری زغالی و آفیوستوما مبتلا شده است (شکل ۵ و ۶). میزان خسارت و شدت بیماری آن‌ها بسیار بیشتر از درختان بلوط، کچف، ممرز می‌باشد و این‌گونه باارزش در معرض تهدید جدی قرار دارد.



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی، رتبه و درصد آلودگی درختان در پارک ملی گلستان (مساحت ۹۰۱۹۳ هکتار)



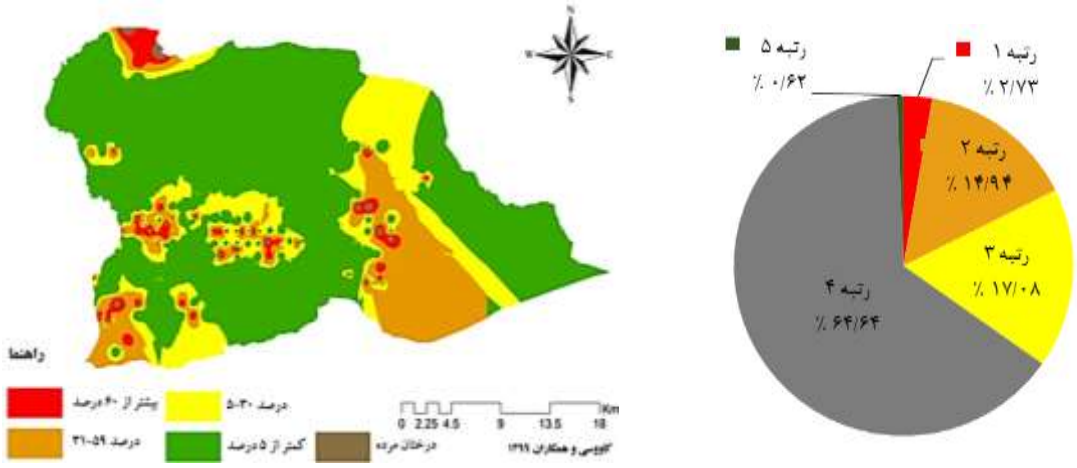
شکل ۵- الف) پراکنش بیماری زغالی ب) پراکنش بیماری فتیله نارنجی درختان در پارک ملی گلستان



شکل ۶- پراکنش بیماری مرگ نارون در نقشه پهنه‌بندی پارک ملی گلستان

پهنه‌بندی آلودگی درختان به گیاه نیمه انگل داراواش در پارک ملی گلستان

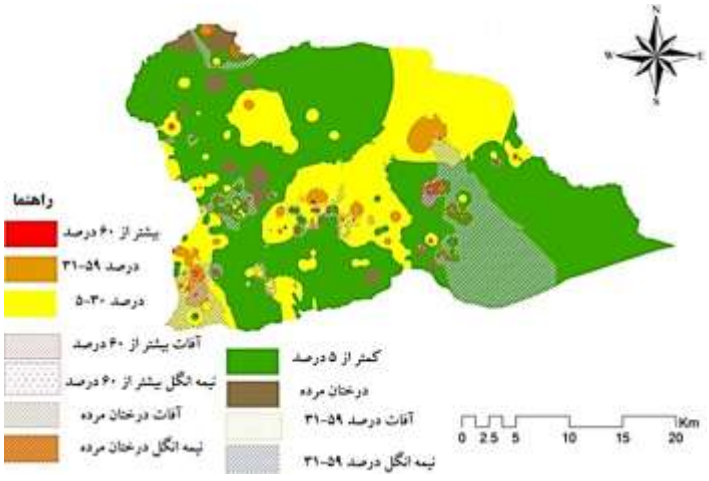
نقشه پهنه‌بندی تهیه شده در پارک ملی گلستان نشان می‌دهد که از نظر سطح آلودگی درختان به داراواش به ترتیب: رتبه ۳ به مساحت ۱۵۴۰۹ هکتار، رتبه ۲ به مساحت ۱۳۴۷۷ هکتار، رتبه ۱ به مساحت ۲۴۵۹ هکتار و رتبه ۵ با مساحت ۵۵۷ هکتار را به خود اختصاص داده‌اند. از کل سطح منطقه رتبه ۴ (پهنه سبز) به مساحت ۵۸۲۹۱ هکتار فاقد آلودگی به است (شکل ۷). با توجه به خسارت شدید گیاهان نیمه انگل داراواش در پارک ملی گلستان به درختان ولیک و کچف کنترل داراواش در کانون‌های قرمز اعمال گردد تا از خشک‌کردن درختان به‌ویژه ولیک، کچف جلوگیری شود. با توجه به قرار داشتن درختان کچف و ولیک در مرز اکوتون مناطق جنگلی و استپ، حفاظت این درختان در مقابل گیاهان نیمه انگل و سایر عوامل خسارت‌زا بسیار با اهمیت خواهد بود.



شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی، شدت و رتبه آلودگی جنگل به داروا‌ش در پارک ملی گلستان

روی‌هم‌گذاری کانون‌های آلوده درختان به بیماری‌ها و داروا‌ش در جنگل پارک ملی گلستان

در نقشه پهنه‌بندی و روی‌هم‌گذاری بیماری‌ها و گیاهان نیمه انگل و برخی آفات در پارک ملی گلستان مشخص گردید (شکل ۸) که کانون‌های خسارت دیده توسط گیاه نیمه انگل داروا‌ش و بیماری‌های قارچی، با توجه به مشابهت میزبان و رویشگاه عامل بیماری فتیله نارنجی و آفت برگخوار بلوط با بیماری زغالی دارای همپوشانی در برخی کانون‌ها می‌باشد. ولی گیاه نیمه انگل داروا‌ش به علت تفاوت در میزبان‌ها، فقط در رویشگاه کچف و ممرز با کانون‌های بحرانی بیماری فتیله نارنجی دارای همپوشانی پهنه‌های آلوده و خسارت دیده می‌باشد. با توجه به همپوشانی پهنه‌های آلوده بیماری‌ها، آفات و گیاه نیمه انگل داروا‌ش در مناطق جنگلی با کنترل گیاهان نیمه انگل و آفات برگخوار می‌توان از میزان تنش زیستی و ضعف فیزیولوژیک درختان جلوگیری و توسعه و شدت خسارت بیماری‌های فتیله نارنجی و زغالی بلوط به درختان میزبان را کاهش داد.



شکل ۸- نقشه روی‌هم‌گذاری بیماری، گیاهان نیمه انگل و آفات در پارک ملی گلستان

روش‌های اجرایی مدیریت بیماری‌های قارچی و داروواش در پارک ملی گلستان

در پارک ملی گلستان ۱۸ جنس و ۱۹ گونه قارچ بیماری‌زا درختان شناسایی گردید که ۴ جنس *Biscogniauxia sp*، *Cytospora sp*، *Anthostoma sp* و *Ophiostoma sp* که به ترتیب سه بیماری زغالی، فتیله نارنجی و آفیوستومایی را ایجاد و به درختان بلوط، آزاد، ممرز، کچف، ملج و اوجا خسارت شدید وارد کرده است. در این کانون‌ها کنترل عوامل بیماری‌های فوق با روش‌های کنترل بیولوژیک (کاربرد ترکیبات بیولوژیک دارای قارچ آنتاگونیست تریکودرما)، روش‌های مکانیکی، فیزیکی، بهداشتی و مدیریت تلفیقی در کانون‌های بحرانی انجام شد (کاوسی و همکاران، ۱۳۹۶) (شکل ۹). ضمناً پس از کنترل بیماری در منطقه، گونه‌های بومی مقاوم بلوط، ممرز و کچف انتخاب و با بذرگیری نسبت به کاشت بذرها پس از ضدعفونی با قارچکشها و افزودن مواد دورکننده بذرخوارها اقدام گردید. همچنین کنترل گیاهان نیمه انگل داروواش در کانون‌های بحرانی در درختان میزبان به‌ویژه کچف، ممرز و ولیک انجام شده است که در صورت عدم کنترل گیاه نیمه انگل، علاوه برخسارت شدید به خاطر استرس زیستی و ضعف فیزیولوژیکی درختان، بیماری فتیله نارنجی در درختان ممرز و کچف گسترش خواهد یافت. به همین دلیل کنترل داروواش در کانون‌های بحرانی در اولویت قرار گرفت و برای کنترل و کاهش آلودگی داروواش، عملیات اجرای با روش‌های بیولوژیکی و مدیریت تلفیقی (Kavosi and Mohamadi, 2011) با توجه به شرایط رویشگاهی منطقه، میزبان و شدت آلودگی قبل و بعد از گلدهی در فصل بهار و تابستان انجام و موجب کنترل کامل داروواش بدون قطع شاخه درختان میزبان گردید.



شکل ۹- کنترل بیماری زغالی بلوط در پارک ملی گلستان

با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده و براساس نقشه‌های پهنه‌بندی بیماری‌ها و گیاه نیمه انگل داروواش در پارک ملی گلستان، درختان با ارزش بلندمازو، اوری، آزاد، کچف، ممرز بیشتر از سایر گونه‌ها در معرض تهدید قرار دارند. بیماری‌های زغالی، فتیله نارنجی، آفیوستوما و گیاه نیمه انگل داروواش از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زای زنده به درختان هستند که موجب ضعف فیزیولوژیک، پژمردگی و خشک شدن درختان و درختچه‌ها در مناطق مورد مطالعه شده‌اند. این عوامل موجب کاهش تراکم و سطح جنگل، ایجاد آشفتگی در اکوسیستم و برهم خوردن زیستگاه حیات‌وحش خواهند شد و ممکن است به‌تدریج برخی جانوران از مناطق فوق به مناطق مجاور دیگر مهاجرت نمایند. ضمناً با خشکیدگی درختان در کانون‌های بحرانی و نیمه بحرانی ماده سوخت برای حریق فراهم خواهد شد و خطر حریق در این مناطق افزایش خواهد یافت. بیماری‌ها، گیاهان نیمه انگل و سایر عوامل زنده و غیرزنده خسارت‌زا علاوه بر تغییر در تنوع رستنی فون و فلور در پارک ملی گلستان، ممکن است

سبب تغییرات کمی و کیفی در زیستگاه حیات‌وحش شوند. با توجه به تحقیقات انجام‌شده روی زیستگاه مرال در پارک ملی گلستان مشخص گردید که مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی و زیستی موجود در زیستگاه‌های مختلف روی تعداد افراد گله و ترتیب سنی مرال موثراست (وارسته مرادی، ۱۳۹۷). همچنین تأثیر پوشش گیاهی و تراکم و ترکیب گونه‌های درختچه اشکوب کف جنگل می‌تواند در پویایی جمعیت حیات وحش مانند شوکا تعیین‌کننده باشد (گشتاسب و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین برای حفظ زیستگاه حیات‌وحش در پارک ملی گلستان علاوه بر اطلاعات دقیق مکانی و مساحت پهنه‌های نقاط بحرانی و نیمه بحرانی توجه به مدیریت بیماری‌های قرنطینه‌ای و گیاهان نیمه انگل جهت حفظ پایداری اکوسیستم و زیستگاه‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. جهت نیل به اهداف فوق کنترل و مبارزه با عوامل بیماری‌های قارچی خسارت‌زای زغالی بلوط، فتیله نارنجی، آفیوستومایی در کانون‌های بحرانی برای حفظ، توسعه و احیاِء زیستگاه و تنوع زیستی در پارک ملی گلستان به‌ویژه در کانون‌های بحرانی (رتبه ۱ یا پهنه‌های قرمز) و نیمه بحرانی (رتبه ۲ یا پهنه‌های نارنجی) انجام شده است.

منابع

آخانی، ح.، (۱۳۸۳). فلور مصور پارک ملی گلستان. دانشگاه تهران، صفحه ۲۰۱.

الهی‌نیا، س.ع.، (۱۳۸۳). بیماری‌های درختان میوه و برخی از روش‌های مبارزه با آن‌ها، رشت. دانشگاه گیلان، صفحه ۵۷۰.

بهداد، ا.، (۱۳۸۵). فیتوپاتولوژی گیاهی و بیماری‌های مهم گیاهی ایران. انتشارات میران چاپ اول، صفحه ۷۸۵.

پیام‌نور، و.، امیریان، ش.، رزمجو، ف.، (۱۳۹۷). اثر میزبان‌های مختلف بر تغییرات متابولیتهای ثانویه داروا‌ش *Viscum album* L نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل. ۲۵ (۳): ۱۹-۳۱.

ججوزاده، م.، (۱۳۹۷). مبارزه با قارچ عامل بیماری فتیله نارنجی درختان ممرز در شرایط آزمایشگاهی پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

جهان بازی گوجانی ، ح.، ایرانمنش ، ی.،طالبی، م .، مهین پور، ح.، (۱۳۹۵). پهنه‌بندی زوال گونه‌های درختی و درختچه‌ای در جنگل‌های استان چهارمحال و بختیار ،اولین همایش ملی منابع طبیعی و توسعه پایدار در زاگرس مرکزی.

حسینی، س، ع.، ابرسجی، غ و حسینی، ع.، (۱۳۸۷). گیاهان دارویی استان گلستان، فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۴ (۴): ۴۷۲ -۴۹۸.

حسینی،ز.، کاوسی،م.،محمدی، ج.، (۱۳۹۷). تأثیر برخی از عوامل رویشگاهی در گسترش بیماری زغالی بلوط. دومین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست ایران.

سپهوند، پ.، زبردست، ل.، یاوری، ا.، (۱۴۰۱). بررسی تغییرات جمعیت حیات وحش و تغییرات رویشگاه‌های پارک ملی گلستان با استفاده از رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین، زیست شناسی ایران، دانشگاه تهران.

وارسته مرادی ،ح.، سعدی زاده.، ط، صوفی، م.، (۱۳۹۷). بررسی مدل اشغال مرال (*Cervus elaphus*) در زیستگاه‌های جنگلی هیرکانی، ۹ (۱۸): ۱۸۹-۲۰۰.

ایزدپناه، ک.، اشکان سیدمحمد.، بنی‌هاشمی ضیاءالدین.، رحیمیان حشمت ا... .، میناسیان واهه.، (۱۳۸۹). تالیف جرج ان .اگریوس، بیماری‌شناسی گیاهی ۲، صفحه ۳۶۰.

عباسی، خ.، عباسی، س.، فتوحی فر، خ.، (۱۳۹۱). شناسایی گونه‌های جنس *Cytospora* sp. جدا شده از گردوی ایرانی. گیاه پزشکی،

جلد ۳۵ (۳): ۶۰-۷۰.

عراقی،م.، رهنما،ک.، رضوی س.ع.، ابراهیمی.، (۱۳۸۶). بررسی بیماری مرگ هلندی نارون در برخی از مناطق جنگلی استان گلستان. ۱۴(۶): ۱۳۸-۱۲۴.

احمدی،ا.، کاوسی ،م.، سلطانلو، ح.، صالحی جوزانی، غ.، ستاریان، ع.، (۱۳۹۸). بررسی کالزایی و باززایی در گونه جنگلی (آزاد Zelkova carpinifolia) در شرایط کشت درون شیشه ای، پژوهشهای گیاهی، زیست شناسی ایران. ۳۲ (۱): ۱-۹.

کاوسی، م.، ایوانویچ، ی.، پیام نور، و.، (۱۳۹۱). مطالعه، شناسایی و کنترل برخی از آفات و بیماری‌های مهم در جنگل‌ها، نهالستان‌ها و پارک‌های جنگلی شمال کشور. طرح پژوهشی ملی، صفحه ۹۰-۱۲۰.

کاوسی، م.، یاوریان، ر.، محمد زاده، ا.، کرمی، ج.، (۱۳۹۶). اثر ترکیبات بیولوژیک و برخی قارچ‌کش‌ها در مبارزه با عامل بیماری زغالی بلوط، پژوهش و توسعه جنگل. ۳ (۴): ۳۴۳-۳۶۰.

مظفریان، و.ا.، (۱۳۹۶). نقش حفاظت و صیانت جنگل در حفظ تنوع زیستی. طبیعت ایران، ۲ (۳): ۲۲-۳۸.

میر ابوالفتحی، م.، (۱۳۹۲). شیوع بیماری زغالی درختان بلوط و آزاد در جنگل‌های زاگرس و البرز. بیماری‌های گیاهی، ۴۹ (۲): ۲۶۳-۲۵۷.

Condeso, T.E. and Meentemeyer, R.K. (2007). Effects of landscape heterogeneity on the emerging forest disease sudden oak death. Journal of Ecology, 95 (2): 364-375.

Elahi Nia, S.A. (1988). Mycology and Plant Disease, Third Edition, published by the University of Guilan.

Henriques, J., Barrento, M.J., Bonifacio, L., Azevedo Gomes, A., Lima, A., Sousa, E. (2014). Factors affecting the dispersion of Biscogniauxia mediterranea in Portuguese Cork Oak Stands. Silva Lusitana. 22 (1): 83-97.

Ildikó Varga and János Taller, Tivadar Baltazár, Jaakko Hyvönen Péter Poczai. (2012). Leaf-spot disease on European mistletoe (*Viscum album*) caused by *Phaeobotryosphaeria visci*: a potential candidate for biological control. 34 (6): 1059-1065.

Karami, S.M., Kavosi, M.R., Hajizadeh, G., Jalilvand, H. (2014). Biotechnical control of tar spot (*Rhytisma acerinum*) disease on velvet maple (*Acer velutinum* Boiss) in vitro.Journal of Forest Science, 330-335.

Kavosi,Mr, Mohamadi. M (2011). Biological control of the semi-parasitic plant *loranthus grewinkii* ….Iam. Journal Medica Menerva biotechnology. 24 (1): 17-21

Mirabolfathy, M., Groenewald, J.Z., Crous, P.W. (2011). The occurrence of charcoal disese caused by *Biscogniauxia mediterranea* on chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia*) in the Golestan Forests of Iran.Plant Disease and Journal, vol 95,No.,876.

Identification, Zoning and Control of Fungal and Mistletoe Diseases in the Forests of Golestan National Park

M.R. Kavsi[1*], V. Payam Noor[1] and J. Mohammadi[1]

1- Associate Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Abstract

Diseases are significant factors that disrupt and damage habitats in forests. To protect forests, parks, and protected areas, it is crucial to have a thorough understanding of habitat conditions, damaging factors, tree health, severity of damage, and influential factors. In recent years, fungal diseases and mistletoe (Viscum album) have been causing damage to the forests of Golestan province, particularly Golestan National Park. This study aimed to identify the most important fungal diseases and hemiparasitic plants and implement control methods in Golestan National Park. Data collection was conducted in 545 sample plots randomly spaced 1000 meters apart using the one-quarter central point method in an area of 90,193 hectares of Golestan National Park. Information such as geographic coordinates, host type, damage rank and location, disease type, and mistletoe presence were recorded in the sample plots. Tree infection levels were categorized into 5 ranks: Rank 1 (more than 60 percent infection), Rank 2 (31-59 percent), Rank 3 (5-30 percent), Rank 4 (less than 5 percent), and Rank 5 (dry or dead).After cultivation and isolation in the laboratory, 19 fungal species were identified, with 3 significant genera (*Biscogniauxia sp*, *Ophistoma sp*, *Cytospora sp*) causing charcoal rot, orange wick, and aphiostoma diseases in Bolandmazou, Azad, Ketchaf, Mamrem, Azad, Mulch, and Oja trees, respectively. A zoning map was created for forest pathogens in Golestan National Park, showing that 65.8 percent of trees in the area are healthy, while 34.2 percent are infected, diseased, or dead. The mistletoe zoning map revealed that 64.62 percent of trees are healthy, with 35.38 percent being infected or dry. Without control measures, the damage caused by these factors can lead to habitat destruction and negatively impact wildlife, especially key and threatened species. To preserve the ecosystem and habitats, management of fungal diseases and mistletoe in Golestan National Park includes sanitary, mechanical, physical, biological, and integrated methods, along with restoration efforts through planting native and resistant seeds and seedlings based on habitat conditions. These actions are essential to achieve conservation goals in the region.

Keywords: Disease Rank, Golestan Province, Golestan National Park, Fungal Disease, Zoning, Mistletoe.

* Corresponding author Tel: +989113735811 Email: kavousi@gau.ac.ir

هوش مصنوعی: کلید مدیریت مؤثر جنگل‌ها و حفظ تنوع زیستی

شیرین محمودی*[۱]، مصطفی آقایی سربرزه[۲]، محمدامین مخدومی[۳] و شبنم شکوهی[۴]

۱- دکتری مهندسی محیط زیست، رئیس گروه تنوع زیستی مرکز ملی مدیریت منابع ژنتیکی کشاورزی و منابع طبیعی.
۲- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کشور و رئیس مرکز ملی مدیریت منابع ژنتیکی کشاورزی و منابع طبیعی کشور.
۳- عضو هیات علمی مرکز ملی مدیریت منابع ژنتیکی کشاورزی و منابع طبیعی کشور.
۴- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس.

چکیده

امروزه هوش مصنوعی یا یادگیری ماشین به یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تمامی جنبه‌های زندگی انسان تبدیل شده است. حتی سازمان ملل نیز بر این باور است که هوش مصنوعی می‌تواند عامل کلیدی برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار باشد. مدیریت جنگل یکی از مهم‌ترین وظایف برای نجات بشریت بر روی زمین است، زیرا به‌طور مستقیم در حفاظت اکوسیستم نقش دارد. جنگل‌ها نه تنها منابع حیاتی مانند اکسیژن، آب و غذا را فراهم می‌کنند، بلکه به حفظ تنوع زیستی و مقابله با تغییرات اقلیمی نیز کمک می‌کنند. از آنجا که جنگل‌ها مساحت بسیار وسیعی را پوشش می‌دهند، انجام گشت‌زنی دائمی بر روی چنین وسعتی کار غیرممکنی خواهد بود. در اینجا هوش مصنوعی می‌تواند کمک شایانی کند. پروژه‌های متعددی در حال حاضر در حال اجرا هستند که در آن‌ها از هوش مصنوعی برای مدیریت جنگل استفاده می‌شود، به ویژه برای ردیابی فعالیت‌های غیرقانونی، مدیریت کارآمد داده‌ها درباره گونه‌های در معرض خطر و پیش‌بینی تهدیدات محیطی. این فناوری‌ها با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده از حسگرها، ماهواره‌ها و پهپادها، به شناسایی و ارزیابی وضعیت جنگل‌ها کمک می‌کنند و امکان تصمیم‌گیری سریع‌تر و مؤثرتر را فراهم می‌آورند. در این مقاله، به بررسی استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت جنگل پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، مدیریت جنگل، تنوع زیستی، پایش.

مقدمه

جنگل‌ها به عنوان گسترده ترین زیست بوم زمینی حدود ۳۱ درصد از مساحت کره زمین را پوشش می‌دهند (FRA, 2020). این اکوسیستم‌های پیچیده ۹۰ درصد تنوع زیستی سیاره را در خود جای داده و نقش حیاتی در حفظ تعادل اکولوژیکی، حمایت از تنوع زیستی و تأمین معیشت میلیاردها نفر ایفا می‌کنند. با این حال، جنگل‌های جهان در معرض تهدیدات بی‌سابقه‌ای از جمله تغییر اقلیم، تخریب زیستگاه بهره‌برداری بی‌رویه و آتش‌سوزی قرار دارند که بقای آن‌ها و خدمات اکوسیستم‌های وابسته را به خطر انداخته است. در دهه‌های آینده، جنگل‌های جهان با چالش‌های جدی ناشی از محدودیت منابع زمین، رقابت بر سر کاربری اراضی و تغییرات اقلیمی مواجه خواهند شد و این موضوع به طور گسترده جنگل‌های

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۳۰۱۹۵۱۲۶۰ ایمیل: shirinmahmoodi68@gmail.com

جهان را باخطر مواجه خواهد ساخت (Kissinger et al., 2012). جنگل‌ها نقشی حیاتی در امنیت غذایی جهانی ایفا می‌کنند. آن‌ها به عنوان زیستگاه بسیاری از گرده‌افشان‌ها و دشمنان طبیعی آفات کشاورزی، به گرده افشانی گیاهان زراعی کمک شایانی می‌کنند و همچنین با تنظیم چرخه آب در طبیعت، نقش مهمی در تامین آب کشاورزی دارند. آن‌ها علاوه بر تامین غذا منبع غنی از گیاهان دارویی هستند و حدود ۴۰ درصد از انرژی پایدار جهان را به شکل بیودیزل تأمین می‌کنند. علاوه بر این، برای بیش از ۱/۶ میلیارد نفر در سراسر جهان به عنوان منبع اصلی تأمین غذا محسوب می‌شوند. در طول ۲۵ سال گذشته، مجموعاً ۱۲۹ میلیون هکتار از زمین‌های جنگلی در سطح جهان نابود شده است که این میزان از تخریب منجر به کاهش ذخیره کربن جهانی به میزان ۱۷,۴ میلیارد تن شده است (Raihan et al., 2023). پیش‌بینی می‌شود که الگوی جاری تخریب جنگل و کاهش کربن در آینده نزدیک ادامه یابد. صنعت جنگلداری علی‌رغم اهمیت خود، همچنان به روش‌های سنتی مدیریت تکیه می‌کند. استفاده گسترده از روش‌های سنتی کاغذی و قلم برای برآورد منابع جنگلی، منجر به کندی در جمع‌آوری و پردازش داده‌ها، افزایش خطای انسانی و محدودیت در تحلیل‌های پیچیده می‌شود. در نتیجه، تصمیم‌گیری در این صنعت اغلب براساس داده‌های ناکافی و نظرات شخصی صورت می‌گیرد. ضرورت جایگزینی روش‌های سنتی با فناوری‌های نوین در صنعت جنگلداری بیش از پیش احساس می‌شود و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین می‌تواند به بهبود دقت و سرعت جمع‌آوری داده‌ها، افزایش کارایی در مدیریت منابع جنگلی و در نهایت، اتخاذ تصمیم‌های بهتر و مبتنی بر داده کمک شایانی کند (Khan et al., 2018). در مقایسه با بخش جنگلداری، سایر صنایع مانند کشاورزی که یکی از عوامل اصلی تخریب جنگل‌ها است، به سرعت فناوری‌های نوین را پذیرفته و به کار گرفته است. کشاورزی دقیق با اتکا بر فناوری‌های رباتیک بهره‌وری را افزایش داده است. در مقابل، جنگلداری که سیستمی پیچیده است، همچنان به روش‌های سنتی تکیه می‌کند. توسعه فناوری‌های نوین در جنگلداری می‌تواند با ارائه داده‌های دقیق، مدیریت پایدار جنگل‌ها را بهبود بخشد (Christin et al., 2019).

هوش مصنوعی (AI) با توانایی تحلیل داده‌های کلان و ارائه پیش‌بینی‌های دقیق، می‌تواند رویکرد مدیریت جنگل را متحول نماید (Jha et al., 2019). این فناوری با استفاده از یادگیری ماشین که زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی است، در تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده محیطی نقش مهمی ایفا کرده و امکان مدل‌سازی تغییرات محیطی، پیش‌بینی بلایا و مدیریت بهتر منابع جنگلی را فراهم می‌کند (Lamba et al., 2019). به این ترتیب، هوش مصنوعی نقش کلیدی در حفظ جنگل‌ها و دستیابی به توسعه پایدار ایفا می‌کند (Perry et al., 2022).

طبق آخرین گزارش جهانی در در سال ۲۰۲۰، مساحت کل جنگل‌های جهان حدودا ۴/۰۶ میلیارد هکتار برآورد شده است (FRA 2020). مدیریت فعالیت‌هایی که منجر به از دست رفتن پوشش گیاهی می‌شود، مانند قطع درختان، گسترش کشاورزی و استخراج معادن، برای حفاظت از اکوسیستم‌های جنگلی ضروری است. نظارت بر اجرای قوانین و مقررات به روش‌های سنتی، پرهزینه و کم‌دقت است. هوش مصنوعی با توانایی تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها، می‌تواند این فرآیند را بهینه‌تر کرده و دقت نظارت را افزایش دهد و از گسترش غیر قانونی اراضی کشاورزی جلوگیری به عمل آورد. به عبارت دیگر، هوش مصنوعی با کاهش نیاز به نیروی انسانی، هزینه‌های نظارت را کاهش داده و در عین حال دقت شناسایی تخلفات را بهبود می‌بخشد (Sharma et al., 2017). این نظارت در زمان واقعی امکان اقدام فوری را فراهم می‌کند و مداخلات را قبل از وقوع آسیب‌های جبران‌ناپذیر تسهیل می‌نماید. هوش مصنوعی با توانایی خود در تجزیه و تحلیل داده‌ها و شناسایی الگوها، به‌طور قابل‌توجهی کارایی نظارت بر جنگل‌ها را افزایش می‌دهد (Wood et al., 2019). این فناوری می‌تواند به شناسایی تغییرات کوچک در پوشش گیاهی کمک نموده و به متخصصان امکان دهد تا به سرعت به تهدیدات پاسخ دهند. هوش

مصنوعی می‌تواند با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از حسگرها، ماهواره‌ها و پهپادها، اطلاعات دقیقی درباره وضعیت جنگل‌ها ارائه دهد و به تصمیم‌گیری مؤثرتر در زمینه حفاظت از این منابع ارزشمند کمک کند. اکثر محققان به‌منظور پایش تنوع زیستی و حفاظت از گونه‌های در معرض انقراض به هوش مصنوعی (AI) روی می‌آورند. برخلاف روش‌های مرسوم که می‌توانند اکوسیستم‌ها را مختل کنند یا نیازمند زمان بیشتر، نیروی کار و منابع گسترده‌ای هستند، هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که حجم زیادی از داده‌های کلان واقعی را سریع و موثر تجزیه و تحلیل نماید. کارل چالمرز، محقق ارشد در سازمان Conservation AI، معتقد است که دستیابی به اهداف سازمان ملل در حفاظت از گونه‌های در معرض خطر انقراض بدون بهره‌گیری از هوش مصنوعی امکان‌پذیر نیست (Nay et al., 2018).

هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک ابزار قدرتمند برای مدیریت پایدار جنگل‌ها و حفاظت از تنوع زیستی مطرح شده است. این فناوری با تحلیل داده‌های عظیم، امکان نظارت دقیق بر فعالیت‌های انسانی در جنگل‌ها، تشخیص زودهنگام تهدیدات (مانند آتش‌سوزی و آفات) و ارزیابی منابع جنگلی را فراهم می‌کند. کاربردهای AI در جنگلداری شامل حفاظت از جنگل‌ها در برابر تخریب و قاچاق، بهبود بهره‌برداری پایدار از منابع جنگلی و حفظ تنوع زیستی است. با این حال، پذیرش گسترده AI در کشورهای در حال توسعه با چالش‌هایی همراه است. این مطالعه نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان یک راه حل موثر برای مدیریت پایدار جنگل‌ها مورد استفاده قرار گیرد و از این رو، اهمیت تحقیقات بیشتر در این حوزه را نشان می‌دهد (Liu et al., 2018).

در این مطالعه، کاربردهای متنوع هوش مصنوعی در جنگلداری، از جمله نظارت بر جنگل‌زدایی، تشخیص آتش‌سوزی، ارزیابی زیست‌توده و طبقه‌بندی گونه‌ها، بررسی شده است. همچنین، چالش‌های موجود در پیاده‌سازی AI در صنعت جنگلداری و راهکارهای مقابله با آن‌ها مورد بحث قرار گرفته است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که هوش مصنوعی پتانسیل زیادی برای تحول در مدیریت جنگل‌ها و حفاظت از تنوع زیستی دارد و می‌تواند به عنوان یک ابزار قدرتمند در دسترس مدیران جنگل، دانشمندان و فعالان محیط زیست قرار گیرد (Metcalf et al., 2019).

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای مدیریت و حفاظت از جنگل

مبارزه با جنگل زدایی و قطع غیرقانونی درختان

تکنیک‌های هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشین (ML) به همراه تحلیل مکانی ابزارهای قدرتمندی را برای پیش‌بینی نرخ جنگل‌زدایی در سطح جهان فراهم کرده‌اند. سازمان Rainforest Connection نمونه‌ای موفق از کاربرد این فناوری است (Dou et al., 2018). این سازمان از دستگاه‌های موبایل قدیمی استفاده می‌کند که با انرژی خورشیدی کار می‌کنند و آن‌ها را به بالاترین شاخه‌های درختان متصل می‌کنند تا صداهای تولید شده توسط اره‌های برقی را در جنگل ضبط کند. اصوات ضبط شده در قالب داده به برج‌های سلولی منتقل شده و سپس به ایستگاه مرکزی فرستاده می‌شوند، در این مرحله از یادگیری عمیق TensorFlow گوگل برای شناسایی و تشخیص صدای اره‌های برقی در میان سایر صداهای محیطی استفاده می‌شود. پس از شناسایی هر رویداد صوتی مرتبط با قطع درخت، موقعیت مکانی دقیق آن با استفاده از داده‌های GPS

دستگاه‌های حسگر تعیین می‌شود. این اطلاعات به همراه زمان رویداد در اختیار مسئولین جهت جلوگیری از ادامه تخریب قرار می‌گیرد (Larrea-Gallegos et al., 2022).

علاوه بر این، چندین نهاد دولتی و غیردولتی مانند Outland Analytics، Global Forest Watch، Terramonitor و پروژه Future Forest Map از داده‌های ماهواره‌ای قابل دسترس و فناوری‌های هوش مصنوعی برای نقشه‌برداری دقیق و پایش مداوم جنگل‌زدایی در زمان واقعی استفاده می‌کنند. (Dominguez et al., 2022).

Terramonitor و Satelligence با بهره‌گیری از پایگاه داده گسترده‌ای از تصاویر ماهواره‌ای روزانه و الگوریتم‌های پیچیده هوش مصنوعی، امکان پایش مداوم و دقیق تغییرات در پوشش گیاهی مناطق طبیعی را فراهم کرده‌اند. این شرکت‌ها با تحلیل دقیق این تصاویر، داده‌های ارزشمندی را در مورد نرخ جنگل‌زدایی، تغییرات در کاربری زمین و سلامت کلی اکوسیستم‌ها تولید می‌کنند. این داده‌ها با هزینه نسبتاً کم و در زمان واقعی در اختیار مدیران منابع طبیعی و سیاست‌گذاران قرار می‌گیرد تا بتوانند تصمیمات مدیریتی بهتری اتخاذ کنند. مطالعه‌ای جامع سازمان World Resources Institute با استفاده از مدل‌سازی مکانی و هوش مصنوعی، عوامل اصلی جنگل‌زدایی در جمهوری دموکراتیک کنگو را شناسایی کرده است. نتایج نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی و توسعه زیرساخت‌ها (به ویژه جاده‌ها)، مهم‌ترین عوامل تخریب جنگل‌ها در این منطقه هستند. علاوه بر این، عوامل طبیعی مانند میزان بارندگی نیز بر نرخ جنگل‌زدایی تاثیرگذار است. این مطالعه به طور خاص نشان داده جنگل‌هایی که در مجاورت مناطق کشاورزی قرار دارند، بیشتر در معرض خطر تخریب هستند (Mayfield et al., 2020).

برآورد کربن، زیست توده و موجودی جنگل‌ها

شرکت‌هایی مانند مانند SilviaTerra با ترکیب تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا و داده‌های میدانی، نقشه‌های دقیق و جامعی از وضعیت جنگل‌ها در سطح جزئیات زیاد (۱۵ متر در ۱۵ متر) ایجاد می‌کنند. این نقشه‌ها حاوی اطلاعات دقیقی در مورد ارتفاع، نوع و قطر درختان هستند. این اطلاعات ارزشمند برای ارزیابی وضعیت کنونی جنگل‌ها، پیش‌بینی تغییرات آتی و مدیریت پایدار جنگل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رویکرد نوآورانه با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور و داده‌های مکانی، امکان پایش دقیق و مستمر جنگل‌ها را فراهم کرده و اطلاعات حاصل از این مدل‌ها، به سازمان‌های جنگلداری و حفاظتی کمک می‌کند تا تصمیمات آگاهانه‌تری برای حفاظت و مدیریت پایدار جنگل‌ها اتخاذ نمایند. شرکت‌ها و سازمان-های مختلف از جمله Chesapeake Bay Conservancy، 20tree.A، مرکز جنگلداری فنلاند و Collective Crunch با استفاده از ترکیبی از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح زیاد، داده‌های مکانی، مدل‌های یادگیری ماشین و محاسبات ابری، به توسعه ابزارها و پلتفرم‌هایی برای ارزیابی دقیق و پایش جنگل‌ها پرداخته‌اند. این ابزارها قادرند با دقت بسیار زیاد (در برخی موارد تا سطح متر مربع)، اطلاعاتی مانند نوع پوشش گیاهی، تراکم درختان، حجم چوب، رشد جنگل و حتی تغییرات آتی جنگل‌ها را ارائه دهند. این ابزارها با استفاده از کتابخانه‌های یادگیری ماشین، نقشه‌ای بسیار دقیق از پوشش زمین منطقه ایجاد می-کند.

از سایر دستاوردهای این شرکت‌ها می‌توان به توسعه پلتفرم هوش مصنوعی Linda Forest اشاره نمود که می‌تواند از ترکیب داده‌های ماهواره‌ای با وضوح بالا و مدل‌های پیشرفته برای ارزیابی دقیق و پیش‌بینی توده چوب، گونه‌ها و کیفیت چوب در مناطق مختلف، با دقت و کارایی بسیار بالاتر از روش‌های سنتی، اقدام نماید.

جنگل‌زدایی و تخریب جنگل‌ها به تنهایی بیش از کل بخش حمل‌ونقل جهان، گازهای گلخانه‌ای منتشر می‌کنند که حدود ۱۱ درصد از کل انتشارات جهانی را تشکیل می‌دهند. کاهش انتشار ناشی از جنگل‌زدایی و تخریب جنگل روشی است که توسط طرفین کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات اقلیمی (UNFCCC) ایجاد شده تا انتشار ناشی از جنگل‌زدایی و تخریب جنگل را کاهش دهد. هدف این برنامه ایجاد ارزش مالی برای کربن ذخیره شده در جنگل‌ها با ارائه مشوق‌هایی به کشورهای در حال توسعه برای کاهش انتشارها از مناطق جنگلی و تخصیص منابع به سمت توسعه پایدار با ردپای کربن کم است (Giannetti et al. , 2018; Lin et al., 2020).

توسعه سیاست‌های جهانی موثر برای مقابله با جنگل‌زدایی و تخریب جنگل‌ها، به دلیل پیچیدگی‌های موجود در ارزیابی دقیق اثرات گازهای گلخانه‌ای ناشی از این فعالیت‌ها و همچنین ارتباط آن‌ها با مکانیزم‌های جبران مالی، با چالش‌های جدی مواجه است. در این میان، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به عنوان ابزارهای قدرتمندی ظاهر شده‌اند که می‌توانند با دقت بسیار زیاد میزان ذخیره کربن در جنگل‌ها را اندازه‌گیری کرده و تغییرات آن را در طول زمان رصد کنند. علاوه بر این، این فناوری‌ها به ما کمک می‌کنند تا ارتباط بین جنگل‌زدایی و سایر خدمات اکوسیستمی را بهتر درک کنیم و در نتیجه، تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تری در زمینه مدیریت جنگل‌ها و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اتخاذ کنیم.

شرکت‌های نوآور مانند GainForest و Panchama از هوش مصنوعی برای ارائه راهکارهای نوین در حوزه مدیریت جنگل و پایش تغییرات آن بهره می‌برند. این شرکت‌ها با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، پهپادی و LiDAR، قادر به اندازه‌گیری دقیق حجم کربن ذخیره شده در جنگل‌ها، پیش‌بینی نرخ جنگل‌زدایی و ارزیابی سلامت جنگل‌ها هستند. به موازات آن، سازمان‌های غیردولتی و دانشگاهی مانند Erol Foundation و دانشگاه ایالتی آریزونا نیز با اتکا بر مدل‌های بینایی کامپیوتری و داده‌های ماهواره‌ای، به توسعه روش‌های دقیق و مقرون به صرفه برای اندازه‌گیری ذخایر کربن در جنگل‌ها پرداخته‌اند. این دستاوردها نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان ابزاری قدرتمند برای مقابله با چالش‌های مرتبط با تغییر اقلیم و حفظ تنوع زیستی مورد استفاده قرار گیرد و اطلاعات دقیق و به روزی را در اختیار تصمیم‌گیران و سیاستگذاران قرار دهد.

جنگلکاری

هوش مصنوعی و پهپادها، انقلابی در جنگل‌کاری ایجاد کرده‌اند. با استفاده از این فناوری‌ها، می‌توان میلیون‌ها درخت را در مناطق تخریب شده کاشت و به این ترتیب، جذب کربن و بهبود اکوسیستم‌ها را تسریع کرد. شرکت‌هایی مانند Droneseed، Dendra و Land Life با توسعه سیستم‌های هوشمند و خودکار، فرآیند کاشت درخت را متحول کرده‌اند. این سیستم‌ها قادرند با دقت بسیار زیاد، مکان‌های مناسب برای کاشت را شناسایی کرده و بذرها را در شرایط بهینه قرار دهند. استفاده از پهپادها نیز امکان پوشش مناطق وسیع و پایش مداوم روند رشد درختان را فراهم می‌کند. این فناوری‌ها پتانسیل زیادی برای مقابله با تغییرات اقلیمی و احیای جنگل‌های تخریب‌شده دارند. با استفاده از هوش مصنوعی و پهپادها، می‌توان به هدف کاشت ۱,۲ تریلیون درخت در سطح جهان دست یافت و به این ترتیب، مقدار قابل‌توجهی کربن را از جو جذب کرد (Adikari et al., 2021; Jaafari et al., 2019).

شناسایی قاچاق غیرقانونی چوب

قاچاق چوب، یک تجارت پرسود و تهدیدکننده برای جنگل‌ها و تنوع زیستی است. این فعالیت غیرقانونی، علاوه بر تخریب جنگل‌ها و کاهش جذب کربن، سبب کاهش قیمت جهانی چوب و ضررهای اقتصادی قابل‌توجهی برای کشورهای تولیدکننده می‌شود. برای مبارزه با قاچاق چوب، توسعه سیستم‌های ردیابی مبتنی بر هوش مصنوعی ضروری است. شرکت‌هایی مانند Timbeter و Xylene با استفاده از فناوری‌های پیشرفته هوش مصنوعی مانند: بلاک‌چین و داده‌های ماهواره‌ای، به دنبال ایجاد سیستم‌هایی برای پایش زنجیره تأمین چوب و شناسایی فعالیت‌های غیرقانونی هستند. این سیستم‌ها می‌توانند با ارائه اطلاعات دقیق و به روز درباره منشأ چوب، به مبارزه با قاچاق چوب کمک کرده و مدیریت پایدار جنگل‌ها را تسهیل کنند. در مجموع، استفاده از فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی، گامی مهم در جهت حفاظت از جنگل‌ها و مبارزه با قاچاق چوب به شمار می‌رود (Backs et al., 2020).

پایش اکولوژی و تنوع زیستی

هوش مصنوعی به عنوان ابزاری قدرتمند برای حفاظت از حیات وحش ظهور کرده است. با استفاده از روش‌هایی مانند تحلیل صداهای جنگل و پردازش تصاویر تله‌ای، محققان می‌توانند به طور دقیق گونه‌های مختلف را شناسایی کرده و رفتار آن‌ها را در زیستگاه‌های طبیعی رصد کنند. این فناوری به دانشمندان کمک می‌کند تا تأثیر فعالیت‌های انسانی بر تنوع زیستی را بهتر درک کرده و راهکارهای موثرتری برای حفاظت از گونه‌های در معرض خطر ارائه دهند. به عنوان مثال، هوش مصنوعی در پیش‌بینی تعارضات بین انسان و حیوان و کاهش خطرات ناشی از این تعارضات نقش مهمی ایفا می‌کند. با این حال، پیاده‌سازی گسترده این فناوری‌ها نیازمند سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های لازم و توسعه الگوریتم‌های پیشرفته‌تر است. (Shi et al., 2020).

هوش مصنوعی تحولی عظیم در شناسایی گونه‌های جانوری از طریق تصاویر ایجاد کرده است. دوربین‌های تله‌ای که به طور خودکار از حیوانات عکس‌برداری می‌کنند، حجم عظیمی از داده‌های تصویری تولید می‌کنند. تحلیل دستی این حجم عظیم از داده‌ها بسیار زمان‌بر و دشوار است. به همین دلیل، محققان به سمت استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین روی آورده‌اند تا به طور خودکار گونه‌های مختلف را در تصاویر شناسایی کنند. این روش نه تنها دقت شناسایی را افزایش می‌دهد بلکه سرعت پردازش داده‌ها را نیز به طور قابل‌توجهی بهبود می‌بخشد. به عنوان مثال، در زیستگاه سرنگتی، هوش مصنوعی توانسته است بیش از ۴۸ گونه مختلف را با دقت زیاد شناسایی کند. همچنین، با استفاده از الگوهای منحصر به فرد روی بدن حیوانات مانند راه راه‌های ببر می‌توان افراد مختلف یک گونه را از هم تشخیص داد. این فناوری به محققان کمک می‌کند تا جمعیت حیوانات را بهتر تخمین بزنند، رفتار آن‌ها را مطالعه کنند و در نهایت برنامه‌های حفاظتی مؤثرتری را طراحی کنند.

پیش‌بینی و مدیریت آتش‌سوزی‌های جنگلی

پیدایش هوش مصنوعی (AI) افق‌های جدیدی را در پیش‌بینی و مدیریت آتش‌سوزی‌های جنگلی گشوده است، تهدیدی که به دلیل تغییرات اقلیمی به طور گسترده مکرر و شدیدتر می‌شود (Flannigan et al., 2009). با بهره‌گیری از قدرت الگوریتم‌های هوش مصنوعی و تحلیل حجم عظیمی از داده‌های آب و هوایی، تاریخچه آتش‌سوزی‌ها و سایر عوامل محیطی می‌توان پیش‌بینی دقیق‌تر و جامع‌تری از آتش‌سوزی‌های آینده به دست آورد (Zhang et al., 2021). این فناوری با شناسایی

مناطق مستعد آتش‌سوزی و ارائه هشدارهای زودهنگام، فرصت واکنش سریع و موثر به حوادث را افزایش می‌دهد. همچنین، هوش مصنوعی با تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از حسگرها و ماهواره‌ها، می‌تواند کانون‌های آتش‌سوزی و مسیر گسترش آتش را در زمان واقعی شناسایی کند. به این ترتیب، مدیریت منابع و نیروهای امدادی به صورت بهینه انجام شده و خسارات ناشی از آتش‌سوزی کاهش می‌یابد.

هیدرولوژی جنگل

ارتباط بین جنگل‌ها و چرخه آب در یک حوضه آبخیز بسیار پیچیده و حیاتی است. تغییرات در پوشش جنگلی می‌تواند به‌طور مستقیم بر میزان نفوذ آب به خاک، جریان آب‌های سطحی و زیرزمینی، و در نهایت کیفیت آب تأثیر بگذارد (Lee et al., 2019). با پیشرفت فناوری، حجم داده‌های جمع‌آوری شده در مورد عوامل اکوهیدرولوژیکی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به عنوان ابزارهای قدرتمند برای تحلیل و تفسیر این داده‌های پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فناوری‌ها به محققان امکان می‌دهد تا الگوهای پنهان در داده‌ها را شناسایی کرده و درک عمیق‌تری از فرآیندهای هیدرولوژیکی در جنگل‌ها به دست آورند. به عنوان مثال، با استفاده از هوش مصنوعی می‌توان مدل‌های پیش‌بینی دقیق‌تری برای پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی و مدیریت جنگل بر منابع آب ایجاد کرد (Pan et al., 2020). علاوه بر این، این تکنیک‌ها به محققان اجازه می‌دهند تا فرآیندهای پیچیده‌ای مانند جذب آب توسط تاج درختان، تبخیر و تعرق و ذخیره آب در خاک و گیاهان را مدل‌سازی کنند و با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سایر منابع، می‌توان الگوهای مکانی و زمانی این فرآیندها را در مقیاس‌های مختلف، از محلی تا جهانی، بررسی کرد (Luo et al., 2022). این مدل‌ها همچنین به محققان کمک می‌کند تا تأثیر تغییرات آب و هوایی و مدیریت منابع آب بر اکوسیستم‌های جنگلی را بهتر درک کنند (Irrgang et al., 2020; Bhanja et al., 2019).

تعادل عرضه و تقاضا

صنعت جنگلداری با افزایش تقاضا برای محصولات چوبی و غیرچوبی روبرو شده است. این افزایش تقاضا، چالش‌های جدیدی مانند ناپایداری عرضه، افزایش ریسک و رقابت شدید را ایجاد کرده است، برای مقابله با این چالش‌ها مدیریت زنجیره تأمین هوشمند به عنوان یک رویکرد نوین مطرح شده است. هوش مصنوعی یکی از فناوری‌های کلیدی در این زمینه است. شرکت aiTreeبا توسعه سیستم FSOS (سیستم بهینه‌سازی شبیه‌سازی جنگل) نشان داده است که چگونه می‌توان از هوش مصنوعی برای مدیریت پیچیده منابع جنگلی و برآورده کردن تقاضای بازار استفاده کرد. این سیستم با استفاده از داده‌های بزرگ و محاسبات ابری، به جنگلداری کمک می‌کند تا به طور همزمان نیازهای مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را برآورده کرد (Milovanović et al., 2018).

چالش‌ها در سیستم‌های حفاظت از جنگل و تنوع زیستی مبتنی بر هوش مصنوعی

یکی از موانع اصلی در پیاده‌سازی فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی در مدیریت جنگل‌ها، عدم آگاهی و مهارت کافی ذینفعان است. مدیران جنگل، سیاست‌گذاران و جامعه مدنی، به دلیل پیچیدگی این فناوری‌ها و انتظارات اغراق‌آمیز از آن، گاهی اوقات تمایلی به استفاده از آن‌ها نشان نمی‌دهند. بنابراین، ارتقای دانش و مهارت ذینفعان در زمینه هوش مصنوعی و سایر فناوری‌های مرتبط، گامی ضروری برای موفقیت در پیاده‌سازی این فناوری‌ها در عمل است.

ب) فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی در کنار مزایای فراوان، پتانسیل سوءاستفاده و ایجاد آسیب‌های جدی را نیز دارند. به ویژه در جوامع آسیب‌پذیر مانند جوامع بومی یا جوامع وابسته به جنگل، استفاده از این فناوری‌ها نیازمند تدابیر حفاظتی قوی است.

ج) در حال حاضر، پیشرفت‌های حوزه هوش مصنوعی در بخش جنگلداری بیشتر توسط علاقه‌مندان و شرکت‌های نوپای کوچک هدایت می‌شود. این در حالی است که نبود یک بازار بزرگ و سرمایه‌گذاری‌های گسترده، مانع رشد سریع و گسترده این فناوری شده است و همچنین رقابت بین شرکت‌های کوچک نیز سبب پراکندگی منابع و کاهش سرعت پیشرفت این فناوری شده است. یکی دیگر از چالش‌ها، پیچیدگی استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی است. بسیاری از این مدل‌ها در مخازن عمومی مانند GitHub در دسترس هستند، اما به دلیل رابط کاربری پیچیده، تنها توسط متخصصان قابل استفاده‌اند، بنابراین، این امر مانع از استفاده گسترده از این فناوری در صنعت جنگلداری شده است.

د) اگرچه هوش مصنوعی و یادگیری ماشین پتانسیل‌های زیادی برای بهبود مدیریت جنگل‌ها و حفاظت از تنوع زیستی دارند، اما استفاده از آن‌ها بدون ارزیابی دقیق و جامع، می‌تواند منجر به نتایج نادرست و تصمیم‌گیری‌های اشتباه شود. یکی از چالش‌های اصلی در این زمینه، عدم قطعیت در نتایج مدل‌های هوش مصنوعی است. این عدم قطعیت ناشی از عوامل مختلفی از جمله کیفیت و کمیت داده‌ها، پیچیدگی الگوریتم‌ها و عدم درک کامل از فرآیندهای طبیعی است. به ویژه در جنگل‌های گرمسیری که تنوع زیستی زیادی دارند، تشخیص دقیق انواع مختلف پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بسیار چالش‌برانگیز است.

بحث و نتیجه‌گیری

جهان امروز به شدت به دنبال راهکارهایی برای مدیریت پایدار جنگل‌ها است. فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی، سیستم‌های رقومی و تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند در این زمینه نقش بسیار مهمی ایفا کنند. این فناوری‌ها به ما اجازه می‌دهند تا جنگل‌ها را به صورت دقیق‌تر و کارآمدتر مدیریت کنیم و از منابع جنگلی به شکل بهتری محافظت کنیم. با این حال، گسترش این فناوری‌ها در همه مناطق جهان به یک اندازه نیست. کشورهای توسعه یافته بیشتر از این فناوری‌ها استفاده نموده، در حالی که در کشورهای در حال توسعه و به ویژه در مناطقی که جنگل‌ها بیشتر برای مصارف غیرتجاری مانند حفاظت از تنوع زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند، استفاده از این فناوری‌ها محدودتر شده است. بنابراین برای رفع این موانع و گسترش استفاده از هوش مصنوعی در جنگلداری، نیاز به همکاری‌های بین‌رشته‌ای است. متخصصان مختلف از جمله جنگلبانان، بوم‌شناسان، برنامه‌نویسان و سیاست‌گذاران باید با هم به صورت همسو همکاری نموده تا راهکارهای عملی و موثری برای استفاده از این فناوری‌ها پیدا کنند. همچنین، سرمایه‌گذاری‌های مشترک بخش خصوصی و دولتی برای توسعه و گسترش این فناوری‌ها باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

منابع

Adikari, K. E., Shrestha, S., Ratnayake, D. T., Budhathoki, A., Mohanasundaram, S., and Dailey, M. N. (2021). Evaluation of artificial intelligence models for flood and drought forecasting in arid and tropical regions. Environmental Modelling and Software, 144, 105136.

Backs, J. A., Nychka, J. A., and Clair, C. C. S. (2020). Warning systems triggered by trains increase flight-initiation times of wildlife. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 87, 102502.

Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., and Crowther, T. W. (2019). The global tree restoration potential. Science, 365(6448), 76-79.

Bhanja, S. N., Malakar, P., Mukherjee, A., Rodell, M., Mitra, P., and Sarkar, S. (2019). Using satellite-based vegetation cover as indicator of groundwater storage in natural vegetation areas. Geophysical Research Letters, 46(14), 8082-8092.

Dou, X., Yang, Y., and Luo, J. (2018). Estimating forest carbon fluxes using machine learning techniques based on eddy covariance measurements. Sustainability, 10(1), 203.

Dominguez D, del Villar LDJ, Pantoja O, González-Rodríguez M., (2022). Forecasting Amazon rain-forest deforestation using a hybrid machine learning model. Sustainability,14(2): 691. doi: 10.3390/su14020691.

Christin, S., Hervet, É., and Lecomte, N. (2019). Applications for deep learning in ecology. Methods in Ecology and Evolution, 10(10), 1632-1644.

Garske, B., Bau, A., and Ekardt, F. (2021). Digitalization and AI in European agriculture: a strategy for achieving climate and biodiversity targets?. Sustainability, 13(9), 4652.

Guswa, A. J., Tetzlaff, D., Selker, J. S., Carlyle-Moses, D. E., Boyer, E. W., Bruen, M.,and Levia, D. F. (2020). Advancing ecohydrology in the 21st century: A convergence of opportunities. Ecohydrology, 13(4), e2208.

Giannetti, F., Barbati, A., Mancini, L. D., Travaglini, D., Bastrup-Birk, A., Canullo, R., and Chirici, G. (2018). European forest types: toward an automated classification. Annals of Forest Science, 75, 1-14.

Irrgang, C., Saynisch-Wagner, J., Dill, R., Boergens, E., and Thomas, M. (2020). Self-validating deep learning for recovering terrestrial water storage from gravity and altimetry measurements. Geophysical Research Letters, 47(17), e2020GL089258.

Jha, K., Doshi, A., Patel, P., and Shah, M. (2019). A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. Artificial Intelligence in Agriculture, 2, 1-12.

Jaafari, A., Zenner, E. K., Panahi, M., and Shahabi, H. (2019). Hybrid artificial intelligence models based on a neuro-fuzzy system and metaheuristic optimization algorithms for spatial prediction of wildfire probability. Agricultural and forest meteorology, 266, 198-207.

Lamba, A., Cassey, P., Segaran, R. R., and Koh, L. P. (2019). Deep learning for environmental conservation. Current Biology, 29(19), R977-R982.

Khan, S., and Gupta, P. K. (2018). Comparitive study of tree counting algorithms in dense and sparse vegetative regions. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42, 801-808.

Kissinger, G. M., Herold, M., and De Sy, V. (2012). Drivers of deforestation and forest degradation: a synthesis report for REDD+ policymakers. Lexeme Consulting.

Lee, C. S., Sohn, E., Park, J. D., and Jang, J. D. (2019). Estimation of soil moisture using deep learning based on satellite data: A case study of South Korea. GIScience and Remote Sensing, 56(1), 43-67.

Liu, Z., Peng, C., Work, T., Candau, J. N., DesRochers, A., and Kneeshaw, D. (2018). Application of machine-learning methods in forest ecology: recent progress and future challenges. Environmental Reviews, 26(4), 339-350.

Luo, X. R., Li, S. D., Liu, L., Yang, W. N., Zhang, Y. H., Chen, G., and Tang, X. L. (2022). Quantifying aboveground vegetation water storage combining Landsat 8 OLI and Sentinel-1 imageries. Geocarto International, 37(9), 2717-2734.

Larrea-Gallegos, G., and Vázquez-Rowe, I. (2022). Exploring machine learning techniques to predict deforestation to enhance the decision-making of road construction projects. Journal of Industrial Ecology, 26(1), 225-239.

Metcalf, O. C., Ewen, J. G., McCready, M., Williams, E. M., and Rowcliffe, J. M. (2019). A novel method for using ecoacoustics to monitor post-translocation behaviour in an endangered passerine. Methods in Ecology and Evolution, 10(5), 626-636.

Mayfield, H. J., Smith, C., Gallagher, M., and Hockings, M. (2020). Considerations for selecting a machine learning technique for predicting deforestation. Environmental Modelling and Software, 131, 104741.

Milovanović, M. B., Antić, D. S., Rajić, M. N., Milosavljević, P. M., Pavlović, A., and Fragassa, C. (2018). Wood resource management using an endocrine NARX neural network. European journal of wood and wood products, 76, 687-697.

Nay, J., Burchfield, E., and Gilligan, J. (2018). A machine-learning approach to forecasting remotely sensed vegetation health. International journal of remote sensing, 39(6), 1800-1816.

Raihan, A. (2023). A review of the global climate change impacts, adaptation strategies, and mitigation options in the socio-economic and environmental sectors. Journal of Environmental Science and Economics, 2(3), 36-58.

Sharma, J. V. (2017). Forestry sector in India is net source of green house gases (GHGS). J. Environ. Eng. Sci, 5, 2-7.

Shi, C., Liu, D., Cui, Y., Xie, J., Roberts, N. J., and Jiang, G. (2020). Amur tiger stripes: Individual identification based on deep convolutional neural network. Integrative zoology, 15(6), 461-470.

Wood, C. M., Gutiérrez, R. J., and Peery, M. Z. (2019). Acoustic monitoring reveals a diverse forest owl community, illustrating its potential for basic and applied ecology. Ecology, 100(9), 1-3.

.

Artificial Intelligence: The Key to Effective Forest Management and Biodiversity Conservation

Sh. Mahmoodi[1*], M. Aghaee Sarbarzeh[2], M.A. Makhdoomi[3] and Sh. Shokuhi[4]

1-Ph.D. in Environmental Engineering, Head of the Biodiversity Group at National Center for Genetics Resources.
2-Prof. of Seed and Plant Improvement Institute. Head of National Center for Genetics Resources.
4- Member of scientific board of National Center for Genetics Resources.
3- Ph.D. student of forest management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences of Tarbiat Modares University.

Abstract

Artificial intelligence (AI) and machine learning have become one of the most important factors influencing all aspects of human life today. Even the United Nations believes that AI can be a key driver in achieving sustainable development goals. Forest management is one of the most crucial tasks for saving humanity on Earth, as it plays a direct role in ecosystem protection. Forests not only provide vital resources such as oxygen, water, and food, but they also help preserve biodiversity and combat climate change.Since forests cover vast areas, conducting regular patrols over such extensive regions would be impossible. Here, AI can provide significant assistance. Numerous projects are currently underway that utilize AI for forest management, particularly for tracking illegal activities, efficiently managing data about endangered species, and predicting environmental threats. These technologies help identify and assess the status of forests using data collected from sensors, satellites, and drones, enabling quicker and more effective decision-making.

Key words: Artificial Intelligence, Machine Learning, Forest Management, Biodiversity, Monitoring.

*Corresponding author Tel: +989301951260 Email: shirinmahmoodi68@gmail.com

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

راهبردها و تاکتیک‌های طرح ملی– مردمی کاشت یک میلیارد درخت در استان کهگیلویه و بویراحمد

علیرضا صالحی[1*] و پری سیما آتش زر[2]

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج.

چکیده

طرح ملی- مردمی کاشت یک میلیارد درخت که به‌عنوان بخشی از برنامه‌های محیط‌زیستی ایران در نظر گرفته شده، راهبردهای متعددی در سطح ملی و استانی دارد. در استان کهگیلویه و بویراحمد نیز این طرح با توجه به ظرفیت‌های طبیعی و زیست‌محیطی این منطقه دنبال می‌شود. هدف از ارایه این پژوهش معرفی راهبردها و تاکتیک‌های طرح مردمی کاشت یک میلیارد درخت در استان کهگیلویه وبویراحمد و همچنین ارائه پیشنهاداتی در ارتباط با بهبود کیفیت اجرای این طرح است. استفاده از گونه‌های بومی و سازگار با اقلیم، توسعه مشارکت مردمی و آموزش و آگاه‌سازی عمومی از راهبردهای اصلی این طرح و تهیه و تولید نهال، تعیین مناطق اولویت‌دار برای کاشت و بهره‌گیری از نیروی انسانی محلی از تاکتیکهای اصلی طرح برای برنامه‌ریزی می‌باشند.

واژگان کلیدی: نهال‌کاری، بذر کاری، راهبرد، تاکتیکال، طرح ملی.

مقدمه

جنگل‌ها کامل ترین، با ارزش ترین و متنوع ترین پوشش گیاهی زمین را تشکیل می دهند که طی میلیون‌ها سال با تکامل جوامع گیاهی شکل گرفته‌اند (مدیررحمتی، ۱۳۹۵). ساختار جنگل دارای ارتباط مستقیمی با زیستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری است و به عنوان یکی از مهمترین اجزای کلیدی در تشریح اکوسیستم‌های جنگلی و تنوع زیستی به کار می‌رود (Kint et al., 2004). در دنیای امروز، با افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، تخریب منابع طبیعی و از بین رفتن جنگل‌ها به یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی تبدیل شده است. بر این اساس، احیای منابع طبیعی از طریق کاشت درخت یکی از موثرترین رویکردها برای مقابله با بحران‌های زیست‌محیطی و ارتقای کیفیت زندگی انسان‌ها محسوب می‌شود. طرح کاشت یک میلیارد درخت به عنوان یکی از اقدامات کلیدی در زمینه حفظ محیط زیست و توسعه پایدار، مطرح شده است. این طرح به عنوان یک راهبرد ملی در حفظ، احیا و گسترش پوشش گیاهی کشور، نقش بسزایی در کاهش آلودگی‌های محیطی، مقابله با تغییرات اقلیمی و افزایش تنوع زیستی ایفا می‌کند. استان کهگیلویه و بویراحمد به دلیل برخورداری از اقلیم مناسب و زمین‌های مستعد، بستر مناسبی برای اجرای این طرح بزرگ به شمار می‌آید. در دهه‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی به یکی از چالش‌های جدی جهان تبدیل شده است. در این راستا، حفظ و احیای منابع طبیعی، به‌ویژه جنگل‌ها و مراتع، به عنوان راهکارهای کلیدی در

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۷۵۵۱۲۸۸ ایمیل: asalehi@yu.ac.ir

مدیریت این بحران‌ها مطرح شده اند. استان کهگیلویه و بویراحمد، با داشتن تنوع زیستی غنی و منابع طبیعی فراوان، موقعیتی استراتژیک برای اجرای این طرح به شمار می‌آید. سهم استان کهگیلویه و بویراحمد از طرح ملی کاشت حدود یک میلیارد درخت در کشور، ۱۵ میلیون نهال در طول چهار سال است (رضایی و همکاران، ۱۴۰۲). این استان، با اقلیم متنوع و شرایط مناسب برای رشد درختان می‌تواند نقش بسزایی در دستیابی به هدف کاشت یک میلیارد درخت ایفا کند. همچنین مشارکت مردمی در این طرح می‌تواند تعهد اجتماعی و همبستگی جوامع محلی را تقویت کند و به حفظ و نگهداری اکوسیستم‌ها کمک نماید. تحلیل راهبردی و تاکتیکی این طرح در این استان می‌تواند به شناسایی فرصت‌ها و چالش‌های موجود و همچنین تدوین سیاست‌های موثر جهت اجرای موفقیت‌آمیز آن کمک کند. استان کهگیلویه و بویراحمد با توجه به تنوع اقلیمی و زیستی خود، یکی از مناطق هدف برای اجرای این طرح ملی به شمار می‌آید. توسعه فضای سبز و جنگل‌کاری در این استان می‌تواند بهبود شرایط زیست‌محیطی، افزایش تنوع زیستی و کمک به پایداری اقتصادی منطقه را به همراه داشته باشد. در این مقاله، ضمن بررسی اهداف و الزامات طرح، به معرفی راهبردی و تاکتیکی اجرای آن در استان کهگیلویه و بویراحمد پرداخته می‌شود. در این مطالعه با بررسی وضعیت موجود، اهداف راهبردی و تاکتیکال اجرای این طرح شناسایی و معرفی گردیدند. با بررسی چالش‌ها و فرصت‌ها پیش روی در هر کدام از سطوح تصمیم‌گیری می‌توان راهکارهای مؤثری را برای بهبود و اجرای این طرح ارائه نمود.

روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه

استان کهگیلویه و بویراحمد با ۱۶/۲۶۴ کیلومترمربع وسعت در جنوب غربی ایران، بین ۳۰ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این استان از شمال با استان چهارمحال و بختیاری، از جنوب با استان‌های فارس و بوشهر، از شرق با استان‌های اصفهان و فارس و از غرب با استان خوزستان همسایه است. قله دنا با ارتفاع ۴۴۰۹ متر بلندترین استان و پست‌ترین ناحیه آن لیشتر با ارتفاع ۵۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. رودخانه‌های مارون، بشار، زهره، خرسان و نازمکان از این استان عبور می‌کنند و ارتفاعات آن، سرچشمه تعدادی از رودخانه‌ها است. چهار پنجم مساحت منطقه از ارتفاعات و تپه ماهورها تشکیل شده است. در مناطق سردسیر، ارتفاعات بلندتر و تپه ماهورها بیشتر و در مناطق گرمسیر ارتفاعات کوتاه‌تر و تپه ماهورها نیز کمتر است. دشت‌ها نیز حدود یک پنجم از مساحت استان را تشکیل می‌دهند و معمولاً عمده اراضی کشاورزی در دشت‌ها واقع شده است (حفاظت محیط زیست کهگیلویه و بویراحمد، ۱۴۰۲).

روش جمع آوری و تحلیل داده‌ها

اطلاعات طرح از طریق مصاحبه با کارشناسان بخش مدیریت منابع طبیعی و تحقیقات منابع طبیعی استان و بررسی وب-سایت سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور گردآوری شد. و بر مبنای چارچوب تحلیل سوات تنظیم شدند.

اهداف راهبردی عمده طرح

- احیای پوشش گیاهی: افزایش سرانه فضای سبز و جلوگیری از بیابان‌زایی.
- کاهش اثرات تغییرات اقلیمی: جذب کربن دی‌اکسید و بهبود کیفیت هوا.
- تقویت مشارکت مردمی: جلب حمایت و همکاری جوامع محلی در حفظ محیط زیست.
- ایجاد اشتغال و بهبود معیشت: استفاده از منابع طبیعی به عنوان ابزاری برای توسعه اقتصادی محلی.

اهداف تاکتیکال عمده طرح

تهیه و تولید نهال

احداث و گسترش نهالستان‌های محلی در مناطق مختلف استان برای تولید نهال‌های بومی و مقاوم.

تأمین بذرهای مرغوب از گونه‌های سازگار با شرایط اقلیمی استان.

تعیین مناطق اولویت‌دار برای کاشت

شناسایی مناطق تخریب‌شده جنگلی، حاشیه رودخانه‌ها، اراضی شیب‌دار و مراتعی که نیاز به احیای پوشش گیاهی دارند.

نقشه‌برداری و دسته‌بندی مناطق هدف براساس قابلیت‌ها و نیازها.

جلب مشارکت مردم و سازمان‌ها

اجرای کمپین‌های اطلاع‌رسانی و آموزشی برای افزایش آگاهی و جلب مشارکت مردمی.

برگزاری جشنواره‌های مردمی کاشت درخت در فصل‌های مناسب، مانند پاییز و زمستان.

بهره‌گیری از نیروی انسانی محلی

استخدام و آموزش جوامع محلی برای کاشت و نگهداری از نهال‌ها.

به‌کارگیری گروه‌های داوطلب و دانشجویان در اجرای عملیات کاشت.

زمان‌بندی کاشت

تعیین بازه‌های زمانی مناسب برای کاشت درخت براساس شرایط اقلیمی و بارندگی استان.

هماهنگی با پیش‌بینی‌های هواشناسی برای انتخاب بهترین زمان کاشت.

پایش و نگهداری نهال‌ها

ایجاد تیم‌های نظارتی برای بررسی وضعیت نهال‌های کاشته‌شده.

برنامه‌ریزی برای نگهداری، آبیاری، و حفاظت از نهال‌ها در برابر آسیب‌های طبیعی یا انسانی.

تشویق سرمایه‌گذاری و حمایت‌های مالی

دعوت از شرکت‌ها، کارآفرینان، و خیرین برای تأمین مالی و حمایت از پروژه.

استفاده از اعتبارات دولتی و تسهیلات بانکی برای گسترش طرح.

استفاده از فناوری‌های نوین

به‌کارگیری فناوری GIS و پهپادها برای پایش مناطق کاشته‌شده و مدیریت منابع.

استفاده از اپلیکیشن‌ها و پلتفرم‌های دیجیتال برای گزارش‌دهی و ثبت مشارکت مردمی.

حفظ مشارکت پایدار

طراحی برنامه‌های تشویقی برای مردم و نهادها، مانند اعطای تقدیرنامه یا مشوق‌های مالیاتی.

برگزاری رویدادهای سالانه برای تقدیر از مشارکت‌کنندگان برجسته و بررسی پیشرفت طرح.
ترویج فرهنگ درختکاری
راه‌اندازی برنامه‌های آموزشی در مدارس، دانشگاه‌ها، و مساجد برای تقویت فرهنگ درختکاری.
انتشار محتوای رسانه‌ای و برگزاری مسابقات هنری مرتبط با کاشت درخت.
توسعه روش‌های آبیاری هوشمند
نصب سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و استفاده از تانکرهای آبی در مناطقی که دسترسی به منابع آب محدود است.
استفاده از فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، مانند ژل‌های جاذب رطوبت.

چالش‌ها و فرصت‌ها براساس رویکرد سوات

برخی چالش‌های عمده

نیاز به آموزش: عدم آگاهی و دانش کافی در مورد روش‌های کاشت و نگهداری درختان.
کمبود منابع مالی: نیاز به تأمین بودجه کافی برای اجرای گسترده طرح.
تعارضات محلی: مشکلات ناشی از مالکیت زمین و همچنین عدم همکاری برخی از جوامع.
تغییرات اقلیمی: مواجهه با شرایط جوی غیرقابل پیش‌بینی که می‌تواند بر موفقیت طرح تأثیرگذار باشد.

برخی فرصت‌های پیش آمده

تقویت همبستگی اجتماعی: مشارکت در این طرح می‌تواند همبستگی و انسجام اجتماعی را افزایش دهد.
جذب گردشگران: گسترش طبیعت و جنگل‌ها می‌تواند به افزایش گردشگر و درآمدزایی منجر شود.
حفظ تنوع زیستی: ایجاد زیستگاه‌های طبیعی برای گونه‌های مختلف جانداران.
ایجاد اشتغال: این طرح می‌تواند به ایجاد فرصت‌های شغلی در زمینه‌های مختلف از قبیل کشاورزی، جنگلداری و گردشگری منجر شود.
افزایش آگاهی محیط زیستی: مشارکت شهروندان در این طرح سبب افزایش آگاهی و حساسیت آنان نسبت به مسائل محیط زیست می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

طرح مردمی کاشت یک میلیارد درخت در استان کهگیلویه و بویراحمد با چالش‌ها و فرصت‌های زیادی مواجه است. برای موفقیت این طرح لازم است که به آموزش و توانمندسازی جوامع محلی توجه ویژه‌ای شود و منابع مالی کافی تأمین گردد. همچنین ایجاد برنامه‌های مشارکتی و انگیزشی می‌تواند به بهبود همکاری مردم در این طرح کمک کند. این طرح قادر به ایجاد تغییرات مثبت و پایدار در زندگی مردم و حفاظت از محیط زیست خواهد بود. در این راستا، همکاری بین دولت، سازمان‌های غیردولتی و جامعه مدنی می‌تواند کلید موفقیت این طرح باشد. در نهایت این طرح می‌تواند الگویی برای سایر مناطق ایران و کشورهای مشابه باشد.

منابع

حفاظت محیط زیست کهگیلویه و بویراحمد، (۱۴۰۲).

سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، (۱۴۰۱).

سازمان حفاظت محیط زیست استان کهگیلویه و بویراحمد https://kb.doe.ir

رضایی، م.، بابایی، م.و آوند، م.، (۱۴۰۲). ملاحظات و الزامات اجرای طرح مردمی کاشت یک میلیارد درخت. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۹۶۵۷.

مدیر رحمتی، ع.، (۱۳۹۵). توسعه زراعت چوب، ضرورتی اجتناب ناپذیر و حیاتی برای کشور. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، صفحات ۱۴-۲۱.

Kint, V., Lust, N., Ferris, R. and Olsthoom, A.F.M., (2004). Quantification of forest stand structure applied to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests. Investigación Agraria. Sistemasy Recursos Forestales, 1: 147-163.

Strategies and Tactics of the National Public Tree-Planting Initiative in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province

A. Salehi[1*] and P. Atashzar[2]

1- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural resources, Yasouj University, Iran.
2- M.Sc. Student in Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural resources, Yasouj University, Iran.

Abstract

The national public initiative of planting one billion trees, as part of Iran's environmental programs, includes multiple strategies at national and provincial levels. In Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, this initiative is being pursued in line with the natural and environmental capacities of the region. The aim of this study is to introduce the strategies and tactics of the public tree-planting initiative in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province and to provide recommendations for improving the quality of its implementation. The main strategies of this initiative include using native and climate-adapted species, promoting public participation, and raising awareness and education. Key tactics for planning include seedling production, identifying priority areas for planting, and utilizing local human resources.

Keywords: Planting Saplings, Sowing Seeds, Strategy, Tactical, National Initiative.

*Corresponding author Tel: +989171551288 Email: asalehi@yu.ac.ir

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA
We Respect the Science
ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

ضرورت تقویت قوانین حفاظت از اراضی جنگلی با زیر اشکوب کشاورزی در حوزه زاگرس: هم‌راستایی با توسعه اقتصادی-اجتماعی و مکانیزاسیون کشاورزی

علیرضا صالحی*

- دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج.

چکیده

جنگل‌های بلوط زاگرس به دلیل شرایط خاص اقلیمی و تاریخی، به طور سنتی از گذشته‌های دور جهت کشاورزی در زیر اشکوب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این نوع کشاورزی که در گذشته به شکل دستی و با حداقل تأثیر بر این بوم سازگان انجام می‌شد، امروزه به دلیل توسعه مکانیزاسیون کشاورزی و استفاده از ماشین‌آلات سنگین، موتورهای پمپاژ آب و کانال-های انتقال آب، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در جهت افزایش تولید در کشاورزی تجارتی، اراضی جنگلی مربوطه مورد تخریب کمی و کیفی قرار گرفته‌اند. در این میان، با ورود کشاورزی مکانیزه و تغییر کاربری اراضی جنگلی به نظر می‌رسد قوانین موجود در زمینه حفاظت از جنگل‌ها نیز نیازمند بازنگری و تقویت هستند. مکانیزاسیون و افزایش تولید، فشارهای جدیدی را بر این بوم سازگان با اهمیت در غرب کشور وارد کرده است و حفاظت پایدار آنها را به چالش کشیده است. این مطالعه با مرور قوانین فعلی و تحلیل تأثیرات کشاورزی مکانیزه بر اراضی جنگلی با استناد به شرایط میدانی و استفاده از عکس‌های هوایی تاریخی و اخیر، بر ضرورت تدوین قوانین پایدار در این زمینه تأکید دارد. در این رابطه نیز راهکارهایی از جمله محدود کردن استفاده از ماشین‌آلات سنگین در اراضی جنگلی، تشویق کشاورزی پایدار، تدوین قوانین دقیق‌تر برای تغییر کاربری و ارتقای آگاهی جوامع محلی پیشنهاد شده است.

واژگان کلیدی: بلوط ایرانی، تخریب کمی و کیفی جنگل، توسعه اقتصادی اجتماعی، کشاورزی مکانیزه.

مقدمه

کشاورزی در زیر اشکوب جنگل‌های بلوط زاگرس سابقه‌ای هزاران ساله دارد و به عنوان یکی از روش‌های سنتی بهره‌برداری از زمین با ابزارهای ساده در این منطقه شناخته شده (شکل ۱) که در آن محصولات کشاورزی اصلی از جمله گندم، جو، حبوبات و گاهی سبزیجات برای برآورده کردن نیازهای غذایی جوامع محلی تولید می‌شده است. در گذشته، جوامع محلی به دلیل شرایط اقلیمی و منابع محدود منطقه به دنبال راه‌هایی بودند که بتوانند همزمان با استفاده از منابع جنگل از جمله به منظور تهیه سوخت و غذا به تولید محصولات کشاورزی نیز بپردازند. این روش به دلیل استفاده از ابزارهای دستی و نبود ماشین‌آلات سنگین، آسیب زیادی به خاک و ریشه درختان و در کل موجودیت جنگل وارد نمی‌کرد و اغلب با چرخه‌های طبیعی منطقه هماهنگ بود. به طوری که تعامل بین کشاورزی و منابع جنگل، نوعی تعادل زیستی ایجاد کرده بود.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۷۵۵۱۲۸۸ ایمیل: asalehi@yu.ac.ir

در دهه‌های اخیر با توسعه اقتصادی- اجتماعی کشور و به دنبال آن در حوزه زاگرس و به تبع آن توسعه مکانیزاسیون کشاورزی و گسترش کشاورزی تجاری در منطقه (شکل ۲) استفاده از زیر اشکوب جنگل‌ها برای کشاورزی تجاری افزایش یافته است و تغییرات قابل‌توجهی را در شیوه‌های کشاورزی سنتی گذشته که اغلب جهت تامین معیشت محلی انجام می‌شد، ایجاد کرده است. به کارگیری ماشین‌آلات سنگین، سموم دفع آفات و کودهای شیمیایی مختلف، اگرچه بهره‌وری کشاورزی را افزایش داده، اما سبب تخریب و فرسایش خاک، کاهش نفوذپذیری آن و کاهش تنوع زیستی در بوم سازگان جنگلی این مناطق شده است.



شکل ۱- شخم با گاو آهن در زیر درختان بلوط (منبع تصویر: Chat GPT)



شکل ۲- نمایی از کاربرد تراکتور در کشاورزی تجاری در زیر اشکوب جنگل‌های بلوط زاگرس (منبع تصویر: نویسنده)

در سال‌های اخیر افزایش سرعت تغییر کاربری و پوشش اراضی زیر اشکوب جنگل، تهدیدی جدی برای پایداری جنگل‌های بلوط زاگرس به شمار می‌رود. به مرور و طی دهه‌های اخیر کشاورزی در زیر اشکوب جنگل‌های بلوط زاگرس، از یک روش سنتی همزیست با طبیعت به فعالیتی مخرب برای پوشش جنگلی طبیعی و خاک‌های تحول یافته جنگلی تغییر کرده است. با سرعت گرفتن در روند تخریب این عرصه‌ها، برای اینکه بتوان تعادلی بین نیازهای اقتصادی جامعه کنونی و حفظ پایداری زیست‌بوم جنگل‌های زاگرس برقرار نمود، لزوم و اهمیت بازنگری و تقویت قوانین موجود در ارتباط با حفاظت از اراضی جنگلی با زیر اشکوب کشاورزی در منطقه احساس می‌شود. چرا که توسعه مکانیزاسیون کشاورزی در اراضی کشاورزی زیر

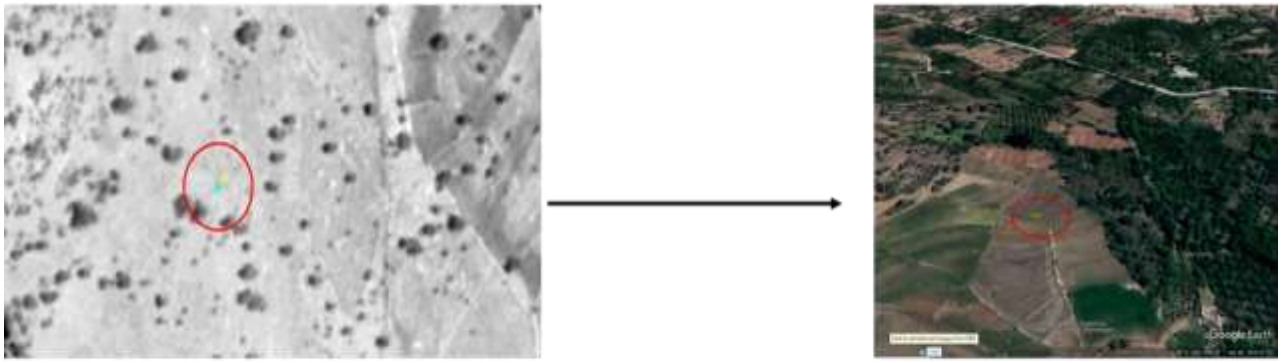
اشکوب جنگل مستلزم در اختیار داشتن پهنه‌های وسیعی از زمین برای دستیابی به منفعت اقتصادی بیشتر است که این خود با وجود پایه‌های درختی پراکنده در عرصه‌های جنگلی مورد فعالیت در تضاد و منافات است که به مرور زمان منجر به قطع، سوزاندن (شکل ۳)، خشکاندن و محو تدریجی درختان از اراضی جنگلی (شکل ۴) و مهیا کردن شرایط برای کشاورزی مکانیزه تجارتی می‌شود (شکل ۵). از طرفی عبور ماشین آلات سنگین مانند تراکتور و کمباین سبب کوبیدگی خاک جنگل (شکل ۶) و زخمی کردن نهال‌ها و زادآوری‌های عرصه‌های جنگلی (شکل ۷) می‌شود که آینده بقاء اجنگل‌ها را در این مناطق در هاله‌ای از ابهام قرار می‌دهد. این موضوعات حتی در مواردی با تغییر پوشش درختی و وارد کردن گونه‌های مثمر غیر جنگلی به عرصه‌های جنگلی همراه بوده است (شکل ۸).



شکل ۳- اقداماتی در جهت قطع و سوزاندن درختان موجود در عرصه‌های جنگلی جهت توسعه کشاورزی مکانیزه و تجاری در اراضی کشاورزی زیر اشکوب جنگل در زاگرس (منبع تصویر: نویسنده)



شکل ۴- محو تدریجی درختان موجود در عرصه‌های جنگلی جهت توسعه کشاورزی مکانیزه و تجاری در زیر اشکوب جنگل در زاگرس (منبع تصویر: نویسنده)



شکل ۵- تغییر کاربری و پوشش اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی تجاری بین سال ۱۳۴۶ و ۱۴۰۲ در منطقه زاگرس
(منبع تصویر: نویسنده)



شکل ۶- رد و اثر ماشین آلات سنگین کشاورزی و کوبیدگی خاک در اراضی جنگلی با زیراشکوب کشاورزی
(منبع تصویر:نویسنده)



شکل ۷- زخمی شدن و آسیب رسیدن به نهال‌ها و زاد آوری‌های درختان بلوط در اراضی جنگلی با زیر اشکوب کشاورزی در اثر عمور ماشین آلات سنگین کشاورزی



شکل ۸- تغییر در پوشش درختی اراضی جنگلی با توسعه کاشت گونه‌های مثمر غیر جنگلی (بادام) که سبب می‌شود درختان بلوط کهنسال و بومی به تدریج جای خود را به درختان بادام دهند

اهمیت توسعه کشاورزی مکانیزه در مناطق مختلف زاگرس را می‌توان به طور خلاصه به دلایلی از جمله نیاز به افزایش بهره‌وری و تولید نسبت به کشاورزی سنتی، کمبود نیروی انسان، کاهش هزینه‌های تولید، تأمین امنیت غذایی و معیشت جوامع محلی، کاهش زمان کاشت و برداشت، افزایش مقاومت محصولات در برابر آفات و بیماری‌ها و مواردی از این قبیل خلاصه نمود (حیدری و همکاران، ۱۳۹۱). با این حال، باید توجه داشت که کشاورزی مکانیزه در زیر اشکوب جنگل‌های زاگرس در صورت مدیریت نادرست می‌تواند تهدیدی برای اکوسیستم جنگلی باشد. فشردگی خاک ناشی از استفاده از ماشین‌آلات سنگین (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۰)، تغییر و تخریب پوشش گیاهی (ذاکری و همکاران، ۱۳۹۴)، از بین رفتن زیستگاه جانوران از جمله پرندگان که خود عامل کنترل آفات و امراض کشاورزی و جنگل هستند، فرسایش خاک حاصلخیز (رضوی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵) و آلودگی منابع آب از جمله مشکلاتی است که ممکن است در صورت فقدان قوانین و دستورالعمل‌های مناسب در این تحول پیش آمده، رخ دهد. بنابراین، نیاز به رویکردی پایدار در مکانیزه کردن کشاورزی در حوزه جنگل‌های زاگرس وجود دارد که ضمن افزایش بهره‌وری، از تخریب جنگل‌های این منطقه نیز جلوگیری شود. هدف از این مقاله تاکید بر ضرورت تقویت قوانین حفاظت از اراضی جنگلی با کاربری زیر اشکوب کشاورزی در منطقه زاگرس با توجه به توسعه‌های اقتصادی و اجتماعی و مکانیزاسیون کشاورزی در حال توسعه در منطقه است. با تمرکز بر قوانین و مقررات موجود می‌توان با شناسایی نقاط ضعف موجود در قوانین فعلی و ارائه پیشنهاداتی برای بهبود و ارتقاء آنها، قدم‌های نخستین را در کاهش تهدیدات ناشی از تغییر کاربری جنگل‌های زاگرس و جلوگیری از تخریب بیشتر این منابع بسیار با اهمیت برداشت.

روش پژوهش

این مقاله با روش بررسی کتابخانه‌ای و مرور منابع مختلف تدوین شده است. این بررسی‌ها شامل مواردی از جمله بررسی مقالات علمی- پژوهشی و ترویجی و مروری، بررسی مصاحبه‌های خبری مرتبط با موضوع با مسئولین اجرایی این بخش، بررسی منابع مختلف اینترنتی از جمله وب‌سایت‌های سازمان‌های ذیربط دولتی، توجه به جزوات درسی دانشگاهی و توجه به مصوبات دولتی و قوانین موجود در این زمینه و براساس تجربیات نویسندگان از تفسیر عکس‌های هوایی تاریخی در منطقه و انجام بازدیدهای میدانی در مناطق مختلف کشاورزی در زیر اشکوب جنگل از جمله این مناطق در استان کهگیلویه و بویراحمد می‌شود.

قوانین، مصوبات و اسناد کلیدی مرتبط با موضوع

به طور کلی تا کنون قوانین، مقررات و دستورالعمل‌های مختلف و متنوعی در حوزه‌های کشاورزی، جنگلداری، منابع طبیعی، محیط زیست و منابع آب و خاک و بخش‌های مرتبط درکشور تدوین، تصویب و به اجرا گذاشته شده است که در رابطه با موضوع مورد بحث در این مطالعه می‌توان به اختصار به موارد زیر اشاره نمود (بشیری و میرزایی، ۱۳۸۹؛ شامخی، ۱۳۹۰؛ عموزاد مهدیرجی، ۱۴۰۱؛ رضوی و اعتمادی، ۱۴۰۲).

قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها (مصوب ۱۳۴۶)

ماده ۵۶ قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع ایران (مصوب ۱۳۴۶)

قانون حفاظت از اراضی ملی (مصوب ۱۳۵۳)

قانون حفاظت از محیط زیست (مصوب ۱۳۵۳)

قانون کشاورزی (مصوب ۱۳۷۱)

قانون تعیین تکلیف اراضی اختلافی موضوع اجرای ماده ۵۶ قانون (مصوب ۱۳۷۱)

قانون جلوگیری از تخریب اراضی (مصوب ۱۳۷۴)

قانون افزایش بهره وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (مصوب ۱۳۸۹)

راهبرد بلند مدت محیط زیست و منابع طبیعی از منظر آمایش سرزمین

برنامه بهینه‌سازی پایش، حفظ، بهرهبرداری و مدیریت جنگل‌های کشور (مصوبه هیات وزیران ۱۳۹۲)

پیش نویس غیر قابل استناد سند جامع حفاظت و مدیریت پایدار بوم سازگان زاگرس – غیر قابل استناد اردیبهشت ۱۴۰۰ (سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور)

قانون جنگل‌کاری و احیای جنگل‌ها

قوانین مرتبط با توسعه روستایی و محلی

قوانین مربوط به استفاده از منابع آب

تحلیل‌ها

با توجه به گسترش کشاورزی مکانیزه در زیراشکوب جنگل‌های بلوط زاگرس و تأثیرات احتمالی آن بر این اکوسیستم حساس، لازم است که قانون و مقررات موجود به منظور حفاظت بیشتر از این عرصه‌های جنگلی تقویت، بازنگری و تغییر یابند. در ادامه به برخی از این تغییرات و اقدامات پیشنهادی اشاره می‌شود. امید است با اجرای این تغییرات و تقویت قوانین

و نظارت بر اجرای آنها بتوان از جنگل‌های بلوط زاگرس در برابر تأثیرات منفی کشاورزی مکانیزه محافظت کرده و به پایداری این اکوسیستم ارزشمند کمک کرد.

تدوین و تقویت قوانین مربوط به تغییر کاربری اراضی: لازم است قوانین موجود در زمینه تغییر کاربری اراضی جنگلی به‌ویژه در مناطقی که تحت تأثیر کشاورزی مکانیزه قرار دارند، بازنگری شوند. در این قوانین باید محدودیت‌های دقیقی را برای تبدیل اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی تعیین شود و به حفاظت از مناطق حساس و با ارزش اکولوژیکی جنگل توجه بیشتری شود.

تعیین ضوابط برای استفاده از ماشین‌آلات سنگین: لازم است استفاده از ماشین‌آلات سنگین در اراضی جنگلی با رعایت ضوابط خاصی انجام شود. برای مثال، تعیین وزن مجاز تجهیزات و ماشین‌آلات کشاورزی، زمان‌های خاصی برای کشت و برداشت و محدود کردن استفاده از این تجهیزات در مناطق حساس می‌تواند به کاهش فشردگی خاک و کاهش آسیب به ریشه درختان و زادآوری‌های جوان آنها کمک کند.

تشویق به استفاده از تکنیک‌های پایدار و فناوری‌های دوستدار محیط زیست: قوانین جدید باید تشویق‌کننده استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار و تکنولوژی‌های کم‌خطر برای محیط‌زیست باشند. این می‌تواند شامل ارائه مشوق‌های مالی برای کشاورزان باشد تا از روش‌های زراعی کم آسیب و دوستدار طبیعت استفاده کنند.

تدوین قوانین مرتبط با کنترل آفات و استفاده از سموم: با ورود کشاورزی مکانیزه، استفاده از سموم شیمیایی برای دفع آفات افزایش می‌یابد. بنابراین نیاز است تا قوانین مربوط به استفاده از این مواد با دقت بیشتری تنظیم شوند و استفاده از سموم کم‌خطر و ارگانیک تشویق گردد.

بررسی و ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی: لازم است که ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی کشاورزی مکانیزه به‌طور دقیق در قوانین دیده شود. این ارزیابی‌ها باید به‌ویژه بر روی تأثیرات کشاورزی مکانیزه با استفاده از سموم دفع آفات، کاربرد کودهای شیمیایی و وارد کردن گونه‌های غیر بومی به عرصه‌های جنگلی بر اکوسیستم جنگلی و سلامت خاک متمرکز باشند.

تقویت نظام‌های نظارتی و بازدیدهای دوره‌ای: لازم است که نظام‌های نظارتی بر کشاورزی مکانیزه در زیر اشکوب جنگل‌ها تقویت شوند. این شامل بازدیدهای دوره‌ای از مزارع و نظارت بر اجرای قوانین و مقررات مرتبط با حفاظت از جنگل‌ها است.

آموزش و ترویج آگاهی در میان کشاورزان: تدوین برنامه‌های آموزشی و ترویجی برای کشاورزان درباره شیوه‌های پایدار و کم‌خطر برای محیط‌زیست و تأثیرات منفی ممکن کشاورزی مکانیزه بر جنگل‌ها و منابع طبیعی، اهمیت زیادی دارد.

توسعه برنامه‌های مدیریت یکپارچه منابع طبیعی: قوانین باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که مدیریت یکپارچه منابع طبیعی را ترویج کنند، به طوری که حفاظت از جنگل‌ها و استفاده پایدار از زمین‌های کشاورزی در کنار هم تحقق یابند.

قوانین کلیدی

قانون حفاظت از محیط زیست (مصوب ۱۳۵۳)

لازم است در این قانون لزوم حفاظت از جنگل‌ها و تنوع زیستی در برابر فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی مورد توجه بیشتری قرار گیرد و باید در آن الزامات مربوط به ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی (EIA) کشاورزی مکانیزه و تجارتی در مناطق جنگلی تقویت شود. از جمله محدودیت در استفاده از سموم کشاورزی یا مواد مصرفی زیان آور در عرصه‌های جنگلی،

جلوگیری از پخش و ایجاد صداهای زیان آور ماشین آلات کشاورزی در محیط‌های جنگلی از جمله حیات وحش و به ویژه پرندگان، حفظ محیط زیست از نظر ظواهر طبیعت و طرق زیباسازی آن.

ماده ۵۶ قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع ایران (مصوب ۱۳۴۶)

ماده ۵۶ قانون حفاظت و بهره‌برداری یکی از قوانین کلیدی برای حفاظت از اراضی جنگلی و جلوگیری از تصرف غیرقانونی آن‌هاست. براساس این ماده، تمامی جنگل‌ها و مراتع کشور، از جمله اراضی ملی که تاکنون به نام دولت ثبت نشده‌اند، به عنوان "اراضی ملی" اعلام شده و مالکیت آن‌ها به دولت واگذار می‌شود. هدف از این قانون، جلوگیری از تجاوز و تصرف غیر مجاز به اراضی جنگلی و مرتعی و همچنین حفظ منابع طبیعی با ارزش کشور است. این ماده، به وزارت منابع طبیعی (امروز وزارت جهاد کشاورزی) اجازه می‌دهد تا نسبت به شناسایی، ممیزی و ثبت این اراضی به عنوان اراضی ملی اقدام کند.

در ارتباط با موضوع "ضرورت تقویت قوانین حفاظت از اراضی جنگلی با کاربری زیراشکوب کشاورزی در زاگرس، با توجه به توسعه اقتصادی، اجتماعی و مکانیزاسیون کشاورزی"، ماده ۵۶ اهمیت زیادی دارد. با وجود این قانون، فشارهایی که ناشی از توسعه اقتصادی و گسترش کشاورزی مکانیزه در منطقه زاگرس است، می‌تواند منجر به تجاوز به اراضی جنگلی شود. برخی از اراضی جنگلی ممکن است به تدریج به زمین‌های کشاورزی با کاربری کشاورزی در زیراشکوب تبدیل شوند. به همین دلیل، لازم است ماده ۵۶ قانون، متناسب با شرایط کنونی بازنگری و تقویت شود تا ضمن حمایت از اراضی جنگلی، امکان بهره‌برداری پایدار و مسئولانه از این اراضی در چارچوب توسعه‌های اقتصادی و کشاورزی فراهم شود. برای مثال، تدوین ضوابط ویژه برای کشت زیر اشکوب و تعیین محدودیت‌های دقیق برای جلوگیری از تخریب جنگل‌ها، از جمله مواردی است که می‌تواند به اجرای موثرتر این قانون کمک کند.

قانون حفاظت از اراضی ملی (مصوب ۱۳۵۳)

در این قانون لزوم کنترل بیشتر بر تغییر کاربری اراضی جنگلی و حفاظت از جنگل‌ها در برابر تبدیل به زمین‌های کشاورزی تاکید شده است.

کاربرد عکس‌های هوایی تاریخی برای کنترل و جلوگیری از حذف درختان جنگلی در اراضی جنگلی تحت کشاورزی مکانیزه

استفاده از عکس‌های هوایی تاریخی (Salehi et al., 2008؛ سوسنی و همکاران، ۱۳۸۸) و مقایسه آنها با تصاویر اخیر از جمله تصاویر سامانه Google Earth می‌تواند به توسعه استراتژی‌های حفاظتی مبتنی بر شواهد کمک کند. عکس‌های هوایی تاریخی می‌توانند به عنوان منبع اطلاعاتی غنی در تحقیق و برنامه‌ریزی برای حفاظت و مدیریت پایدار جنگل‌های بلوط زاگرس و اراضی زیر اشکوب مورد استفاده قرار گیرند. با مقایسه عکس‌های هوایی تاریخی و اخیر، می‌توان تغییرات کاربری اراضی را شناسایی و تحلیل کرد (دریکوندی و همکاران، ۱۳۹۳). این اطلاعات می‌توانند نشان‌دهنده روند تغییر کاربری و پوشش اراضی از جنگل به کشاورزی یا سایر کاربردها باشند. همچنین می‌توانند به بررسی تأثیرات کشاورزی مکانیزه بر اراضی جنگلی کمک کنند و شواهدی از تخریب، کاهش سطح جنگل و از بین رفتن پایه‌های درختی در این عرصه‌ها بدست دهند. عکس‌های تاریخی همچنین می‌توانند مستنداتی از الگوهای توزیع گونه‌ها و تنوع زیستی در عرصه‌های جنگلی در گذشته بدست دهند. این مستندات می‌توانند ابزاری کارآمد برای ارزیابی دقیق از میزان و سرعت تخریب حاصل از توسعه کشاورزی تجارتی در منطقه باشند. اطلاعات به‌دست‌آمده از عکس‌های هوایی می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیریت‌کنندگان

بخش منابع طبیعی کمک کند تا تصمیمات بهتری در زمینه حفاظت از جنگل‌ها و مدیریت پایدار اراضی کشاورزی اتخاذ نمایند. همچنین، مقایسه عکس‌های هوایی تاریخی و اخیر می‌توانند به عنوان ابزاری برای افزایش آگاهی عمومی در مورد وضعیت جنگل‌ها و اثرات تغییرات کاربری زمین استفاده شوند. این ابزار می‌تواند به جلب مشارکت جامعه در برنامه‌های حفاظت و مدیریت منابع طبیعی کمک کند. با توجه به موارد یادشده استفاده از عکس‌های هوایی تاریخی می‌تواند به عنوان ابزاری ارزشمند در فرآیند تصمیم‌گیری و قانون‌گذاری در زمینه حفاظت از جنگل‌های بلوط زاگرس و مدیریت پایدار منابع طبیعی عمل کرده و به حفظ این اکوسیستم‌های ارزشمند و ایجاد تعادل بین توسعه کشاورزی و حفاظت از محیط‌زیست کمک کند.

نتیجه‌گیری

رفتار قانون‌گذاران در زمینه حفاظت از جنگل‌های زاگرس و به‌ویژه جنگل‌های بلوط باید به‌گونه‌ای باشد که علاوه بر رعایت قوانین موجود و بهبود وضعیت جنگل‌ها، به نیازهای روزافزون محیط‌زیست، جامعه و اقتصاد محلی پاسخ دهد. در این راستا می‌توان به رویکردهای کلیدی در این رابطه اشاره نمود.

بازنگری و به‌روزرسانی قوانین: قانون‌گذاران باید به‌طور دوره‌ای قوانین موجود را مورد بازنگری قرار دهند تا با تغییرات اقلیمی، اجتماعی و اقتصادی هماهنگ شوند. این شامل بررسی و به‌روزرسانی قوانین مربوط به تغییر کاربری اراضی، حفاظت از جنگل و کشاورزی در زیر اشکوب می‌باشد.

توسعه قوانین مبتنی بر شواهد: تصمیمات و قوانین جدید باید براساس داده‌ها و شواهد علمی، از جمله تحلیل‌های تاریخی و اکولوژیکی تدوین شوند. استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از عکس‌های هوایی و مطالعات میدانی می‌تواند به قانون‌گذاران کمک کند تا تصمیمات بهتری اتخاذ کنند.

ترویج کشاورزی پایدار: قانون‌گذاران باید سیاست‌هایی را تدوین کنند که کشاورزی پایدار را تشویق کند.

تقویت نظام‌های نظارتی: باید نظام‌های نظارتی مؤثری برای اجرای قوانین و مقررات مربوط به حفاظت از جنگل‌ها ایجاد شود. این شامل بازدیدهای منظم و نظارت بر فعالیت‌های کشاورزی و سایر استفاده‌ها از زمین است تا از تخلفات جلوگیری شود.

حفاظت از مناطق حساس: قانون‌گذاران باید به شناسایی و حفاظت از مناطق حساس و آسیب‌پذیر جنگل توجه داشته باشند. از جمله تعیین مناطق ممنوعه برای فعالیت‌های کشاورزی و سایر کاربری‌ها به‌منظور حفظ تنوع زیستی و اکوسیستم‌های جنگلی

تشویق به مشارکت جامعه محلی: قانون‌گذاران باید به ایجاد بسترهایی برای مشارکت جوامع محلی در فرآیند تصمیم‌گیری بپردازند. این مشارکت می‌تواند به بهبود مدیریت منابع طبیعی و افزایش مسئولیت‌پذیری در برابر حفاظت از جنگل‌ها کمک کند.

آموزش و آگاهی‌افزایی: برنامه‌های آموزشی و آگاهی‌افزایی برای کشاورزان و جوامع محلی درباره اهمیت حفاظت از جنگل و شیوه‌های کشاورزی پایدار باید توسعه یابد. این امر می‌تواند به تغییر رفتار و نگرش‌ها نسبت به جنگل‌ها و منابع طبیعی کمک کند.

تحقیق و توسعه: سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای بررسی تأثیرات مختلف فعالیت‌های کشاورزی بر جنگل‌ها و یافتن راهکارهای نوآورانه برای حفاظت از جنگل‌ها و افزایش بهره‌وری کشاورزی، بسیار با اهمیت است.

توسعه برنامه‌های مدیریت یکپارچه منابع طبیعی: قانون‌گذاران باید برنامه‌های مدیریت یکپارچه منابع طبیعی از جمله حفاظت از جنگل‌ها، کشاورزی پایدار و استفاده بهینه از منابع آب و خاک را توسعه دهند.

تدوین و اجرای برنامه‌های احیا: در مناطقی که جنگل‌ها به دلیل فعالیت‌های انسانی آسیب دیده‌اند، برنامه‌های احیا و بازسازی باید تدوین و اجرا شود. این موضوع شامل کاشت بذور و نهال‌های بومی و حفاظت فیزیکی از آنها برای بهبود شرایط اکولوژیکی منطقه است.

با اتخاذ این رویکردها و اقدامات، قانون‌گذاران می‌توانند به بهبود وضعیت جنگل‌های زاگرس و حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده کمک کنند. این اقدامات باید به‌طور جامع و هماهنگ با همکاری تمام ذینفعان از جمله دولت، جوامع محلی و سازمان‌های غیر دولتی انجام شود. با انجام این تغییرات، قوانین موجود می‌توانند به‌طور مؤثرتری به حفاظت از جنگل‌های بلوط زاگرس و ارتقاء کشاورزی پایدار کمک کنند. این تغییرات نیاز به همکاری و همفکری میان قانون‌گذاران، محققان، جوامع محلی و سازمان‌های غیر دولتی دارند تا به بهبود وضعیت جنگل‌ها و منابع طبیعی در این منطقه منجر شوند.

منابع

بهشتی آل‌آقا، ع.، رئیسی، ف.، گلچین، الف، (۱۳۹۰). اثرات آشفتگی ناشی از تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی بر برخی شاخص‌های بیولوژیک کیفیت خاک در اکوسیستم‌های جنگلی شمال ایران، نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۳ (۴): ۴۵۳-۴۳۹.

حیدری، م.، حسینی، ن.، حسینی، م.، رسایی، الف، (۱۳۹۱). زراعت زیرآشکوب و تخریب جنگل در استان کرمانشاه مطالعه موردی: کرمانشاه، بخش جلالوند، نخستین همایش منطقه‌ای توسعه پایدار منابع طبیعی غرب کشور: چالش‌ها و راهکارها.

دریکوندی، الف.، خسروی، م.، تاسه، الف.، حیدرپور، م، (۱۳۹۳). بررسی تغییرات گستره جنگل‌های زاگرس میانی با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و بهره‌گیری از GIS، مطالعه موردی: منطقه کاکارضا، استان لرستان، اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۵ (۳): ۱۰۷-۹۵.

ذاکری، ف.، حجتی، م.، کیادلیری، ه.، فلاح، الف، (۱۳۹۴). تاثیر کشت زیرآشکوب بر خصوصیات کمی و کیفی توده‌های بلوط زاگرس جنوبی، مطالعه موردی: دشت برم کازرون - استان فارس، مجله جنگل ایران، ۷ (۱): ۱۰۹-۹۹.

رضوی‌نیا، ز.، مهدوی، ع.، بازگیر، م.، رستم‌نیا، م، (۱۳۹۵). اثر تغییر کاربری اراضی جنگلی به کشت زیرآشکوب درختان بلوط بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، دومین کنگره ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران.

سوسنی، ج.، زبیری، م.، فقهی، ج، (۱۳۸۸). کاربرد عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در نماسازی تغییرات پوشش جنگل در زاگرس، مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه کاکارضای استان لرستان، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷ (۲): ۲۳۷-۲۴۹.

شامخی، ت. (۱۳۹۰). قوانین و مدیریت منابع طبیعی (جنگل‌ها و مراتع). چاپ دوم ، تهران، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.

بشیری، ع. میرزایی ا. ح. (۱۳۸۹). حقوق کاربردی اراضی در ایران، چاپ اول، تهران، ناشران: جنگل، جاودانه.

رضوی، س. ب. اعتمادی خیاوی، ع.، (۱۴۰۲). محشای کاربردی قوانین و مقررات اراضی، جنگلها و منابع طبیعی، چاپ اول، تهران: انتشارات دادبخش .

عموزاد مهدیرجی، ق، (۱۴۰۱). تشخیص اراضی ملی از مستثنیات مبانی، عناصر و آثار حقوقی، چاپ اول، تهران: نشر دادگستر.

Salehi, A., Wilhelmsson, E., and Söderberg, U., (2008). Land cover changes in a forested watershed, Southern Zagros, Iran, Land Degradation and Development, Vol. 19, 542-553.

The necessity of strengthening the laws for the protection of forest lands with agricultural understory in the Zagros Basin: Alignment with socio-economic development and agricultural mechanization

A. Salehi*

- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural resources, Yasouj University, Iran.

Abstract

Due to specific climatic and historical conditions, the Zagros oak forests have been traditionally used for understory agriculture since ancient times. This type of agriculture, which was done manually in the past with minimal impact on these ecosystems, has been subjected to quantitative and qualitative degradation due to the development of agricultural mechanization and the use of heavy machinery, water pumping engines and water transfer channels, chemical fertilizers and pesticides to increase production in commercial agriculture. In the meantime, with the introduction of mechanized agriculture and the change in forest land use, it seems that the existing laws on forest protection also need to be revised and strengthened. Mechanization and increased production have imposed new pressures on these important ecosystems in the west of the country and have challenged their sustainable conservation. This study, by reviewing current laws and analyzing the impacts of mechanized agriculture on forest lands, based on field conditions and using historical and recent aerial photographs, emphasizes the need to formulate sustainable laws in this field. In this regard, solutions have been proposed, including limiting the use of heavy machinery in forest lands, encouraging sustainable agriculture, developing more precise laws for land use change, and raising awareness among local communities.

Keywords: Mechanized agriculture, Persian oak, Quantitative and qualitative forest digridation, Socio-economic development.

*Corresponding author Tel: +989171551288 Email: asalehi@yu.ac.ir

بررسی اثر حفاظت بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و زادآوری درختان در راشستان‌های غرب استان گیلان، مطالعه موردی: جنگل‌های سری ۲ ناو اسالم

علی صالحی[۱]، حسن پوربابائی[۲]، سعید ابراهیمی نصرآبادی[۳*]

۱- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

چکیده

این پژوهش برای مقایسه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و زادآوری در دو پارسل حفاظت شده و حفاظت نشده به‌ترتیب با مساحت‌های ۳۶ و ۶۹ هکتار در یک راشستان از سری دو ناو اسالم در غرب گیلان انجام و در هر پارسل ۲۵ قطعه نمونه به مساحت ۴۰۰ مترمربع به‌روش منظم- تصادفی با ابعاد شبکه ۱۵۰× ۱۰۰ متر پیاده شد. در هر قطعه نمونه، نمونه-های خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر برداشت شد. به‌علاوه، برای بررسی زادآوری از میکروپلات‌های ۲۵ مترمربعی استفاده شد. نتایج آزمون تی مستقل برای خصوصیات خاک نشان دهنده این است که بین خصوصیات خاک ازجمله تخلخل و درصد سیلت و کربن اختلاف معنی‌داری وجود داشته و میانگین این ویژگی‌ها در پارسل حفاظت شده بیشتر از حفاظت نشده بوده است. براساس آنالیز ضریب همبستگی پیرسون، درصد سیلت و شن با مقادیر زادآوری به‌ترتیب ارتباط معنی‌دار مثبت و منفی داشت. قابل ذکر است که در پارسل حفاظت شده، میانگین نرخ زادآوری در مقایسه با پارسل حفاظت نشده بیشتر بود. بنابراین حفاظت تأثیر مثبتی بر نرخ تجدیدحیات نشان می‌دهد. این یافته‌ها، بیانگر اهمیت نقش شیوه‌های حفاظتی در بهبود بازسازی جنگل است. اگرچه، تحقیقات بیشتری برای درک روابط پیچیده بین ویژگی‌های خاک و زادآوری مورد نیاز است.

واژگان کلیدی: خصوصیات خاک، کربن آلی، جنگل هیرکانی، حفاظت.

مقدمه

آشفتگی فرآیندی است که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم موجب تغییر ساختار اکوسیستم‌ها در زمان مشخص می‌شود و یکی از دلایل افزایش حالت موزاییکی آنهاست (Hughes and Byrnes, 2007). به‌همین ترتیب، سازگاری و تکامل در جنگل‌ها به‌وسیله طبیعت طی چندین قرن ایجاد شده است. جنگل‌های طبیعی سطوح مختلفی از اختلال را تجربه کرده‌اند (Lixin Wang, 2019). جنگل‌های بکر یا طبیعی دارای حافظه بوم‌شناختی هستند. به‌عبارتی میکروارگانیزم‌ها، مواد آلی مانند خشکه‌دار، تنوع طبقات قطری و صفات عملکردی، قبل از آشفتگی‌ها بر فرآیندهای بازسازی جنگل، پس از آشفتگی تأثیر می‌گذارند (Johnstone et al., 2016). بوم‌سازگان جنگلهای هیرکانی یکی از آخرین باقیمانده‌های جنگل‌های پهن‌برگ طبیعی دنیا می‌باشد. از نقطه‌نظر تبارشناختی این جنگل‌ها در مقایسه با جنگل‌های پهن‌برگ اروپا که به‌شدت تحت تاثیر

*نویسنده مسئول تلفن: ایمیل: saedstudent@gmail.com

دوره‌های یخچالی و فعالیت‌های انسان بوده است، هنوز به‌صورت یک بوم‌سازگان بکر و طبیعی در نظر گرفته می‌شود (عصاره، ۱۳۸۴). حضور دام در گستره جنگل‌های شمال از دغدغه‌های برنامه‌ریزان بوده و از جمله چالش‌های مدیریتی حوزه منابع طبیعی کشور محسوب می‌شود (سالاردینی، ۱۳۸۴). چرای بی‌رویه دام‌ها با آسیب رساندن به پوشش گیاهی و فشرده‌سازی خاک، فرسایش خاک را افزایش می‌دهد که سبب کاهش نفوذپذیری آب و افزایش رواناب می‌شود. این امر منجر به از بین رفتن ساختار و حاصلخیزی خاک می‌شود و آن را مستعد فرسایش می‌کند (De Boer et al., 2011; Ma et al., 2022; Kassie et al., 2011). همین‌طور چرای دام با تعلیف نهال‌ها، تاثیر منفی بر روی تجدیدحیات گونه‌های درختی دارد و سبب حذف گونه‌های مرغوب می‌شود (Wassie et al., 2009). چرای مفرط با تغییر از طریق تغییر در مراحل توالی، اکوسیستم‌های جنگلی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (ابراهیمی و پورابایی، ۱۳۹۲). خوشبختانه همگام با تغییر نگرش جامعه جهانی نسبت به جنگل‌های طبیعی، توسعه دانسته‌ها در مورد ساختار و وضعیت کمی و کیفی این اکوسیستم‌ها و به تبعیت آن، اهمیت حفاظت، مورد توجه پژوهشگران و متولیان جنگل قرار گرفته است (Angelstam et al., 2020).

فعالیت‌های حفاظتی به‌عنوان معیاری برای درک فرآیندهای اکولوژیکی عمل می‌کنند. درک خودتنظیمی از طریق نظارت و ارزیابی تأثیر حفاظت بر این فرآیندها صورت می‌پذیرد. این نگرش برای حفظ تنوع زیستی و سلامت اکوسیستم بسیار مهم است (Arcese and Sinclair, 2016). روابط بین آشفتگی‌های طبیعی و مدیریت مبتنی بر حفاظت می‌تواند سازگاری بوم-شناختی را تقویت کند، بنابراین استمرار فعالیت‌های حفاظتی، برای حفظ پویایی بوم‌شناختی ضروری است (Leroux et al., 2013).

به واسطه تأثیرات اشاره شده چرای دام بر خاک و زادآوری، این دو عامل از مهمترین معیارها برای ارزیابی مدیریت مبتنی بر حفاظت به‌شمار می‌آیند (Moradi et al., 2022). بنابراین هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه خصوصیات خاک و زادآوری در پارسل‌های حفاظت شده و حفاظت نشده در سری دو ناو اسالم در غرب گیلان می‌باشد. از این طریق می‌توان با مطالعه تغییرات کمی زادآوری و خصوصیات خاک، اثرات حفاظت را در این پارسل‌ها مشخص نمود. نتایج این بررسی می‌تواند به‌عنوان سنجشی در مورد یکی از راه‌کارهای مناسب در روند اجرای برنامه‌های مدیریتی در این جنگلها محسوب شود. پژوهشگران در تحقیقی ارتباط بین مدت زمان عدم دخالت انسانی بر روی توده‌های جنگلی در رومانی، به‌مدت ۷۰ سال را با غنای گونه‌ای و پیچیدگی‌های ساختاری، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که همبستگی معناداری بین زمان پس از جداسازی و تنوع ساختاری جنگل وجود دارد (Barbu et al., 2023). در پژوهشی دیگر با بررسی و مقایسه توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده، با محوریت راشستانها در کشور اسلونی، محققین به این نتیجه رسیدند که با توجه به حضور بیشتر خشکه‌دارها و درختان مادری در مناطق مدیریت شده، غنای گونه‌ای بیشتر است (Nagel et al., 2017). در پژوهشی در جنگلهای برزیل، نتایج نشان داد که در برخی از توده‌ها که مورد حفاظت قرار گرفته اند، روند تغییرات تعداد زادآوری گونه‌های درختی در دوره زمانی پنج ساله (۲۰۱۲ و ۲۰۱۷) منجر به جایگزینی گونه‌های سایه‌پسند با نورپسند شده و تعداد تجدیدحیات در این دوره از روند نزولی برخوردار بوده است (Goncalves et al., 2017). پژوهشگران نمونه‌های خاک را در دو منطقه جنگلی مدیریت نشده و مدیریت شده مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و با مقایسه آنها به این نتیجه رسیدند که تأثیر فعالیت‌های انسانی، مانند قطع گزینشی درختان، به‌صورت معنی‌داری تأثیر منفی بر روی کیفیت طبیعی خاک ندارد (Mohabbati et al., 2024). خصوصیات خاک و تجدیدحیات طبیعی در دو منطقه حفاظت شده و حفاظت نشده در منطقه ماسال مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق در هر یک از پارسل‌ها از ۱۵ قطعه نمونه (در مجموع ۳۰ قطعه نمونه) دایره‌ای شکل به مساحت هزار مترمربع استفاده شد. به‌علاوه، برای بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌های

خاک از عمق ۰ تا ۲۰ برداشت شد. نتایج بررسی میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اختلاف معنی‌داری را برای درصد رطوبت اشباع، کربن آلی، کلسیم و pH در دو پارسل نشان داد. این تحقیق ثابت کرد که حفاظت تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خصوصیات خاک و تجدیدحیات دارد و می‌تواند یک روش مناسب برای بازسازی جنگل‌های شمال باشد (رضوی، ۱۳۹۴). در پژوهشی با بررسی میزان ترسیب کربن در جنگلهای ماسال (حفاظت شده و حفاظت نشده) از ۳۰ قطعه نمونه (در هر منطقه ۱۵ قطعه نمونه) استفاده شد. همچنین برای بررسی خصوصیات خاک، نمونه‌های خاک از عمق ۰-۲۰ از چهارگوشه و مرکز قطعات نمونه برداشت شد. نتایج این تحقیق نشان داد که از میان خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، درصد شن، درصد کربن آلی و ترسیب کربن در منطقه حفاظت شده بیشتر و دارای اختلاف معنی‌دار بود. ولی میزان رطوبت اشباع در منطقه حفاظت نشده بیشتر و دارای اختلاف معنی‌دار بود (اسماعیل‌زاده سالستانی، ۱۳۹۴).

بسیاری از راشستان‌های شمال ایران پس از بهره‌برداری‌های دهه ۷۰ از طریق حصارکشی یا ایجاد موانعی برای عدم ورود دام به جنگل، مورد حفاظت قرار گرفته است که منجر به ایجاد حالت نامنظم توده جنگلی شده است. این شکل توده جنگلی محصول خودتنظیمی طبیعی، به‌واسطه عدم دخالت انسانی است که منجر به ایجاد راشستان‌های غنی شده است. از جمله این راشستان‌ها در مناطقی مانند روستای متش در سری دو و یا روستای زراس در سری ۱۳ حوضه ناو اسالم و مناطق متعدد دیگر وجود دارد. بنابراین ضروری است که به‌وسیله نظارت و ارزیابی اقدامات حفاظتی، اطمینان حاصل شود که اصل یکپارچگی در مقیاس چشم‌انداز و اثرات مفید مناطق حفاظت شده در طول زمان، پایدار خواهد بود. این تداوم اصل حفاظت به پایداری اکوسیستم‌های جنگلی منجر شده و تضمین کننده بهره‌مندی نسلهای آینده از این اکوسیستم طبیعی خواهد بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این پژوهش در سری دو ناو (حوضه آبخیز ۷) بین طول‌های ″۳۶ ′۴۴ °۴۸ و ″۹۶ ′۴۹ °۴۸ شرقی جغرافیایی و بین عرض‌های ″۳۸ ′۳۷ °۳۷ تا ″۵۱ ′۴۲ °۳۷ شمالی جغرافیایی و در شهرستان تالش استان گیلان قرار دارد. سری دو ناو با مساحت ۳۵۵۹ هکتار واقع در شهرستان تالش در غرب گیلان است. ارتفاع سری از سطح دریا ۲۸۰ تا ۲۱۲۰ متر می‌باشد. براساس آمار، میانگین بارندگی سالانه و متوسط درجه حرارت ماهانه به‌ترتیب ۸۴۸ میلی‌متر و ۱۰/۹ درجه سانتی‌گراد و نوع اقلیم منطقه نیز در سیستم دومارتن و آمبرژه به‌ترتیب خیلی مرطوب و مرطوب سرد است. پارسل‌های ۲۷۶ با مساحت ۳۹ هکتار و ۲۷۷ با مساحت ۶۹ هکتار به‌ترتیب حفاظت شده و حفاظت نشده می‌باشند. لازم به‌ذکر است که راشستان‌ها در پارسل ۲۷۶ در ۲۰ سال اخیر تحت حفاظت قرار داشته است (بی‌نام، ۱۳۸۷).

ابتدا با جنگل گردشی در سطح پارسل‌ها و مطالعات مقدماتی محدود مورد مطالعه (سری دو) پارسل‌های ۲۷۶ (منطقه حفاظت شده) و در مجاورت آن پارسل ۲۷۷ (منطقه حفاظت نشده) که دارای گونه راش (*Fagus orientalis* Lipsky) خالص تا آمیخته بودند مشخص شد. دامنه ارتفاعی پارسلهای ۲۷۶ و ۲۷۷ از ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ متر می‌باشد.

روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات موردنظر پس از تهیه نقشه سامانه اطلاعات جغرافیایی منطقه، با استفاده از شبکه آماربرداری ۱۵۰× ۱۰۰ متر، قطعه‌نمونه‌های بزرگ به ابعاد۲۰×۲۰ متر به‌صورت منظم- تصادفی در دو پارسل انجام شد. بدین ترتیب مجموعاً ۵۰ قطعه‌نمونه (۲۵ قطعه‌نمونه در هر پارسل) در دو پارسل استقرار یافت.

زادآوری

به‌منظور بررسی تجدیدحیات در دو پارسل حفاظت شده و حفاظت نشده، میکروپلات‌های ۵×۵ متر در مرکز قطعه نمونه بزرگ پیاده و تعداد نهال‌ها، نونهال‌های با قطر برابرسینه کمتر از ۷/۵ سانتی‌متر و ۷/۵-۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع برابرسینه کمتر از ۱/۳ متر به‌عنوان زادآوری شمارش شد (پورمجیدیان و مرادی، ۱۳۸۸).

نمونه‌برداری خاک و مراحل آزمایشگاهی

نمونه‌برداری خاک در داخل هر یک از قطعات نمونه در پارسل موردنظر انجام شد. برای تهیه نمونه خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر پس از کنار زدن لاشبرگ، از مرکز هر قطعه‌نمونه خاک برداشت شد. وزن تقریبی نمونه‌های برداشت شده حدود یک کیلوگرم به‌منظور آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به‌دست آمد. نمونه‌ها در هوا آزاد خشک و به آزمایشگاه انتقال داده شد و در آزمایشگاه پس از خشک‌کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت. در روش فیزیکی، بافت خاک به‌روش هیدرومتری، جرم مخصوص به‌روش کلوخه، درصد رطوبت به‌روش استاندارد وزنی، جرم مخصوص حقیقی به‌روش پیکنومتری و درصد تخلخل با استفاده از داده‌های جرم مخصوص ظاهری و حقیقی تعیین شد (آذریان و همکاران، ۱۳۹۹). در مورد ویژگی‌های شیمیایی، کربن و مواد آلی به‌روش والکی بللک صورت گرفت. pH به‌وسیله دستگاه pHمتر و به‌کارگیری مخلوط ۱:۲٫۵ خاک و آب مقطر محاسبه شد (جعفری حقیقی، ۱۳۸۲).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

اطلاعات پس از گردآوری در نرم‌افزار Microsoft Office-Excel 2019 به‌عنوان بانک اطلاعاتی ذخیره شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری SPSS 27 استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک-(Shapiro Wilk) و آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) استفاده شد. برای مقایسه میانگین خصوصیات خاک و مقایسه تعداد زادآوری در دو پارسل حفاظت شده و حفاظت نشده از آزمون تی تست (T-test) من‌ویتنی (Mann whitney) و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون (Levene) استفاده شد. همچنین برای بررسی ارتباط خصوصیات خاک با زادآوری از ضریب همبستگی پیرسون (Pearson) و اسپیرمن (Spearman) استفاده شد.

یافته‌ها

مقایسه میانگین خواص خاک بین پارسل حفاظت شده (۲۷۶) و پارسل حفاظت نشده (۲۷۷) نشان داد که تفاوت معنی‌داری در جرم مخصوص ظاهری، pH، درصد رس، درصد سیلت، درصد شن و رطوبت بین دو پارسل وجود ندارد. با این‌حال، تفاوت

قابل‌توجهی در محتوای کربن مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که پارسل حفاظت شده (۲۷۶) دارای میانگین محتوای کربن بسیار بیشتری (۰/۰۵ ± ۷/۲۶) در مقایسه با پارسل حفاظت نشده (۲۷۷) (۰/۰۷ ± ۶/۲۱) است (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین خصوصیات خاک ± انحراف معیار در دو پارسل حفاظت شده ۲۷۶ و حفاظت نشده ۲۷۷

خصوصیات خاک	شماره پارسل		معنی‌داری
	۲۷۶	۲۷۷	
جرم مخصوص ظاهری	۱/۴۶±۰/۲۳	۱/۴۴±۰/۲۱	۰/۷۶۷
جرم مخصوص حقیقی	۱/۹۲±۰/۰۸	۲/۵۳±۰/۰۸	۰/۰۰۰
تخلخل	۳۴/۶۴±۱۱/۲۳	۴۲/۹۶±۹/۸۳	۰/۰۰۸
pH	۵/۵۶±۰/۲۶	۵/۳۶±۰/۳۶	۰/۰۲۳
درصد رس	۴/۲۹±۱/۱	۴/۲۶±۱/۱	۰/۳۹۰
درصد سیلت	۱۱/۰۴±۴/۷۳	۵/۸۸±۴/۱۹	۰/۰۰۱
درصد شن	۸۶/۸۳±۵/۷۹	۸۹/۸۶±۴/۶۷	۰/۰۴۷
رطوبت	۳۰/۷۶±۲/۷۳	۳۱/۲۸±۳/۷۳	۰/۵۷۷
کربن	۷/۲۶±۰/۰۵	۶/۲۱±۰/۰۷	۰/۰۰۱

همبستگی بین ویژگی‌های مختلف خاک و تعداد زادآوری‌ها در هر دو پارسل حفاظت شده و حفاظت نشده محاسبه شد. ضرایب همبستگی پیرسون نشان داد که بین ویژگی‌های خاک از جمله درصد سیلت و درصد شن با تعداد زادآوری در پارسل‌ها حفاظت شده، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. این مقادیر نشان داد که ویژگی درصد سیلت از همبستگی مثبت و ویژگی درصد شن از همبستگی منفی با تعداد زادآوری‌ها در این پارسل برخوردار می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲ - همبستگی بین خصوصیات فیزیکی خاک و تعداد زادآوری در دو پارسل حفاظت شده ۲۷۶ و حفاظت نشده ۲۷۷

پارسل	همبستگی/معنی‌داری	جرم	جرم مخصوص حقیقی	تخلخل	pH	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	رطوبت	کربن
۲۷۶	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۱۴۵	۰/۳۴۵	۰/۰۱۶	۰/۰۹	۰/۱۱۸	۰/۵۷۳	-۰/۵۷۶	۰/۱۲۴	-۰/۲۳۱
	سطح معنی‌داری	۰/۴۹۰	۰/۰۹۲	۰/۹۳۸	۰/۹۶۶	۰/۴۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۵۵۳	۰/۲۶۶
۲۷۷	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۰۷۰	۰/۰۶۴	۰/۳۷۵	۰/۱۸۱	-۰/۱۰۳	۰/۲۰۴	-۰/۱۴۵	-۰/۲۰۰	-۰/۳۱۳
	سطح معنی‌داری	۰/۷۴۱	۰/۷۶۱	۰/۰۶۵	۰/۳۸۷	۰/۶۲۳	۰/۳۲۸	۰/۴۸۹	۰/۳۳۹	۰/۱۲۸

میانگین زادآوری و انحراف معیار بین پارسل‌های حفاظت شده و حفاظت نشده محاسبه شد. پارسل حفاظت شده (۲۷۶) میانگین زادآوری بالاتری (۷/۶۶±۱۱/۷۲) را در مقایسه با پارسل حفاظت نشده (۲۷۷) (۴/۷۰±۶/۴۴) نشان داد. (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین زادآوری ± انحراف معیار در دو پارسل حفاظت شده ۲۷۶ و حفاظت نشده ۲۷۷

شماره پارسل	میانگین تعداد زاداوری در هرقطعه نمونه	سطح معنی داری
۲۷۶	۶۳/۸۰±۲۵/۶۷	۰/۰۰
۲۷۷	۱۳/۲۸±۷/۵۵	۰/۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این مطالعه بیانگر این امر است که که حفاظت می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر ویژگی‌های مختلف خاک به‌ویژه میزان کربن تأثیر بگذارد. در پارسل حفاظت شده، تجمع لاشبرگ و سایر مواد آلی به افزایش سطح کربن آلی خاک کمک می‌کند. این امر در درجه اول به‌دلیل کاهش تخریب و افزایش ورودی مواد آلی است که سبب ایجاد یک محیط خاک پایدارتر و غنی از مواد مغذی می‌شود (Rehschuh et al., 2021). وجود لایه‌های لاشبرگ در پارسل حفاظت شده نقش مهمی در حفظ سلامت خاک دارد. برعکس، پارسل تخریب شده اغلب با کاهش قابل‌توجهی در ورودی مواد آلی مواجه است. این کاهش با اثر فشارهای انسانی مانند چرای دام و قطع درختان تشدید می‌شود که نه‌تنها مواد آلی را از دسترس خارج کرده، بلکه فرسایش خاک را نیز تسریع می‌کند. این فعالیت‌ها در مجموع منجر به کاهش قابل توجه سطح کربن آلی خاک می‌شود (Suzuki et al., 2002). از بین رفتن مواد آلی و افزایش فرسایش در جنگل‌های تخریب شده منجر به کیفیت کم‌تر خاک و کاهش ظرفیت ذخیره کربن می‌شود. همچنین نتایج تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که برخی ویژگی‌های خاک به‌طور مستقیم بر زادآوری درخت راش تاثیرگذارند و این رابطه می‌تواند یکی از وجوه مهم اثرگذاری حفاظت بر پویایی جنگل باشد. با این وجود، فعل و انفعالات بین ویژگی‌های خاک و تجدیدحیات راش، پیچیده است و به‌طور بالقوه تحت تأثیر عوامل متعدد و فراتر از صرفاً محتوای کربن و بافت خاک است. از این رو، تحقیقات بیشتری برای کشف پویایی پیچیده بین ویژگی‌های خاک و فرآیند تجدیدحیات درخت راش، ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

آذریان، م.، ابراری واجاری، ک.، امانزاده، ب.، (۱۳۹۹). تغییرپذیری ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در مراحل تحولی جنگل راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در منطقه اسالم گیلان، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۸ (۲): ۱۲۴-۱۳۶.

ابراهیمی، س.، پوربابائی ح.، (۱۳۹۲). تأثیر حفاظت بر الگوی پراکنش مکانی درختان غالب در جوامع راش (مطالعه موردی: ماسال، گیلان). بوم شناسی کاربردی، ۲ (۴): ۱۳-۲۴.

اسماعیل‌زاده سالستانی، ا.، (۱۳۹۴). بررسی میزان ترسیب کربن خاک در دو منطقه قرق و غیر قرق در جنگل‌های استان گیلان (مطالعه موردی: سری ۵ ماسال). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ۷۱ صفحه.

بی‌نام، (۱۳۸۷). سومین طرح تجدیدنظر جنگلداری سری ۲ ناو اسالم، اداره کل منابع طبیعی استان گیلان، وزارت جهاد کشاورزی، ۷۱۴ ص. ۴.

جعفری حقیقی، م.، (۱۳۸۲). روش‌های تجزیه خاک: نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی (با تأکید بر اصول تئوری و کاربردی)، تهران، انتشارات ندای ضحی، ۲۴۰ صفحه.

پورمجیدیان، م.، مرادی، م.، (۱۳۸۸). بررسی ویژگی‌های رویشگاهی و جنگل‌شناسی گونه *Juniperus excelsa* در جنگل‌های طبیعی ایلان در استان قزوین، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۳): ۴۷۵-۴۸۷.

رضوی، م.، (۱۳۹۴). بررسی و مقایسه خصوصیات خاک و تجدیدحیات طبیعی در دو منطقه قرق شده و نشده جنگل‌های شمال کشور (مطالعه موردی: منطقه‌ی ماسال گیلان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ۸۹ صفحه.

سالاردینی، ع.، (۱۳۷۴). حاصلخیزی خاک، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۴۰ صفحه.

Angelstam, P., Manton, M., Green, M., Jonsson, B.G., Mikusiński, G., Svensson, J., and Sabatini, F.M. (2020). Sweden does not meet agreed national and international forest biodiversity targets: A call for adaptive landscape planning. Landscape and Urban Planning, Vol. 202. 103838.

Arcese, P., and Sinclair, A.R. (2016). The role of protected areas as ecological baselines. The Journal of Wildlife Management, Vol. 61, (3): 587-602.

Barbu, C.O., Duduman, G., and Tomescu, C.V. (2023). Variation Patterns of Forest Structure Diversity after Set-Aside in Rarău-Giumalău Mountains, Romania. Forests, 14 (2), 251.

De Boer, H.C., Deru, J.G.C., and Van Eekeren, N. (2018). Sward lifting in compacted grassland: effects on soil structure, grass rooting and productivity. Soil and Tillage Research, 184: 317-325.

Gonçalves, S.D.N.C., Schorn, L.A., Santos, K.F.D., and Higuchi, P. (2022). Dynamics of natural regeneration in a fragment of a Mixed Ombrophilous Forest in the upland region of Santa Catarina, Brazil. Ciência Florestal, 32: 812-828.

Randall Hughes, A., Byrnes, J.E., Kimbro, D.L., and Stachowicz, J.J. (2007). Reciprocal relationships and potential feedbacks between biodiversity and disturbance. Ecology Letters, 10 (9): 849-864.

Johnstone, J.F., Allen, C. D., Franklin, J.F., Frelich, L.E., Harvey, B.J., Higuera, P.E., and Turner, M.G. (2016). Changing disturbance regimes, ecological memory, and forest resilience. Frontiers in Ecology and the Environment, 14 (7): 369-378.

Ma, Z., Qin, W., Wang, Z., Han, C., Liu, X., and Huang, X. (2022). A Meta-Analysis of Soil Organic Carbon Response to Livestock Grazing in Grassland of the Tibetan Plateau. Sustainability, 14 (21), 14065.

Mohabbati, F., Eshaghi Rad, J., and Pahrizkar, P. (2024). The effect of gap size on herbaceous biodiversity and soil properties in the Beech forest with different management background in Mazandran and Guilan provinces. *Forest* Research and Development, 10(3): 343-361.

Moradi, M., Jorfi, M.R., Basiri, R., Yusef Naanaei, S., and Heydari, M. (2022). Beneficial effects of livestock exclusion on tree regeneration, understory plant diversity, and soil properties in semiarid forests in Iran. Land Degradation and Development, 33(2): 324-332.

Nagel, T.A., Firm, D., Mihelic, T., Hladnik, D., de Groot, M., and Rozenbergar, D. (2017). Evaluating the influence of integrative forest management on old-growth habitat structures in a temperate forest region. Biological Conservation, 216: 101-107.

Rehschuh, S., Jonard, M., Wiesmeier, M., Rennenberg, H., and Dannenmann, M. (2021). Impact of European beech forest diversification on soil organic carbon and total nitrogen stocks–a meta-analysis. Frontiers in Forests and Global Change, 4, 606669.

Leroux, S.J., and Rayfield, B. (2014). Methods and tools for addressing natural disturbance dynamics in conservation planning for wilderness areas. Diversity and distributions, 20(3): 258-271.

Suzuki, W., Osawa, A., and Matsui, K. (2002). Disturbance regimes and community structures of a riparian and an adjacent terrace stand in the Kanumazawa Riparian Research Forest, northern Japan. Forest Ecology and Management, 157 (1-3): 285-301

Wang, L., and Lin, T.C. (2019). Forests affected by frequent and intense typhoons challenge the intermediate disturbance hypothesis. Biotropica, 51(6): 797-801.

Wassie, A., Sterck, F. J., Teketay, D., and Bongers, F. (2009). Effects of livestock exclusion on tree regeneration in church forests of Ethiopia. Forest Ecology and Management, 257 (3): 765-772.

Investigation of Conservation on Soil Physical and Chemical properties and Regeneration in the Western Beech Forests of Guilan Province: A Case Study of Asalem Nav Forests, Series No. 2

A. Salehi[1], H. Pourbabaei[2] and S. Ebrahimi Nasrabadi[3*]

1- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan Some Sara, Iran.
2- Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan Some Sara, Iran.
3- M.Sc. Student of Forest Biology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan Some Sara, Iran.

Abstract

This study was conducted to compare the soil physical and chemical characteristics and regeneration in two protected and unprotected parcels, with areas of 36, and 69 hectares respectively, in a beech forest from series 2 Nav Asalem in western Guilan. In each parcel, 25 sample plots of 400 m^2 were taken using a random-systematic method with a grid size of 100×150 m. In each sample plot, soil samples were taken from a depth of 0-20 cm. In addition, 25 m^2 subplots were used to investigate regeneration. The results of the independent t-test for soil properties indicate that there was a significant difference between soil properties, including porosity, silt percentage, and carbon, and the average of these properties was higher in the protected parcel than in the unprotected one. Also, based on Pearson correlation coefficient analysis, silt and sand percentage had a significant positive and negative relationship with regeneration values, respectively. It is north worthy that the protected parcel has a higher average regeneration rate compared to the unprotected parcel. This suggests that conservation efforts have a positive impact on regeneration rates. These findings highlight the importance of the role of conservation practices in enhancing forest regeneration, although further research is needed to understand the complex interactions between soil properties and regeneration.

Keywords: Conservation, District 2 of Nav-Asalem, Hyrcanian Forest, Organic Carbon, Soil properties.

*Corresponding author Tel: +98 Email: saedstudent@gmail.com

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

پهنه‌بندی مکانی خطر آتش‌سوزی جنگل با کاربرد روش نسبت فراوانی مبتنی بر GIS در زاگرس میانی

سهراب مرادی[1]* و ناصر احمدی ثانی[2]

۱- استادیار گروه توسعه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران.

چکیده

آتش‌سوزی جنگل یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب جنگل‌هاست که می‌تواند اثر زیادی بر ساختار پوشش گیاهی، حاصلخیزی جنگل، ذخیره کربن اکوسیستم و هجوم گونه‌های گیاهی بیگانه داشته باشد. ارزیابی دقیق خطر آتش‌سوزی جنگل‌ها و پهنه‌بندی آن می‌تواند اهمیت کاربردی زیادی در پیشگیری از آتش‌سوزی و کاهش خسارات آن در راستای مدیریت مؤثر محیط‌زیست داشته باشد. هدف این پژوهش، ارزیابی خطر آتش‌سوزی جنگل و پهنه‌بندی آن با کاربرد روش نسبت فراوانی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی است. منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های زاگرس میانی واقع در منطقه اورامانات (استان کرمانشاه) است که به دلیل آتش‌سوزی‌های متعدد سالیان اخیر انتخاب شد. عوامل تأثیرگذار بر وقوع آتش‌سوزی جنگل براساس نظر کارشناسان و مرور منابع شناسایی شدند. در مجموع ۱۲ عامل شامل فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، متوسط بارندگی سالیانه، متوسط دمای ماهیانه، تراکم پوشش جنگلی، تراکم پوشش مرتعی، کاربری/پوشش اراضی، تراکم جمعیت، ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی و فاصله از آبراهه‌ها شناسایی شدند. اهمیت نسبی طبقات مختلف عامل‌های تأثیرگذار نیز با استفاده روش نسبت فراوانی محاسبه شد. در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با روی‌هم‌گذاری نقشه‌های رقومی عامل‌های تأثیرگذار در محیط نرم‌افزار ArcGIS بدست آمد و با روش بهینه‌سازی پیشنهادی Jenks در پنج رده خطر (خیلی کم تا خیلی زیاد) طبقه‌بندی شد. راستی‌آزمایی نتایج از طریق هم‌پوشانی با آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در منطقه مورد مطالعه در فاصله سال‌های ۱۴۰۲ – ۱۳۹۵ انجام شد. نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی نشان داد که ۴۸/۰۴ درصد منطقه مورد مطالعه در طبقه خطر متوسط و ۴۴/۵۳ درصد در طبقه خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است. همچنین براساس نتایج حاصل از روی‌هم‌گذاری نقشه مناطق آتش‌سوزی واقعی و نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی، ۹۴/۳۳ درصد آتش‌سوزی‌های به وقوع پیوسته در مناطق با خطر بالای آتش‌سوزی واقع شده‌اند (۴۴/۰۸ درصد در مناطق با خطر زیاد و ۵۰/۳۳ درصد در مناطق با خطر خیلی زیاد) که می‌تواند بیانگر ارزیابی دقیق و صحت بالای نقشه پهنه‌بندی نهایی باشد. این مطالعه اهمیت تهیه نقشه مناطق آتش‌سوزی و پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی را برجسته نمود که می‌تواند در راستای اقدامات پیشگیری و کنترلی اولویت‌بندی شده برای جلوگیری از تخریب جنگل در آینده مؤثر واقع شود.

واژگان کلیدی: خطر آتش‌سوزی جنگل، سیستم اطلاعات جغرافیایی، منطقه اورامانات، نسبت فراوانی.

*نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۸۸۵۷۰۱۶۷ ایمیل: Moradi_4@pnu.ac.ir

مقدمه

جنگل‌ها یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی کره خاکی به‌شمار می‌روند که نقش حیاتی و تعیین‌کننده‌ای در تعادل بوم‌شناختی و حفظ اکوسیستم‌ها دارند (Suryabhagavan et al., 2016). سلامت جنگل در هر منطقه شاخصی از شرایط بوم‌شناختی آن منطقه است (Quan-fa and Wen-jun, 2007). این منبع با ارزش، امروزه به‌وسیله عوامل متعدد انسانی و طبیعی تخریب شده است (بانج شفیعی و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب، وقوع آتش‌سوزی است که با کاهش تنوع و فراوانی گونه‌ها می‌تواند بر اکوسیستم جنگل تأثیر زیادی داشته باشد (Barlow et al., 2016). آتش‌سوزی، سالانه هزاران هکتار جنگل شامل درختان، درختچه‌ها و گیاهان را طعمه خود می‌سازد و بخش وسیعی از جنگل‌های جهان را مورد تهدید قرار می‌دهد (Roman et al., 2013). آتش‌سوزی گسترده در جنگل‌ها، از مصادیق بحران‌های طبیعی و به‌عنوان یک فاجعه محیط‌زیستی تلقی می‌شود (Adab et al., 2013)؛ زیرا اثرات زیان‌بار و ویران‌گری به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر محیط‌زیست، جنگل‌ها، روستاها و جوامع انسانی ساکن آن‌ها می‌گذارد (Podur et al., 2002). آتش‌سوزی‌های شدید در جنگل در مقیاس بزرگ، اثر زیادی بر ساختار پوشش گیاهی (Laughlin et al., 2004)، حاصلخیزی جنگل (Keane et al., 1990)، تخریب خاک (Bo et al., 2020)، کاهش ارزش کیفی گونه‌ها و استقرار گونه‌های نامرغوب و غیرتجاری (Podur et al., 2002)، ذخیره کربن اکوسیستم (Law et al., 2003) و هجوم گونه‌های گیاهی بیگانه (Fornwalt et al., 2003) می‌گذارد.

یکی از اقدامات اصلی در مقابله با آتش، تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی و برنامه‌ریزی برای نواحی با خطر زیاد است تا بتوان در حد امکان خطرات آن را کاهش داد (Jaiswal et al., 2002; Dong et al., 2005; Zhao et al., 2021). در این راستا، سامانه اطلاعات جغرافیایی، تجزیه‌وتحلیل‌های سریع، ارزان و بسیار دقیق به‌منظور پایش خطر و تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی ارائه می‌کند (Bentekhici et al., 2020; Sari, 2021; Sivrikaya and Kucuk, 2022). در سال‌های اخیر، تصمیم‌گیران، خطر آتش‌سوزی جنگل را با استفاده از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] (MCDA) مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی[2] (GIS) مدل‌سازی کرده‌اند (Sari, 2021). ترکیب روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی روشی مؤثر برای تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی است (Abedi Gheshlaghi et al., 2020; Sivrikaya and Kucuk, 2022). روش نسبت فراوانی یکی از پرکاربردترین مدل‌های آماری و روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در مدل‌سازی مخاطرات محیطی از جمله آتش‌سوزی در جنگل کاربرد گسترده‌ای دارد (Tuyen et al., 2021; Abdo, 2022).

پژوهش‌های مختلفی درباره پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با استفاده از روش نسبت فراوانی انجام شده است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. جعفری و مافی غلامی (۱۳۹۶) به پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش ترکیبی نسبت فراوانی – آنتروپی شانون در استان چهارمحال و بختیاری پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که نرخ موفقیت و پیش‌بینی برای مدل نسبت فراوانی و مدل ترکیبی به ترتیب ۷۹/۰۲ و ۷۵/۷۲ درصد و ۸۵/۱۶ و ۸۲/۹۱ درصد محاسبه شد. براساس نتایج، بیشتر از یک‌سوم مساحت استان چهارمحال و بختیاری در طبقات خطر زیاد تا خیلی زیاد آتش‌سوزی قرار می‌گیرند که در این میان، عامل‌های کاربری اراضی، نوع خاک و فاصله از جاده دارای بیشترین اهمیت هستند. Kayet et al. (2020) به مقایسه روش‌های چندمعیاره فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و نسبت فراوانی به منظور

1 - Multi-criteria decision analysis
2 - Geographic information system

پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در جنگل حفاظت شده ببر ملغات[1] (MTR) در هند بر پایه عامل‌های توپوگرافی، اقلیمی، پوشش گیاهی و انسانی پرداختند. نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با این روش‌ها و طبقه‌بندی نقشه‌های حاصل به پنج طبقه خطر از خیلی کم تا خیلی زیاد، روندهای مشابهی نسبت به‌یکدیگر نشان دادند. Abdo et al. (2022) به تهیه نقشه حساسیت آتش‌سوزی جنگل با روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و نسبت فراوانی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه غربی سوریه پرداختند. در این پژوهش از عامل‌های شیب، جهت، ارتفاع، شاخص نرمال شده تفاوت رطوبت (NDMI)، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)، بارندگی، دما، سرعت باد، فاصله از مناطق مسکونی، جاده‌ها و رودخانه‌ها به عنوان عامل‌های مؤثر بر وقوع و انتشار آتش‌سوزی استفاده شد. دقت نقشه‌های حاصل از فرآیند مدل‌سازی با استفاده از مجموعه داده‌های اعتبارسنجی و منحنی‌های ویژگی عامل دریافت کننده (ROC) با سطح زیر منحنی (AUC) بررسی شد. نتایج نشان داد که روش نسبت فراوانی با AUC = ۰/۸۶۴ بالاترین مقدار را در مقایسه با روش تحلیل سلسله مراتبی با AUC = ۰/۸۳۸ به دست آورد.

جنگل‌های زاگرس از شمال غرب تا جنوب غرب کشور ایران، پراکنده شده‌اند (Eskandari et al., 2020) و با پوشش ۳/۴ درصد از مساحت ایران (۵/۵ میلیون هکتار) و ۶۹ درصد فلور آن، یکی از مهم‌ترین منابع زیستی و ذخایر ژنتیکی به شمار می‌آیند (Sagheb Talebi et al., 2013; Eskandari et al., 2020). علاوه بر ویژگی‌های محیط‌زیستی و بوم‌شناختی، جنگل‌های زاگرس در ابعاد ملی و منطقه‌ای نیز دارای اهمیت است. حفاظت آب و خاک در بعد ملی و مهیاکردن شرایط زیست برای جوامع انسانی و تولید محصولات فرعی در بعد منطقه‌ای، از مهم‌ترین عملکردها و ویژگی‌های جنگل‌های زاگرس به شمار می‌آیند (صداقت و همکاران، ۱۴۰۱). بنابراین، مدیریت بهینه این جنگل‌ها به دلیل نقش‌های حیاتی و مهم آن بسیار ضرورت دارد.

در سالیان اخیر، علاوه بر عوامل مختلف مانند چرای دام در جنگل‌ها، توسعه اراضی کشاورزی، قطع درختان برای اهداف مختلف، تغییر اقلیم و خشک‌سالی (Sadeghi et al., 2017; Khalili et al., 2018)، وقوع آتش‌سوزی‌های متعدد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۶؛ Eskandari and Sarab, 2022) به‌صورت گسترده‌ای سبب تخریب مناطق وسیعی از جنگل‌های زاگرس شده است؛ به‌طوری‌که آتش‌سوزی از مهم‌ترین منابع خطر با پیامدهای کوتاه‌مدت و عواقب درازمدت بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی در منطقه زاگرس ایران است (Ebrahimy et al., 2017). بنابراین تجزیه و تحلیل مکانی آتش‌سوزی جنگل‌ها و شناسایی مناطق با امکان خطر بالای وقوع آتش‌سوزی، ضرورتی انکارناپذیر برای بهبود روش‌های پیشگیری و پیش‌بینی آتش‌سوزی در جنگل‌ها است. در پژوهش حاضر، از روش نسبت فراوانی با بهره‌گیری از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌منظور تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی در بخشی از جنگل‌های زاگرس میانی واقع در منطقه اورامانات (استان کرمانشاه) استفاده شده است. نتایج این پژوهش می‌تواند برای پیش‌بینی و هشدار مخاطرات محیطی ناشی از آتش‌سوزی مورد استفاده قرار گیرد تا علاوه بر کاهش هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی، جهت برنامه‌های توسعه در نواحی حساس به آتش‌سوزی را مشخص کند.

1 - Melghat Tiger Reserve (MTR)

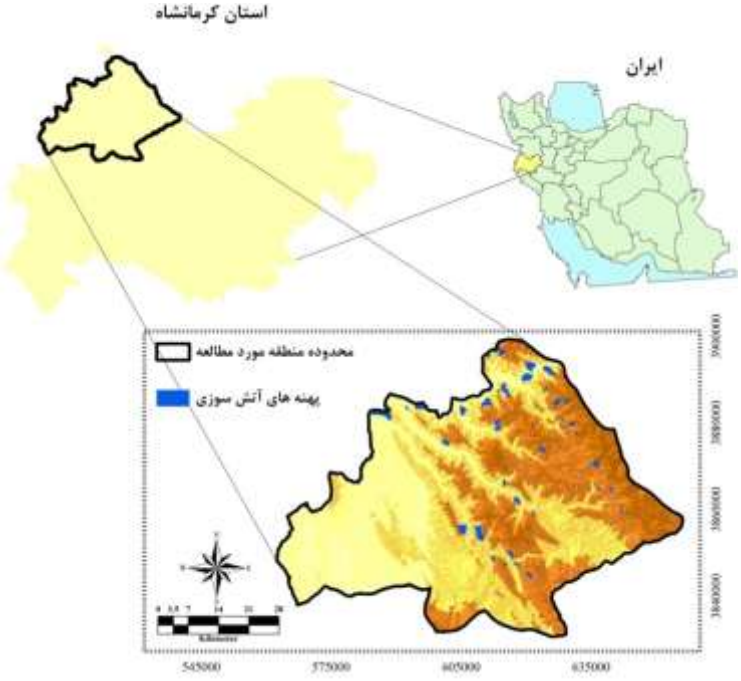
مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

سطح مورد مطالعه، بخشی از مناطق جنگلی زاگرس در منطقه اورامانات، ناحیه‌ای کوهستانی در شمال غربی استان کرمانشاه است که حدود ۱۷/۴ درصد مساحت کل استان را شامل می‌شود. این منطقه، بین طول‌های جغرافیایی ″۱۰ ′۴۳ º۴۵ و ″۵۰ ′۴۴ º۴۶ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″۳۰ ′۳۵ º۳۴ و ″۲۰ ′۱۲ º۳۵ شمالی واقع شده است.

مساحت منطقه مورد مطالعه، ۳۵۳۰ کیلومتر مربع و محیط آن برابر با ۳۱۵ کیلومتر می‌باشد. میانگین ارتفاع منطقه ۱۳۶۱ متر (بیشینه ارتفاع ۳۳۴۵ متر و کمینه آن ۳۹۰ متر) از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. منطقه اورامانات دارای اقلیم نیمه مرطوب معتدل است و منشأ عمده بارندگی‌های آن کوهستانی است. میانگین ریزش‌های جوی سالیانه در منطقه اورامانات برابر ۴۵۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه آن برابر ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است (شکل ۱).

پوشش گیاهی منطقه اورامانات به‌صورت درختی و درختچه‌ای همراه با پوشش علفی است و مناطق مرتعی نیز قسمت زیادی از منطقه را پوشانده‌اند. رویشگاه جنگلی آن دارای سه طبقه جنگلی انبوه، نیمه انبوه و تنک متشکل از گونه‌های درختی بلوط (*Quercus* spp)، بنه (*Pistacia atlantica*)، بادام (*Amygdalus orientalis*)، کیکم (*Acer monspessulanum*) و سایر گونه‌ها می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پهنه‌های آتش‌سوزی در فاصله سال‌های ۱۴۰۲ – ۱۳۹۵

عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی (انتخاب معیارها)

در مدل‌های ارزیابی خطر آتش‌سوزی، در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر خطر آتش‌سوزی در منطقه، امری ضروری است. در مطالعه حاضر برای تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی با استفاده از روش نسبت فراوانی (FR)، بنابه نظر کارشناسان و مرور منابع، ۱۲ عامل شامل فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، متوسط بارندگی سالیانه، متوسط دمای ماهیانه، تراکم پوشش

جنگلی، تراکم پوشش مرتعی، کاربری/پوشش اراضی، تراکم جمعیت، ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت جغرافیایی و فاصله از رودخانه‌ها استفاده شد.

برای تهیه نقشه طبقات فاصله از جاده‌ها، ابتدا جاده‌های منطقه مشخص و در محیط GIS به فرمت وکتوری درآمدند، سپس در ۵ طبقه ۱۰۰۰ – ۰، ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰، ۳۰۰۰ – ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ - ۳۰۰۰ و بیشتر از ۴۰۰۰ متر، بافرهایی اطراف جاده‌ها اعمال شد (شکل ۳). برای تهیه نقشه طبقات فاصله از مناطق مسکونی نیز، ابتدا نقاط مناطق مسکونی منطقه مورد مطالعه با فرمت وکتوری وارد محیط GIS شد و سپس بافرهایی در ۵ طبقه ۱۰۰۰ – ۰، ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰، ۳۰۰۰ – ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ - ۳۰۰۰ و بیشتر از ۴۰۰۰ متر اطراف مناطق مسکونی اعمال شد (شکل ۴).

در تهیه نقشه میانگین بارش سالانه و دمای ماهیانه منطقه، از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک اطراف منطقه مورد مطالعه و داده‌های ماهواره‌ای TRMM استفاده شد. نقشه متوسط بارندگی سالیانه در چهار طبقه ۴۳۳ – ۳۲۷، ۵۳۴ – ۴۳۳، ۶۴۷ – ۵۳۴ و ۸۰۱ – ۶۴۷ میلی‌متر تهیه شد (شکل ۵). نقشه متوسط دمای ماهیانه نیز در چهار طبقه ۳۴ – ۳۳، ۳۶ – ۳۴، ۳۸ – ۳۶ و ۴۰ – ۳۸ درجه سانتی‌گراد تهیه شد (شکل ۶).

در مطالعه حاضر به دلیل همگن بودن منطقه مورد مطالعه از نظر ترکیب پوشش گیاهی (جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده همراه با پوشش علفی کف جنگل)، صرفاً تراکم پوشش جنگلی و مرتعی به‌عنوان عوامل مؤثر بر خطر آتش‌سوزی انتخاب شدند. برای تهیه نقشه تراکم جنگل و مرتع از تصاویر ماهواره‌ای IRS-P_6 (سنجنده‌های LissIII و LissIV) مربوط به سال ۲۰۱۴ استفاده شد. نقشه تراکم جنگل در چهار طبقه فاقد پوشش جنگلی (کمتر از ۵٪)، جنگل تنک (۲۵٪ – ۵)، جنگل نیمه انبوه (۵۰٪ – ۲۵) و جنگل انبوه (۷۵٪ – ۵۰) تهیه شد (شکل ۷). نقشه طبقات تراکم پوشش مرتعی نیز در چهار طبقه فاقد پوشش مرتعی، مرتع متراکم، مرتع نیمه متراکم و مرتع کم تراکم تهیه گردید (شکل ۸).

برای تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای IRS-P6 سنجنده‌های LissIII و LissIV سال ۲۰۱۴ استفاده شد (شکل ۹). برای تهیه نقشه تراکم جمعیت، پس از تهیه نقشه سامان‌های (دهستان‌های) منطقه مورد مطالعه براساس تقسیم‌بندی وزارت کشور و اضافه کردن تعداد جمعیت هر سامان به جدول توصیفی نقشه‌ها در محیط GIS، نقشه تراکم جمعیت منطقه در پنج طبقه با روش بهینه‌سازی Jenks که با نام روش طبقه‌بندی شکست‌های طبیعی Jenks[1] نیز معروف است (Anticona et al., 2023)؛ تهیه شد (شکل ۱۰).

نقشه‌های شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا با استفاده از مدل رقومی ارتفاع در محیط GIS تهیه شدند. نقشه شیب مطابق با طبقه‌بندی نیمرخ زاگرس به چهار طبقه شیب ۱۰٪ – ۰، ۲۰٪ – ۱۰، ۵۰٪ – ۲۰ و بیشتر از ۵۰ درصد طبقه‌بندی گردید (شکل ۱۱). نقشه طبقات جهت براساس چهار جهت اصلی شمال، شرق، جنوب، غرب و مناطق مسطح یا بدون شیب تهیه گردید (شکل ۱۲). نقشه طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه نیز مطابق با طبقه‌بندی نیمرخ زاگرس در پنج طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰ – ۳۹۰، ۱۵۰۰ – ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ – ۱۵۰۰، ۲۵۰۰ – ۲۰۰۰ و ۳۳۴۵ – ۲۵۰۰ متر تهیه شد (شکل ۱۳). برای تهیه نقشه آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه، در ابتدا نقشه‌های جهت جریان و جریان تجمعی از نقشه مدل رقومی ارتفاع استخراج شدند و پس از رده‌بندی آبراهه‌ها به روش استرالر[2]، نقشه شبکه آبراهه‌ها و به‌تبع آن لایه فاصله از رودخانه‌ها در پنج طبقه ۲۰۰ – ۰، ۴۰۰ – ۲۰۰، ۶۰۰ – ۴۰۰، ۸۰۰ - ۶۰۰ و بیشتر از ۸۰۰ متر تهیه گردید (شکل ۱۴).

1 - Jenks natural breaks classification method
2 Strahler

روش نسبت فراوانی (FR)

در این مطالعه، نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با روش نسبت فراوانی و بهره‌گیری از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شده است. نسبت فراوانی، ارتباط کمی میان وقوع یک رویداد و متغیرهای مختلف تأثیرگذار در آن را مشخص می‌نماید (de Santana et al., 2021). فرضیه روش نسبت فراوانی بر این اساس است که مخاطرات آینده در مکان‌هایی با شرایط مشابه با مخاطرات پیشین رخ خواهند داد (جعفری و مافی غلامی، ۱۳۹۶). ضریب نسبت فراوانی در مطالعه حاضر برای هر طبقه از عامل‌های ۱۲گانه عبارت از نسبت درصد مساحت مناطق سوخته در هر طبقه از عامل‌ها به درصد کل مساحت آن طبقه از آن عامل است (رابطه ۱). بنابراین محاسبه و تعیین اهمیت نسبی طبقات عوامل مختلف از طریق روش نسبت فراوانی بر مبنای تطبیق نقشه مناطق سوخته با نقشه طبقات عوامل مؤثر در آتش‌سوزی صورت گرفت. اگر نسبت فراوانی کمتر از یک باشد، حساسیت آن طبقه به آتش‌سوزی کمتر و اگر بیشتر از یک باشد، بیانگر حساسیت زیاد آن طبقه به آتش‌سوزی است (بیگی حیدرلو و همکاران، ۱۳۹۳).

$$FR = A/B \qquad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه FR نسبت فراوانی، A درصد مساحت مناطق سوخته در هر طبقه از عامل‌ها و B درصد کل مساحت آن طبقه از آن عامل می‌باشد.

پس از محاسبه اهمیت نسبی طبقات هر کدام از ۱۲ عامل مؤثر در ریسک آتش‌سوزی با استفاده از روش نسبت فراوانی (FR)، نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با استفاده از رابطه ۲ در محیط نرم‌افزار GIS به دست آمد.

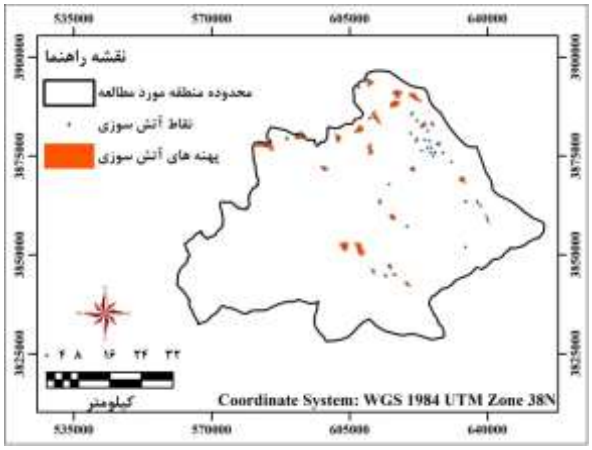
$$FRI = \sum_{i=1}^{12} L_{FR} \qquad \text{رابطه ۲}$$

که در آن FRI شاخص ریسک آتش‌سوزی و مجموع ۱۲ عامل مؤثر در ریسک آتش‌سوزی، L_{FR} لایه‌های عامل‌های مختلف که اهمیت نسبی هریک از طبقات آن‌ها با استفاده از روش نسبت فراوانی محاسبه شده‌اند.

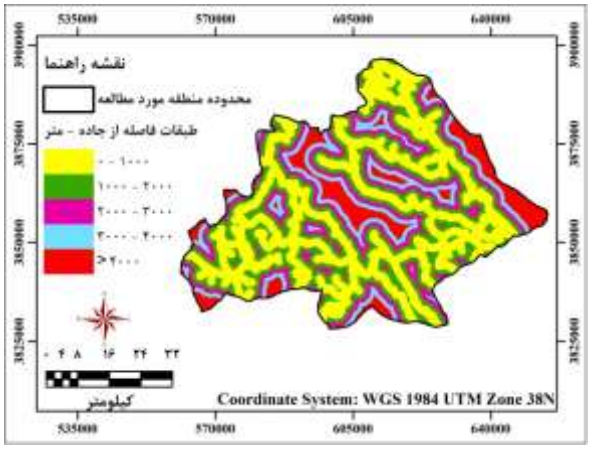
در نهایت نقشه حاصل با روش بهینه‌سازی پیشنهادی Jenks (Jenks, 1967; Anticona et al., 2023) در پنج طبقه خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شد. در این روش طبقه‌بندی، شکستگی طبیعی بین طبقات طوری محاسبه می‌گردد که مجموع واریانس‌ها در هر کلاس حداقل باشد و مقادیر مشابه به مناسب‌ترین وجه ممکن در یک گروه قرار می‌گیرند و تفاوت بین طبقه‌ها حداکثر می‌شود و اگر یک یا چند عارضه در دسته‌ای خاص قرار نگیرند، هیچ مقداری به آن اختصاص داده نمی‌شود (Anticona et al., 2023).

نتایج

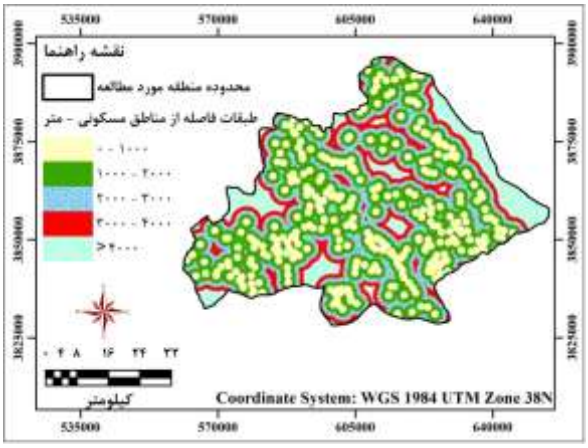
نقشه مناطق آتش‌سوزی در منطقه اورامانات در فاصله سال‌های ۱۴۰۲ – ۱۳۹۵ و نقشه‌های فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، متوسط بارندگی سالیانه، متوسط دمای ماهیانه، تراکم پوشش جنگلی، تراکم پوشش مرتعی، کاربری/ پوشش اراضی، تراکم جمعیت، شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع و فاصله از رودخانه‌ها در شکل‌های ۲ تا ۱۴ نشان داده شده است.



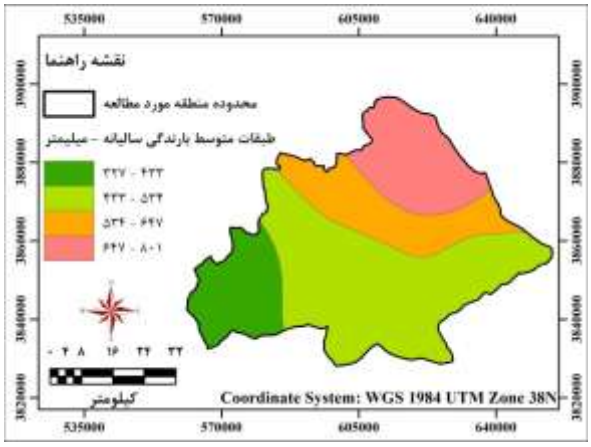
شکل ۲- نقشه مناطق آتش‌سوزی شده در فاصله سال‌های ۱۴۰۲ – ۱۳۹۵ در منطقه اورامانات



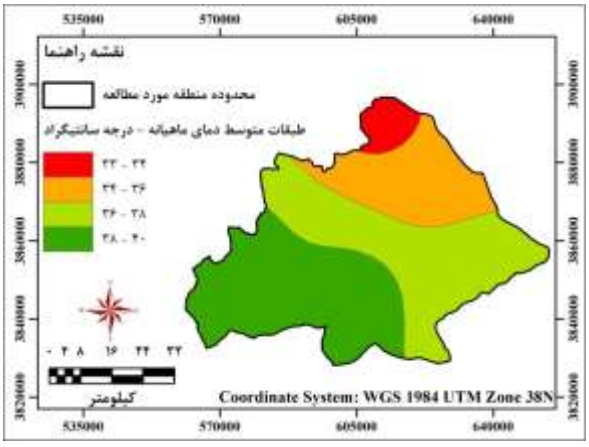
شکل ۳- نقشه طبقات فاصله از جاده



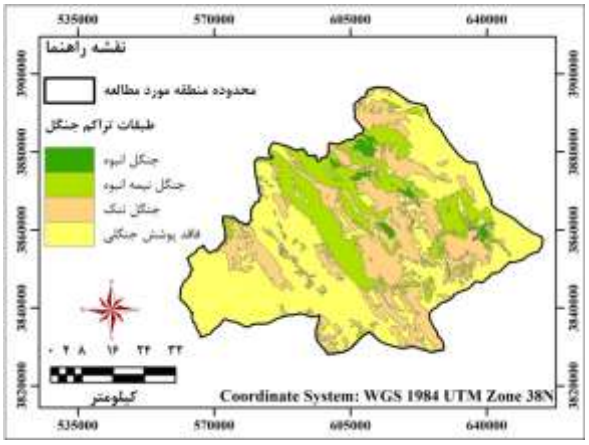
شکل ۴- نقشه طبقات فاصله از مناطق مسکونی



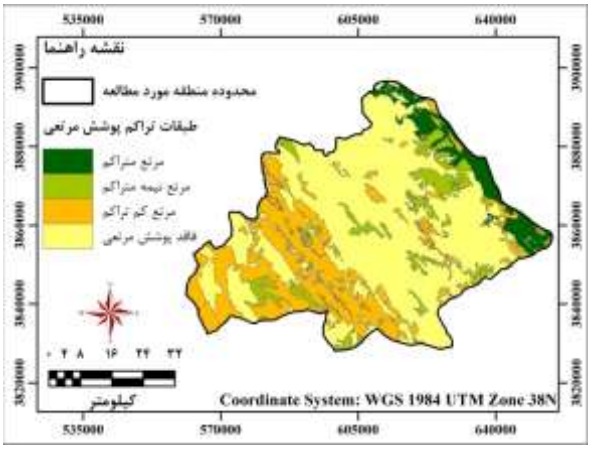
شکل ۵- نقشه طبقات متوسط بارندگی سالیانه



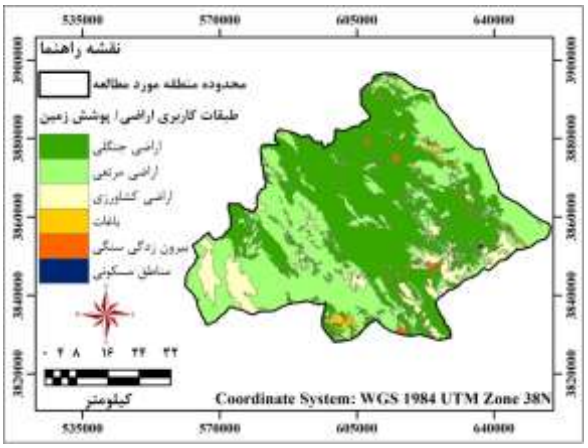
شکل ۶- نقشه طبقات متوسط دمای ماهیانه



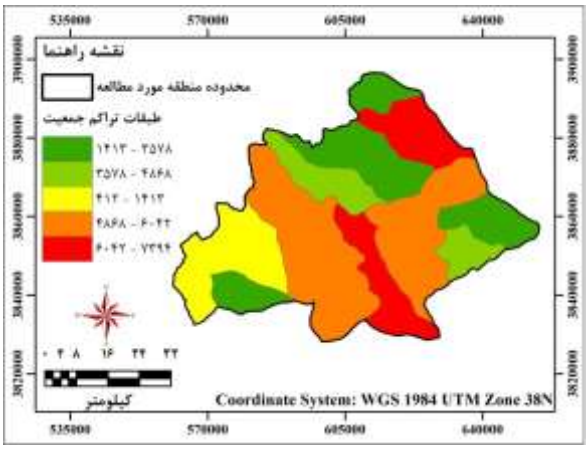
شکل ۷- نقشه طبقات تراکم پوشش جنگلی



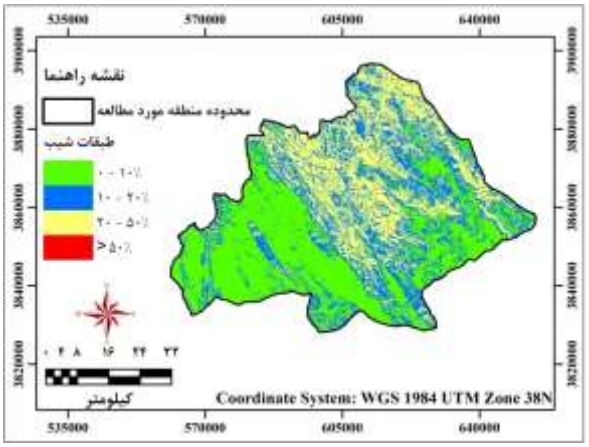
شکل ۸- نقشه طبقات تراکم پوشش مرتعی



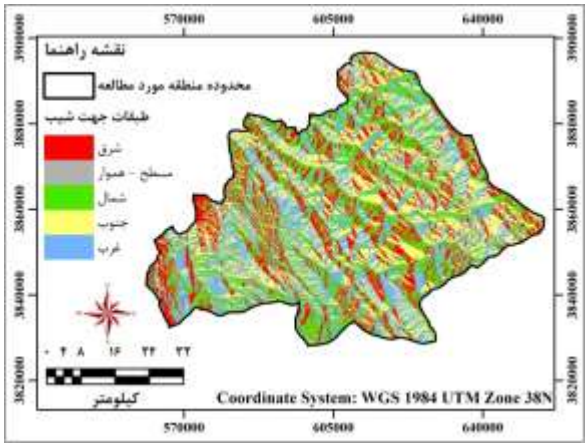
شکل ۹- نقشه طبقات کاربری / پوشش اراضی



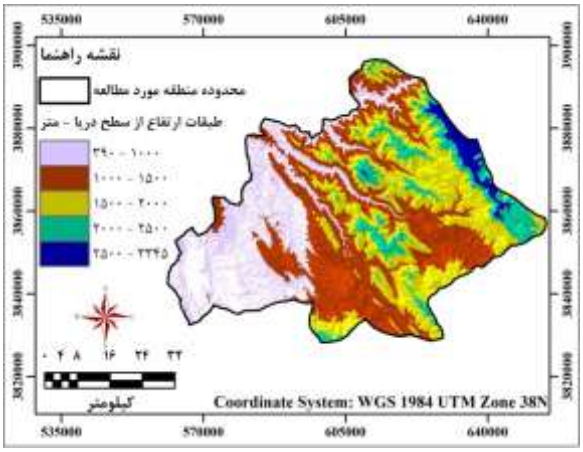
شکل ۱۰- نقشه طبقات تراکم جمعیت



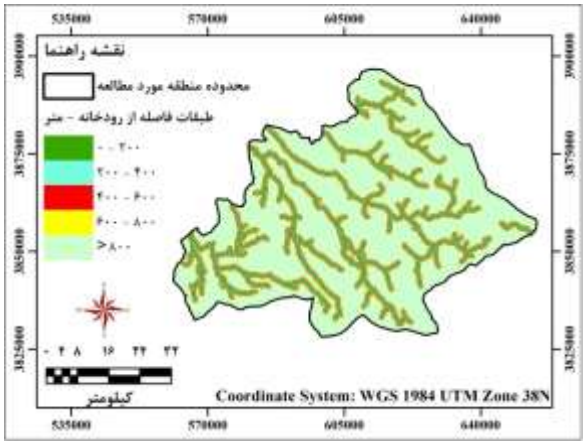
شکل ۱۱- نقشه طبقات شیب



شکل ۱۲- نقشه طبقات جهت جغرافیایی



شکل ۱۳- نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا



شکل ۱۴- نقشه طبقات فاصله از رودخانه‌ها

نتیجه استفاده از روش نسبت فراوانی (FR) برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی، مشخص شدن اهمیت نسبی طبقات هر کدام از عوامل ۱۲گانه مؤثر بر خطر آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه بود که در جدول ۱ ارائه شده است.

براساس نتایج، ۳۷/۹۲ و ۳۶/۰۷ درصد آتش‌سوزی‌های منطقه در طبقات فاصله از جاده ۱۰۰۰ – ۰ و ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متر اتفاق افتاده است. این در حالی است که طبقات ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ – ۲۰۰۰ متر به ترتیب با اهمیت نسبی ۱/۴۲ و ۱/۴۰ بیشترین حساسیت را به وقوع آتش‌سوزی داشتند و با اینکه بالاترین مساحت مناطق آتش‌سوزی در طبقه ۱۰۰۰ – ۰ متر قرار داشت، اهمیت نسبی پائین‌تری (۰/۹۵) نسبت به طبقات ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ – ۲۰۰۰ داشت. در مورد عامل فاصله از مناطق مسکونی، طبقه ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متر با اختصاص ۴۱/۴۷ درصد از مساحت آتش‌سوزی‌های منطقه و اهمیت نسبی ۱/۴۰ حساس‌ترین طبقه به آتش‌سوزی بود. ۴۹/۲۱ درصد از مساحت آتش‌سوزی‌های منطقه در طبقه ۸۰۱ – ۶۴۷ میلی‌متر اتفاق افتاده است و با اهمیت نسبی ۲/۶۷ بیشترین حساسیت به وقوع آتش‌سوزی در بین طبقات متوسط بارندگی سالیانه را دارد. برای عامل متوسط دمای ماهیانه، طبقه ۳۴ – ۳۳ درجه سانتی‌گراد در حالی‌که تنها حدود ۴/۵۸ درصد منطقه مورد پژوهش را شامل می‌شد، با در برگرفتن بیشتر از ۲۴/۶۱ درصد از آتش‌سوزی‌های رخداده در منطقه و اهمیت نسبی ۵/۳۷ حساس‌ترین طبقه متوسط دمای ماهیانه به آتش‌سوزی بود. اهمیت نسبی تراکم پوشش جنگلی برای طبقات

جنگل انبوه و جنگل نیمه‌انبوه به ترتیب ۵/۳۰ و ۲/۴۹ بود که طبقات حساس به آتش‌سوزی بودند. همچنین طبقه مرتع متراکم با اختصاص اهمیت نسبی ۱/۸۱ به خود حساسترین طبقه به آتش‌سوزی بود. در مورد عامل کاربری/پوشش اراضی، طبقه اراضی جنگلی با اختصاص ۷۷/۶۳ درصد از مساحت آتش‌سوزی‌های منطقه و اهمیت نسبی ۱/۵۹ حساس‌ترین طبقه به آتش‌سوزی بود.

در مورد عامل تراکم جمعیت، ۳۸/۲۱ درصد آتش‌سوزی‌های منطقه در طبقه ۳۵۷۸ – ۱۴۱۳ نفر اتفاق افتاده است. این در حالی است که طبقه ۷۳۹۴ – ۶۰۴۲ نفر با اهمیت نسبی ۱/۷۸ بیشترین حساسیت را به وقوع آتش‌سوزی داشت. برای عامل ارتفاع از سطح دریا، طبقات ۱۵۰۰ – ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ – ۱۵۰۰ متر به‌ترتیب با اختصاص ۴۴/۰۱ و ۳۷/۲۰ درصد از آتش‌سوزی‌های رخداده در منطقه و اهمیت نسبی ۱/۳۴ و ۱/۳۹ حساس‌ترین طبقه‌های ارتفاع از سطح دریا به آتش‌سوزی بود. ۶۳/۰۸ درصد از مساحت آتش‌سوزی‌های منطقه در طبقه شیب ۵۰ – ۲۰ درصد اتفاق افتاده است و با اهمیت نسبی ۲/۳۸ بیشترین حساسیت به وقوع آتش‌سوزی را دارد. بیشترین مساحت آتش‌سوزی‌ها در جهت‌های جنوبی و غربی به ترتیب با ۳۳/۳۱ و ۳۲/۴۰ درصد رخ داده است و با اختصاص اهمیت نسبی ۱/۲۴ و ۱/۲۳ به خود، حساس‌ترین جهت‌ها به آتش‌سوزی بودند. در مورد عامل فاصله از آبراهه‌ها با اینکه ۷۱/۶۷ درصد از مساحت آتش‌سوزی‌ها در طبقه بیشتر از ۸۰۰ متر اتفاق افتاده است، اما طبقه ۸۰۰ – ۶۰۰ متر با اختصاص اهمیت نسبی ۱/۴۲ به خود حساس‌ترین طبقه به آتش‌سوزی بود.

جدول ۱- اهمیت نسبی طبقات هر یک از عامل‌های مؤثر بر خطر آتش‌سوزی حاصل از روش نسبت فراوانی

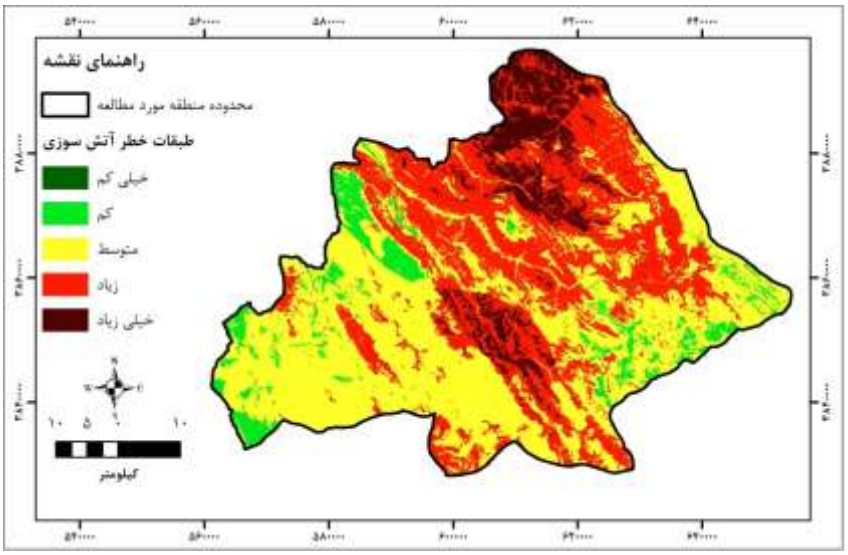
عامل	طبقه	مساحت مناطق آتش‌سوزی (درصد)	مساحت طبقه (درصد)	اهمیت نسبی
فاصله از جاده (متر)	۰ - ۱۰۰۰	۳۷/۹۲	۴۰/۰۵	۰/۹۵
	۱۰۰۰ – ۲۰۰۰	۳۶/۰۷	۲۵/۳۸	۱/۴۲
	۲۰۰۰ - ۳۰۰۰	۲۱/۱۸	۱۵/۰۹	۱/۴۰
	۳۰۰۰ - ۴۰۰۰	۴/۶۹	۹/۵۲	۰/۴۹
	> ۴۰۰۰	۰/۱۳	۹/۹۶	۰/۰۱
فاصله از مناطق مسکونی (متر)	۰ - ۱۰۰۰	۲۰/۸۱	۲۴/۹۳	۰/۸۳
	۱۰۰۰ – ۲۰۰۰	۴۷/۴۱	۳۳/۷۸	۱/۴۰
	۲۰۰۰ - ۳۰۰۰	۱۹/۹۹	۱۹/۸۸	۱/۰۱
	۳۰۰۰ - ۴۰۰۰	۷/۵۹	۱۰/۳۹	۰/۷۳
	> ۴۰۰۰	۴/۲۰	۱۱/۰۳	۰/۳۸
متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر)	۳۲۷ - ۴۳۳	۰/۰۰	۱۴/۷۷	۰/۰۰
	۴۳۳ - ۵۳۴	۲۸/۰۱	۴۸/۵۴	۰/۵۸
	۵۳۴ - ۶۴۷	۲۲/۷۹	۱۸/۲۶	۱/۲۵
	۶۴۷ - ۸۰۱	۴۹/۲۱	۱۸/۴۳	۲/۶۷
متوسط دمای ماهیانه (درجه سانتیگراد)	۳۳ - ۳۴	۲۴/۶۱	۴/۵۸	۵/۳۷
	۳۴ - ۳۶	۳۵/۰۵	۲۰/۵۶	۱/۷۰
	۳۶ - ۳۸	۲۱/۷۲	۳۷/۰۶	۰/۵۹
	۳۸ - ۴۰	۱۸/۶۳	۳۷/۷۹	۰/۴۹
تراکم پوشش جنگلی	اراضی غیرجنگلی (NF)	۲۲/۳۶	۵۱/۱۹	۰/۴۴
	جنگل انبوه (F_1)	۷/۹۹	۱/۵۱	۵/۳۰

	جنگل نیمه‌انبوه (F_2)	۴۸/۰۰	۱۹/۳۱	۲/۴۹
	جنگل تنک (F_3)	۲۱/۶۵	۲۸/۰۰	۰/۷۷
تراکم پوشش مرتعی	اراضی غیرمرتعی (NC)	۷۸/۴۵	۵۹/۷۷	۱/۳۱
	مرتع متراکم (R_1)	۱۲/۳۰	۶/۷۸	۱/۸۱
	مرتع نیمه‌متراکم (R_2)	۸/۵۱	۸/۶۲	۰/۹۹
	مرتع کم‌تراکم (R_3)	۰/۷۳	۲۴/۸۴	۰/۰۳
کاربری/پوشش اراضی	اراضی جنگلی	۷۷/۶۳	۴۸/۸۱	۱/۵۹
	اراضی مرتعی	۲۱/۵۵	۴۰/۲۳	۰/۵۴
	اراضی کشاورزی	۰/۰۵	۸/۴۷	۰/۰۱
	باغات	۰/۷۷	۱/۶۵	۰/۴۷
	بیرون‌زدگی سنگی	۰/۰۰	۰/۷۶	۰/۰۰
	مناطق مسکونی	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۰۰
تراکم جمعیت	۴۱۲ - ۱۴۱۳	۰/۰۰	۱۳/۱۲	۰/۰۰
	۱۴۱۳ - ۳۵۷۸	۳۸/۲۱	۲۳/۲۳	۱/۶۴
	۳۵۷۸ - ۴۸۶۸	۴/۵۷	۱۰/۱۷	۰/۴۵
	۴۸۶۸ - ۶۰۴۲	۲۸/۸۰	۳۷/۵۱	۰/۷۷
	۶۰۴۲ - ۷۳۹۴	۲۸/۴۲	۱۵/۹۷	۱/۷۸
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۳۹۰ - ۱۰۰۰	۱۲/۶۳	۲۸/۵۹	۰/۴۴
	۱۰۰۰ - ۱۵۰۰	۴۴/۰۱	۳۲/۹۵	۱/۳۴
	۱۵۰۰ - ۲۰۰۰	۳۷/۲۰	۲۶/۸۴	۱/۳۹
	۲۰۰۰ - ۲۵۰۰	۶/۱۵	۹/۱۴	۰/۶۷
	۲۵۰۰ - ۳۳۴۵	۰/۰۰	۲/۴۷	۰/۰۰
شیب (درصد)	۰ - ۱۰	۸/۵۷	۴۳/۹۱	۰/۲۰
	۱۰ - ۲۰	۲۸/۳۴	۲۹/۵۷	۰/۹۶
	۲۰ - ۵۰	۶۳/۰۸	۲۶/۴۷	۲/۳۸
	۵۰>	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۲۰
جهت جغرافیایی	مسطح (Flat)	۰/۹۴	۱/۳۱	۰/۷۲
	شمال (North)	۲۰/۲۷	۲۵/۵۶	۰/۷۹
	شرق (East)	۱۳/۰۷	۱۹/۸۴	۰/۶۶
	جنوب (South)	۳۳/۳۱	۲۶/۸۷	۱/۲۴
	غرب (West)	۳۲/۴۰	۲۶/۴۱	۱/۲۳
فاصله از آبراهه‌ها (متر)	۰ - ۲۰۰	۲/۸۷	۸/۱۷	۰/۳۵
	۲۰۰ - ۴۰۰	۶/۴۴	۷/۸۵	۰/۸۲
	۴۰۰ - ۶۰۰	۸/۷۵	۷/۵۲	۱/۱۶
	۶۰۰ - ۸۰۰	۱۰/۲۷	۷/۲۳	۱/۴۲
	۸۰۰>	۷۱/۶۷	۶۹/۲۴	۱/۰۴

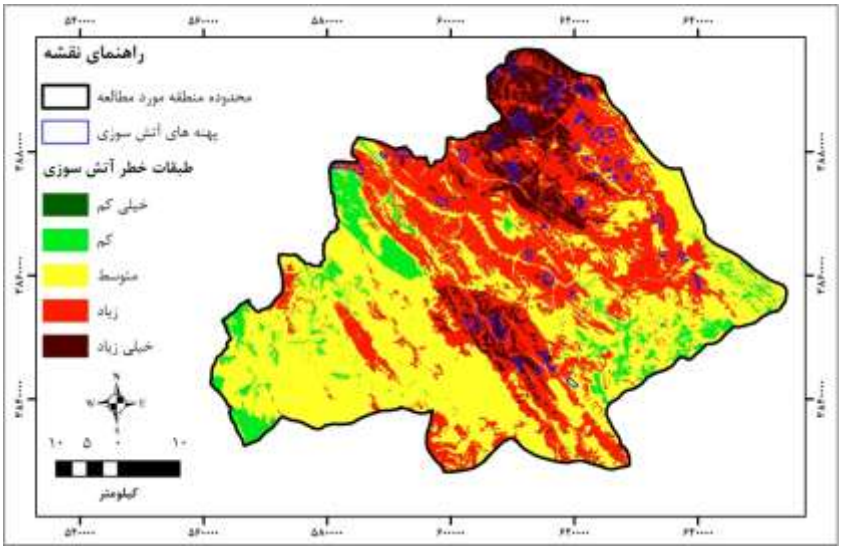
پس از محاسبه اهمیت نسبی طبقات هر کدام از ۱۲ عامل مؤثر در ریسک آتش‌سوزی با استفاده از روش نسبت فراوانی (FR)، با استفاده از رابطه ۳ نسبت به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در محیط نرم‌افزار GIS اقدام شد (شکل ۱۵).

$$FRI = L_{DR} + L_{DS} + L_{AAP} + L_{AMT} + L_{FCD} + L_{RCD} + L_{LULC} + L_{PD} + L_S + L_A + L_E + L_{DW}$$ رابطه ۳

که در آن FRI شاخص ریسک آتش‌سوزی و مجموع ۱۲ عامل مؤثر در ریسک آتش‌سوزی، $L_{DR}...L_{DW}$ لایه عامل‌های مختلف (فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، متوسط بارندگی سالیانه، متوسط دمای ماهیانه، تراکم پوشش جنگلی، تراکم پوشش مرتعی، کاربری/پوشش اراضی، تراکم جمعیت، ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی و فاصله از رودخانه‌ها) که اهمیت نسبی هریک از طبقات آن‌ها با استفاده از روش نسبت فراوانی محاسبه شده‌اند.



شکل ۱۵- نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با روش نسبت فراوانی در منطقه اورامانات



شکل ۱۶- روی‌هم‌گذاری نقشه پهنه‌های آتش‌سوزی و نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در منطقه اورامانات

با توجه به نقشه نهایی حاصل، تنها حدود ۷/۴۲ درصد منطقه مورد مطالعه در طبقات خطر خیلی کم و کم قرار دارد و ۴۸/۰۴ درصد در طبقه خطر متوسط و ۴۴/۵۳ درصد در طبقه خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است (جدول ۲). برای اعتبارسنجی نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی، نقشه پراکنش آتش‌سوزی (شکل ۲) و نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی

(شکل ۱۵) روی‌هم‌گذاری شدند (شکل ۱۶). براساس نتایج، ۹۴/۳۳ درصد از مناطق آتش‌سوزی واقعی در طبقات با خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفتند که می‌تواند بیانگر صحت نقشه پهنه‌بندی نهایی باشد (جدول ۲).

جدول ۲- مساحت طبقات مختلف نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی و نقشه تلفیقی

طبقه خطر	نقشه خطر آتش‌سوزی		نقشه مناطق آتش‌سوزی	
	مساحت (هکتار)	مساحت (٪)	مساحت (هکتار)	مساحت (٪)
خیلی کم	۹۱۷/۶۸	۰/۲۶	۰	۰
کم	۲۵۳۷۰/۹۲	۷/۱۶	۱۴/۲۲	۰/۲۲
متوسط	۱۷۰۱۲۲/۰۸	۴۸/۰۴	۳۵۷/۸۸	۵/۴۵
زیاد	۱۲۴۹۶۹/۶۳	۳۵/۲۹	۳۰۷۱/۴۴	۴۶/۷۶
خیلی زیاد	۳۲۷۲۵/۱۶	۹/۲۴	۳۱۲۴/۷۸	۴۷/۵۷

بحث

نتایج حاصل‌از مطالعه حاضر، میزان اهمیت هریک از طبقات عوامل تأثیرگذار بر وقوع آتش‌سوزی در منطقه اورامانات در غرب استان کرمانشاه را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه اهمیت نسبی بیشتر در روش نسبت فراوانی نشان‌دهنده حساسیت بیشتر طبقه به آتش‌سوزی است (جعفری و مافی غلامی، ۱۳۹۶)، می‌توان بیان کرد که در عامل فاصله از جاده، طبقه ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متر با اهمیت نسبی ۱/۴۲، در عامل فاصله از مناطق مسکونی، طبقه ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متر با اهمیت نسبی ۱/۴۰، در عامل متوسط بارندگی سالیانه، طبقه ۸۰۱ – ۶۴۷ با اهمیت نسبی ۲/۶۷، در عامل متوسط دمای ماهیانه، طبقه ۳۴ – ۳۳ با اهمیت نسبی ۵/۳۷، در عامل تراکم پوشش جنگلی، طبقه جنگل انبوه با اهمیت نسبی ۵/۳۰، در عامل تراکم پوشش مرتعی، طبقه مرتع متراکم با اهمیت نسبی ۱/۸۱، در عامل کاربری/پوشش اراضی، طبقه اراضی جنگلی با اهمیت نسبی ۱/۵۹، در عامل تراکم جمعیت، طبقه ۷۳۹۴ – ۶۰۴۲ با اهمیت نسبی ۱/۷۸، در عامل ارتفاع از سطح دریا، طبقه ۲۰۰۰ – ۱۵۰۰ متر با اهمیت نسبی ۱/۳۹، در عامل شیب، طبقه ۵۰ – ۲۰ درصد با اهمیت نسبی ۲/۳۸، در عامل جهت جغرافیایی طبقات غربی و جنوبی با اهمیت نسبی به ترتیب ۱/۲۳ و ۱/۲۴ و عامل فاصله از آبراهه‌ها، طبقه ۸۰۰ – ۶۰۰ متر با اهمیت نسبی ۱/۴۲ حساس‌ترین طبقه‌های عامل‌های مختلف به آتش‌سوزی بودند.

عامل‌های فاصله از جاده و فاصله از مناطق مسکونی دارای درجه اهمیت زیادی در وقوع آتش‌سوزی هستند. با روی‌هم‌گذاری پهنه‌ها و نقاط آتش‌سوزی روی نقشه طبقات فاصله از جاده مشخص شد که ۷۳/۹۹٪ از مساحت پهنه‌های آتش‌سوزی در طبقات نزدیک به جاده (۳۷/۹۲٪ در طبقه ۱۰۰۰ – ۰ متر و ۳۶/۰۷٪ در طبقه ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متر) و ۴۹/۰۲٪ از تعداد آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در منطقه مورد مطالعه، در طبقه ۱۰۰۰ – ۰ متر رخ داده است. در مطالعات مختلف (بیگی حیدرلو و همکاران، ۱۳۹۳؛ پولات و همکاران، ۱۳۹۹؛ Jaiswal et al., 2002; Dong et al., 2005) نیز بیشترین آتش‌سوزی در نزدیک‌ترین فاصله از جاده اتفاق افتاده است. جاده‌ها با ایجاد دسترسی به مواد سوختنی، می‌توانند سبب ایجاد آتش‌سوزی‌های عمدی شوند. همچنین شبکه راه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تأسیسات زیرساختی مدیریت جنگل (Veena et al., 2017) زمینه دسترسی مستقیم فعالیت‌های گسترده انسان‌ها در اکوسیستم جنگل را فراهم می‌نماید و بنابراین احتمال وقوع آتش‌سوزی در جنگل افزایش می‌یابد.

فاصله از مناطق مسکونی یکی از تأثیرگذارترین عامل انسان‌ساخت است که شدت فشار انسان بر اکوسیستم‌های جنگلی را منعکس می‌کند (Jaafari et al., 2018). در این راستا، ساکنان مناطق جنگلی و مرتعی در فصول خشک بر اثر عوامل مختلف سبب آتش‌سوزی‌های تصادفی یا غیرتصادفی می‌شوند (Geng et al., 2020). با روی‌هم‌گذاری پهنه‌ها و نقاط آتش‌سوزی روی نقشه طبقات فاصله از مناطق مسکونی مشخص شد که ۶۸/۲۲٪ از مساحت پهنه‌های آتش‌سوزی در طبقات نزدیک به مناطق مسکونی (۲۰/۸۱٪ در طبقه ۱۰۰۰ – ۰ متر و ۴۷/۴۱٪ در طبقه ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متر) و ۷۲/۵۵٪ از تعداد آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در منطقه مورد مطالعه، در دو طبقه اول نزدیک به مناطق مسکونی رخ داده است. نقش انسان در سال‌های اخیر با توجه به فراگیر شدن حفاظت از منابع محیط‌زیستی و توسعه انجمن‌های مردمی حفاظت از محیط‌زیست در منطقه به‌ویژه برای اطفاء سریع آتش‌سوزی در نزدیکی مناطق مسکونی قابل توجه است. بنابراین در نزدیکی مناطق مسکونی ممکن است تعداد آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده بیشتر باشد؛ اما پهنه‌های با مساحت کمتری را می‌سوزاند. نتایج حاصل‌از این بخش پژوهش با مطالعات Jaiswal et al. (2002)، Dong et al. (2005)، محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، پولات و همکاران (۱۳۹۹) و Kayet et al. (2020) مطابقت دارد.

میانگین دمای ماهیانه یکی دیگر از عوامل مؤثر بر آتش‌سوزی است که در پژوهش‌های Eskandari (2017) و Sivrikaya and Kucuk (2022) به عنوان یک عامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی معرفی شده است. واضح است در مناطقی که درجه حرارت بیشتر و میزان بارندگی کمتر باشد، احتمال وقوع آتش‌سوزی بالاتر است؛ اما ملاحظه اثر ترکیبی عوامل اقلیمی و پوشش گیاهی در راستای احتمال وقوع خطر آتش‌سوزی مناسب‌تر است. اقلیم یکی از عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی است زیرا بر کیفیت و کمیت مواد سوختنی تأثیرگذار است (de Santana et al., 2021). عامل‌های میانگین دمای ماهیانه و متوسط بارندگی سالیانه علاوه بر نقشی که به‌صورت مستقیم در وقوع آتش‌سوزی دارند؛ به‌طور غیرمستقیم با اثرگذاری بر تیپ و تراکم پوشش گیاهی نیز آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Vadrevu et al., 2010). با توجه به اینکه کاربری اراضی جنگلی و مرتعی با تراکم‌های متفاوت، سطح قابل‌توجهی (۸۹/۰۵ درصد) از منطقه مورد مطالعه را پوشانده است (شکل ۹). مطابق نقشه پراکنش آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در منطقه، بیشتر آتش‌سوزی‌ها (۶۹/۶۵ درصد) در اراضی جنگلی تنک و نیمه‌انبوه اتفاق افتاده است که با نتایج محمدی و همکاران (۱۳۸۹) و بیگی حیدرلو و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد. علاوه بر این، نیمه شمالی منطقه مورد مطالعه که عمده آتش‌سوزی‌ها در آنجا اتفاق افتاده است؛ میانگین بارش سالیانه بالغ بر ۵۰۰ میلی‌متر را دارد که با نتایج درویشی و همکاران (۱۳۹۲) و پولات و همکاران (۱۳۹۹) تطابق دارد و این موضوع نیز بر افزایش تراکم پوشش گیاهی افزوده است. تنک بودن تاج پوشش و رسیدن نور کافی به آشکوب زیرین و سطح خاک در اراضی جنگلی تنک و نیمه انبوه منطقه مورد مطالعه، سبب شکل‌گیری پوشش علفی متراکم در آشکوب زیرین و فراهم شدن مواد سوختنی کافی برای ایجاد آتش‌سوزی سطحی می‌شود.

عامل کاربری/پوشش اراضی در مطالعات مختلف توسط بیگی حیدرلو و همکاران (۱۳۹۳)؛Abedi Gheshlaghi et al. (2020) و Sari (2021) به‌عنوان یک عامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی شناخته شده بود؛ در مطالعه حاضر نیز به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی شناخته شد. با روی‌هم‌گذاری نقشه مناطق سوخته با نقشه کاربری اراضی مشخص شد که ۹۹/۱۸ درصد مناطق آتش‌سوزی شده، کاربری جنگل و مرتع (۷۷/۶۳ درصد مناطق جنگلی و ۲۱/۵۵ درصد مناطق مرتعی) دارند. در پژوهش Jaafari et al. (2018) کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده وقوع آتش‌سوزی تشخیص داده شد.

تراکم جمعیت توسط مطالعات مختلف (بیگی حیدرلو و همکاران، ۱۳۹۳؛ Vadrevu et al., 2010; Sari, 2021; Zhao et al., 2021; Sivrikaya and Kucuk, 2022) به‌عنوان یک عامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی معرفی شده است و در این پژوهش نیز

به‌عنوان عامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی شناخته شد. آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع تا حد زیادی تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است و در مناطق با تراکم زیاد جمعیت، فعالیت‌های مختلف انسان‌ها ممکن است سبب آتش‌سوزی شود (Zhao et al., 2021). با روی‌هم‌گذاری نقشه مناطق سوخته با نقشه تراکم جمعیت منطقه مورد مطالعه مشخص شد که ۵۷/۳۸ درصد از مناطق سوخته در طبقه‌های بالای تراکم جمعیت قرار دارند و این موضوع ارتباط تراکم بالای جمعیت با وقوع زیاد آتش‌سوزی را تائید می‌نماید. در مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۸۹) و بیگی حیدرلو و همکاران (۱۳۹۳) نیز بیشترین آتش‌سوزی در مناطقی رخ داده است که تراکم جمعیت بالایی داشتند.

عامل دیگری که در وقوع آتش‌سوزی مؤثر است، ارتفاع از سطح دریا است. تغییرات ارتفاع از سطح دریا، دما، میکروکلیما و پوشش گیاهی یک منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (زرع‌کار و همکاران، ۱۳۹۲). البته تأثیر عامل ارتفاع بر وقوع آتش‌سوزی به‌طورمعمول به مجموعه‌ای از عوامل دیگر مرتبط می‌شود که یا در زمره عوامل انسانی قرار می‌گیرند (مانند توسعه مناطق مسکونی، تراکم جمعیت و شدت تغییرات کاربری اراضی) و یا مرتبط با عوامل اقلیمی (بارندگی، درجه حرارت، رطوبت و تبخیر و تعرق) هستند (جعفری و مافی غلامی، ۱۳۹۶). به‌طور معمول، ارتفاعات پائین تا میانی یک منطقه به دلیل دمای بالاتر، رطوبت نسبی پایین و سهولت دسترسی انسان خطرناک‌ترین مناطق ازنظر آتش‌سوزی هستند (جعفری و مافی غلامی، ۱۳۹۶؛ Bentekhici et al., 2020). در ارتفاعات بالاتر، رطوبت نسبی بیشتر هوا و رطوبت بیشتر مواد سوختنی، توانایی ایجاد و گسترش آتش‌سوزی را محدود می‌کند. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین آتش‌سوزی در دامنه ارتفاعی ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متری (۴۴/۰۱٪ در دامنه ارتفاعی ۱۵۰۰ – ۱۰۰۰ متری و ۳۷/۲۰٪ در دامنه ارتفاعی ۲۰۰۰ – ۱۵۰۰ متری) رخ داده است. در مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، دامنه ارتفاعی ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متری و در مطالعه جعفری و مافی غلامی (۱۳۹۶)، دامنه ارتفاعی ۲۰۰۰ – ۱۵۰۰ متر بیشترین خطر آتش‌سوزی را به خود اختصاص داده بودند.

شیب عامل دیگری است که در وقوع آتش‌سوزی مؤثر است. شیب نقش مهمی در آتش‌سوزی جنگل دارد و بر شروع، رفتار و سرعت آتش‌سوزی تأثیر می‌گذارد (Bentekhici et al., 2020; Sari, 2021). از آنجا که حرارت به‌صورت طبیعی به سمت بالا حرکت می‌کند، انتقال حرارت با افزایش شیب در جهت مثبت بیشتر می‌شود و با افزایش شیب در جهت منفی کمتر می‌شود. ضریب خطر آتش‌سوزی همراه با شیب افزایش می‌یابد؛ زیرا سرعت انتشار آتش‌سوزی و تبدیل آتش‌سوزی سطحی به آتش‌سوزی تاجی در جنگل با افزایش شیب، افزایش می‌یابد (Sivrikaya and Kucuk, 2022). در مطالعات مختلف، تأثیر شیب بر وقوع آتش‌سوزی نشان داده شده است که بیانگر حساسیت بیشتر مناطق با شیب زیاد به وقوع آتش‌سوزی است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۶؛ Pourtaghi et al., 2015). نتایج این مطالعه نشان داد که ۶۳/۰۸٪ از مساحت آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در دامنه شیب ۵۰ – ۲۰ درصد قرار دارد و تنها ۸/۵۷ درصد از مساحت آتش‌سوزی‌ها در دامنه شیب ۱۰-۰ درصد قرار گرفته است. در مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، Pourtaghi et al. (2015) و Abdo et al. (2022) دامنه شیب‌های بیش از ۲۰ درصد حساسیت زیادی به وقوع آتش‌سوزی نشان دادند، اما در مطالعات بیگی حیدرلو و همکاران (۱۳۹۳) و جعفری و مافی غلامی (۱۳۹۶) به دلیل شرایط متفاوت منطقه مطالعاتی، عکس این حالت نشان داده شده است.

عامل جهت جغرافیایی به دلیل دما و رطوبت، بر خطر آتش‌سوزی جنگل تأثیر می‌گذارد. جهت‌های جنوبی (در نیمکره شمالی) در معرض تابش خورشیدی بالایی هستند. به علاوه، در نیمکره شمالی، جهات جنوبی و جنوب غربی در معرض وزش باد غالب می‌باشند. ترکیب این دو مورد موجب دمای بالاتر، رطوبت نسبی پایین‌تر و مقدار بیشتر مواد سوختنی در جهات جنوبی و جنوب غربی است؛ بنابراین جهت‌های جنوبی و جنوب غربی در برابر آتش‌سوزی آسیب‌پذیرتر هستند (Bentekhici et al., 2020; Sari, 2021; Sivrikaya and Kucuk, 2022). با روی‌هم‌گذاری پهنه‌های آتش‌سوزی روی نقشه طبقات جهت

مشخص شد که ۶۵/۷۲٪ از مساحت پهنه‌های آتش‌سوزی در جهات جنوبی و غربی (۳۳/۳۱٪ جهت جنوبی و ۳۲/۴۰٪ جهت غربی) رخ داده است. در مطالعات مختلف (محمدی و همکاران، ۱۳۸۶؛ بیگی حیدرلو و همکاران، ۱۳۹۳؛ دشتی و همکاران، ۱۴۰۰) نیز نشان داده شده است که بیشترین آتش‌سوزی در جهات جنوبی و غربی اتفاق افتاده است. نواحی واقع در جهات جنوبی و غربی، تشعشات خورشیدی بیشتری دریافت می‌کنند و درنتیجه افزایش دما در این نواحی بیشتر است که منجر به کاهش رطوبت نسبی، به‌ویژه در فصل گرم و بعدازظهرها می‌شود (دشتی و همکاران، ۱۴۰۰). بدیهی است وقوع دمای بالا و کاهش رطوبت مواد سوختنی، خطر آتش‌سوزی را افزایش می‌دهد.

فاصله از آبراهه‌ها یک عامل فیزیوگرافی مهم در تهیه نقشه آتش‌سوزی جنگل است. آبراهه‌ها و رودخانه‌ها می‌توانند به‌عنوان آتش‌بُر سبب کاهش خسارت آتش‌سوزی شوند (Jaafari et al., 2018; Abdo et al., 2022). از طرفی در رودخانه‌هایی که امکان طبیعت‌گردی و ماهیگیری و فعالیت‌های تفریحی برای ساکنان منطقه وجود دارد، خطر آتش‌سوزی در اثر فعالیت‌های انسانی نزدیک رودخانه افزایش می‌یابد (Sivrikaya and Kucuk, 2022). مناطق اطراف رودخانه‌ها و شبکه آبراهه‌ها همچنین به دلیل وجود رطوبت خاک، خطر اشتعال کمتری دارند (Sari, 2021). نتایج این مطالعه نشان داد که ۷۱/۶۷٪ از مساحت پهنه‌های آتش‌سوزی در فاصله دور از رودخانه‌ها (بیش از ۸۰۰ متر) و ۷۶/۴۷٪ از تعداد آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده، در فاصله بیش از ۸۰۰ متر از رودخانه‌ها رخ داده است. براساس مشاهدات میدانی، اطراف بخش زیادی از رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه به کاربری باغ تبدیل شده‌اند که حفاظت مالکان آن‌ها از این مناطق سبب می‌شود که آتش‌سوزی در فواصل دورتر از رودخانه رخ دهد. ضمناً در سایر مناطق اطراف رودخانه‌ها که امکان باغ‌داری وجود ندارد؛ توپوگرافی متغیر و شدید و عبور رودخانه‌ها از دره‌های با شیب زیاد امکان تجمع گردشگران و مردم محلی را از بین برده است. نتایج حاصل‌از این بخش پژوهش با مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، بیگی حیدرلو و همکاران (۱۳۹۳) و Jaafari et al. (2018) مطابقت دارد. اما در مطالعات زیادی (میردیلمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Pourtaghi et al., 2016) نیز بیشترین آتش‌سوزی در نزدیکی رودخانه‌ها اتفاق افتاده است که عمدتاً این موضوع را به تجمع گردشگران نسبت دادند.

با روی‌هم‌گذاری نقشه مناطق آتش‌سوزی واقعی و نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی مشخص شد که ۹۴/۳۳ درصد آتش‌سوزی‌های به وقوع پیوسته در مناطق با خطر بالای آتش‌سوزی واقع شده‌اند (۴۴/۰۸ درصد در مناطق با خطر زیاد و ۵۰/۳۳ درصد در مناطق با خطر خیلی زیاد) که با نتایج محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، زرع‌کار و همکاران (۱۳۹۲)، میردیلمی و همکاران (۱۳۹۲)، بیگی حیدرلو و همکاران (۱۳۹۳) و پولات و همکاران (۱۳۹۹) از نظر درصد همخوانی مناطق آتش‌سوزی واقعی با مناطق دارای خطر آتش‌سوزی مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی یک روش مؤثر برای مدیریت آتش‌سوزی در مناطق جنگلی و مرتعی است. وقوع آتش‌سوزی در یک منطقه تحت تأثیر عوامل مختلف اقتصادی – اجتماعی، بوم شناختی، فیزیوگرافی و انسان‌ساخت است. در این پژوهش برای اولین بار در جنگل‌های منطقه اورامانات در غرب استان کرمانشاه، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل با روش نسبت فراوانی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام شد. نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در منطقه اورامانات نشان داد که ۴۸/۰۴ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه در طبقه خطر متوسط و ۴۴/۵۳ درصد در طبقه خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارد. در این مطالعه به دلیل درنظر گرفتن دامنه وسیعی از عوامل مختلف مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی و تعیین اهمیت هر یک از طبقات عوامل مختلف با روش نسبت فراوانی، می‌توان بیان داشت که نتایج انطباق زیادی با شرایط واقعی

دارند. با روی‌هم‌گذاری نقشه مناطق آتش‌سوزی واقعی و نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی مشخص شد که حدود ۹۵ درصد آتش‌سوزی‌های به وقوع پیوسته در مناطق با خطر زیاد آتش‌سوزی واقع شده‌اند. نقشه پهنه‌بندی نهایی در اتخاذ تصمیمات مدیریتی صحیح برای اطفای حریق و همچنین برنامه‌ریزی مطلوب برای استفاده از امکانات و به‌کارگیری کارکنان و تمرکز تجهیزات لازم برای مقابله با آتش‌سوزی‌های احتمالی در فصل آتش‌سوزی در مناطق با خطر زیاد آتش‌سوزی می‌تواند بسیار مؤثر واقع شود.

منابع

بانج شفیعی، ع.، بیگی حیدرلو، ه. و عرفانیان، م. (۱۳۹۴). ارزیابی روش ترکیب خطی وزنی فازی در تهیه نقشه ریسک آتش‌سوزی جنگل (مطالعه موردی: جنگل‌های سردشت، آذربایجان غربی). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۲ (۳): ۲۹ – ۵۲.

بیگی حیدرلو، ه.، بانج شفیعی، ع. و عرفانیان، م. (۱۳۹۳). تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و روش نسبت فراوانی (پژوهش موردی: جنگل‌های سردشت، شمال‌غربی ایران). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۴): ۵۵۹ – ۵۷۳.

پولات، س.، قاسمی آقباش، ف. و مهدوی، ع. (۱۳۹۹). پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های حوزه شهرستان ایلام. پژوهش و توسعه جنگل، ۶ (۱): ۱۳۵ – ۱۵۲.

جعفری، ا. و مافی غلامی، د. (۱۳۹۶). پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش ترکیبی نسبت فراوانی- انتروپی شانون. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۵ (۲): ۲۳۲ – ۲۴۳.

درویشی، ل.، قدس‌خواه، م. و غلامی، و. (۱۳۹۲). ارائه مدل منطقه‌ای به‌منظور پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های شهرستان دورود (مطالعه موردی منطقه‌ی باباحر). تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۱ (۱): ۱۰ – ۲۰.

دشتی، ش.، امینی، ج.، احمدی ثانی، ن. و جوانمرد، ع. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی مناطق مستعد آتش‌سوزی در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس شمالی (مطالعه موردی: جنگل‌های سردشت درآذربایجان غربی). مخاطرات محیط طبیعی،۱۰ (۳۰): ۱۰۵ – ۱۲۶.

زرع‌کار، آ.، کاظمی زمانی، ب.، قربانی، س.، عاشق معلا، م. و جعفری، ح.ر. (۱۳۹۲). تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوزه جنگلی در استان گیلان). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۲): ۲۱۸ – ۲۳۰.

صداقت، م.، ریاضی، ب.، ویسانلو، ف. و ثاقب طالبی، خ. (۱۴۰۱). مدل‌سازی مکانی عوامل اصلی تخریب جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: زیر حوضه خرم‌آباد). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۹ (۲): ۵۹-۷۵.

محمدی، ف، شعبانیان، ن.، پورهاشمی، ه. و فاتحی، پ. (۱۳۸۹). تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از GIS و AHP در بخشی از جنگل‌های پاوه .تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۴): ۵۶۹ - ۵۸۶.

میردیلمی، ط.، شتایی، ش. و کاووسی، م.ر. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در پارک ملی گلستان با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC). مجله جنگل ایران، ۵ (۴): ۳۷۷ – ۳۹۰.

Abdo, H. (2022). Assessment of landslide susceptibility zonation using frequency ratio and statistical index: A case study of Al-Fawar basin, Tartous, Syria. International Journal of Environmental Science and Technology. 19, 2599–2618.

Abdo, H.G., Almohamad, H., Al-Dughairi, A.A. and Al-Mutiry, M. (2022). GIS-Based Frequency Ratio and Analytic Hierarchy Process for Forest Fire Susceptibility Mapping in the Western Region of Syria. Sustainability. 14, 4668.

Abedi Gheshlaghi, H.A., Feizizadeh, B. and Blaschke, T. (2020). GIS-based forest fire risk mapping using the analytical network process and fuzzy logic. Journal of Environmental Planning and Management, 63(3), 481–499.

Adab, H., Kanniah, K.D., and Solaimani, K. (2013). Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. Natural Hazards, 65, 1723-1743.

Anticona, A., Zuniga, C., Santos, A., Lorenzon, A. and Filho, P. (2023). Gis and fuzzy logic approach for forest fire risk modeling in the Cajamarca region, Peru. Decision Science Letters, 12(2), 353-368.

Barlow, J., Lennox, G., Ferreira, J. (2016). Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. Nature, 535, 144–147.

Bentekhici, N., Bellal, S. and Zegrar, A. (2020). Contribution of remote sensing and GIS to mapping the fire risk of Mediterranean forest case of the forest massif of Tlemcen (North-West Algeria). Nat Hazards, 104, 811–831.

Bo, M., Mercalli, L., Pognant, F., Berro, D.C. and Clerico, M. (2020). Urban air pollution, climate change and wildfires: The case study of an extended forest fire episode in northern Italy favoured by drought and warm weather conditions, Energy Reports, 6(1), 781-786.

de Santana, R., Delgado, R.C. and Schiavetti, A. (2021). Modeling susceptibility to forest fires in the Central Corridor of the Atlantic Forest using the frequency ratio method. Journal of Environmental Management, 296, 113343, 1-10.

Dong, X. U., Li-min, D. A. I., Guo-fan, S., Lei, T., and Hui, W. (2005). Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. Journal of forestry research, 16(3), 169-174.

Ebrahimy, H., Rasuly, A., and Mokhtari, D. (2017). Development of a Web GIS System Based on the MaxEnt Approach for Wildfire Management: A Case Study of East Azerbaijan. Ecopersia, 5(3), 1859-1873.

Eskandari, S. and Sarab, S.A.M. (2022). Mapping land cover and forest density in Zagros forests of Khuzestan province in Iran: A study based on Sentinel-2, Google Earth and field data, Ecological Informatics, 70, 101727.

Eskandari, S. (2017). A new approach for forest fire risk modeling using fuzzy AHP and GIS in Hyrcanian forests of Iran. Arabian Journal of Geosciences, 10, 190.

Eskandari, S., Pourghasemi, H.R. and Tiefenbacher, J.P. (2020). Relations of land cover, topography, and climate to fire occurrence in natural regions of Iran: Applying new data mining techniques for modeling and mapping fire danger, Forest Ecology and Management, 473, 118338.

Fornwalt, P.J., Kaufmann, M.R., Huckaby, L.S., Stoker, J.M., and Stohlgren, T.J. (2003). Nonnative plant invasions in managed and protected ponderosa pine/Douglas-fir forests of the Colorado Front Range, Forest Ecology and Management, 177(1-3), 515-527.

Geng, M., Ma, K., Sun, Y., Wo, X. and Wang, K. (2020). Changes of land use/cover and landscape in Zhalong wetland as “red-crowned cranes country”, Heilongjiang province, China. Global Nest Journal, 22(4), 477–483.

Jaafari, A., Zenner, E.K. and Pham, B.T. (2018). Wildfire spatial pattern analysis in the Zagros Mountains, Iran: A comparative study of decision tree based classifiers. Ecological Informatics, 43, 200–211.

Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, K.D. and Saxena, R. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 4(1), 1-10.

Jenks, G.F. (1967). The data model concept in statistical mapping. International yearbook of cartography, 7, 186-190.

Kayet, N., Chakrabarty, A., Pathak, Kh., Sahoo, S., Dutta, T. and Hatai, B.K. (2020). Comparative analysis of multi-criteria probabilistic FR and AHP models for forest fire risk (FFR) mapping in Melghat Tiger Reserve (MTR) forest. Journal of Forestry Research, 31, 565–579.

Keane, R.E., Arno, S.F. and Brown, J.K. (1990). Simulating cumulative fire effects in ponderosa pine/Douglas-fir forests, Ecology, 71(1), 189-203.

Khalili, F., Sadeghi, M., and Malekian, M. (2018). Habitat suitability modelling of Persian squirrel (Sciurus anomalus) in Zagros forests, western Iran. Journal of Wildlife and Biodiversity, 2(2), 56-64.

Laughlin, D.C., Bakker, J.D., Stoddard, M.T., Daniels, M.L., Springer, J.D. and Gildar, C.N. (2004). Toward reference conditions: Wildfire effects on flora in an old-growth ponderosa pine forest, Forest Ecology and Management, 199(1), 137-152.

Law, B.E., Sun, O.J., Campbell, J., van Tuyl, S. and Thornton, P.E. (2003). Changes in carbon storage and fluxes in a Chrono sequence of ponderosa pine, Global Change Biology, 9(4), 510-524.

Podur, J., Martell, D.L., and Knight, K. (2002). Statistical quality control analysis of forest fire activity in Canada. Canadian Journal of Forest Research, 32, 195-205.

Pourtaghi, Z.S., Pourghasemi, H.R. and Rossi, M. (2015). Forest fire susceptibility mapping in the Minudasht forests, Golestan province, Iran. Environmental Earth Sciences, 73(4), 1515-1533.

Pourtaghi, Z.S., Pourghasemi, H.R., Aretano, R. and Semeraro, T. (2016). Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques. Ecological Indicators, 64, 72–84.

Quan-fa, Z. and Wen-jun, C. (2007). Fire cycle of the Canadas boreal region and its potential response to global change. Journal of Forestry Research, 18(1), 55-61.

Roman, M.V., Azqueta, D. and Rodrigues, M. (2013). Methodological approach to assess the socio-economic vulnerability to wildfires in Spain. Forest Ecology and Management, 294, 158-165.

Sadeghi, M., Malekian, M. and Khodakarami, L. (2017). Forest losses and gains in Kurdistan province, western Iran: where do we stand? The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 20, 51–59.

Sagheb-Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M. (2013). Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future, Springer.

Sari, F. (2021). Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Mugla, Turkey: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. Forest Ecology and Management, 480, 118644.

Sivrikaya, F. and Kucuk, O. (2022). Modeling forest fire risk based on GIS-based analytical hierarchy process and statistical analysis in Mediterranean region. Ecological Informatics, 68, 101537.

Suryabhagavan, K.V., Alemu, M. and Balakrishnan, M. (2016). GIS-based multi-criteria decision analysis for forest fire susceptibility mapping: a case study in Harenna forest, southwestern Ethiopia. Tropical Ecology, 57(1), 33-43.

Tuyen, T.T., Jaafari, A., Yen, H.P.H., Nguyen-Thoi, T., Van Phong, T., Nguyen, H.D., Van Le, H., Phuong, T.T.M., Nguyen, S.H. and Prakash, I. (2021). Mapping forest fire susceptibility using spatially explicit ensemble models based on the locally weighted learning algorithm. Ecological Informatics, 63, 101292.

Vadrevu, K.P., Eaturu, A. and Badarinath, K.V. (2010). Fire risk evaluation using multicriteria analysis-a case study. Environmental Monitoring and Assessment, 166(1-4), 223-239.

Veena, H.S., Ajin, R.S., Loghin, A.-M., Sipai, R., Adarsh, P., Viswam, A., Vinod, P.G., Jacob, M.K. and Jayaprakash, M. (2017). Wildfire risk zonation in a tropical forest division in Kerala, India: A study using geospatial techniques. International Journal of Conservation Science, 8(3), 475–484.

Zhao, P., Zhang, F., Lin, H. and Xu, S. (2021). GIS-Based Forest Fire Risk Model: A Case Study in Laoshan National Forest Park. Nanjing. Remote Sensing, 13(18), 3704.

Geospatial Zoning of Forest Fire Risk by GIS-Based Frequency Ratio Method in Central Zagros

S. Moradi[1*] and N. Ahmadi Sani [2]

1- Assistant Prof., Department of Agricultural and Natural Resources Development, Faculty of Engineering, Payame Noor University, Tehran, I.R. Iran.
2- Associate Prof., Department of Agriculture, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, I.R. Iran.

Abstract

Forest fire is one of the most important factors of forest destruction that can have a great effect on vegetation structure, forest fertility, ecosystem carbon storage, and introduce of invasive plant species. Accurate assessment of forest fire risk and its zoning can have great practical importance in preventing fires and reducing their damages in line with effective environmental management. The purpose of this research is to evaluate forest fire risk and its zoning using Frequency Ratio (FR) method within Geographic Information System (GIS). The study area is a part of the central Zagros forests located in the Oramanat region (Kermanshah province), which was selected due to numerous fires in recent years. Factors affecting the occurrence of forest fires were identified based on expert opinions and a review of sources. A total of 12 factors were identified, including distance to roads, distance to settlements, average annual precipitation, average monthly temperature, forest cover density, range cover density, land use/land cover, population density, slope, aspect, elevation and distance to waterways. The relative importance of different classes of influencing factors was also calculated using the FR method. Finally, the fire risk zoning map was obtained by overlaying digital maps of influencing factors in the ArcGIS software and was classified into five risk classes (Very Low to Very High) using the Jenks optimization method proposed. The validation of the results was done by overlaying the zoning map with the fires that happened in the study area in 2016-2024. The fire risk zoning map showed that 48.04% of the study area is in the medium risk class and 44.53% is in the high and very high risk class. Also, based on the results, by overlaying the real fire map and the fire risk zoning map, 94.33% of the fire patches area are located in areas with high fire risk (44.08% in high risk class and 50.33% in very high risk class), which can indicate the accurate assessment and high accuracy of the final zoning map. This study highlighted the mapping importance of burned areas and fire risk zoning that can be effective in line with prioritized prevention and control operation to prevent forest degradation in the future.

Keywords: Forest Fire Risk, Frequency Ratio (FR), Geographic Information System (GIS), Oramanat region.

[*]Corresponding author Tel: +98 9188570167 Email: Moradi_4@pnu.ac.ir

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

اثر کودهای زیستی بر روی جذب عناصر عناصر غذایی درختان فندق استان گیلان

علی لاهیجی*

- استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

چکیده

فندق در استان گیلان سطحی بیش از ۱۹۰۰۰ هکتار را به خود اختصاص داده است. این گیاه ارزشمند در سال‌های اخیر به دلیل عدم استفاده از روش‌های نوین عملیات به زراعی خصوصا تغذیه تلفیقی، با عملکرد پایین و همچنین با معضل سرخشکیدگی محدود در برخی باغات مواجه شده است. به منظور بررسی اثر تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی باکتری‌های محرک رشد و قارچ *تریکودرما* بر خصوصیات رشدی باغات فندق دارای سرخشکیدگی در دو باغ منطقه اشکورات شهرستان رودسر، آزمایشی درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار در دو سال زراعی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰ انجام پذیرفت. تیمارهای مورد بررسی شامل: T_1- شاهد (عرف باغدار)، T_2- مصرف خاکی کود دامی به میزان ۲۰ کیلوگرم برای هر درخت + توصیه کود شیمیایی، T_3- (T_2+ باکتری *سودموناس*)، T_4- (T_2 +قارچ *تریکودرما*)، T_5- (T_2+ ترکیب قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودموناس*) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین اثرات مثبت را تیمار پنجم (ترکیب کود شیمایی، ماده آلی و استفاده از قارچ *تریکودرما* و باکتری جنس *سودموناس*) روی صفات مورد برررسی داشته‌اند. این عوامل زیستی سبب افزایش جذب عناصر غذایی، فسفر، نیتروژن، آهن و مس به ترتیب ۶۸/۳۳، ۲۸/۱۳، ۱۷۲/۴۸ و ۸۸/۹۵ درصدی در درختان فندق گردیدند که منجر به افزایش سبزینگی و کاهش زردی درختان شدند.

واژگان کلیدی: فندق، زردی، کمبود عناصر، خشکیدگی سرشاخه، گیلان.

مقدمه

فندق درختچه ای جنگلی به ارتفاع چهار تا هشت متر، است که در سراسر اروپا، قفقاز و ایران انتشار دارد، در ایران در جنگل‌های ارسباران (Bombeli, 2002)، فندقلوی اردبیل (یزدیان و همکاران، ۱۳۸۰) و آق اولر تالش (ثابتی، ۱۳۸۷) به صورت توده خالص و در جنگل‌های هیرکانی به صورت تک درخت (ثابتی، ۱۳۸۷؛ مظفریان، ۱۳۸۳) پراکنش دارد. فندق جزء گونه‌های پیش آهنگ در مراحل اولیه توالی جنگل است و نقش بسیار مهمی در احیا ء جنگل‌های مخروبه دارد. در چند دهه اخیر، این گیاه ارزشمند مورد توجه همسایه‌گان شمالی قرار گرفته و به طور گسترده در کشورهای آذربایجان و گرجستان در حال کشت می‌باشد. براساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۷، سطح زیر کشت فندق در کشور در حدود ۲۴۷۱۸ هکتار بود که حدود ۸۰ درصد به استان گیلان تعلق دارد. بعد از گیلان، استان‌های قزوین، مازندران، زنجان، اردبیل و قم در رتبه‌های بعد قرار دارند. میزان تولید فندق در ایران حدود ۲۲۲۹۳ تن می‌باشد که گیلان با ۱۹۰۰۰ تن در رتبه اول،

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۰۱۰۴۲۳۷۹ ایمیل: lahigy_123@yahoo.com

قزوین با ۲۳۶۳ تن، مازندران با ۲۰۰۳ تن، زنجان با ۵۳۶ تن، اردبیل با ۲۷۴ تن و قم با ۲۵۴ تن در رتبه‌های بعد قرار دارند. در حال حاضر این درخت ارزشمند به صورت گسترده در مناطق شیبدار استان گیلان گشترش یافته و ضمن تولید محصول در سایر فعالیت‌های اکولوژیک جنگلی خود به ویژه حفاظت خاک نیز نقش ایفاء می‌نماید. اما متاسفانه این درختان درسالهای اخیر در برخی مناطق با خشکیدگی محدود شاخه‌ها به همراه زردی درختان مواجه شدند. زردی برگ درختان یکی از مهمترین علائم کمبود مواد غذایی است که درخت را دچار آسیب جدی می‌نماید. بی‌توجهی به این علائم به همراه تنشهای محیطی به ویژه خشکی می‌تواند سبب خشکیدگی بخشی از شاخه‌ها و سپس تا مراحل مرگ درختان ادامه یابد. در سناریوی تغییرات اقلیمی، استفاده از کودهای معدنی به صورت برگی به ویژه در شرایطی که جذب مواد مغذی از خاک محدود بوده مفید معرفی شده و نشان دهنده راه دیگری برای تامین مواد مغذی در طول مراحل رشد بحرانی فندق است (Silvestri et al., 2021). PGPR سبب افزایش جذب آب در گیاه گردیده و با افزایش محتوای رطوبت نسبی در برگ، برای مدت طولانی‌تری روزنه‌ها باز مانده و در نتیجه جذب CO_2، فتوسنتز و تعرق در گیاه افزایش خواهد یافت. با توجه به اینکه PGPR قابلیت دسترسی به عناصری چون نیتروژن و فسفر را از طریق ترشح اسیدهای آلی و توسعه ریشه را افزایش می‌دهند، بنابراین می‌توانند بر جذب عناصر کم‌مصرف نیز مؤثر باشند. Yang al. (2011) تولید سیدروفور در PGPR جنس *سودموناس* و اسیدهای آلی در *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* (Ahmad et al., 2006) اثبات شده است. افزایش جذب عناصر کم مصرف به خصوص آهن، منگنز و روی توسط گیاه با تولید سیدروفورهای گیاهی مرتبط می‌باشد (ارزانش و همکاران، ۱۳۹۱). PGPR از طریق تولید آبسیزیک اسید که مربوط به پاسخ گیاه به تنش آبی می‌باشد و (تولید اکسین) که سبب ایجاد ریشه‌های جانبی و افشان و تسهیل انتقال شعاعی آب و افزایش هدایت هیدرولیکی می‌شود سبب بهبود تنظیم اسمزی نهالها می‌شوند (Boiero et al., 2007; Kothari et al., 1990). *سودموناسها* از مهم‌ترین باکتری‌های ریزوسفری و فیلوسفری هستند که به دلیل توانایی بالا در رقابت با سایر میکروارگانیسم‌ها در بیشتر محیطها مشاهده می‌شوند. گونه‌های مختلف این جنس در کنترل قارچ‌های بیماریزا مؤثر بوده که از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیمها، مقدار اتیلن را تنظیم و سبب تحریک رشد گیاه می‌شوند (Henry, 2008). رستمی کیاء و همکاران (۱۴۰۳) در تأثیر قارچ *Trichoderma harzianum Rifai* بر تغذیه نهال‌های فندق عنوان نمودند که نهال‌های تلقیح شده فندق با این قارچ وضعیت مطلوب‌تری را در مقایسه با نهال‌های شاهد داشتند. غلظت عناصر غذایی برگ شامل نیتروژن، ۲۷/۸۱ فسفر ۲۳/۲۳ و پتاسیم ۳۴/۷ درصد نسبت به نهال‌های مایه‌زنی نشده از مبدأ فندقلو افزایش داشت. براساس مطالعه صورت گرفته، pH بالای خاک و تجمع آهک در عمق پروفیل به همراه تنش‌های رطوبتی از مهمترین مشکلات باغات فندق گیلان می‌باشد (لاهیجی و بصیرت، ۱۳۹۸). خصوصیات خاکی ذکر شده مشابه سایر خاک‌های مناطق خشک و کوهستانی کشور، محدودیت‌هایی را برای جذب برخی از عنصرهای غذایی ایجاد می‌کند. رستمی کیاء و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر سه نوع باکتری *Bacillus subtilis*، *Pseudomonas putida* و *Enterobacter cloacae* را بر روی نونهال‌های فندق بررسی و عنوان نمودند، بیشترین غلظت نیتروژن ۲/۸۱٪ در تلقیح ترکیبی سه باکتری مشاهده شد و بیشترین غلظت فسفر با تلقیح *P. putida* به دست آمد. بیشترین مقدار غلظت آهن و روی به ترتیب در تلقیح با باکتری‌های *P. putida* و *B. subtilis* مشاهده گردید. آنها نتیجه‌گیری نمودند که تلقیح ریشه نونهال‌ها با

باکتری‌های محرک رشد (PGPR)[1] می‌تواند راهکاری مناسب برای تولید نهال سالم و قوی در نهالستان و همچنین افزایش موفقیت نهال‌کاری در رویشگاه‌های با سطح حاصلخیزی نامطلوب و تخریب یافته فندق باشد.

مواد و روش‌ها

این طرح در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی که هر بلوک شامل یک ردیف از درختان که فاصله هر ردیف از یکدیگر شش متر بود، در اوایل بهمن ماه سال ۱۳۹۹ انجام شد. به منظور اجرای طرح با استفاده از نتایج آزمون خاک، کودهای شیمیایی با استفاده از روش چالکود (مخلوط با۲۰ کیلوگرم کود دامی پوسیده) و حفر سه چاله اطراف درختان به عمق ۴۰ سانتی‌متر و عرض ۳۰ سانتی‌متر نسبت به اجرای طرح شامل ۵ تیمار و سه تکرار اقدام گردید. برای هر تیمار و هر تکرار سه درخت استفاده گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل: T_1-۱ شاهد (عرف باغدار) ۲- T_2 مصرف خاکی کود دامی به میزان ۲۰ کیلوگرم برای هر درخت+ کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک ۳-T_3 تیمار ۲ + باکتری *سودوموناس*۴-T_4 تیمار ۲ + قارچ *تریکودرما* ۵-T_5 تیمار۲ + ترکیب قارچ‌های *تریکودرما* و باکتری *سودوموناس* بودند. قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودوموناس* از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردید. به منظور تلقیح درختان فندق با قارچ *تریکودرما* و باکتری از روش ترکیب با کود دامی و چالکود (مجزا از کود شیمیایی) به میزان ۱۰۰ گرم در دو طرف هر درخت استفاده گردید. در مرداد ماه که میزان عناصر موجود در برگها ثابت است، نمونه برگ‌های سالم از چهار طرف درخت به تعداد ۱۰۰ عدد جمع آوری شد. پس از شست و شوی برگ‌ها و قرار گرفتن در پاکت‌های کاغذی مخصوص، به مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۶۵ درجه سلسیوس خشک گردید. پس از آن نمونه‌ها با آسیاب پودر شد. برای تهیه عصاره، یک گرم از نمونه‌های پودر شده در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به روش سوزاندن خشک خاکستر شد. برای اندازه‌گیری عناصر در برگ علاوه بر روش‌های ذکر شده در میزان فسفر در برگ به روش رنگ زرد آمونیم مولیبدات- وانادات (Chapman and Pratt, 1961) و نیتروژن با روش کلدال (Bremner and Keeney, 1965) اندازه گیری گردید. پتاسیم به روش فلیم فتومتری و عناصر میکرو با دستگاه جذب اتمی انجام گردید.

یافته‌ها

جذب نیتروژن

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در باغات فندق تاثیر معنی‌داری بر غلظت عنصر نیتروژن در برگ درختان نداشت. در بین تیمارهای مورد استفاده تیمار باکتری *سودوموناس فلورسنس* با ۲/۸۷ درصد بالاترین میزان غلظت نیتروژن را در برگ ایجاد نموده است و در مقایسه با شاهد (کمترین میزان نیتروژن ۲/۲۴٪) افزایش ۲۸/۱۲٪ را نشان داد. اما اثر متقابل تیمارها در مکان‌های مختلف نیز معنی دار نبوده است. بیشترین میزان نیتروژن ۳/۳۶٪ در تیمار T_4 استفاده از قارچ *تریکودرما* در باغ منطقه دوم (شاهراج) بود و کمترین آن ۲/۱ ٪ در تیمار شاهد باغ منطقه شاهراج بوده است.

1 - Plant Growth-Promoting Rhizobacteria

جذب فسفر

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در باغات فندق بر جذب عنصر فسفر در برگ درختان در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار شد. بیشترین میزان فسفر قابل جذب در تیمار تلقیح زیستی ترکیبی *قارچ تریکودرما* و باکتری *سودموناس* با میزان (۱۰۱/ درصد) در مقایسه تیمار شاهد (۰/۰۶درصد) افزایش ۶۸/۳۳ درصدی داشت. اثر متقابل تیمارها در مکان نیز معنی‌دار گردید. بیشترین میزان فسفر برگ در تیمار پنجم تیمار ترکیبی قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودموناس* با میزان ۰/۱۰۶٪ در باغ شماره یک منطقه صارم دارای اثر دو برابری نسبت به کمترین میزان فسفر ۰/۰۱۸٪ در تیمار شاهد باغ منطقه شاهراج بود. با توجه به کمبود عنصر در خاک باغات تحت کشت این ریز جاندران نقش موثری در حلالیت فسفر در خاک آهکی و جذب فسفر داشتند.

جذب پتاسیم

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در باغات فندق اختلاف معنی‌داری در جذب عنصر پتاسیم در برگ درختان در مقایسه با شاهد ایجاد نگردید.

جذب آهن و منگنز

نتایج نشان داد که اثر اصلی تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عنصر آهن در سطح خطای ۱٪ معنی-دار بود. بیشترین میزان آهن۸۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار پنجم، نسبت به تیمار شاهد ۳۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم (کمترین غلظت آهن) افزایش ۱۷۲/۴۸ درصدی داشته است. اثر متقابل تیمارها در مکان‌های مختلف نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین میزان جذب آهن در تیمار پنجم، تیمار ترکیبی قارچ و باکتری ۱۱۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین آن در تیمار شاهد بود. همچنین نتایج نشان داد که اثر اصلی تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عنصر منگنز برگ درختان معنی‌دار نبود. اما بیشترین مقدار منگنز ۱۲۷ میلی‌گرم درکیلوگرم در برگ‌های فندق تیمار ترکیبی کودی قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودموناس* (تیمار T_5) در مقایسه با شاهد (کمترین میزان منگنز ۸۸/۳ میلی‌گرم درکیلوگرم) افزایش ۴۳/۲۸ درصدی داشته است.

جذب مس و روی

نتایج نشان داد که اثر اصلی تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عنصر مس معنی‌دار نبود. اما اثر متقابل مکان در تیمارها درسطح ۵٪ معنی‌دار بود. بیشترین میزان مس در تیمار پنجم ترکیبی قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودموناس* با میزان ۱۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین میزان مس در برگ در تیمارهای شاهد، کود شیمیایی و تیمار باکتری به ترتیب ۷، ۵ و ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم در یک گروه قرار گرفتند. این موضوع نقش هیف‌های قارچ *تریکودرما* در جذب این عنصر مس را نشان می‌دهد. اثر تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عنصر روی معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار روی نیز (۳۵/۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) در برگ‌های فندق در تیمار ترکیبی کودی قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودموناس* (تیمار T_5) بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر ماکرو و میکرو برگ فندق تحت تأثیر تیمارهای شیمیایی و زیستی

منابع تغییرات	درجه آزادی df	منگنز Mn	مس Cu	آهن Fe	روی Zn	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N
مکان	۱	۵۴/۴۴^{ns}	۲۶۶/۲۸*	۴۳۲۲۸۱/۵۸*	۲۴۱۱/۹۸*	۱/۸۴۵**	۰/۰۱۹**	۰/۱۴۶^{ns}
خطا	۴	۱۶۵۵	۲۸/۴	۵۲۰۸۹	۱۹۵	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۶
تیمار	۴	۱۵۸۷/۷۷^{ns}	۴۷/۸۸^{ns}	۴۱۹۷۰۴/۶۳**	۴۱۶/۸۵^{ns}	۰/۰۸۱^{ns}	۰/۰۰۲*	۰/۳۲۳^{ns}
تیمار× مکان	۴	۸۴۵/۰۶^{ns}	۶۹/۲۵*	۴۴۲۷۹۹/۷۳**	۳۵۲/۲۳^{ns}	۰/۰۶۵^{ns}	۰/۰۰۲*	۰/۳۵۱^{ns}
خطا	۱۶	۱۳۴۰	۲۶/۳	۷۷۸۶۵	۲۲۷	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۲۵۰

بحث و نتیجه‌گیری

کاربرد کودهای زیستی محرک رشد گیاه (قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودموناس*) نقش مؤثری در جذب عناصر غذایی مانند فسفر، مس و آهن به طور معنی‌داری و میزان نیتروژن و منگنز را به طور قابل‌توجهی در گیاه افزایش دادند. استفاده از این ریزجانداران مفید خاکزی خصوصا به صورت ترکیبی (قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودموناس*) به عنوان کودهای زیستی همراه با کودهای شیمیایی می‌تواند راهکار مناسبی جهت غلبه بر تنش‌های محیطی، بهبود جذب عناصر غذایی، بهبود سبزینگی و رفع سرخشکیدگی درختان فندق مناطق کوهستانی و جنگلی استان گیلان باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند تاثیر کاربرد تلفیقی کودهای آلی، زیستی و مقدار مناسب از کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک را در شرایط سخت اقلیمی نشان دهد. جمالی‌فرد و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی تاثیر تیمارهای کود دامی و باکتری *سودموناس* در دو رقم پسته عنوان نمودند که باکتری *سودموناس* سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و جذب عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، مس و منگنز به ترتیب به میزان ۲۱،۲۲،۳۳،۳،۲۳ ۲۵ و ۳ درصد در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرند شد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. حسین‌زینلی و همکاران (۱۳۹۹) نیز در بررسی اثر قارچ‌های *تریکودرما* بر بهبود رشد و تغذیه درختان پسته عنوان نمودند، قارچ *تریکودرما* بر غلظت عنصر نیتروژن معنی‌دار نشده است. همچنین دولتی بانه و همکاران (۱۳۹۹) عنوان نمودند که قارچ *میکوریزا* نتوانست اثر معنی‌داری بر جذب نیتروژن در برگ انگور در مقایسه با شاهد داشته باشد. تلقیح ریشه با ترکیب کود زیستی میزان فسفر بیشتری در مقایسه با تیمار شاهد و حتی تیمار کودی بدون تلقیح داشت. Altomare et al. (1999) برای نخستین بار توانایی *T. harzianum* را در انحلال فسفر گزارش کردند. افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر بوسیله افزایش سطح جذب ریشه‌ها (آذرمی و همکاران، ۲۰۱۱) محلول ساختن فسفر از طریق ترشح اسیدهای آلی از جمله مواردی است که این گونه‌های قارچی در افزایش فراهمی فسفر و نیز افزایش جذب آن توسط گیاه به کار می‌گیرند (Wei et al., 2018). یکی از مهمترین دلایل عدم معنی دار شدن جذب پتاسیم می‌تواند بالا بودن غلظت پتاسیم در خاک‌های منطقه باشد. در این ارتباط نیز رستمی کیا و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی اثر باکتری‌های

محرک رشد بر صفات رویشی و عناصر تغذیه‌ای نونهال‌های فندق اردبیل نیز عنوان نمودند که این باکتری‌ها بر میزان غلظت پتاسیم برگ اثر معنی‌داری ایجاد ننمودند. لایق‌حقیقی و عباس زاده (۱۴۰۱) عنوان نمودند اثر متقابل کود آلی ورمی-کمپوست و باکتری محرک رشد در درختان به لیمو بر عناصر آهن، منگنز و روی در سطح خطای یک درصد معنی‌دار بوده است.

این نتایج حاکی از تاثیر مثبت هیف‌های قارچ‌های *تریکودرما* را درجذب آب و مواد غذایی می‌باشد. اغلب سویه‌های *تریکودرما*، با ترشح اسیدهای آلی، همچون اسید گلوکونیک، اسیدسیتریک و اسیدفوماریک محیط اطرف خود را اسیدی می‌کنند و در نتیجه قادر به حل کردن فسفات، ریزمغذی‌ها، آهن، منگنز و منیزیم خواهند بود (Harman et al., 2004). این نتایج حاکی از اثرات مفید ریزجاندران بر غلظت این عناصر بوده است. رستمی کیاء و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند بیشترین غلظت روی (۰/۰۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در نهال‌های فندق اردبیل به ترتیب در تلقیح با باکتری‌های *B. subtilis* و *P. putida* مشاهده شد. Sonar et al. (2013) بر این نکته تأکید کردند که هیف قارچ‌ها یک مکانیسم جایگزین برای جذب آب و عناصر غذایی با تحرک پایین مانند فسفر، روی و مس می‌باشند. این نتایج با نتایج عالی‌پور و همکاران (۱۳۹۵) که عنوان نمودند این کودهای بیولوژیک غلظت عناصر فسفر، نیتروژن، روی، آهن، به ترتیب چهار برابر، ۲۰ ٪، پنج برابر و ۳۴٪، نسبت به درختان شاهد چنار را افزایش دادند مطابقت دارد.

سپاسگزاری

از سازمان جهاد کشاورزی و موسسه تحقیقات خاک و آب کشور برای حمایت‌های ویژه از این طرح تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

آجیلی لاهیجی، ع.، و بصیرت، م. (۱۳۹۸). بررسی خصوصیات شمیایی و فیزیکی خاکهای باغات فندق استان گیلان، شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، زنجان.

آجیلی لاهیجی، ع.، جوادی مجدد، د.، محبوب خمامی، ع.، پاداشت دهکائی، م.، الماسی، م.، عدیلی آ.، میرحسینی، ک.، شیرینفکر، ا. و محمدپور، پ. (۱۳۹۵). بررسی وضعیت تغذیه ای باغات فندق استان گیلان، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان.

ارزانش، م.، بنی عقیل، ن.، قربانلی، م.، و شهبازی، م. (۱۳۹۱). تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر پارامترهای رشدی و غلظت عناصر کم مصرف در دو رقم کلزا تحت تنش شوری. مجله الکترونیک مدیریت خاک و تولید پایدار، ۲(۲): ۱۵۳-۱۶۳.

ثابتی، ح. (۱۳۸۷). جنگلها، درختان و درختچه‌های ایران، انتشارات دانشگاه یزد، ۸۱۰ ص.

جمالی‌فرد، امیرحسین.، عباس‌زاده دهجی، پیمان.، و اخگر، عبدالرضا (۱۳۹۵). بررسی پاسخ دو رقم پسته بادامی ریز زرند و قزوینی از نظر رشد و تغذیه به کاربرد کود گاوی و سودموناس‌های فلورسنت، زیست‌شناسی خاک، ۴ (۲): ۱۸۸-۱۷۷.

حسین آوا، س.، رضوی اهری، و.، جوادی، د. (۱۳۸۹). شناسایی و ثبت برخی ژنوتیپ‌های فندق با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیکی، گزارش نهایی موسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر، بخش تحقیقات باغبانی، کرج.

حسین‌زینلی، عاطفه.، عباس‌زاده دهجی، پیمان.، علایی، حسین.، حسینی فرد، جواد. و اخگر، عبدالرضا. (۱۳۹۹). بررسی تأثیر قارچ‌های تریکودرمای محرک رشد بر بهبود رشد و تغذیه درختان پسته در شرایط باغی، زیست‌شناسی خاک، ۸ (۲): ۱۲۸-۱۱۵.

رجالی، فرهاد. و حقیقت نیا، حسن. (۱۴۰۱). اثرات قارچهای میکوریز آربسکولار و سطوح آبیاری بر عملکرد و ویژگیهای رشد درختان لیمو (*Citrus aurantifolia*) در داراب، زیست‌شناسی خاک،۱۰(۱): ۳۲-۲۱.

رستمی کیا، یونس.، متینی‌زاده، محمد.، رحمانی، احمد. (۱۴۰۳). تاثیر قارچ *Rifai Trichoderma harzianum* بر زنده‌مانی، رشد و تغذیه نهال‌های فندق جنگلی در شرایط عرصه جنگل فندقلو، پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۳۱ (۱):۶۱-۴۳.

رستمی‌کیا، یونس.، طبری کوچکسرایی، مسعود.، اصغرزاده، احمد. و رحمانی، احمد. (۱۳۹۶). اثر باکتری‌های محرک رشد بر صفات رویشی و عناصر تغذیه‌ای نونهال‌های فندق *(Corylus avellana)* در نهالستان فندقلوی اردبیل، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۵ (۱): ۱۱۶-۱۲۶.

رستمی‌کیا، یونس.، متینی‌زاده، محمد. و رحمانی، احمد. (۱۴۰۱). اثر مبداء بذر و تلقیح *میکوریزی* بر مشخصه‌های رویشی و فیزیولوژیکی نهال‌های فندق در منطقه فندقلو، نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۲ (۲): ۱۵۳-۱۴۱.

عالی پور، حامد.، نیکبخت، علی.، اعتمادی، نعمت اله.، نوربخش، فرشید.، و رجالی، فرهاد. (۱۳۹۵). بررسی اثر قارچهای میکوریزا بر رشد و جذب عناصر غذایی درختان چنار. تولید فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۶ (۲۱): ۸۱-۸۹.

قرقانی علی.، حسینی، آرام. و زارعی، مهدی. (۱۳۹۶). اثر قارچهای ریشه‌ای آربوسکولار برتغییرهای فصلی برخی شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیک پایه‌های رویشی سیب در یک خاک آهکی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۸ (۳): ۳۱۵-۳۲۸.

لایق حقیقی، معصومه. و عباس‌زاده، بهلول. (۱۴۰۱). ارزیابی ویژگی‌های کمی، کیفی و جذب عناصر گیاه به‌لیمو (*Lippia citriodora* .*L*) تحت تاثیر بیوچار، ورمی کمپوست و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، علوم باغبانی ایران،۵۳ (۳): ۶۷۹-۶۶۷ .

مظفریان، ولی االله، (۱۳۸۳). درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات فرهنگ معاصر.

یزدیان، فرشاد، و مروی مهاجر، محمدرضا. (۱۳۸۰). معرفی جنگل‌های بلوط در رویشگاه ارسباران. منابع طبیعی ایران، ۵۴(۲): ۱۵۳-۱۶۴.

Ahmad, F., Ahmad I., and Khan, M.S. (2006). Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbial Research, 36: 1-9.

Altomare, C., Norvell, WA., Björkman, T., and Harman, GE. (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus Trichoderma harzianum 1295-22. Applied and Environmental Microbiology, 65:2926-2933.

Azarmi, R., Hajieghrari, B., and Giglou, A. (2011). Effect of Trichoderma isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. African Journal of Biotechnology, 10: 5850–5855.

Boiero, L., Perrig, D., Masciarelli, O., Pena, C., Cassán, F. and Luna, V. (2007). Phytohormone production by strains of Bradyrhizobium japonicum and possible physiological and technological implications. Applied Microbiology and Biotechnology, 74(4):874–880.

Bombeli, J., Zuccherelli, G., Zuccherelli, S. and Capaccio, V., (2002). An investigation of vegetation types and plantation structural with hazelnut, oak, and beach in Italy. TheMalaysian Forester, 66(1): 58-69.

Bremner, J.M., and Keeney, D.R. (1965). Steam distillation methods for determination of ammonium nitrate and nitrate. Analytica Chimica Acta, 32: 465-495.

Chapman, H.D., and Pratt, F.P. (1961). Ammonium vandate-molybdate method for determination of phosphorus. Methods of analysis for soils, plants and water: 83-94.

Harman, GE., Howell, CR., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. (2004). Trichoderma species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews, 2: 43-56.

Henry, S., Texier, S., Hallet, S., Bru, D., Dambreville, C., Chèneby, D., Bizouard, F., Germon, J.C. and Philippot, L. (2008). Disentangling the rhizosphere effect on nitrate reducers and denitrifiers, insight into the role of root exudates. Environmental Microbiology, 10 (11): 3082–3092.

Kothari, S.K., Marschner, H., and Romheld, V. (1990). Direct and indirect effects of VA mycorrhiza fungi and rhizosphere microorganisms on acquisition of mineral nutrients by maize in a calcareous soil. New Phytology, 116: 637-645.

Nicolosi, E., Leotta, G., and Raiti, G., (2009). Effect of foliar fertilization on hazelnuts growing in Mount Etna area. Acta Horticulturae, 845: 373-378.

Olsen, J.L., Cacka, J.F. (2009). Foliar Fertilizers on Hazelnuts in Oregon, USA. Acta Hortic, 845: 349–352.
Pich, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (1992). Method of Soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties (2nd ed.). Madison, Wisconsin.

Silvestri, C., Bacchetta, L., Bellincontro, A., and Cristofori, V. (2021). Advances in Cultivar Choice, Hazelnut Orchard Management, and Nut Storage to Enhance Product Quality and Safety. An Overview. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101: 27–43.

Singh, V., Singh, P., Yadav, R., Awasthi, S., Joshi, B., Singh, R., Lal, R. and Duttamajumder, S. (2010). Increasing the efficacy of Trichoderma harzianum for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. Journal of Horticulture and Forestry, 2: 66–71.

Snare, L. (2008). Hazelnut production. Primefacts. Profitable and Sustainable Primary Industry. Primefact 765, 8p. Available at: https://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf_file/0007/247939/Hazelnut-production.

Sonar, B.A., Kamble, V.R., and Chavan, P.D. (2013). Native AM fungal colonization in three Hibiscus species under NaCl induced salinity. J. Pharm. Biol. Sci, 5(6): 7-13.

Wei, L., and Zhai, Q. (2010). The dynamics and correlation between nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in a hazelnut fruit during its development. Frontiers of Agriculture in China, 4(3): 352-357.

Yang, M.M., Mavrodi, D.V., Mavrodi, O.V., Bonsall, R.F., Parejko, J.A., Paulitz, T.C., Thomashow, L.S., Yang, H.T., Weller, D.M., and Guo J.H. (2011). Biological control of take-all by fluorescent Pseudomonas spp. from Chinese wheat fields. Phytopathology, 101 (14): 81-91.

The effect of bio-fertilizers on the absorption of nutrients in hazelnut trees in Guilan province

A. Lahiji*

- Assistant Prof., Soil and Water Research Department. Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

Abstract

Hazelnuts occupy an area of more than 19,000 hectares in Guilan province. This valuable plant has faced low yields and limited wilting problems in some orchards in recent years due to the lack of modern agricultural practices, especially integrated nutrition. In order to investigate the combined effect of chemical and biological fertilizers, growth-promoting bacteria and Trichoderma fungi on the growth characteristics of hazelnut orchards with wilting in two orchards in the Ashkorat region of Rudsar city, an experiment was conducted in a randomized complete block design with five treatments and three replications in two crop years 1401-1400. The treatments studied included: T1- control (gardener's custom), T2- soil application of livestock manure at a rate of 20 kg per tree + chemical fertilizer recommendation, T3- (T2+ Pseudomonas bacteria), T4- (T2+ Trichoderma fungus), T5- (T2+ combination of Trichoderma fungus and Pseudomonas bacteria). The results showed that the fifth treatment (combination of chemical fertilizer, organic matter and use of Trichoderma fungus and Pseudomonas bacteria) had the most positive effects on the studied traits. These biological factors increased the absorption of nutrients, phosphorus, nitrogen, iron and copper by 68.33, 28.13, 172.48 and 88.95 percent in hazelnut trees, respectively, which led to increased greenness and reduced yellowing of the trees.

Keywords: Hazelnut, Necrosis, Element Deficiency, Branch dieback, Guilan.

*Corresponding author Tel: +98 9101042379 Email: lahigy_123@yahoo.com

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

تحلیل ساختار گونه‌ای و تاج‌پوشش درختان شاخه‌زاد و تک‌تنه در جنگل‌های دوله‌ناو زاگرس شمالی

فرحناز رشیدی[۱*]، سید کاظم بردبار[۲] و اسعد سرشار[۳]

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
۳- دانشجوی دکتری محیط زیست دانشگاه ملایر.

چکیده

بدیهی است مهمترین راه برای رسیدن به یک الگوی مدیریت و شیوه جنگل‌شناسی مناسب برای هدایت هر یک از توده‌های جنگلی، شناخت ساختار موجود و تعیین ساختار ایده آل و برنامه‌ریزی براساس اهداف و سیاست‌های کلان ملی در ارتباط با جنگل‌های زاگرس می‌باشد. تا زمانی که اطلاعات ما از ساختار جنگل محدود باشد، نمی‌توان انتظار حفظ اکوسیستم جنگل را در طولانی مدت داشت. با توجه به اهمیت جنگل‌های زاگرس و کمبود اطلاعات در زمینه ساختار جنگل ایده آل، در این تحقیق منطقه دوله‌ناو در شهرستان مریوان استان کردستان پس از جنگل‌گردشی و استفاده از تجارب کارشناسان استانی، به عنوان سایت دائمی که بیان‌گر ویژگی‌های اصلی جنگل‌های استان است انتخاب شد. به مرکزیت سایت، قطعه نمونه دایمی مربعی‌شکل یک هکتاری (ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ متر مربع) به صورت تصادفی در نظر گرفته شد. پس از پیاده کردن قطعه نمونه، متغیرهای ساختاری مشخصات گونه، مختصات مکانی و قطر بزرگ تاج و قطر عمود بر آن و طول تاج کلیه درختان موجود در قطعه‌نمونه به‌تفکیک پایه‌های تک تنه و شاخه‌زاد اندازه‌گیری شدند. با استفاده از اندازه‌گیری‌های فوق، متغیرهای ساختاری دیگری از قبیل سطح، انبوهی و حجم تاج‌پوشش و تراکم (تعداد در هکتار) محاسبه شدند. برای تعیین مختصات مکانی درختان از GPS دوفرکانسه و برای تیپ‌بندی پوشش جنگلی از معیار ترکیب گونه‌ای با استفاده از روش ارائه شده توسط گرجی‌بحری (۱۳۷۹) استفاده شد. تیپ جنگلی منطقه دوله ناو برودار، مازودار می‌باشد و تراکم توده در دوله ناو ۵۴۱ پایه (۴۴۹ جست گروه و ۹۲ تک تنه) بدست آمد یافته‌های این پژوهش تأیید می‌کند که جنگل‌های منطقه دوله ناو دارای ساختاری غالباً شاخه‌زاد و ترکیبی از گونه‌های برودار و مازودار هستند. فراوانی بیشتر جست‌گروه‌های با سطح تاج و قطر کوچک، همراه با محدودیت در گسترش تاج، نشان‌دهنده ساختار باز و پراکنده جنگل است. این نتایج اهمیت شناسایی دقیق ترکیب گونه‌ای و ساختار تاج را برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و حفاظت از اکوسیستم‌های شکننده جنگلی زاگرس نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: جنگل‌های زاگرس، تیپ جنگلی، دوله‌ناو، مدیریت پایدار، اکوسیستم شکننده.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۵۳۷۷۹۰۶ ایمیل: Rashidi@rifr-ac.ir

مقدمه

منطقه جنگل‌های زاگرس که بخشی از ناحیه ایرانی-آناتولی و ایرانی-تورانی به‌شمار می‌آید، در اقلیم شمالی (Holarctic kingdom) واقع است و از تنوع زیستی بالایی برخوردار است. این منطقه به دلیل شرایط اقلیمی خاص، از جمله دریافت رطوبت از ابرهای باران‌زا با منشأ دریای مدیترانه، پوشش جنگلی منحصربه‌فردی را در خود جای داده است. در این میان، گونه‌های اندمیک مانند بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. persica) به همراه سایر گیاهان مانند بنه (*Pistacia atlantica*) و زالزالک (*Crataegus* spp.)، اکوسیستم جنگلی متنوعی را تشکیل می‌دهند. این جنگل‌ها که در حدود ۶ میلیون هکتار از مساحت کشور را پوشش می‌دهند، به‌عنوان دومین اکوسیستم جنگلی وسیع ایران شناخته می‌شوند و نقش اساسی در حفظ خاک، منابع آبی و تعدیل شرایط اقلیمی دارند (ثاقب طالبی و همکاران ۱۳۸۳؛ Khayati et al., 2021).

جنگل‌های زاگرس در دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم می‌شوند که از لحاظ گونه‌شناسی تفاوت‌هایی دارند. زاگرس شمالی شامل استان‌های آذربایجان غربی، کردستان و بخش‌هایی از کرمانشاه و لرستان است که از مهم‌ترین زیستگاه‌های گونه‌هایی چون مازودار و برودار به‌شمار می‌روند. در مقابل، زاگرس جنوبی بیشتر از گونه‌های برودار پوشیده شده است. از آنجایی که این جنگل‌ها به‌عنوان یکی از منابع مهم طبیعی برای تأمین معیشت جوامع محلی و منابع گیاهان دارویی به‌ویژه در مناطق روستایی شناخته می‌شوند، از دیرباز مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Salehi et al., 2010; Soltani et al., 2011).

با این حال، این اکوسیستم‌ها با تهدیداتی همچون تغییرات اقلیمی و فشارهای انسانی مواجه هستند که به کاهش تنوع زیستی، فرسایش خاک و کاهش منابع آبی منجر شده است (Ghanbari Motlagh and Kiadaliri, 2021) .پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در دهه‌های اخیر، کاهش میزان بارش‌ها و پدیده‌های خشکسالی همچون بیماری بلوط در این منطقه تشدید شده است که نیازمند استراتژی‌های مدیریتی موثر برای حفاظت و احیای جنگل‌ها است

برای مدیریت بهتر این منابع، ضروری است که ساختار اکولوژیکی و تغییرات آن در طول زمان به‌دقت پایش شود. در این راستا، استفاده از فناوری‌های نوین مانند تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل داده‌های اقلیمی به‌شدت توصیه می‌شود تا بتوان اثرات تغییرات اقلیمی را بر جنگل‌ها به‌دقت ارزیابی کرد (Safari et al., 2017). این اطلاعات می‌توانند به‌عنوان مبنای برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریتی پایدار جنگل‌های زاگرس به‌کار روند و علاوه بر بهبود وضعیت زیست‌محیطی، از اثرات منفی فعالیت‌های انسانی بر این اکوسیستم‌ها کاسته شود (Pastorella and Paletto, 2013).

این جنگل‌ها همچنین از منظر اجتماعی و اقتصادی دارای اهمیت فراوانی هستند. بسیاری از جوامع محلی به این جنگل‌ها برای تأمین سوخت، مواد غذایی و منابع طبیعی وابسته‌اند و تغییرات در وضعیت این منابع می‌تواند تاثیرات جدی بر زندگی مردم داشته باشد (Khalyani et al., 2014). بنابراین، توجه به مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس، در کنار حفظ تنوع زیستی و بهبود کیفیت منابع طبیعی، به‌ویژه در دوران تغییرات اقلیمی، امری ضروری است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان کردستان، یکی از استان‌های غربی ایران، با مساحت ۲۸،۹۲۱ کیلومترمربع قرار دارد. این استان که حدود ۱،۸ درصد از مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد، بین مدارهای ۴۲°۳۴′ تا ۳۰°۳۶′ عرض شمالی و ۳۲°۴۵′ تا ۱۵°۴۸′ طول شرقی واقع شده و از غرب به کشور عراق محدود می‌شود. جنگل‌های استان کردستان بخش مهمی از جنگل‌های زاگرس شمالی را تشکیل داده و عمدتاً در حوضه‌های آبریز رودخانه‌های سیروان، زاب و زرینه‌رود گسترش

یافته‌اند. این جنگل‌ها در شهرستان‌های بانه، مریوان، سروآباد، کامیاران، بخش‌هایی از سنندج و قسمت کوچکی از سقز پراکنده هستند. براساس مطالعات دیرینه‌شناسی، این جنگل‌ها قدمتی بالغ بر ۱۴،۸۰۰ سال دارند و حدود ۵،۵۰۰ سال پیش به جنگل‌های بلوط تبدیل شده‌اند که امروزه عنصر اصلی این جنگل‌ها محسوب می‌شود.

از نظر طبقه‌بندی جنگل‌شناسی، جنگل‌های کردستان در زمره جنگل‌های تیپ مدیترانه‌ای و مناطق معتدل نیمه‌مرطوب قرار می‌گیرند. توده‌های انبوه جنگل‌های حوزه مریوان غالباً جنگل‌های دانه‌زاد متراکمی هستند که نقش حیاتی در حفاظت از منابع آب و خاک ایفا می‌کنند. گونه‌های غالب این جنگل‌ها شامل بلوط (*Quercus* spp.) و پسته وحشی است. گونه‌های بلوط شامل سه نوع اصلی یعنی بلوط ایرانی (*Q. brantii*)، بلوط مازودار (*Q. infectoria*) و بلوط ویول (*Q. libani*) هستند. این گونه‌ها عمدتاً بر خاک‌های آهکی، با نیاز کم و سازگاری اکولوژیک بالا رشد می‌کنند. جنگل‌های بلوط به دلیل نورپسندی، دارای تاج‌پوششی تنک و سبک بوده و بیشتر از نوع شاخه‌زاد یا ترکیبی از شاخه‌زاد و دانه‌زاد هستند.

به دلیل تنوع اقلیمی، پراکنش بارندگی، شرایط خاک‌شناسی و ارتفاع، تیپ‌های متنوعی از جنگل‌ها در این منطقه شکل گرفته‌اند. گونه‌هایی مانند زالزالک، گلابی وحشی، بنه، آلبالو وحشی، افرا کیکم و بادام کوهی نیز در ترکیب این جنگل‌ها مشاهده می‌شوند. عامل اصلی تشکیل تیپ‌های مختلف ارتفاع از سطح دریاست، به‌گونه‌ای که با افزایش ارتفاع، درصد گونه بلوط ویول افزایش و گونه بلوط برودار کاهش می‌یابد.

این جنگل‌ها از نظر زیست‌محیطی بسیار ارزشمند بوده و نقش مهمی در حفاظت از آب و خاک، توسعه کشاورزی و پیشگیری از سیلاب و فرسایش دارند. با این حال، فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی موجب تخریب تدریجی این اکوسیستم‌ها و کاهش تعادل اکولوژیک آن‌ها شده است.

به منظور بررسی دقیق‌تر، سایت نمونه‌برداری یک‌هکتاری در منطقه دوله‌ناو شهرستان مریوان، به‌عنوان منطقه تیپیک انتخاب شد. مشخصات دقیق این منطقه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات جغرافیائی قطعه‌نمونه مورد مطالعه

استان	سایت پایش	موقعیت جغرافیایی			توپوگرافی		
		زون	X	Y	شیب متوسط (درصد)	جهت جغرافیایی غالب	متوسط ارتفاع از سطح دریا (متر)
کردستان	ناو دوله	۳۸S	۶۰۵۰۵۸	۳۹۱۶۲۶۱	۶۰	جنوب غربی	۱۴۶۹

روش پژوهش

این پژوهش به‌عنوان بخشی از پروژه جامع پایش جنگل‌های زاگرس، در فاز پنج‌ساله اول در استان کردستان انجام شد. پس از انجام جنگل‌گردشی و بهره‌گیری از تجارب کارشناسان استانی، انتخاب سایت‌های دائمی برای مطالعه انجام گرفت. در انتخاب مکان سایت‌ها، وضعیت‌های مختلف از جمله وضعیت مدیریتی توده‌ها، نوع تیپ جنگل و نظام‌های بهره‌برداری مورد

توجه قرار گرفت. به‌طور خاص، یکی از سایت‌ها در مناطق حفاظت شده یا قرق قرار گرفت و سایر سایت‌ها در مناطقی انتخاب شدند که ویژگی‌های اصلی جنگل‌های استان را به‌طور نمایشی نشان می‌دهند. در مجموع، چهار سایت یک هکتاری در استان انتخاب شد که دو سایت در شهرستان بانه و دو سایت در شهرستان مریوان قرار دارند. این تحقیق به‌طور ویژه به سایت تیپیک شهرستان مریوان اختصاص دارد.

با توجه به تجربیات و منابع موجود در زمینه ساختار جنگل‌های زاگرس (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳؛ پورهاشمی و همکاران، ۱۳۹۳) برای مرکزیت هر سایت، قطعه نمونه دائمی مربعی‌شکل یک هکتاری (ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر مربع) به‌صورت تصادفی انتخاب شد. در سال اول اجرای طرح، پس از پیاده‌سازی قطعه نمونه، متغیرهای ساختاری تمامی درختان موجود در قطعه نمونه به تفکیک پایه‌های تک‌تنه و شاخه‌زاد اندازه‌گیری شدند. برای درختان تک‌تنه و شاخه‌زاد، مشخصات شامل گونه، مختصات مکانی، قطر بزرگ تاج، قطر عمود بر آن و طول تاج اندازه‌گیری شد. این اندازه‌گیری‌ها برای محاسبه متغیرهای ساختاری دیگری مانند سطح تاج، انبوهی تاج‌پوشش، حجم تاج و تراکم (تعداد در هکتار) استفاده شد.

برای تعیین مختصات مکانی درختان از GPS دوفرکانسه و برای تیپ‌بندی پوشش جنگلی از معیار ترکیب‌گونه‌ای با استفاده از روش ارائه شده توسط گرجی‌بحری (۱۳۷۹) بهره گرفته شد. در این روش، تیپ‌های جنگلی براساس سهم هر یک از گونه‌ها در متغیر مورد نظر به دو دسته کلی اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند. در جدول ۲ نحوه تیپ‌بندی جنگلی با استفاده از معیار ترکیب‌گونه‌ای ذکر شده است.

جدول ۲- نحوه نام‌گذاری تیپ‌های جنگلی براساس ترکیب گونه‌ای (برای ذکر مثال، از گونه‌های بلوط استفاده شده است)

نوع تیپ	گونه (های) درختی و نام تیپ	درصد آمیختگی		
		گونه اول (برودار)	گونه دوم (مازودار)	گونه سوم (وی‌ول)
اصلی	برودار	>٪۹۰	---	---
	برودار- مازودار	٪۵۰-٪۹۰	<٪۵۰	---
	برودار، مازودار	<٪۵۰	<٪۵۰	<٪۱۰
فرعی	برودار- مازودار همراه وی‌ول	٪۵۰-٪۹۰	<٪۵۰	>٪۱۰
	برودار، مازودار همراه وی‌ول	<٪۵۰	<٪۵۰	>٪۱۰

این روش، امکان ارزیابی دقیق و طبقه‌بندی تیپ‌های جنگلی را براساس ترکیب گونه‌ای و ویژگی‌های اکولوژیکی آن‌ها فراهم می‌آورد و می‌تواند به شبیه‌سازی تغییرات ساختاری در آینده کمک کند.

یافته‌ها

ترکیب گونه‌ای و تراکم پایه‌ها در منطقه دولەناو

تراکم پایه‌های تک‌تنه (دانه‌زاد) و شاخه‌زاد در منطقه دولەناو به تفکیک در جداول ۳ تا ۵ ارائه شده است. براساس جدول ۵، تیپ جنگلی غالب منطقه، ترکیبی از گونه‌های برودار (*Quercus brantii*) و مازودار (*Quercus infectoria*) است.

پایه‌های تک‌تنه (دانه‌زاد): تراکم پایه‌های دانه‌زاد ۹۲ پایه در هکتار است. گونه مازودار (۳۹٪) بیشترین سهم را دارد و پس از آن زالزالک *Crataegus* spp.، (۲۹٪)، گلابی وحشی *Pyrus* spp (۱۴٪) و برودار (۷٪) قرار دارند (جدول ۳).

پایه‌های شاخه‌زاد: تراکم شاخه‌زادها ۴۴۹ پایه در هکتار است. گونه برودار با ۵۲٪ بیشترین سهم را به خود اختصاص داده و پس از آن مازودار (۳۷٪)، زالزالک (۵٪)، و سایر گونه‌ها قرار دارند (جدول ۴).

ترکیب کلی (شاخه‌زاد و تک‌تنه): تراکم کلی در منطقه ۵۴۱ پایه در هکتار است. گونه برودار (۴۴٪) و مازودار (۳۸٪) غالب هستند، در حالی که سهم سایر گونه‌ها مانند زالزالک (۹٪) و گلابی وحشی (۳٪) کمتر است (جدول ۵).

جدول ۳- ترکیب گونه‌ای قطعه دوله ناو

متغیر	تک‌پایه (دانه‌زاد)						مجموع
	برودار	بنه	زالزالک	گلابی	مازودار	ویول	
تراکم در هکتار	۶	۸	۲۷	۱۳	۳۶	۲	۹۲
درصد	۷	۹	۲۹	۱۴	۳۹	۲	۱۰۰

جدول ۴- ترکیب گونه‌ای قطعه دوله ناو

متغیر	شاخه زاد							مجموع
	آلبالو	برودار	بنه	زالزالک	کیکم	گلابی	مازودار	
تراکم در هکتار	۱۴	۲۳۴	۶	۲۴	۳	۱	۱۶۷	۴۴۹
درصد	۳	۵۲	۱	۵	۱	۰	۳۷	۱۰۰

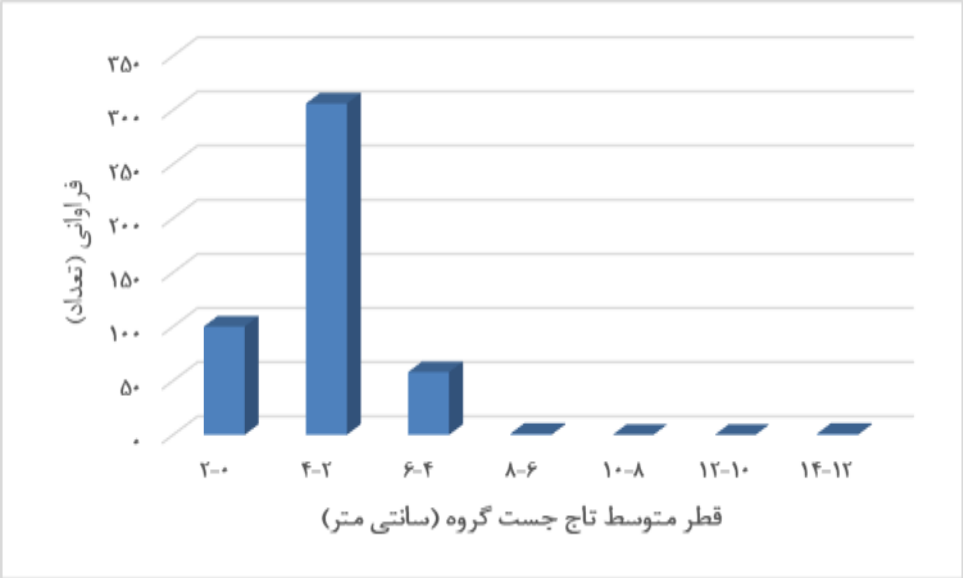
جدول ۵- مجموع ترکیب گونه‌ای قطعه دوله ناو

متغیر	شاخه زاد و دانه زاد (تک تنه)								مجموع
	برودار	بنه	زالزالک	گلابی	مازودار	ویول	آلبالو	کیکم	
تراکم در هکتار	۲۴۰	۱۴	۵۱	۱۴	۲۰۳	۲	۱۴	۳	۵۴۱
درصد	۴۴	۳	۹	۳	۳۸	۰	۳	۱	۱۰۰

توزیع قطر متوسط تاج جست‌گروه

قطر متوسط تاج جست‌گروه‌ها در قطعه نمونه دوله‌ناو (متوسط دو قطر عمود بر هم تاج) در جدول ۶ و شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد:

بیشترین فراوانی (۶۵,۶۷٪) مربوط به جست‌گروه‌هایی با قطر متوسط تاج ۲ تا ۴ متر است. فراوانی جست‌گروه‌ها با قطر بیشتر از ۶ متر بسیار کم یا صفر بوده که نشان‌دهنده محدودیت در توسعه ابعاد تاج است. این محدودیت ممکن است ناشی از رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای یا شرایط اکولوژیکی باشد.



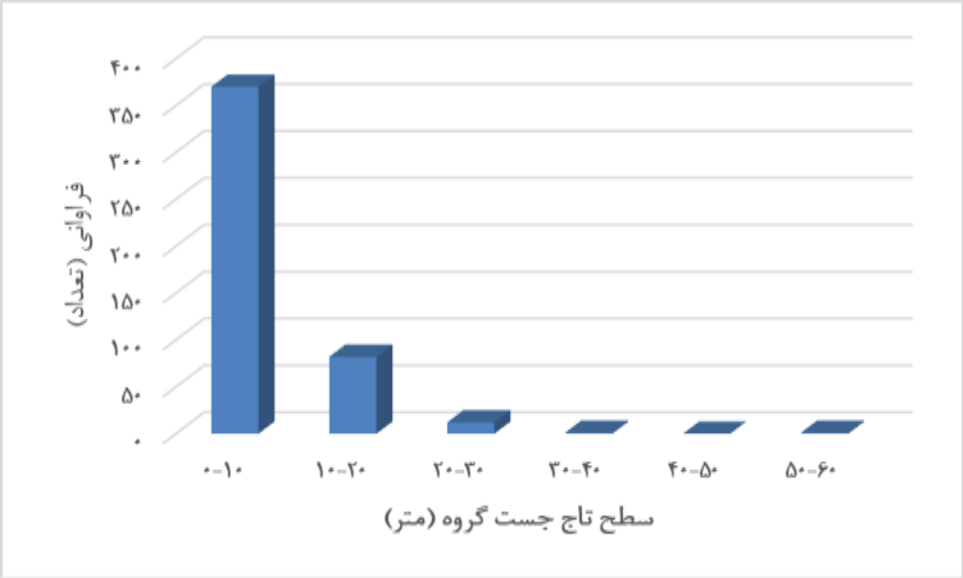
شکل ۱- توزیع فراوانی متغیر قطر متوسط تاج جست گروه در قطعه‌نمونه دوله‌ناو

جدول ۶- توزیع فراوانی (درصد) متغیر قطر متوسط تاج جست گروه در قطعه‌نمونه دوله‌ناو

	قطر متوسط تاج جست گروه (سانتی‌متر)							مجموع
	۰-۲	۲-۴	۴-۶	۶-۸	۸-۱۰	۱۰-۱۲	۱۲-۱۴	
فراوانی (درصد)	۲۱/۴۶	۶۵/۶۷	۱۲/۴۵	۰/۲۱	۰	۰	۰/۲۱	۱۰۰

توزیع سطح تاج جست‌گروه

توزیع فراوانی سطح تاج جست‌گروه‌ها در جدول ۷ و شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد:
۷۹/۴٪ از جست‌گروه‌ها دارای سطح تاجی بین ۰ تا ۱۰ مترمربع هستند، در حالی که تنها ۲,۵۸٪ از جست‌گروه‌ها دارای سطح تاجی بین ۲۰ تا ۳۰ مترمربع بوده‌اند. هیچ جست‌گروهی با سطح تاج بالاتر از ۵۰ مترمربع مشاهده نشد که نشان‌دهنده تاج‌پوشش پراکنده و وابستگی زیاد این جنگل‌ها به گونه‌های شاخه‌زاد است.



شکل ۲- توزیع فراوانی متغیر سطح تاج جست گروه در قطعه‌نمونه دوله‌ناو

جدول ۷- توزیع فراوانی (درصد) متغیر سطح تاج جست گروه در قطعه‌نمونه دوله‌ناو

	سطح تاج جست گروه (سانتی‌متر)						مجموع
	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	
فراوانی (درصد)	۷۹/۴	۱۷/۶	۲/۵۸	۰/۲۱	۰	۰/۲۱	۱۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به جستجو و منابع موجود در حال حاضر، برای بحث ساختار و ترکیب گونه‌ای در جنگل‌های زاگرس، اطلاعات مرتبط و معتبر از مطالعات مختلف در دسترس هستند. در تحقیقات اخیر، جنگل‌های زاگرس با گونه‌های غالب مانند بلوط‌های *Quercus brantii* و *Quercus infectoria* شناخته شده‌اند که به‌ویژه در جنگل‌های شمالی این منطقه، به همراه گونه‌هایی مانند *Quercus libani* و *Crataegus* spp. در ترکیب با گونه‌های مختلف دیده می‌شوند. علاوه بر این، تحقیقات نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی و فشارهای زیست‌محیطی، مانند چرای مفرط و تغییرات کاربری اراضی، تاثیر زیادی بر الگوی رشد و ترکیب گونه‌ها در این جنگل‌ها دارد (Jazirehi et al., 2013; Moradi and Shabanian, 2022).

این نتایج نشان می‌دهد که محیط‌های زاگرس در حال تغییراتی هستند که احتمالاً به علت تعاملات پیچیده بین عواملی مانند تغییرات اقلیمی و استفاده انسانی از زمین می‌باشد. به همین دلیل، حفظ تنوع زیستی و مدیریت پایدار این جنگل‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا تأثیرات آن‌ها در زمینه‌های مختلفی همچون ذخیره کربن و مقابله با تغییرات اقلیمی حیاتی است (Moradi and Shabanian, 2022; Pahlavan Yali et al., 2016).

تراکم توده‌ها در منطقه دوله‌ناو ۵۴۱ پایه در هکتار است که از این تعداد، ۴۴۹ پایه متعلق به جست‌گروه‌ها و ۹۲ پایه به درختان تک‌تنه اختصاص دارد. این نتایج با یافته‌های سایر پژوهش‌ها در زاگرس تطابق دارد که نشان می‌دهند تراکم پایه‌های جست‌گروه در این مناطق معمولاً بیشتر از درختان تک‌تنه است (Gonçalves et al., 2021). این الگو همچنین در

برخی دیگر از مطالعات منطقه‌ای مشاهده شده است که تراکم‌های مشابهی را در جنگل‌های مریوان و بانه گزارش کرده‌اند (بردبار، ۱۴۰۱).

توزیع متغیرهای ساختاری

در این مطالعه، سطح تاج جست‌گروه در دوله‌ناو بیشترین فراوانی را در طبقات ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ مترمربع نشان داد که مشابه با نتایج دیگر تحقیقات در جنگل‌های زاگرس است همچنین در این مطالعه مشاهده شد که درختان در طبقات تاج بزرگ‌تر از ۵۰ مترمربع به ندرت یافت می‌شوند که می‌تواند ناشی از رقابت شدید و شرایط اقلیمی خاص منطقه باشد. این یافته‌ها تأکید بر لزوم توجه به رقابت درون‌گونه‌ای و تاثیر آن بر رشد و توسعه تاج‌ها دارد (Pretzsch, 2019).

تحلیل ساختاری و مدیریتی

مطالعات اخیر نشان داده‌اند که ساختار جنگل‌های زاگرس در طول سال‌ها به‌طور مداوم تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و دخالت‌های انسانی قرار گرفته است (Beygi Heidarlou, et al., 2024) .همچنین توزیع قطر و سطح تاج در این جنگل‌ها به‌عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی وضعیت ساختاری توده‌های جنگلی معرفی شده‌اند و یافته‌ها نشان می‌دهند که افزایش ابعاد تاج‌ها می‌تواند محدودیت‌هایی برای فضای رشد سایر گونه‌ها ایجاد کند (Sitzia et al., 2022). این تحلیل‌ها نیاز به نظارت مداوم بر تغییرات ساختاری جنگل‌ها و استفاده از شاخص‌های مشابه برای ارزیابی وضعیت اکولوژیکی جنگل‌های زاگرس را تأکید می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

ساختار جنگل‌های منطقه دوله‌ناو با ترکیب غالب گونه‌های برودار و مازودار و تراکم بالای جست‌گروه‌ها، ویژگی‌های منحصربه‌فردی را نسبت به دیگر رویشگاه‌های زاگرس نشان می‌دهد. این یافته‌ها نه‌تنها نمایانگر تنوع زیستی و ساختاری بالای این منطقه هستند، بلکه ضرورت پایش مستمر و استفاده از شاخص‌های ساختاری برای مدیریت بهینه جنگل‌ها را تأکید می‌کند. مطالعات اخیر نیز نشان داده‌اند که این روش‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزارهایی مؤثر برای مدیریت پایدار و حفاظت از جنگل‌های زاگرس در برابر تهدیدات طبیعی و انسانی استفاده شوند (Gonçalves et al., 2021؛ بردبار و همکاران، ۱۴۰۱) .در نهایت، نتایج این مطالعه مبنای خوبی برای طراحی استراتژی‌های مدیریتی و حفاظتی جهت حفظ پایداری و تنوع زیستی جنگل‌های دوله‌ناو و دیگر نواحی مشابه در زاگرس فراهم می‌آورد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی «سنجش و پایش ساختار توده‌های جنگلی زاگرس-سایت مریوان استان کردستان» با کد مصوب ۹۷۰۵۴۹-۹۷۰۱۲-۰۴۹-۰۹-۵۰-۰۱ می‌باشد. بدین وسیله از حمایت و پشتیبانی مالی و معنوی مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

ثاقب طالبی، خ، ساجدی، ت.، و یزدیان، ف. (۱۳۸۳). نگاهی به جنگل‌های ایران. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، (۳۳۹)، ۲۸ صفحه.

بردبار، ک.، پورهاشمی، م.، هناره، ج.، رشیدی، ف.، فانی، ب.، رحیمی، ح.، خان حسنی، م.، نجفی‌فر، ع.، طهماسبی، م.، مهدی‌فر، د.، کرمیان، ر.، جهانبازی، ح.، ایرانمنش، ی.، عسکری، ی.، نگهدار صابر، م.، زرافشار، م.، (۱۴۰۱). سنجش ساختارجنگل در ناحیه رویشی زاگرس، طبیعت ایران، ۷ (۲): ۱۰۵-۸۷.

Beygi Heidarlou, H., Gholamzadeh Bazarbash, M., and Borz, S. A. (2024). Unveiling the role of climate and environmental dynamics in shaping forest fire patterns in northern Zagros, Iran. Land, 13(9), 1453. https://doi.org/10.3390/land13091453.

Ghanbari Motlagh, S., and Kiadaliri, H. (2021). Challenges in oak forest conservation in the Zagros region. Forest Ecology and Management, 494: 403-413.

Gonçalves, H., Ribeiro, P., Mendes, J., and Moreira, J. (2021). Forest management and biodiversity conservation in temperate forests. Journal of Environmental Management, 286, 112243. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112243.

Jazirehi, M.H., and Ebrahimi Rostaghi, M. (2013). Silviculture in Zagros. University of Tehran Press.

Moradi, A., and Shabanian, N. (2022). Land-use change in the Zagros forests and its impact on soil carbon sequestration. Environmental, Development and Sustainability, 24(6): 803-820. https://doi.org/10.1007/s10668-021-01339-1.

Pahlavan Yali, M., and Alizadeh, M. (2016). The impact of land use change on biodiversity in Zagros forests. Forest Ecology and Management, 361: 238-246. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.015.

Pastorella, F., and Paletto, A. (2013). Forest management strategies for biodiversity conservation. Biodiversity and Conservation, 59(4): 159–168.

Pretzsch, H. (2019). Forest dynamics, growth, and yield in temperate zones. Springer.

Analysis of Species Composition and Canopy Structure in Coppiced and Single-Trunk Trees in the Forests of Doleh Nav, Northern Zagros

F. Rashidi[1*], S.K. Bordbar[2] and A. Sarshar[3]

1- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2- Assistant Prof., Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Shiraz, I.R. Iran.
3- Ph.D. Candidate in Environmental Science, Malayer University.

Abstract

Achieving a suitable management model and forestry method for guiding forest stands requires a thorough understanding of the existing structure, determination of an ideal structure, and planning based on national macro-level objectives and policies related to the Zagros forests. Without adequate knowledge of forest structures, the long-term preservation of forest ecosystems cannot be expected. Given the importance of the Zagros forests and the lack of information on their ideal structure, this study focused on the Doleh Nav region in Marivan County, Kurdistan province. This area, selected after site visits and consultations with provincial experts, was established as a permanent site representing the main characteristics of the province's forests. A permanent square-shaped one-hectare plot (dimensions 100 × 100 meters) was randomly chosen. After delineating the plot, structural variables such as species composition, spatial coordinates, major crown diameter, perpendicular crown diameter, and crown length were measured for all trees, categorized into single-trunk and coppiced types. Based on these measurements, other structural variables such as crown area, density, crown volume, and tree density (number per hectare) were calculated. A dual-frequency GPS was used to determine tree coordinates, and forest cover types were classified based on species composition using the method developed by Gorji-Bahri (1999). The forest type in Doleh Nav consists primarily of *Quercus brantii* (Persian oak) and *Quercus infectoria* (Gall oak), with a density of 541 stems per hectare (449 coppiced stems and 92 single trunks). The findings confirm that the Doleh Nav Forest is predominantly coppiced, with a mixture of *Quercus brantii* and *Quercus infectoria*. The abundance of coppice groups with small crown areas and diameters, along with restricted crown expansion, indicates an open and sparse forest structure. These results underscore the importance of detailed identification of species composition and canopy structure for sustainable management and conservation planning of the fragile Zagros Forest ecosystems.

Keywords: Doleh Nav, Forest type, Fragile ecosystem, Sustainable management, Zagros forests.

*Corresponding author Tel: +98 9125377906 Email: Rashidi@rifr-ac.ir

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

بررسی شادابی و تغییرات کیفی تاج‌پوشش درختان بلوط در منطقه گاران طی یک دوره چهار ساله

فرحناز رشیدی[1*]، حسن جهانبازی گوجانی[2] و اسعد سرشار[3]

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران.
۳- دانشجوی دکتری محیط زیست دانشگاه ملایر.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی شادابی و تغییرات کیفی درختان بلوط در منطقه گاران طی چهار سال (۱۳۹۸-۱۴۰۱) انجام شد. در این تحقیق، قطعه‌نمونه‌ای به مساحت یک هکتار در شهرستان مریوان انتخاب و به‌صورت قرق بررسی شد. وضعیت سلامت درختان براساس چهار طبقه سلامت شامل درختان سالم، دارای سرخشکیدگی، دارای خشکیدگی تاج کمتر از ۵۰ درصد و خشکیدگی تاج بیش از ۵۰ درصد طبقه‌بندی گردید. اطلاعات کیفی شامل شادابی درختان، تغییرات کیفی تاج‌پوشش و وضعیت قرارگیری درختان در طبقات مختلف سلامت به‌طور سالانه ثبت و تحلیل شد. نتایج نشان داد که وضعیت شادابی درختان در منطقه گاران طی دوره چهار ساله تغییرات معناداری داشته است. آنالیز آماری کروسکال-والیس و آزمون من‌ویتنی وجود اختلاف معنادار بین سال‌های مختلف را نشان داد. در سال اول مطالعه، تعداد درختان سالم بیشتر بود، اما در سال‌های بعد، انتقال درختان به طبقات خشکیدگی بیشتر مشاهده شد. علاوه بر این، تعداد درختان دارای خشکیدگی تاج تا ۵۰ درصد و بیش از ۵۰ درصد نیز در طول دوره مطالعه افزایش یافت. این یافته‌ها بر اهمیت پایش مستمر و شناسایی تغییرات کیفی در تاج‌پوشش و سلامت درختان بلوط تأکید دارد و می‌تواند مبنایی برای مدیریت پایدار و تدوین استراتژی‌های حفاظتی در جنگل‌های زاگرس باشد. استفاده از قطعات نمونه دائمی و روش‌های تحلیل چندمتغیره، اطلاعات جامعی از روند سلامت جنگل‌ها فراهم می‌آورد که در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت ضروری است.

واژگان کلیدی: شادابی درختان، جنگل‌های بلوط، تغییرات کیفی تاج‌پوشش، مدیریت پایدار، زاگرس شمالی.

مقدمه

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی، توانایی تعدیل شرایط آب‌وهوا و حفظ پایداری اقلیمی کره زمین را دارند. تخریب این منابع، به‌ویژه در مقیاس وسیع، می‌تواند منجر به تغییرات اقلیمی عظیم و به‌هم ریختگی نظام‌های اکولوژیکی جهانی شود. ایران، با توجه به پوشش جنگلی محدود خود، همواره با چالش‌هایی چون تخریب جنگل‌ها و مشکلات تأمین چوب صنعتی روبه‌رو بوده است. جنگل‌های زاگرس، که بخش زیادی از منابع جنگلی کشور را تشکیل می‌دهند، علاوه بر تأثیرات اجتماعی-اقتصادی، نقشی کلیدی در حفاظت از منابع آبی، خاک، و تعدیل شرایط آب‌وهوا دارند (ملک‌نیا، ۱۳۸۵).

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۵۳۷۷۹۰۶ ایمیل: Rashidi@rifr-ac.ir

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که شادابی و سلامت درختان بلوط در جنگل‌های مناطق معتدل، مانند منطقه زاگرس، تحت تأثیر فشارات محیطی از جمله تغییرات اقلیمی، سلامت خاک و شیوه‌های مدیریت جنگل قرار دارند (Pretzsch, 2009).
مطالعات اخیر تأکید دارند که تغییرات اقلیمی و فشارهای ناشی از انسان بر شادابی درختان بلوط تأثیرات قابل‌توجهی دارند و کیفیت تاج‌پوشش را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (Oliver and Larson, 1996).
در طول سال‌های اخیر، جنگل‌های زاگرس با حضور بیش از حد جمعیت‌های انسانی و فشارهای ناشی از تغییرات اقلیمی، دچار تغییرات قابل‌توجهی شده‌اند. این تغییرات در ساختار اکوسیستم زاگرس سبب کاهش برخی گونه‌های گیاهی و جانوری و همچنین تخریب خاک و کاهش منابع آبی شده است (فتاحی، ۱۳۷۹). با توجه به این تغییرات، وضعیت جنگل‌ها در بسیاری از مناطق کشور به‌ویژه در استان‌های زاگرس‌نشین مناسب نیست.
از آنجا که جنگل‌های زاگرس به‌ویژه درختان بلوط به‌عنوان گونه غالب، در معرض خطر خشکیدگی و زوال قرار دارند، پایش و تحلیل دقیق این روند اهمیت زیادی دارد. خشکیدگی درختان بلوط، که معمولاً با علائمی چون سرخشکیدگی شاخه‌ها، خزان زودرس و کاهش شادابی برگ‌ها همراه است، روندی است که می‌تواند به سرعت بر سلامت جنگل‌ها و اکوسیستم‌های وابسته به آن‌ها تأثیر بگذارد. به‌ویژه تغییرات کیفی برگ‌ها، مانند کاهش سبزینگی، تغییر رنگ و خشک شدن تدریجی آن‌ها، به‌عنوان شاخص‌های مؤثر برای شناسایی و پایش روند خشکیدگی درختان بلوط شناخته شده‌اند.
پایش تغییرات کیفی برگ‌ها و شادابی درختان در طول زمان، اطلاعات دقیقی از روند خشکیدگی و شدت آن فراهم می‌آورد که می‌تواند به برنامه‌ریزی‌های مدیریتی برای کنترل و کاهش این پدیده کمک کند. بررسی‌های صورت گرفته در مناطق مختلف استان کردستان، به‌ویژه در شهرستان‌های مریوان و بانه، نشان داده‌اند که عوامل جغرافیایی، مانند جهت‌های جغرافیایی، تأثیر زیادی بر روند زوال بلوط‌ها دارند (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۵). علاوه بر این، نتایج دیگر پژوهش‌ها نشان می‌دهند که درختان با ابعاد تاج مختلف، در معرض خطر زوال و خشکیدگی به درجات متفاوتی قرار دارند (فلاح و حیدری، ۱۳۹۷).
در این پژوهش، با بررسی تغییرات کیفی برگ‌ها طی دوره‌های زمانی کوتاه، میان و بلندمدت، هدف شناسایی دقیق روندهای خشکیدگی و تدوین استراتژی‌های مدیریتی جهت حفظ سلامت جنگل‌ها و بهبود وضعیت اکولوژیکی آن‌ها است. این تحقیق با استفاده از قطعات نمونه دائمی در مناطق مختلف زاگرس به‌ویژه در کردستان، امکان پایش درازمدت تغییرات درختان و سلامت اکوسیستم‌های جنگلی را فراهم می‌آورد.
پایش دقیق و مستمر تغییرات کیفی برگ‌ها و شادابی درختان، به‌ویژه در ارتباط با شرایط محیطی و تأثیرات آن بر سلامت جنگل‌ها، می‌تواند مبنای مؤثری برای برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریتی جنگل‌های زاگرس باشد. این کار نه تنها به حفاظت از منابع آبی و خاک کمک خواهد کرد، بلکه تأثیرات اجتماعی و اقتصادی آن بر ساکنان محلی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق، برای بررسی دقیق‌تر، سایت نمونه‌برداری یک‌هکتاری در منطقه گاران شهرستان مریوان به‌عنوان منطقه قرق انتخاب شد. این سایت به‌طور خاص برای بررسی تغییرات و وضعیت زوال درختان در این منطقه از جنگل‌های زاگرس

انتخاب گردید. این قطعه نمونه به‌عنوان یک منطقه کنترل برای مقایسه و تحلیل روند تغییرات درختان در سایر بخش‌های جنگل انتخاب شد. ویژگی‌های جغرافیایی و توپوگرافی این منطقه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات جغرافیائی قطعه‌نمونه مورد مطالعه

استان	سایت پایش	موقعیت جغرافیایی			توپوگرافی		
		زون	X	Y	شیب متوسط (درصد)	جهت جغرافیایی غالب	متوسط ارتفاع از سطح دریا (متر)
کردستان	گاران	۳۸S	۶۱۸۴۲۷	۳۹۳۴۲۸۴	۴۵	شمالی	۱۳۹۲

روش پژوهش

مطالعه حاضر به‌طور کلی براساس روش‌های اجرایی پروژه ملی جنگل‌های زاگرس برای هر استان انجام شد. در این راستا، دو قطعه‌نمونه مربعی‌شکل یک هکتاری برای بررسی زوال درختان در نظر گرفته شد که یکی در جهت شمالی و دیگری در جهت جنوبی واقع شده است. در هر قطعه‌نمونه، تعداد ۱۰۰ درخت به‌طور تصادفی شماره‌گذاری شده و موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های رویشگاه آن‌ها ثبت گردید.

برای تعیین وضعیت خشکیدگی و زوال درختان، طبقه‌بندی چهارسطحی انجام شد:

درختان سالم و شاداب (فاقد هر گونه آثار خشکیدگی)

درختان دارای سرخشکیدگی تاج

درختان دارای خشکیدگی تاج (کمتر از ۵۰ درصد)

درختان دارای خشکیدگی تاج (بیشتر از ۵۰ درصد)

در هر سال، در انتهای فصل رویشی (ماه مهر)، وضعیت کیفی و قرارگیری درختان در طبقات زوال به‌طور دقیق در فرم‌های مربوطه ثبت شد.

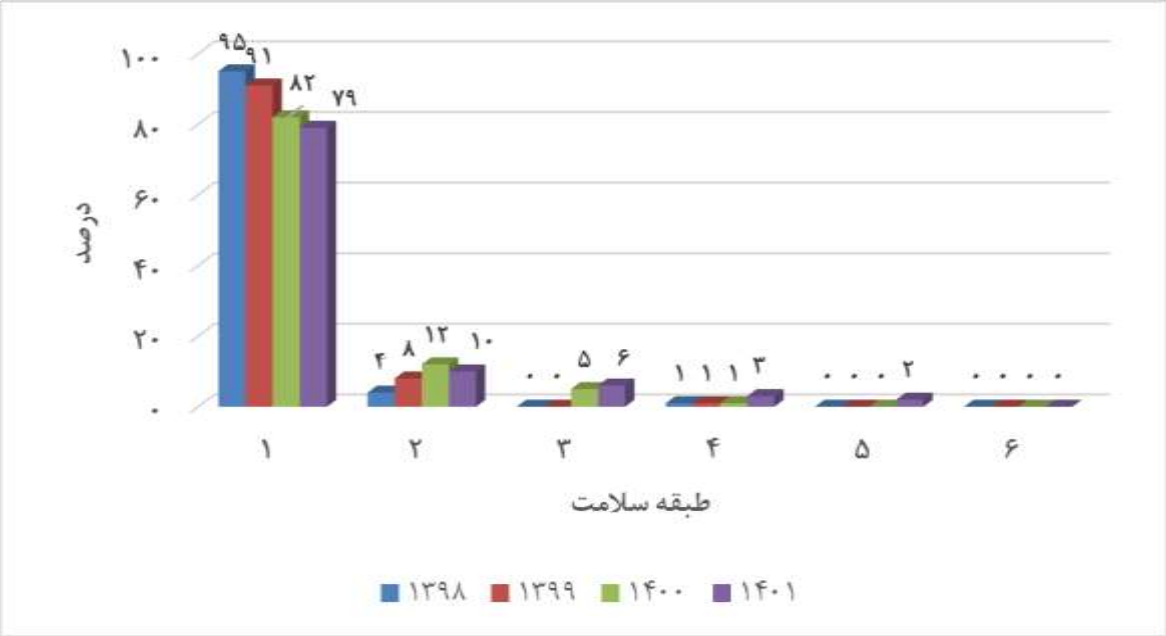
برای تجزیه و تحلیل داده‌های کمی نیز از نرم‌افزارهای آماری مانند Minitab استفاده شده و روش‌های آماری چندمتغیره برای ارزیابی دقیق‌تر داده‌ها به‌کار گرفته شد. این تجزیه و تحلیل‌ها امکان استخراج الگوها و تفاوت‌های معنی دار در ارتباط با روند زوال درختان و عوامل مؤثر بر آن را فراهم ساخت.

یافته‌ها

برگ

بررسی کیفی

در این مطالعه، وضعیت شادابی درختان در منطقه مطالعاتی طی چهار سال (۱۴۰۱-۱۳۹۸) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهند که وضعیت سلامت درختان در ابتدای مطالعه و روند آن در سال‌های بعد تغییرات قابل‌توجهی داشته است. شکل ۱ روند تغییرات شادابی درختان در منطقه گاران را از ابتدا تا پایان دوره مطالعاتی نشان می‌دهند.



شکل ۱- نمودار شادابی درختان در منطقه گاران در چهار سال

جدول ۲- آنالیز کروسکال والیس در منطقه گاران

طبقه سلامت	فراوانی	مدیان	میانگین رتبه	z
۱	۳۴۷	۲	۱۹۲/۳	-۳/۶۴
۲	۳۴	۳	۲۳۲/۹	۱/۷۱
۳	۱۱	۴	۳۰۵/۰	۳/۰۴
۴	۶	۳/۵	۲۵۰/۵	۱/۰۷
۵	۲	۴	۳۵۰/۵	۱/۸۴
مجموع	۴۰۰		۲۰۰/۵	
درجه آزادی	۴			
معنی داری	۰/۰۰۱ ***			
	P<۰/۰۰۱***			

برای بررسی اختلاف معنادار طبقه سلامت درختان در سال‌های مختلف منطقه گاران، از آزمون من‌ویتنی استفاده شد. نتایج آزمون من‌ویتنی در جدول ۳ نشان‌دهنده تفاوت‌های معنادار در وضعیت شادابی درختان در طول چهار سال اندازه‌گیری است.

جدول ۳- من‌ویتنی در منطقه گاران بین سال اول (۱۳۹۸) تا سال چهارم (۱۴۰۱)

	۱۳۹۹-۱۳۹۸	۱۴۰۰-۱۳۹۸	۱۴۰۱-۱۳۹۸	۱۴۰۰-۱۳۹۹	۱۴۰۱-۱۳۹۹	۱۴۰۱-۱۴۰۰
W	۹۸۵۲	۹۳۹۶/۵	۹۲۳۵	۹۵۸۴/۵	۹۴۱۳	۹۸۵۳/۵
معنی‌داری	ns۰/۲۷۵	ns۰/۱۱۱	۰/۰۰۱***	ns۰/۰۵۵	۰/۰۱۲*	ns۰/۴۸۸

*** P<۰/۰۰۱ ، * P< ۰/۰۵، غیرمعنی‌دار ns

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آزمون کروسکال والیس نشان داد که از نظر طبقات سلامت در منطقه گاران تفاوت معنی‌داری وجود دارد و آزمون من ویتنی نشان از تفاوت معنی‌دار بین سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۴۰۱ است. با توجه به بیشترین اختلافی که بین سال اول و سال آخر برداشت به‌وجود می‌آید این تفاوت معنی‌دار منطقی می‌باشد.

اما این معنی‌دار بودن به مفهوم شادابی کمتر درختان در منطقه گاران نمی‌باشد. بررسی تعداد درختان در طبقات سلامت نشان از آن دارد که در منطقه گاران در سال ۱۳۹۸، ۹۵ درخت و در سال ۱۴۰۱، ۷۹ درخت در طبقه سالم وجود داشته‌اند. در طبقه سرخشکیده، چهار درخت در سال ۱۳۹۸ و ۱۰ درخت در سال ۱۴۰۱ وجود داشتند. در طبقه درختان با خشکیدگی تاج تا ۵۰ درصد در سال ۱۳۹۸ درختی وجود نداشته، اما در سال پایانی ۶ درخت وارد این طبقه شده‌اند.

در طبقه درختان با خشکیدگی تاج بیشتر از ۵۰ درصد در سال اول یک درخت و در سال ۱۴۰۱، سه درخت وجود داشتند. در طبقه خشکیدگی کامل و قطع‌شده در سال ۱۳۹۸ هیچ درختی وجود نداشته، اما در سال پایانی طرح دو درخت در طبقه خشکیدگی کامل وارد شده‌اند. نتایج تشریح شده نشان می‌دهد که وضعیت گاران از نظر شادابی مناسب است.

در منطقه تعداد درختان واقع در طبقه سرخشکیده نسبت به دیگر طبقات خشکیدگی (سالم، سرخشکیده، درختان با خشکیدگی تاج تا ۵۰ درصد، درختان با خشکیدگی تاج بیشتر از ۵۰ درصد، خشکیدگی کامل و قطع‌شده) بیشتر است. نتایج نشان داد که درختان در طول چهار سال در حال عبور از طبقات زوال هستند. در همین راستا مطالعه زند بصیری و همکاران (۱۳۹۵) نیز تاکید کننده مطالعه حاضر است و ۱۴ درصد درختان منطقه مطالعاتی در حال عبور از طبقات زوال هستند.

البته لازم به ذکر است که شرایط زاگرس شمالی با زاگرس مرکزی و میانی از نظر زوال متفاوت است. به صورتیکه در ایلام زوال در ۵۷ درصد درختان دانه‌زاد بلوط در منطقهٔ مورد بررسی با درجات کم تا شدید، اتفاق افتاده است (حسین زاده و پورهاشمی، ۱۳۹۴). زرافشار و همکاران (۱۳۹۹) نیز میزان خشکیدگی را ۵۳ درصد با شدت‌های مختلف خشکیدگی اعلام کردند.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی «سنجش و پایش زوال درختان بلوط در جنگل‌های زاگرس (فاز اول) – سایت مریوان استان کردستان با کد مصوب ۹۷۰۵۶۸-۹۷۰۱۲-۰۵۲-۰۹-۴۲-۰۱ می‌باشد. بدین وسیله از حمایت و پشتیبانی مالی و معنوی مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

حسین‌زاده، ج.، پورهاشمی، م.، (۱۳۹۴). بررسی شاخص‌های تاج درختان بلوط ایرانی در رابطه با پدیده خشکیدگی در جنگل‌های ایلام. مجله جنگل ایران، ۷ (۱): ۶۶-۵۷.

زرافشار، م.، نگهدارصابر، م.ر.، جهانبازی گوجانی، ح.، پورهاشمی، م.، بردبار، س.ک.، متینی زاده، م. و عباسی، ع. (۱۳۹۹). خشکیدگی توده‌های خالص بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) در جنگل‌های زاگرس جنوبی، منطقه کوهمره سرخی استان فارس. جنگل ایران. ۱۲ (۲): ۳۰۳-۲۹۱.

زند بصیری، م.، سوسنی، ج.، و پورهاشمی، م. (۱۳۹۵). ارزیابی شدت بحران زوال در جنگل‌های استان کهگیلویه و بویراحمد (منطقه مورد مطالعه: تنگ سولک) .فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۴ (۴): ۶۶۵-۶۷۴.

گودرزی، ن.، زرگران، م.ر.، بانج شفیعی، ع. و توکلی، م. (۱۳۹۵). تأثیر جهت‌های جغرافیایی و موقعیت مکانی بر پراکنش زوال بلوط در جنگل‌های منطقه شوراب استان لرستان. پژوهش و توسعه جنگل، ۲ (۳): ۲۸۷-۲۷۳.

فتاحی، م.، (۱۳۷۹). مدیریت جنگل‌های زاگرس، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، جلد اول، ۴۷۲ صفحه.

فلاح، ا.، و حیدری، م. (۱۳۹۷). بررسی پدیده زوال بلوط در درختان با ابعاد تاج مختلف در جنگل‌های زاگرس میانی (مطالعه موردی: ایلام) .بوم‌شناسی جنگل‌های ایران (علمی-پژوهشی)، ۶ (۱۲): ۱۷-۹ .

ملک‌نیا، رحیم، (۱۳۸۵). بررسی عوامل موثر بر پراکنش توده‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد در جنگلداری سنتی در زاگرس میانی (مطالعه موردی: ایلام). پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۵۰ صفحه.

Pretzsch, H. (2009). Forest dynamics, growth, and yield in temperate zones. Springer.

Oliver, C. D., and Larson, B. C. (1996). Forest stand dynamics. McGraw-Hill.

Assessment of Vitality and Qualitative Changes in the Canopy Cover of Oak Trees in the Garan Region over a Four-Year Period

F. Rashidi[1*], H. Jahanbazy Goujani [2] and A. Sarshar[3]

1- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2- Associate Prof., Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran.
3- Ph.D. Candidate in Environmental Science, Malayer University.

Abstract

This study aimed to assess the vitality and qualitative changes in oak trees in the Garan region over a four-year period (2019-2023). A one-hectare sample plot was selected in the Marivan district and monitored as a protected area. The health status of the trees was classified into four categories: 1) healthy trees, 2) trees with crown dieback, 3) trees with less than 50% crown dieback, and 4) trees with more than 50% crown dieback. Qualitative data, including tree vitality, canopy quality changes, and the classification of trees into different health categories, were recorded and analyzed annually. The results showed that the vitality of trees in the Garan region changed significantly over the four-year study period. Statistical analysis using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests revealed significant differences between years. In the first year of the study, the number of healthy trees was higher, but in subsequent years, there was an increase in the number of trees transitioning into the dieback categories. Additionally, the number of trees with crown dieback (both less than and more than 50%) increased throughout the study period. These findings emphasize the importance of continuous monitoring and the identification of qualitative changes in the canopy and health of oak trees. The results can serve as a basis for sustainable management and the development of conservation strategies in the Zagros forests. The use of permanent sample plots and multivariate analysis methods provides comprehensive data on the forest health trends, which are essential for long-term planning.

Keywords: Canopy quality changes, Northern Zagros, Oak forests, Sustainable management, Tree vitality.

*Corresponding author Tel: +98 9125377906 Email: Rashidi@rifr-ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

تغییرات برخی صفات اکوفیزیولوژیک در نهالهای زالزالک سیاه تحت تنش خشکی

سید پدرام الیاسی[1*]، مسعود طبری کوچکسرایی[2] و مهدی عابدی[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.
۳- دانشیار، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.

چکیده

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان شناخته می‌شود و می‌تواند منجر به کاهش نرخ فتوسنتز، تعرق و محتوای نسبی آب برگ گردد. به همین منظور، تحقیقی بر روی نهال‌های گونه زالزالک سیاه یا سیاه ولیک (*Crataegus pentagyana* Waldst. & Kit. ex Willd.) انجام شد. نهال‌ها پس از تقسیم‌بندی به ۶ سطح تیمار، با ۳ تکرار ۴ تایی و به صورت طرح کاملاً تصادفی در روزهای سوم، هفتم، چهاردهم، بیست و یکم، بیست و هشتم و سی و پنجم در معرض قطع آبیاری گرفتند. در هر یک از این روزها بلافاصله بعد از قطع آبیاری، مبادرت به اندازه‌گیری برخی صفات اکوفیزیولوژیک شد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت خشکی، نرخ خالص فتوسنتز، تعرق و محتوای نسبی آب برگ به طور معنی‌داری کاهش و نشت الکترولیت افزایش یافت. افزایش نشت الکترولیت نشانه‌ای از آسیب‌های سلولی و کاهش توانایی گیاه برای زنده ماندن در شرایط تنش خشکی تلقی می‌شود که می‌تواند به عنوان شاخص سلامت گیاه محسوب شده و وضعیت فیزیولوژیکی آن را پیش‌بینی کند. این مطالعه همچنین، اهمیت مدیریت منابع آب را در نهالستان‌های جنگلی و فضاهای سبز شهری و برون شهری و درک بهتر واکنش نهال زالزالک سیاه به تنش خشکی را در راستای بهبود عملکرد آن تأکید می‌کند.

واژگان کلیدی: تعرق، فتوسنتز، محتوای محتوی نسبی آب برگ، نشت الکترولیت.

مقدمه

خشکی از جمله تنش‌های فیزیکی است که به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان در اکثر نقاط جهان و ایران شناخته شده است (علیزاده، ۱۳۸۱). گیاهان می‌توانند با سازگاری سیستم ریشه خود برای جذب موثر آب از خاک و با کاهش اتلاف آب از اندام‌های خود با تنش خشکی مقابله کنند (Yan et al., 2022). تحقیقات نشان می‌دهد، گیاهان سازوکارهایی مانند کاهش اتلاف آب را از طریق افزایش مقاومت انتشاری و برگ‌های کوچک‌تر نشان می‌دهند تا تلفات تعرق را به حداقل برسانند و در نتیجه محتوای آب را حفظ کنند (Chen et al., 2018). این سازگاری‌ها با به حداکثر رساندن جذب آب و به حداقل رساندن اتلاف آب از اندام‌هایشان به گیاهان کمک می‌کند تا تعادل آب را حفظ کنند و در شرایط خشکی زنده بمانند (Chen et al., 2022).

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۳۷۴۳۱۷۷۲۳ ایمیل: P_elyasi@modares.ac.ir

برای تحمل به خشکی سازوکارهای متعدد مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از قبیل تغییر در ساختار گیاه، کاهش مقدار رشد، کاهش پتانسیل اسمزی بافت‌های گیاهی، هدایت روزنه‌ای، تغییر در غلظت ABA و تغییر در نوع آنزیم‌ها به کار گرفته می‌شود. در زمینه روابط آبی، تغییراتی مانند بهبود کارایی جذب آب از خاک، افزایش ظرفیت ذخیره آب در سلول‌ها و کاهش اتلاف آب از طریق تعرق ایجاد می‌شود (Pamungkas et al., 2018). نتایج به دست آمده توسط Babaei et al. (2021) نشان داد که سطوح مختلف تنش خشکی به طور قابل‌توجهی واکنش‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه را محدود می‌کند و با افزایش شدت خشکی، محتوی نسبی آب برگ، نرخ فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، نرخ تعرق و غلظت دی‌اکسید کربن بین سلولی کاهش می‌یابد. عقیده بر این است که محتوی نسبی آب برگ برای ارزیابی وضعیت آبی گیاه می‌تواند اطلاعات مهمی در مورد فتوسنتز، تعرق، نشت الکترولیت‌ها و کارایی مصرف آب ارائه دهد. این اطلاعات می‌توانند در مدیریت بهتر تنش‌های آبی و بهبود عملکرد گیاهان مؤثر باشند (Sinclair et al., 1985). در مجموع، تنش خشکی می‌تواند رشد، توسعه و عملکرد گیاهان را کاهش داده و آن‌ها را در برابر بیماری‌ها و آفات آسیب‌پذیرتر کند. در موارد شدید، این تنش می‌تواند منجر به مرگ گیاه شود (Zaffaroni et al., 2020).

زالزالک سیاه (*Crataegus pentagyana*) در جنگل‌های شمال ایران، به ویژه از دره چالوس تا گرگان انتشار دارد. این گونه در ارتفاعات ۴۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا رشد می‌کند و با نام محلی «سیاه ولیک» شناخته می‌شود. زالزالک سیاه با انواع زیستگاه‌ها از جمله جنگل‌ها، لبه‌های جنگلی، مراتع و سواحل رودخانه‌ها سازگار است و توانایی تحمل شرایط مختلف خاک را دارد. این گیاه به دلیل ارزش‌های اکولوژیکی زیاد، از جمله حفاظت از تنوع زیستی و حیات وحش، به عنوان یک گونه پیش‌آهنگ و پرستار برای استقرار گیاهان در مرحله توالی اولیه شناخته می‌شود و به لحاظ کاربردهای دارویی و توانایی در کنترل آلودگی‌های شهری اهمیت ویژه‌ای دارد (ثابتی، ۱۳۷۳).

در سالهای اخیر، اگرچه در ارتباط با تاثیر خشکی یا کم‌آبی پژوهش‌هایی توسط Kirakosyan et al. (2003) و Kirakosyan et al. (2004) بر روی گونه سرخ ولیک و توسط Ashkavand et al. (2015) بر روی گونه زالزالک زرد صورت گرفته است، اما تاکنون تحقیقی بر روی گونه زالزالک سیاه گزارش نشده است. هدف از انجام این مطالعه بررسی برخی صفات اکوفیزیولوژیک در زالزالک سیاه تحت تنش خشکی است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق در اواخر زمستان ۱۴۰۱ نهال‌های گلدانی دوساله و همگن زالزالک سیاه (به ارتفاع تقریبی ۵ ± ۵۰ سانتی‌متر و قطر حدود ۲ ± ۵ میلی-متر)، به تعداد ۵۴ اصله از نهالستان تولید نهال لاجیم سوادکوه تهیه شد. نهال‌ها پس از انتقال به دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس واقع در شهرستان نور تا اواخر اردیبهشت در فضای باز دانشکده و قبل از اعمال تنش، آبیاری شدند. سپس برای انجام تحقیق، نهال‌ها پس از تقسیم‌بندی به ۶ سطح تیمار با ۳ تکرار ۴ تایی و به صورت طرح کاملاً تصادفی در روزهای سوم، هفتم، چهاردهم، بیست و یکم، بیست و هشتم و سی و پنجم در معرض قطع آبیاری گرفتند. در دوره آبیاری، رطوبت خاک گلدانها در حد ظرفیت زراعی مدیریت شده بود (Zarik et al., 2016). در هر یک از این روزها بلافاصله بعد از قطع آبیاری، مبادرت به اندازه‌گیری صفات زیر شد:

فتوسنتز و تعرق

در این راستا برای اندازه‌گیری فتوسنتز و تعرق از برگ‌های یک پنجم بالایی نهال به وسیله دستگاه Photosynthesis Meter مدل LCP+ (ال سی پرو پلاس) (Azizi et al., 2017) استفاده شد.

محتوی نسبی آب برگ و نشت الکترولیت

برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC) از هر نهال سه برگ از توسعه یافته‌ترین و بالغ‌ترین برگ‌ها انتخاب و پس از توزین (FW) به‌مدت ۲۴ ساعت در شرایط تاریکی در داخل آب مقطر قرار داده شد تا به‌اندازه نیاز، آب جذب نماید و به حالت آماس (SW) درآید. آنگاه برگ‌های آماس شده توزین گردیدند و در پایان، در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت تا خشک شوند. وزن برگ پس از خشک شدن نیز اندازه‌گیری شد (DW) و محتوای نسبی آب برگ (RWC) از رابطه (۱) محاسبه شد (Yang et al., 2007).

$$RWC=[(FW-DW)/(SW-DW)] \times 100$$ رابطه (۱)

FW: وزن برگ تازه، SW: وزن آماس برگ (اشباع)، DW: وزن برگ پس از خشک شدن

برای محاسبه مقدار نشت الکترولیت (به عنوان شاخص آسیب غشای سلولی استفاده شد)، نمونه‌های یک سانتی‌متر مربعی از قسمت میانی برگ‌های تازه بالغ شده نهال‌ها داخل لوله‌های دارای ۱۵ میلی‌لیتر آبِ دیونیزه قرار داده شد. نمونه‌ها سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفته و هدایت الکتریکی اولیه آن‌ها (EC1) توسط EC متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد. آنگاه نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در حمام بِن‌ماری در دمای ۸۰ درجه قرار گرفته تا به دنبال اندازه‌گیری هدایت الکتریکی کل (EC2)، درصد نشت الکترولیت (EL) مطابق رابطه (۲) تعیین شد (Campos et al., 2003).

$$EL= [EC1/EC2] \times 100$$ رابطه (۲)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

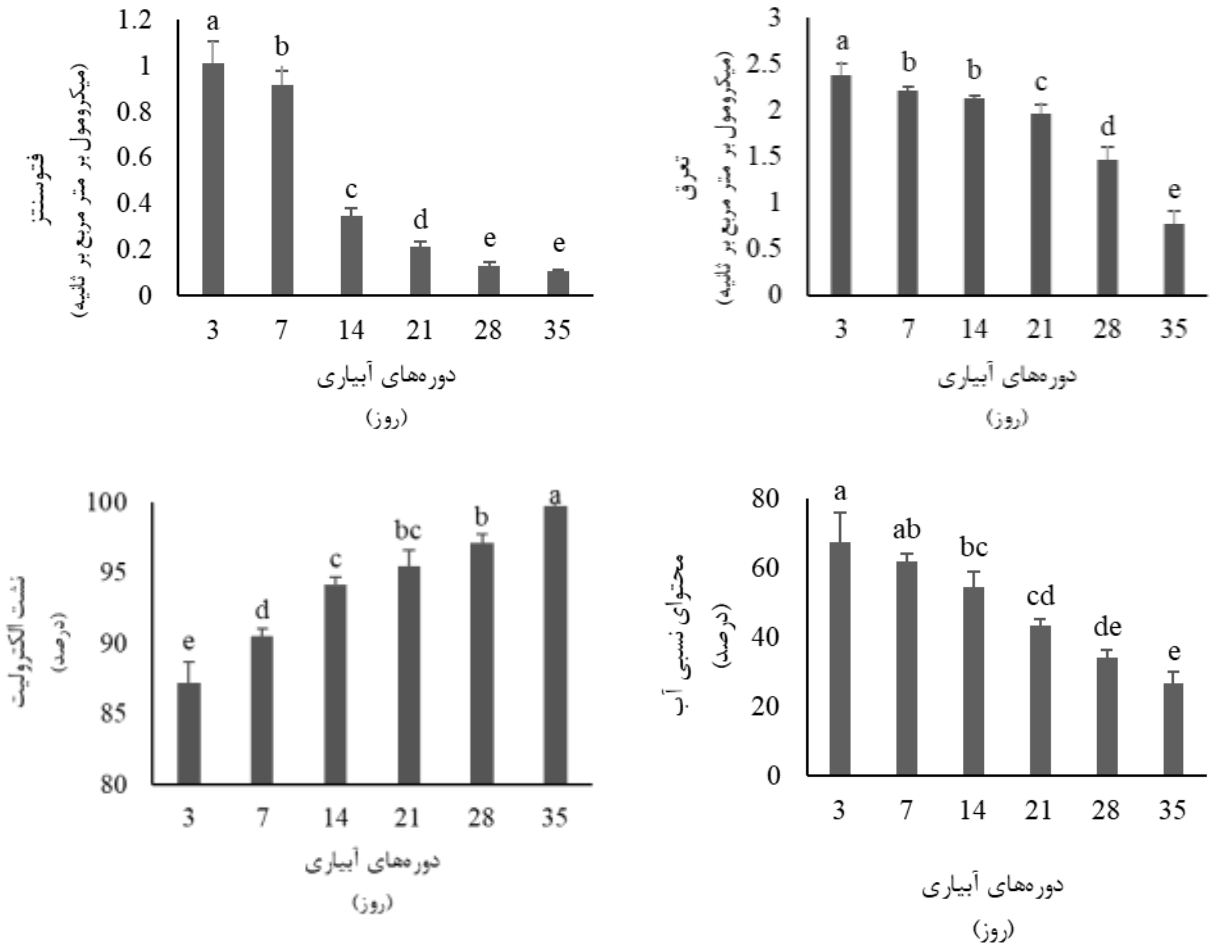
تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۶ انجام شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، برای تعیین معنی‌داری داده‌ها از تجزیه واریانس یک‌طرفه (one-way-ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Tukey (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که خشکی تاثیر معنی‌داری بر روی فتوسنتز، تعرق، نشت الکترولیت، محتوی نسبی آب برگ زالزالک سیاه دارد (جدول ۱)، به طوری که با شدت تنش خشکی، فعالیت‌های فتوسنتز، تعرق، محتوی نسبی آب برگ به طور معنی‌داری کاهش و نشت الکترولیت افزایش یافت (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس یک طرفه اثر تنش خشکی روی صفات فیزیولوژیک نهالهای زالزالک سیاه

مشخصه	درجه آزادی	آماره F	معنی داری
فتوسنتز (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	۵	۵۷۰/۹۸	۰/۰۰۰
تعرق (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	۵	۲۸۸/۱۶۷	۰/۰۰۰
محتوای نسبی آب برگ (درصد)	۵	۳۸/۸۵۳	۰/۰۰۰
نشت الکترولیت (درصد)	۵	۷۹/۰۱۵	۰/۰۰۰



شکل ۱- مقایسه میانگین ± انحراف معیار اثر تنش خشکی بر روی صفات نهالهای زالزالک سیاه، با استفاده از آزمون توکی

بحث و نتیجه‌گیری

همانند نتایج Siddique et al. (2016) و نیز Yi et al. (2022) در تحقیق حاضر معلوم شد که با افزایش شدت خشکی، نرخ خالص فتوسنتز در نهال زالزالک سیاه به طور قابل‌توجهی کاهش یافت (شکل ۱). فتوسنتز یک فرآیند بیولوژیکی است که از طریق آن گیاهان سبز، جلبک‌ها و باکتری‌های خاص، انرژی نوری را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کنند که عمدتاً در کلروپلاست سلول‌های گیاهی اتفاق می‌افتد (Whitmarsh and Govindjee, 1999). هنگامی که گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند با کاهش فعالیت فتوسنتزی مواجه می‌شوند. این اغلب، به دلیل بسته شدن روزنه می‌باشد که مصرف دی اکسید کربن لازم برای فتوسنتز را محدود می‌کند (Jia et al., 2020).

در تحقیق ما همانند یافته‌های Sisakht et al. (2015) و Karimi et al. (2022) نرخ تعرق (مشابه فتوسنتز) در نهال زالزالک سیاه، با شدت تنش خشکی کاهش یافت (شکل ۱). این کاهش در حقیقت، واکنشِ تطبیقی گیاه برای حفظ رطوبت برگ است، اما می‌تواند منجر به افزایش دمای برگ و تنش بیشتر روی گیاه شود (Siddique et al., 2016). به طور کلی، تعرق یک فرآیند حیاتی برای گیاهان است که نه تنها انتقال آب و مواد مغذی را تسهیل می‌کند، بلکه نقش مهمی در تنظیم حرارت و حفظ سلامت کلی گیاه دارد (Maurel et al., 2016).

نشت الکترولیت به فرآیندی اطلاق می‌شود که طی آن الکترولیت‌ها (مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم و کلرید) از سلول‌های گیاهی به خارج نشت می‌کنند و سطوح بالای نشت نشان‌دهنده از دست دادن یکپارچگی غشای سلولی و افزایش آسیب سلولی است که با استفاده از روش‌های مختلف می‌توان مقدار آن را تعیین کرد. نشت الکترولیت، همچنین به عنوان یک شاخص از سلامت گیاهان شناخته می‌شود (Paull, 1981) و افزایش آن اغلب نشانگر آسیب سلولی و کاهش توانایی گیاهان برای زنده ماندن در شرایط تنش خشکی است (Demidchik et al., 2014). نتایج به‌دست آمده نرخ نشت الکترولیت در نهال زالزالک سیاه، همانند یافته‌های Karimi et al. (2022) و Jafarnia et al. (2018) نشان دهنده افزایش نرخ آن با افزایش شدت خشکی است.

همسو با یافته‌های Babaei et al. (2019) و Sun et al. (2008) محتوای نسبی آب برگ نهال زالزالک سیاه با شدت کم‌آبی کاهش یافت. به‌طور کلی، رطوبت نسبی برگ در گیاهان به درصد بخار آب موجود در هوا نسبت به حداکثر بخار آبی که هوا می‌تواند در دمای خاصی نگه دارد، اشاره دارد (Lambers et al., 2019). در حقیقت، شرایط خشکی می‌تواند بر مقدار محتوای نسبی آب برگ گیاه تأثیر بگذارد و کاهش تعرق سبب کاهش رطوبت در اطراف برگ‌ها می‌شود که می‌تواند از دست دادن آب و استرس را تشدید کند (Xing et al., 2024).

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان می‌دهد که تنش خشکی تأثیرات قابل‌توجهی بر صفات اکوفیزیولوژیک نهال‌های زالزالک سیاه دارد، به طوری که با افزایش شدت خشکی، نرخ خالص فتوسنتز، تعرق و محتوای نسبی آب برگ به طور قابل‌توجهی کاهش یافت. در عوض، نشت الکترولیت دچار افزایش شد که نشان دهنده آسیب‌های سلولی و کاهش توانایی نهال برای زنده ماندن در شرایط تنش خشکی است. این یافته‌ها تأکید می‌کند که مدیریت مناسب منابع آب در نهالستانها و درک بهتر واکنش‌های فیزیولوژیکی نهال زالزالک سیاه در برابر تنش خشکی می‌تواند به بهبود عملکرد و رشد آن کمک کند. تحقیقات بیشتر در زمینه سازگاری نهال این گونه به تنش خشکی و توسعه روش‌های بهینه‌سازی آبیاری ضروری است تا بتوان به حفظ سلامت و تولید پایدار این گونه در شرایط محیطی نامساعد دست یافت.

منابع

علیزاده ، ا. (۱۳۸۱). رابطه آب وخاک وگیاه . انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

ثابتی، ح،. (۱۳۷۳) جنگلهـا، درختـان و درختچـه‌هـای ایـران، انتشارات دانشگاه یزد، ۲۸۶صفحه.

Ashkavand, P., Tabari, M., Zarafshar, M., Tomášková, I., and Struve, D. (2015). Effect of SiO2 nanoparticles on drought resistance in hawthorn seedlings.

Azizi, Zahra, Hosseini, A. and Iranmanesh, Y. (2017). Estimating Biomass of Single Oak Trees Using Terrestrial Photogrammetry. Journal of Environmental Science and Technology, 19(4): 81–93.

Babaei, L., Sharifani, M. M., Darvishzadeh, R., Abbaspour, N., and Henareh, M. (2021). Impact of drought stress on photosynthetic response of some pear species. International Journal of Horticultural Science and Technology, 8(4): 353-369.

Campos, P. S., Quartin, V., Ramalho, J. C., and Nunes, M. A. (2003). Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of Coffea sp. plants. Journal of Plant Physiology, 160(3): 283–292.

Chen, D., Wang, S., Yin, L., and Deng, X. (2018). How does silicon mediate plant water uptake and loss under water deficiency? Frontiers in plant science, 9, 340168.

Demidchik, V., Straltsova, D., Medvedev, S. S., Pozhvanov, G. A., Sokolik, A., and Yurin, V. (2014). Stress-induced electrolyte leakage: the role of K+-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment. Journal of experimental botany, 65(5): 1259-1270.

Jafarnia, S., Akbarinia, M., Hosseinpour, B., Modarres Sanavi, S. A. M., and Salami, S. A. (2018). Effect of drought stress on some growth, morphological, physiological, and biochemical parameters of two different populations of *Quercus brantii*. iForest-Biogeosciences and Forestry, 11(2): 212.

Jia, Y., Xiao, W., Ye, Y., Wang, X., Liu, X., Wang, G. and Wang, Y. (2020). Response of photosynthetic performance to drought duration and re-watering in maize. Agronomy, 10(4): 533.

Jones, H. (2004). What is water use efficiency, Water use efficiency in plant biology, 27- 41.

Karimi, A., Tabari, M., Javanmard, Z., and Bader, M. K. F. (2022). Drought effects on morpho-physiological and biochemical traits in Persian oak and black poplar seedlings. Forests, 13(3): 399.

Karimi, A., Tabari, M., Javanmard, Z., and Bader, M. K. F. (2022). Drought effects on morpho-physiological and biochemical traits in Persian oak and black poplar seedlings. Forests, 13(3): 399.

Kirakosyan, A., Kaufman, P., Warber, S., Zick, S., Aaronson, K., Bolling, S., and Chul Chang, S. (2004). Applied environmental stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. Physiologia plantarum, 121(2): 182-186.

Kirakosyan, A., Seymour, E., Kaufman, P. B., Warber, S., Bolling, S., and Chang, S. C. (2003). Antioxidant capacity of polyphenolic extracts from leaves of Crataegus laevigata and *Crataegus monogyna* (hawthorn) subjected to drought and cold stress. Journal of agricultural and food chemistry, 51(14): 3973-3976.

Lambers, H., Oliveira, R. S., Lambers, H., and Oliveira, R. S. (2019). Plant water relations. Plant physiological ecology, 187-263.

Maurel, C., Verdoucq, L., and Rodrigues, O. (2016). Aquaporins and plant transpiration. Plant, cell and environment, 39(11): 2580-258.

Pamungkas, S., Suwarto, Suprayogi, S., and Farid, N. (2022). Drought stress: responses and mechanism in plants. Reviews in Agricultural Science, 10(0): 168-185

Paull, R. E. (1981). Temperature-induced leakage from chilling-sensitive and chilling-resistant plants. Plant Physiology, 68(1): 149-153.

Robertson, B. C., Han, Y., and Li, C. (2023). A comparison of different stomatal density phenotypes of Hordeum vulgare under varied watering regimes reveals superior genotypes with enhanced drought tolerance. Plants, 12(15): 2840.

Senthilkumar, M., Amaresan, N., Sankaranarayanan, A. (2021). Measurement of Electrolyte Leakage. In: Plant-Microbe Interactions. Springer Protocols Handbooks. Humana, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1080-0_42.

Siddique, Z., Jan, S., Imadi, S. R., Gul, A., and Ahmad, P. (2016). Drought stress and photosynthesis in plants. Water stress and crop plants: a sustainable approach, 1, 1-11.

Siddique, Z., Jan, S., Imadi, S. R., Gul, A., and Ahmad, P. (2016). Drought stress and photosynthesis in plants. Water stress and crop plants: a sustainable approach, 1, 1-11.

Sinclair, T. R., and Ludlow, M. M. (1985). Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Functional Plant Biology, 12(3): 213-217.

Sisakht Nejad, M., and Zolfaghari, R. (2015). The effect of water stress on gas exchange in two Iranian oak species (*Quercus brantii*) and Vyvl (*Quercus libani*). Journal of Forest Ecosystems Researches, 1(2): 15-31.

Sun, P., Grignetti, A., Liu, S., Casacchia, R., Salvatori, R., Pietrini, F. and Centritto, M. (2008). Associated changes in physiological parameters and spectral reflectance indices in olive (*Olea europaea* L.) leaves in response to different levels of water stress. International Journal of Remote Sensing, 29(6): 1725-1743.

Whitmarsh, J., and Govindjee. (1999). The photosynthetic process. In Concepts in photobiology: photosynthesis and photomorphogenesis (pp. 11-51). Dordrecht: Springer Netherlands.

Xing, D., Zhang, Q., Wu, Y., Zhao, K., Wang, J., Yan, S., and Li, Z. (2024). Use of transpiration water and leaf intracellular retained water in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants subjected to different water supply strategies. Scientia Horticulturae, 337, 113520.

Yan, S., Weng, B., Jing, L., Bi, W., and Yan, D. (2022). Adaptive pathway of summer maize under drought stress: Transformation of root morphology and water absorption law. Frontiers in Earth Science, 10, 1020553.

Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y. Z., Yao, X. Q., and Yin, H. J. (2007). Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. Photosynthetica, 45(4): 613–619.

Yi, L., Li, B., Korpelainen, H., Yu, F., Wu, L., Tong, L., and Liu, M. (2020). Mechanisms of drought response in Populus. Southern Forests: a Journal of Forest Science, 82(4): 359-36.

Zaffaroni, M., Cunniffe, N. J., and Bevacqua, D. (2020). An ecophysiological model of plant–pest interactions: the role of nutrient and water availability. Journal of the Royal Society Interface, 17(172): 20200356.

Zarik, L., Meddich, A., Hijri, M., Hafidi, M., Ouhammou, A., Ouahmane, L., Duponnois, R. and Boumezzough, A. 2016. Use of arbuscular mycorrhizal fungi to improve the drought tolerance of *Cupressus atlantica* G. Comptes rendus biologies, 339(5-6): 185-196.

Changes in Some Ecophysiological Traits of Black Hawthorn Seedlings Under Drought Stress

S.P. Elyasi[1*], M. Tabari[2] and M. Abedi[3]

1- M.Sc. student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran.
2- Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran.
3- Associate Prof., Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran.

Abstract
Drought stress is a significant limiting factor for plant growth, resulting in reduced rates of photosynthesis, transpiration, and relative water content in leaves. To explore this issue, a study was conducted on the seedlings of black hawthorn (*Crataegus pentagyana* Waldst. & Kit. ex Willd.). The seedlings were divided into six treatment levels, each replicated three times, with four seedlings per treatment. They were subjected to irrigation cessation on the third, seventh, fourteenth, twenty-first, twenty-eighth, and thirty-fifth days. Following the cessation of irrigation each day, various ecophysiological traits were measured. The results showed that as drought intensity increased, the rates of net photosynthesis, transpiration, and relative water content in leaves significantly decreased, while electrolyte leakage increased. An increase in electrolyte leakage indicates cellular damage and a decline in the plant's ability to survive under drought conditions, serving as an indicator of plant health and physiological status. This study highlights the importance of effective water resource management in nurseries and urban green spaces. It also enhances our understanding of how black hawthorn seedlings respond to drought stress, ultimately aiming to improve their overall performance.

Keywords: photosynthesis, transpiration, relative water content in leaves, electrolyte leakage.

*Corresponding author Tel: +98 9374317723 Email: P_elyasi@modares.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

ارائه مدل رگرسیونی برآورد وزن تنه درخت صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) در غرب استان گیلان

سینا پور رجبعلی[۱]، وحید همتی*[۲]، علیرضا اسلامی[۳]، سید یوسف ترابیان[۲]، سید آرمین هاشمی[۲] و سارا مهدوی[۴]

۱- دانشجوی دکترای علوم جنگل، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
۲- استادیار گروه جنگلداری، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
۳- دانشیار گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.
۴- دانشجوی دکترای علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، صومعه سرا، ایران.

چکیده

اندازه‌گیری وزن چوب درختان همواره پس از قطع درختان میسر بوده و با سختی‌ها و مشکلات زیادی همراه می‌باشد. تحقیق جاری با هدف ارائه مدل رگرسیونی جهت برآورد وزن تنه درخت پیش از قطع طراحی گردیده است. در این راستا ۴۰۰ اصله درخت در مناطق جنگل‌کاری شده غرب استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. پیش از قطع آنها، ۱۱ متغیر از هر درخت اندازه‌گیری شد که به‌عنوان متغیر مستقل یا ورودی در مدل‌سازی در نظر گرفته شدند. پس از قطع درختان، وزن تنه درختان با اندازه‌گیری مستقیم از طریق ترازو بدست آمد. آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که متغیرهای قطر برابر سینه، قطر در ارتفاع ۳ متر، قطر در ارتفاع ۴ متر، قطر یقه و ارتفاع تنه، موثرترین متغیرها بر روی وزن تنه درختان می‌باشند. سپس براساس این ۵ متغیر، ترکیب‌های ورودی به مدل چیده شدند و مدل رگرسیون خطی چند متغیره مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل ارائه شده قادر است تنها با در دست داشتن دو متغیرِ قطر برابر سینه و ارتفاع تنه، وزن تنه درختان را با RMSE = ۶۵/۹۸ کیلوگرم و R^2 = ۰/۹۱۹ تخمین بزند. با توجه به معیارهای NS و همچنین NRMSE که به‌ترتیب برابر با ۰/۹۰۹ و ۰/۰۸۰ بدست آمدند، کیفیت برآوردهای این مدل بسیار عالی ارزیابی می‌گردد. این دستاورد می‌تواند برای مدیران، برنامه ریزان و بهره وران صنعت چوب این امکان را فراهم سازد که پیش از قطع درختان با خطایی قابل قبول، وزن تنه هر درخت را برآورد نمایند.

واژگان کلیدی: تخمین وزن تنه درخت، درخت صنوبر، رگرسیون خطی چندمتغیره، مدل‌سازی عددی.

مقدمه

امروزه نیاز به چوب درختان موجب شده که در دنیا جنگل‌کاری درختان سریع‌الرشد از اهمیت و جایگاه به‌سزایی برخوردار باشد. درختان سریع‌الرشد و خزان‌کننده همچون صنوبر که اکثرا دارای تنه‌هایی بزرگ، تنومند و منفرد هستند، با توجه به دوره بهره‌برداری کوتاه‌شان می‌توانند گزینه بسیار مناسبی جهت تامین نیازهای چوبی جوامع بشری به‌شمار آیند (Nelson et al., 2019; Guo and Zhang, 2010; Guillemette and Desrochers, 2008; Welham et al., 2007;

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۴۰۳۹۷۲۲ ایمیل: vahidhemmatiliau@gmail.com

Malcom, 1970). صنوبرها از جمله درختانی هستند که به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد مانند امکان کشت در شرایط اقلیمی مختلف، قابلیت کشت در سطوح کوچک، بزرگ، تک درخت، توده‌ای، ردیفی و همچنین کشت به‌عنوان بادشکن، همواره مورد توجه روستاییان و باغداران بومی بوده‌اند (Cleugh., 2004; Woodruff and Zingg, 1952). همچنین به‌دلیل سهولت تکثیر و امکان کشت توام آن با محصولات کشاورزی، قابلیت استفاده برگ‌های آن در تغذیه دام، امکان بهره‌برداری در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت، مورد توجه تولیدکنندگان چوب و صاحبان صنایع مختلف چوبی و سایر بهره‌وران این زمینه بوده‌اند (Szekai, 1998; Lefroy, 1991). به‌طور کلی برای تخمین مقدار چوب درختان روش‌های زیادی معرفی شده‌اند. مدل‌های زیادی همچون نیوتن، اسمالین، پرسلر و هـوبر مدل‌هایی هستند که به‌منظور برآورد حجم تنه درخت مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Bayati and Najafi, 2011; 2013)، اما تمامی باغداران صنوبر و همین‌طور سایر درختان، چوب حاصله از زراعت صنوبر را بر مبنای مولفه وزن آن به فروش می‌رسانند. از این رو وزن درختان مولفه‌ای بسیار مهم‌تر از حجم برای صنوبرکارها به‌شمار می‌آید که بهروران این زمینه می‌توانند از روی آن به میزان درآمد خود نیز پی ببرند. این مولفه برای صنوبرکاران، پیمانکارهای چوب، کارخانه‌دارها، مدیران، برنامه‌ریزان منابع طبیعی و صنعت چوب بسیار حایز اهمیت می‌باشد. اندازه‌گیری وزن چوب درختان برای بهره‌ورانِ این صنعت همواره پس از قطع درختان و اندازه‌گیری مستقیم آن از طریق باسکول امکان‌پذیر می‌باشد. این روش با سختی‌ها و مشکلات زیادی همراه بوده و همچنین قادر نبوده در دوره پیش از قطع درختان اطلاعاتی را در زمینه میزان چوب حاصله از درخت‌کاری در اختیار باغداران و بهره‌ورانِ صنایع چوب قرار دهد. از این‌رو جهت گذر از این محدودیت‌ها، همواره محققین به دنبال روش‌های غیرمستقیم برای اندازه‌گیری وزن چوب تنه درختان بوده‌اند.

در سال‌های اخیر روش‌های یادگیری ماشین، گسترش و عملکردهای بسیار خوبی در تخمین متغیرها در علوم و مهندسی جنگل‌داری داشتند. از جمله این مدل‌ها می‌توان به شبکه‌های عصبی مانند پرسپترون چندلایه[1] و تابع شعاعی پایه[2] اشاره کرد. Ghanbari et al. (2009) طی مطالعه‌ای در سری یک جنگل آموزشی و پرورشی شصت‌کلاته گرگان با توجه به رابطه بین تعداد در هکتار جنگل و خصوصیات توپوگرافی به بررسی دو شبکه عصبی RBF و MLP پرداختند. نتایج نشان داد هر دو مدل شبکه عصبی دارای عملکرد مطلوب در این زمینه می‌باشند. علاوه بر آن، آنالیز رگرسیون خطی چندمتغیره[3] برای مقایسه نتایج آن با مدل‌های هوش مصنوعی انجام شد که نتایج آن حاکی از برتری شبکه‌های عصبی نسبت به MLR در تخمین تعداد درختان در هکتار بود. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد تکنیک شبکه عصبی می‌تواند ۶۵ درصد تغییرات تعداد در هکتار جنگل را با استفاده از خصوصیات توپوگرافی با دقت تخمین زند. در مطالعه‌ای دیگر Bayati and Najafi (2011; 2013) از درختان نشانه‌گذاری‌شده جنگل آموزشی- پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس، انتخاب و قطر برابرسینه، قطر در ارتفاع کنده، قطر انتهای تنه، ارتفاع تنه و ارتفاع کل درخت را با دقت بالا مورد اندازه‌گیری قرار دادند. سپس با استفاده از این متغیرها به‌عنوان ورودیِ دو مدل RBF و MLP به برآورد حجم تنه درختان پرداختند. نتایج آنان نشان داد مدل RBF نسبت به MLP دارای دقت نسبی بیشتری در برآورد حجم تنه درخت می‌باشد. در مطالعه Peyrov et al. (2014) به بررسی امکان پیش‌بینی عرض عملیات خاکی جاده‌های جنگلی سوردار- واتاشان پرداختند که مدل‌های MLP و MLR به‌ترتیب در محیط نرم‌افزارهای MATLAB و R ساخته شدند و آزمون‌های همبستگی و تجزیه واریانس نیز در محیط SPSS صورت

1- Multi Layer Perceptron (MLP)
2- Radial Basis Function (RBF)
3- Multiple Linear Regression (MLR)

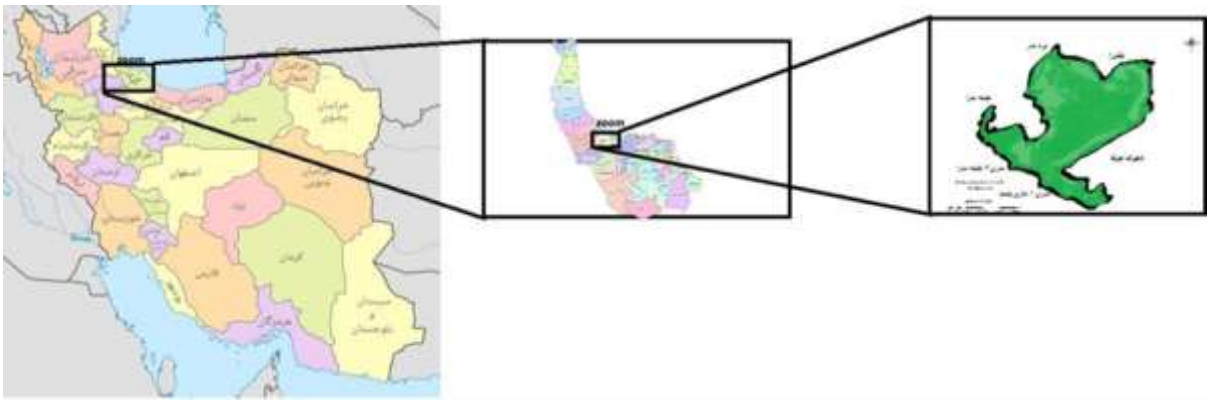
گرفتند. ارزیابی نتایج مدل‌سازی نشان داد مدل MLP قادر است تخمین‌های موفق‌تری نسبت به MLR ارایه کند. در مطالعه‌ای Gorzin et al. (2017) مدل MLP را برای تخمین حجم‌های صنعتی و هیزمیِ چوب درختان به‌کار گرفتند. نتایج این ارزیابی حاکی از دقت قابل‌قبول مدل MLP در تخمین هر دو نوع حجم بود. Bayat (2017) طی مطالعه‌ای از مدل MLP برای تخمین بقا و مرگ‌ومیر درختان شمال ایران استفاده کرد. تخمین‌های این مدل با مدل MLR مقایسه گردید و نتایج حاکی از برتری شبکه عصبی در تخمین احتمال بقا درختان بود. Mostaffaei and Jahani (2021) طی مطالعه‌ای عملکرد مدل‌های MLP و MLR را در تخمین ضخامت پوست و متغیرهای موثر در جنگل‌داری مورد آزمایش و ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نیز حاکی از برتری دقت مدل MLP نسبت به MLR در تخمین ضخامت پوست درختان بود.

براساس مطالعات پیشین، تاکنون روشی برای اندازه‌گیری غیرمستقیم مولفه وزن درختان ارایه نشده و مدل‌های مورد آزمایش غالباً در راستای تخمین مولفه‌هایی مانند حجم تنه درخت، ضخامت پوست درخت، بقا و مرگ‌ومیر درختان بوده‌اند. بنابراین پژوهش جاری برای اولین بار به ارزیابی مدل‌های عددی در برآورد وزن تنه درختان پرداخت. نکته قابل تامل دیگر که از این مطالعات حاصل می‌شود این است که در روش‌های شبکه عصبی در یادگیری ماشین (مانند MLP و RBF)، مدل به‌صورت جعبه سیاه[1] بوده و در نهایت حالت ریاضیاتیِ مدل قابل استخراج نخواهد بود؛ در نتیجه استفاده از آن برای سایر محققین دشوار خواهد بود. اما MLR روشی است که مدلِ مستخرج از آن در نهایت به‌صورت ریاضی ارایه می‌گردد که در تحقیق جاری تنها از این مدل بهره گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از سری ۱۹ پیلمبرا در حوزه ۹ شفارود می‌باشد که با جنگل‌های دست‌کاشت جلگه‌ای در شمال شهرستان رضوان‌شهر و در ۴ کیلومتری شرکت شفارود قرار گرفته است. این منطقه زیر نظر اداره منابع طبیعی شهرستان رضوان‌شهر و تحت نظارت طرح‌های گیسوم است که با توجه به سیستم UTM در محدوده Y=41641225, X=356600 Y=4157928, X=331941 قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گیلان

1- Black-Box

سری مورد نظر از شمال به بخش پره‌سر و آبادی جنبه‌سرا، از جنوب به شهرک چوکا، از شرق به ساحل دریا و از غرب به سری ۱۸ جنبه‌سرا محدود شده است. کل مساحت این سری حدود ۱۵۹۴/۶ هکتار است. میزان بارندگی متوسط سالیانه منطقه ۱۴۸۴ میلی‌متر است. سنگ‌های مادری این منطقه ترکیبی از نهشته‌های زمان کواترنری (دوران چهارم) می‌باشند و اغلب‌شان از جنس واریزه‌ها و قلوه‌سنگ‌های مادری این ناحیه از نوع ماسه‌ای هستند که به دوره اول مزوزوییک تعلق دارند. این منطقه دارای خاک قهوه‌ای و قهوه‌ای خاکستری بوده که دارای خاصیت اسیدی است و اقلیم منطقه خزری دارد. محدوده جنگل‌کاری سنواتی سری ۱۹ پیلمبرا جز قسمت‌های جلگه‌ای جنگل‌های هیرکانی هستند. به‌طور طبیعی در گذشته جامعه اصلی این مناطق بلوطستان بوده و با گونه‌های ممرز، توسکا، انجیلی، سفیدپلت و اوجا همراه بودند که به علت تخریب‌هایی که در گذشته انجام گرفته است، در سه دهه گذشته با گونه‌هایی چون صنوبر، توسکای ییلاقی، توسکای قشلاقی، کاج تدا، افرا و ون مورد بازسازی و جنگل‌کاری قرار گرفته‌اند.

جمع‌آوری و اندازه‌گیری داده‌ها

پس از انجام جنگل گردشی و تعیین محل قطعه نمونه مورد نظر، تعداد ۴۰۰ اصله صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) به‌طور تصادفی از جنگلکاری‌های منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند. اما از آنجایی که تعداد نمونه بیشتر همواره منجر به ارایه مدلی معتبرتر می‌گردد، در این تحقیق سعی بر آن شد که تعداد نمونه‌های بیشتری برای این امر در نظر گرفته شود. برای انجام این مطالعه مشخصه‌های مدنظر مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند:

اندازه‌گیری قطر برابرسینه (۱/۳۰ سانتی‌متر)، قطر در یک، دو، سه و چهار متر با استفاده از خط‌کش دوبازو

اندازه‌گیری قطر کنده و قطر یقه با استفاده نوار قطرسنج

اندازه‌گیری ارتفاع کل، ارتفاع تاج و تنه قبل از عملیات قطع توسط دستگاه بلوم‌لیس و اندازه‌گیری ارتفاع کنده بعد از عملیات قطع با استفاده نوار متری

اندازه‌گیری وزن تک‌تک درختان بعد از عملیات قطع به وسیله باسکول محاسبه (شکل ۲) و به‌عنوان متغیر وابسته در تعیین رابطه‌ها مورد استفاده قرار گرفت



شکل ۲- مراحل اندازه‌گیری وزن تنه درختان قطع شده

خلاصه آماری داده‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات آماری متغیرهای اندازه‌گیری شده از درختان

متغیر (واحد)	اختصار	میانگین	انحراف‌معیار	ضریب‌تغییرات (٪)	کمینه	بیشینه	چولگی
ارتفاع کل (متر)	Htot	۲۳/۴۵	۳/۴۸	۱۴/۸۵	۲/۴۸	۳۲/۹۴	-۰/۸۲
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	D1.3	۲۶/۷۳	۴/۸۳	۱۸/۰۸	۰/۹۰	۴۷/۶۰	۰/۱۱
قطر در ارتفاع ۱ متری (سانتی‌متر)	D1	۲۷/۱۹	۴/۷۸	۱۷/۵۷	۱۶/۳۰	۴۸/۶۰	۰/۵۳
قطر در ارتفاع ۲ متری (سانتی‌متر)	D2	۲۵/۹۳	۴/۶۸	۱۸/۰۵	۳/۵۰	۴۶/۰۰	۰/۲۰
قطر در ارتفاع ۳ متری (سانتی‌متر)	D3	۲۴/۹۱	۴/۴۶	۱۷/۸۴	۱۵/۲۰	۴۴/۵۰	۰/۴۷
قطر در ارتفاع ۴ متری (سانتی‌متر)	D4	۲۳/۹۱	۴/۳۸	۱۸/۳۳	۱۴/۳۰	۴۳/۱۰	۰/۵۰
قطر یقه (سانتی‌متر)	Dc	۳۳/۴۳	۷/۷۶	۲۳/۲۲	۱۷/۹۰	۷۴/۹۰	۱/۱۷
قطر کنده (سانتی‌متر)	Ds	۳۰/۳۷	۶/۳۹	۲۱/۰۵	۱۷/۰۰	۶۵/۵۰	۱/۰۲
ارتفاع تاج (متر)	Hc	۱۱/۲۶	۱/۹۶	۱۷/۴۳	۳/۶۰	۱۶/۹۴	-۰/۴۱
ارتفاع تنه (متر)	Htr	۱۲/۲۹	۲/۵۸	۲۱/۰۱	۷/۱۴	۲۰/۰۰	۰/۴۷
ارتفاع کنده (سانتی‌متر)	Hs	۹/۲۲	۲/۶۳	۲۸/۴۹	۳/۵۰	۱۶/۵۰	۰/۶۹
وزن (کیلوگرم)	W	۵۵۸/۶۰	۲۰۳/۷۰	۳۶/۴۸	۹۸/۹۰	۱۲۵۶/۰۰	۰/۱۹

رگرسیون خطی چندمتغیره (MLR)

رگرسیون خطی چندمتغیره، رابطه‌ای خطی است که میان چند سری از متغیرهای مستقل (ورودی)، برای مدل‌سازی یک متغیر وابسته (هدف) ایجاد می‌گردد. اساس این مدل بهینه‌سازی ضرایب رگرسیونی برای هر متغیر ورودی است که این بهینه‌سازی توسط الگوریتم Least Squares انجام می‌گیرد (رابطه ۱):

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_nx_n + c$$ رابطه (۱)

y متغیر هدف، x_i ها متغیرهای ورودی، b_i ها ضرایب رگرسیونی و c ضریب ثابت مدل می‌باشند (Ober, 2013).

معیارهای ارزیابی عملکرد مدل

برای سنجش اعتبار پیش‌بینی ارایه شده توسط مدل‌ها باید خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی آنها مقایسه گردد که برای این امر از معیارهای ارزیابی استفاده می‌گردد. معیارهایی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از: ریشه میانگین مربعات خطا[1]، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده[2]، ضریب تبیین[3]، شاخص ویلموت[4] و ضریب نش ساتکلیف[5] که معادلات آنها در ادامه آمده‌اند:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - f_i)^2}$$ رابطه (۲)

1- Root Mean Square Error (RMSE)
2- Normalized Root Mean Square Error (NRMSE)
3- R^2
4- Willmott Index (WI)
5- Nash Sutcliff (NS)

$$NRMSE = \frac{RMSE}{y_{max} - y_{min}}$$ رابطه (۳)

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})(f_i - \bar{f})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(f_i - \bar{f})^2}}\right]^2$$ رابطه (۴)

$$WI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - f_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(|f_i - \bar{y}| + |y_i - \bar{y}|)^2}$$ رابطه (۵)

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - f_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{f})^2}$$ رابطه (۶)

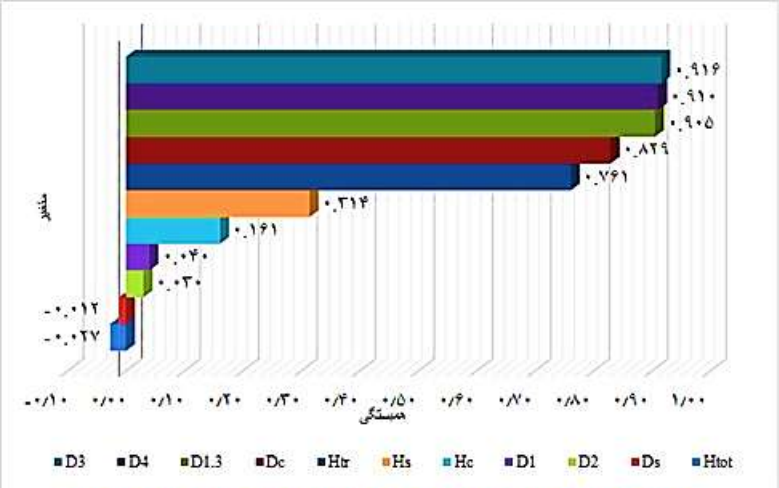
در روابط بالا y_i و $\bar{y}$ به‌ترتیب داده‌های مشاهده‌ای و میانگین آنها؛ f_i و $\bar{f}$ داده‌های پیش‌بینی شده و میانگین آنها؛ y_{max} و y_{min} به‌ترتیب بیشینه و کمینه داده‌های مشاهده‌ای و n تعداد داده‌ها می‌باشند.

مقادیر نزدیکتر به صفر برای RMSE و NRMSE و مقادیر نزدیک به یک برای ضرایب NS، WI و R^2، نشان‌دهنده عملکرد مطلوب‌تر برای مدل می‌باشند. همچنین NRMSE دارای ۴ بازه کیفی برای عملکرد مدل‌ها است: الف: ۰/۳ < NRMSE عملکرد مدل ضعیف؛ ب: ۰/۳> NRMSE >۰/۲ عملکرد مدل متوسط؛ ج: ۰/۲> NRMSE >۰/۱ عملکرد مدل خوب؛ و د: ۰/۱> NRMSE >۰ عملکرد مدل عالی ارزیابی می‌گردد (Aghelpour and Varshavian, 2020).

نتایج

پس از اندازه‌گیری میدانی مولفه‌های درختان و مرتب‌سازی داده‌ها، برای انتخاب ترکیب‌های ورودی به مدل‌ها، مولفه‌های درخت از نظر میزان همبستگی‌شان با وزن درخت مورد ارزیابی قرار گرفتند. این کار با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون[1] در نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. نتایج این ارزیابی در شکل ۳ ارائه شده است.

1- Pearson correlation test



شکل ۳- نتایج همبستگی بین وزن درخت و سایر متغیرهای اندازه‌گیری شده از درخت

ارزیابی‌ها حاکی از آن است که همبستگی متغیرهای Htot، D1، D2 و Ds با وزن تنه درختان بسیار ضعیف و دارای عدم معنی‌داری است، بنابراین منطقی است که از استفاده از آنها به‌عنوان متغیر ورودی در مدل‌سازی اجتناب گردد. سایر متغیرهای درخت شامل D1.3، D3، D4، Dc، Hc، Htr و Hs دارای همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ با وزن تنه درخت می‌باشند. با توجه به شدت متفاوت همبستگیِ متغیرها با وزن تنه درخت، می‌توان دریافت که متغیرهای Hc و Hs علی‌رغم معنی‌داری همبستگی‌شان، شدت همبستگی نسبتاً پایینی با وزن تنه درختان دارند، بنابراین استفاده از این متغیرها به‌عنوان ورودی نیز قطعا موجب کاهش دقت مدل‌ها در تخمین وزن تنه درختان خواهد شد. در نتیجه تنها پنج متغیر D1.3، D3، D4، Dc و Htr که بیشترین شدت همبستگی را داشتند به‌عنوان ورودی‌های موثر انتخاب شدند. با در نظر داشتن این متغیرها، ترکیب‌های ورودی به مدل‌ها تنظیم گردیدند (جدول ۲).

جدول ۲- سناریوها (ترکیب متغیرها) ورودی به مدل رگرسیون خطی چندمتغیره

سناریوی ورودی	توضیح	نام سناریو	ترکیب متغیرهای ورودی	متغیر هدف
کل متغیرها (SC1)	در این سناریو تمامیِ متغیرهای اثرگذار بر وزن تنه درخت به‌عنوان ترکیب ورودی در برآورد وزن تنه درخت مد نظر قرار خواهند گرفت.	SC1	$D_{1.3}, D_3, D_4, D_c, H_{tr}$	W
سادگی در اندازه-گیری (SC2)	در این سناریو آن دسته از متغیرهایی که اندازه‌گیری آنها از درختان ساده‌تر است به-عنوان ترکیب ورودی در برآورد وزن تنه درخت مد نظر قرار خواهند گرفت.	SC2	$D_{1.3}, D_c, H_{tr}$	W
حداقل متغیرهای موثر (SC3)	در این سناریو تنها ترکیب‌های دوتایی از متغیرهای موثر به‌عنوان ورودی در برآورد وزن تنه درخت مد نظر قرار خواهند گرفت.	SC3-1	D_c, H_{tr}	W
		SC3-2	$D_{1.3}, H_{tr}$	W
		SC3-3	D_3, H_{tr}	W
		SC3-4	D_4, H_{tr}	W

در جدول ۲ سه سناریو مد نظر قرار داده شد. در سناریوی اول (SC1) کل متغیرهای ورودی موثر به‌عنوان ورودی مدل اعمال شدند. در سناریوی دوم (SC2) متغیرهایی که در نظر گرفته شدند، اندازه‌گیری میدانی آنها ساده‌تر انجام گرفت. به‌عنوان مثال متغیرهایی مانند D3 و D4 (که در سناریوی SC2 از آنها صرف‌نظر شده)، برای اندازه‌گیری نیاز به نردبان داشته و برای پژوهشگر موجب اتلاف وقت می‌گردند. سناریوی سوم (SC3) براساس اصل امساک[1] یعنی حداقل تعداد متغیرهای موثر تنظیم شد. در این سناریو تنها دو متغیر به‌عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد تا مدل بتواند براساس حداقل متغیرهای موثر، وزن تنه درخت را تخمین بزند. این سناریو شامل ۴ ترکیب دوتایی متفاوت از متغیرهای ورودی موثر است (SC3-1، SC3-2، SC3-3 و SC3-4) که در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

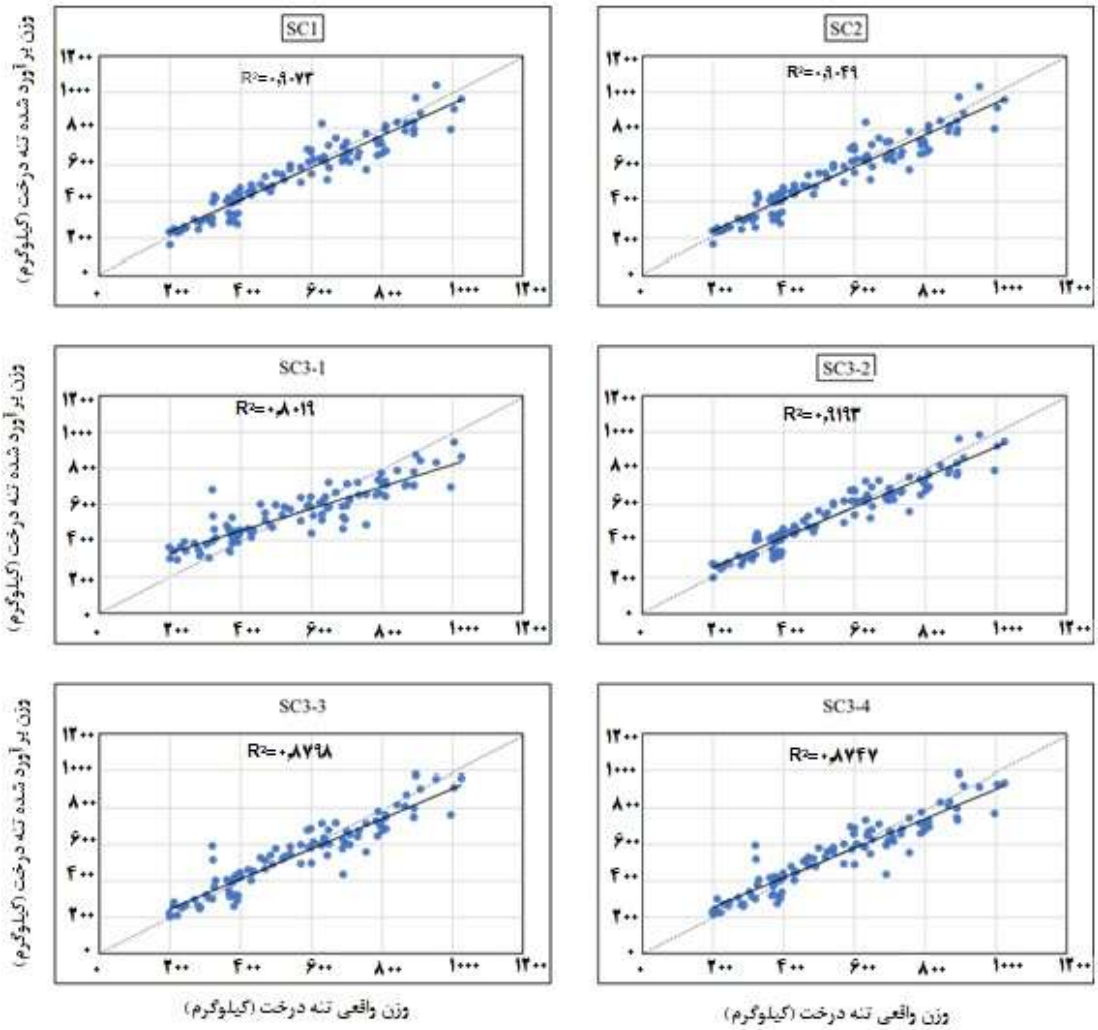
پس از تنظیم سناریوها و ورودی‌های آنها، ابتدا داده‌ها به دو بخش واسنجی و اعتبارسنجی تقسیم گردید که به‌ترتیب شامل ۳۰۰ درخت (۷۵ درصد) و ۱۰۰ درخت (۲۵ درصد) می‌شود. سپس مدل MLR بر روی داده‌ها اجرا گردید که نتایج ارزیابی این مدل در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- ارزیابی عملکرد مدل رگرسیون خطی چندمتغیره

سناریوی ورودی	دوره واسنجی		دوره اعتبارسنجی	
	RMSE (کیلوگرم)	WI	RMSE (کیلوگرم)	WI
SC1	۶۷/۷۳۰	۰/۹۶۸	۶۷/۴۰۷	۰/۹۷۴
SC2	۶۷/۸۹۵	۰/۹۶۸	۶۷/۹۸۳	۰/۹۷۳
SC3-1	۹۷/۶۱۲	۰/۹۲۷	۱۰۸/۷۰۲	۰/۹۱۰
SC3-2	۷۱/۲۶۷	۰/۹۶۴	۶۵/۹۸۰	۰/۹۷۳
SC3-3	۷۵/۱۵۵	۰/۹۶۰	۷۸/۵۳۶	۰/۹۶۳
SC3-4	۷۷/۴۸۷	۰/۹۵۷	۷۹/۷۷۹	۰/۹۶۱

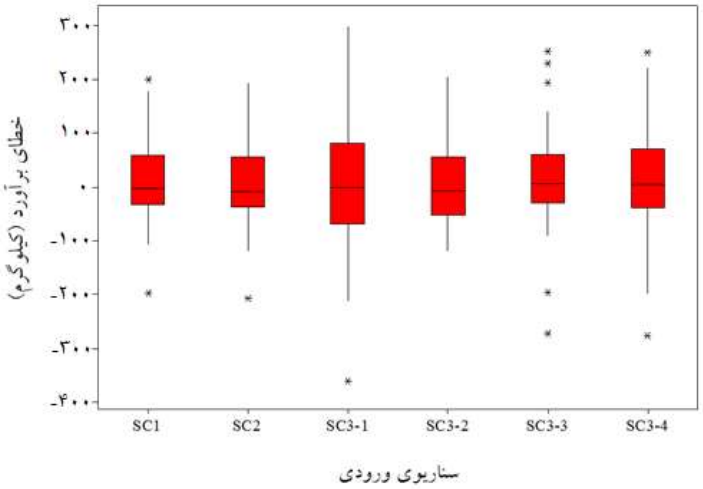
در نگاه اول می‌توان دید که مدل MLR توانسته در تمامی سناریوهای مورد آزمایش دقت نسبتاً خوبی در تخمین وزن تنه نشان دهد. چرا که میزان WI در همه سناریوها بالاتر از ۰/۹ گزارش می‌شود (بین ۰/۹۲۷ تا ۰/۹۶۸ در فاز واسنجی و ۰/۹۱۰ تا ۰/۹۷۴ در فاز اعتبارسنجی). میزان RMSE در این ارزیابی خطای مدل در سناریوهای مختلف را نشان می‌دهد که بین ۶۷/۷۳۰ تا ۹۷/۶۱۲ کیلوگرم در فاز واسنجی و ۶۵/۹۸۰ تا ۱۰۸/۷۰۲ کیلوگرم در فاز اعتبارسنجی متغیر است. از آنجایی که فاز اعتبارسنجی مهمترین قسمت برای شناسایی عملکرد واقعی مدل‌ها می‌باشد، بهترین عملکرد مدل می‌بایستی با استناد بر این دوره معرفی گردد. بنابراین سناریوی SC3-2 هم در میان سناریوهای مبتنی بر اصل امساک (جدول ۲) و هم در مقایسه به دو سناریوی SC1 و SC2 بهترین عملکرد را در تخمین وزن تنه درختان ارائه داده است. برای صحت این موضوع از نمودارهای نقطه‌ای نیز بهره گرفته شد (شکل ۴).

1- Principle of Parsimony



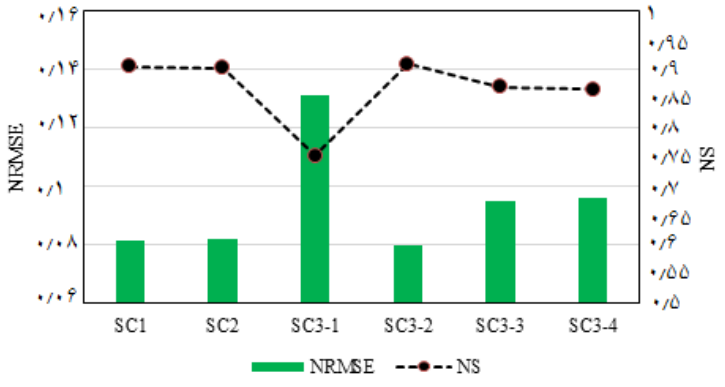
شکل ۴- نمودارهای نقطه‌ای جهت بررسی همبستگی بین تخمین‌های وزن تنه درخت و مقادیر واقعی آن

در شکل ۴ داده‌های مشاهده‌ای وزن تنه هر کدام از درختان در مقابل مقادیر واقعی همان درخت در دوره آزمون رسم شده‌اند. همان گونه که مشخص است نقاط متعلق به سناریوی SC3-1 بیشترین پراکندگی را حول محور خط رگرسیونی خود دارند. همچنین در این سناریو شیب خط رگرسیونی نسبت به خط X=Y (نقطه‌چین سیاه) کمی بیشتر از سایر سناریوها می‌باشد، در نتیجه ضعیف‌ترین عملکرد متعلق به این سناریو می‌باشد. این موضوع توسط R^2 (۰/۸۰۱۹) نیز تایید می‌گردد که کمتر از سایر سناریوها است. شیب بیشترین میزان R^2 متعلق به سناریوی SC3-2 است (۰/۹۱۹۳). قرارگرفتن بخش بالاییِ خط رگرسیونی در زیر خط X=Y و همچنین بخش پایینی آن بالای خط X=Y، نشانگر این است که مدل در برآورد وزن‌های بالا تا حدودی کم‌برآورد و در برآورد وزن‌های پایین تا حدودی بیش‌برآورد عمل نموده است. در ادامه توزیع خطای مدل در سناریوهای مختلف توسط نمودار جعبه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد (شکل ۵).



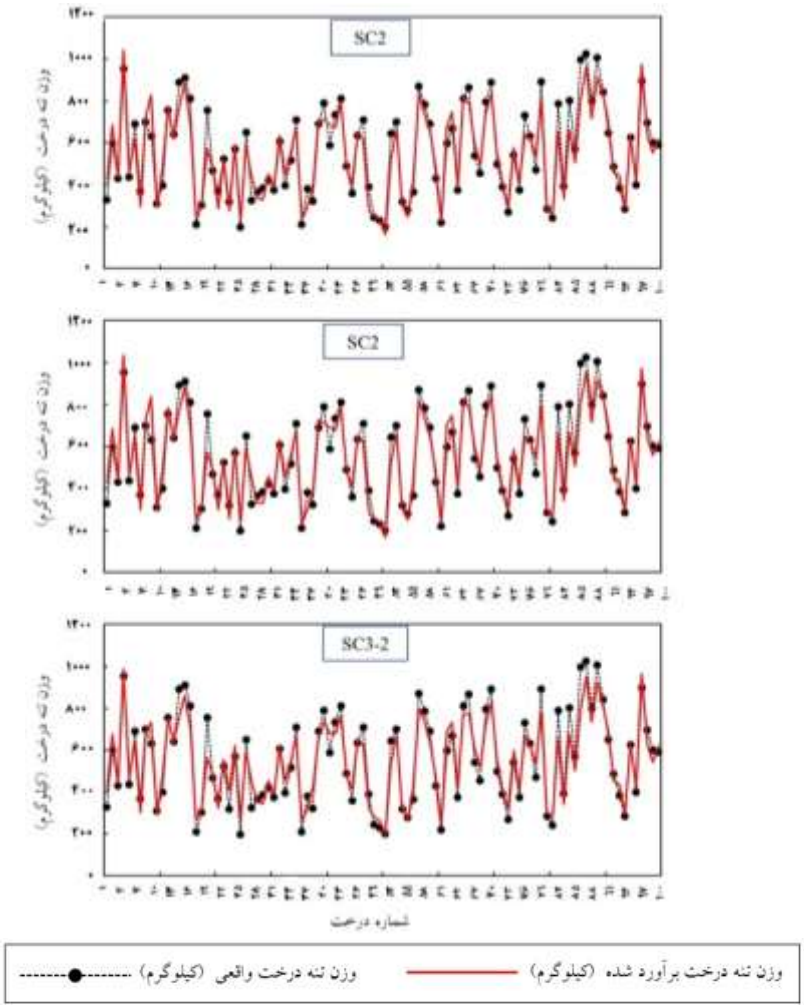
شکل ۵- نمودارهای جعبه‌ای (box-plots) در بررسی توزیع خطای مدل در سناریوهای مختلف

در شکل ۵ ضلع پایینی جعبه نشانگر چارک اول خطاب برآورد وزن تنه، ضلع بالایی نشانگر چارک سوم خطاها و خط بین آنها نشانگر میانه خطاها می‌باشد. با اولین نگاه به شکل ۵ می‌توان دید که خطای مدل در تمام سناریوها حول محور صفر کیلوگرم است. این بدان معنی است که مدل در تمام سناریوها عملکرد بسیار خوبی را از خود نشان داده است. سناریوی SC3-1 گزینه‌ای است که در آن هم داده پرت بیش‌برآوردی مشاهده شده است و همچنین جعبه متعلق به آن کمی کشیده‌تر از سایرین است، بنابراین می‌توان عملکرد آن را نسبت به سایر سناریوها ضعیف‌تر ارزیابی کرد. در سایر سناریوها میانه خطای برآورد نسبتا مشابه بوده (بین ۷- و ۷+ کیلوگرم) و جعبه‌های آنها کشیدگی کمتری نسبت به سناریوی SC3-1 دارند. کمترین کشیدگی جعبه‌ها متعلق به دو سناریوی SC1 و SC2 می‌باشد، اما میانه آنها به چارک اول نزدیک‌تر و از چارک دوم دورتر است (چولگی به راست). این بدان معنی است که بیش‌برآورد و کم‌برآوردی مدل در این سناریوها متوازن نبوده و دارای بیش‌برآورد بیشتری است. همچنین در این دو سناریو (SC1 و SC2) داده‌های پرت نیز دیده می‌شود. سناریوی SC3-2 تنها سناریویی است که داده پرت در آن مشاهده نشده و علاوه برآن میانه خطای برآورد تقریباً در وسط چارک‌های اول و سوم قرار دارد. در نتیجه می‌توان این سناریو را از نظر توزیع خطای برآورد وزن تنه درختان نیز مناسب‌تر از سایرین گزارش کرد. در ادامه کیفیت عملکرد مدل در سناریوهای مختلف توسط دو معیار NRMSE و NS بررسی می‌گردد (شکل ۶).



شکل ۶- نمودار ترکیبی (combo-graph) در بررسی کیفیت مدل‌سازی بر پایه دو معیار NRMSE و NS

در شکل ۶ مقادیر NS و NRMSE برای هر کدام از سناریوها جداگانه محاسبه شده و هم‌زمان در کنار یکدیگر در یک نمودار به نمایش گذاشته شد. در نگاه اول مشخص است که تمام NS ها بزرگ‌تر از ۰/۷۵ است که نشان می‌دهد کیفیت مدل‌سازی در تمام سناریوها بسیار مطلوب می‌باشد.



شکل ۷- نمودار خطی در بررسی همپوشانی تخمین‌های وزن تنه درختان با مقادیر واقعی آنها

در این میان ضعیف‌ترین عملکرد نسبی متعلق به سناریوی SC3-1 بوده که کمترین مقدار NS را دارا است (NS =۰/۷۵۳) و با توجه به مقدار NRMSE که برابر با ۰/۱۳۱ است (۰/۲> NRMSE > ۰/۱)، کیفیت عملکرد آن خوب ارزیابی می‌شود. از میان سایر سناریوها، سناریوهای SC1، SC2 و SC3-2 کمترین مقادیر NRMSE (NRMSE <۰/۰۸۲) و بیشترین مقادیر NS (NS >۰/۹۰۳) را دارا هستند. از بین این سه سناریو، سناریوی SC3-2 با NS =۰/۹۰۹ و NRMSE = ۰/۰۸۰ بهترین دقت و کمترین خطا را در برآورد وزن تنه درخت از خود نشان داد که با توجه به مقدار NRMSE (۰/۱> NRMSE >۰)

کیفیت عملکرد آن بسیار عالی ارزیابی می‌گردد. برای درک بهتر از همپوشانی خروجی‌ها و مشاهدات وزن تنه درختان، خروجی‌های مدل در کنار مقادیر واقعی آنها به‌صورت نمودار خطی نشان داده شده است (شکل ۷).

در نمودار خطی (شکل ۷) که برای دوره اعتبارسنجی رسم گردیده است، سه سناریوی برتر یعنی SC1، SC2 و SC3-2 مدنظر قرار داده شدند. به خوبی مشخص است که تخمین‌های وزن تنه درختان با مقادیر واقعی آنها همپوشانی بسیار خوبی دارند. معادلات مستخرج از سناریوهای مذکور در ادامه نمایش داده شدند.

$$W = -606.8 + 42.69\,D1.3 + 12.2\,D3 - 8.44\,D4 - 7.50\,Dc + 13.59\,Htr$$ رابطه (۷)

$$W = -601.1 + 46.49\,D1.3 - 7.58\,Dc + 13.51\,Htr$$ رابطه (۸)

$$W = -522.6 + 34.07\,D1.3 + 13.61\,Htr$$ رابطه (۹)

مولفه‌های روابط فوق در جدول ۱ تشریح گردیدند. روابط (۷)، (۸) و (۹) به‌ترتیب برای سناریوهای SC1، SC2 و SC3 برای تخمین وزن تنه درختان صنوبر این منطقه ارایه می‌شوند و محققان با استفاده از این روابط و اندازه‌گیری مولفه‌های ورودی مورد نیاز هر یک از این روابط، وزن تنه (W) را پیش از قطع درخت محاسبه نمایند.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش جاری مدل‌سازی عددی وزن تنه درختان صنوبر انجام شد. در این راستا ۴۰۰ اصله درخت مورد بررسی قرار گرفتند و ۱۱ متغیر دیگر از هر درخت اندازه‌گیری شد که به‌عنوان ورودی مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. بررسی‌ها نشان داد متغیرهای D1.3، D3 و D4 موثرترین متغیرها بر روی وزن تنه درختان می‌باشند. ارزیابی مدل MLR نشان داد این مدل با به‌کارگیری متغیرهای اندازه‌گیری شده از درخت، قادر است وزن تنه آن را با دقت بسیار بالایی تخمین زند. این دستاورد می‌تواند برای مدیران، برنامه‌ریزان و بهره‌وران صنعت چوب این امکان را فراهم سازد که پیش از قطع درختان با خطایی قابل قبول، وزن تنه هر درخت را برآورد نمایند. بهترین عملکرد این مدل در شرایط استفاده از دو متغیر قطر برابرسینه و ارتفاع تنه درخت بود که نشان می‌دهد تنها با اندازه‌گیری این دو متغیر و استفاده از معادله مستخرج، وزن تنه درخت قابل محاسبه خواهد بود (معادله مذکور رابطه ۹ است که توسط محققین و بهره‌وران در این زمینه قابل آزمایش و استفاده می‌باشد).

به محققین آتی در این زمینه پیشنهاد می‌شود که مدل‌های شبکه عصبی مانند MLP و RBF نیز به‌صورت ساده و ترکیبی در این راستا مورد آزمایش قرار گیرند. شایان ذکر است که مطالعه جاری در منطقه معتدل و مرطوب گیلان و بر روی درختان صنوبر جنگل‌کاری شده انجام گرفته که در این منطقه دارای نتایج رضایت‌بخش بوده و دارای اعتبار می‌باشد، بنابراین برای سایر مناطق مشابه و متفاوت اقلیمی و همچنین سایر گونه‌های درختان اقتصادی دارای ارزش تحقیقاتی می‌باشد.

منابع

Aghelpour, P. and Varshavian, V. (2020). Evaluation of stochastic and artificial intelligence models in modeling and predicting of river daily flow time series. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 34(1): 33-50.

Bayat, M. (2017). Predicting and assessing the tree species survival and determining physiographic factors affecting on it in Mazandaran province Forests using artificial neural networks. Journal of Natural Environment, 70(4): 771-782.

Bayati, H. and Najafi, A. (2011). Application of artificial intelligence in trees stem volume estimation, Journal of Renewable Natural Resources Research, 2(4): 52-59.

Bayati, H. and Najafi, A. (2013). Performance comparison artificial neural networks with regression analysis in tree's trunk volume estimation. Forest and Wood Products, 66(2): 177-191.

Cleugh, H.A., (2004). Effects of Windbreak on Air Flow, Micro Climate and Crop Yield. USA: Springer Link, Inc.

Ghanbari, F., Shataee, Sh., Dehghani, A.A. and Ayoubi, Sh. (2009). Tree density estimation of forests by terrain analysis and artificial neural network. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 16(4): 25-42.

Gorzin, F., Namiranian, M., Omid, M. and Bayat, M. (2017). Prediction commercial and cordwood volume of broadleaves using Artificial Neural Networks, Case study: Gorazbon distric of Kheyrood forest, Nowshahr. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(3): 517-527.

Guillemette, T. and DesRochers, A. (2008). Early growth and nutrition of hybrid poplars fertilized at planting in the boreal forest of western Quebec. Forest Ecology and Management, 255(7): 2981-2989.

Guo, X.Y. and Zhang, X.S. (2010). Performance of 14 hybrid poplar clones grown in Beijing, China. Biomass and Bioenergy, 34(6): 906-911.

Lefroy, E. (1991). Trees and shrubs as sources of fodder in Western Australia, The role of trees in sustainable agriculture conference, Albury NSW, September, pp. 19-32.

Mosaffaei, Z. and Jahani, A. (2021). Modeling of ash (*Fraxinus excelsior*) bark thickness in urban forests using artificial neural network (ANN) and regression models. Modeling Earth Systems and Environment, 7(3): 1443-1452.

Nelson, N.D., Meilan, R., Berguson, W.E., McMahon, B.G., Cai, M. and Buchman, D. (2019). Growth performance of hybrid poplar clones on two agricultural sites with and without early irrigation and fertilization. Silvae Genetica, 68(1): 58-66.

Ober, Pieter Bastiaan (2013). Introduction to linear regression analysis.

Peyrov, S., Najafi, A. and Alavi, S.J. (2014). Prediction of forest roadway using artificial neural network and multiple linear regressions. Forest Sustainable Development, 1(3): 285-296.

Szekai, Z., Fengjue, L., Daoqun, Z., Qingxiao, L., Xinsheng, M. and Zhenlei, Z. (1998). Utilization of poplar leaf as fodder. Agroforestry system in China.

Taylor, K.E. (2001). Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 106 (D7): 7183-7192.

Welham, C., Van Rees, K., Seely, B. and Kimmins, H. (2007). Projected long-term productivity in Saskatchewan hybrid poplar plantations: Weed competition and fertilizer effects. Canadian Journal of Forest Research, 37(2): 356-370.

Woodruff, N. P., and Zingg, A. W. (1952). Wind-tunnel studies of fundamental problems related to windbreaks (Vol. 112). US Department of Agriculture, Soil Conservation Service.

Presenting a regression model for estimating the trunk weight of *Populus deltoides* trees in western Guilan province

S. Pourrajabali[1], V. Hemmati[2*], A. Eslami[3], S.A. Hashemi[2], S.Y. Torabian[2] and S. Mahdavi[4]

1- Ph.D. student of Forest Engineering, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran.
2- Assistant Prof., Forestry Department, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran.
3- Associate Prof. of Horticultural Sciences, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran.
4- Ph.D. student of Forest Science and Engineering, Guilan University, Faculty of Natural Resources, Some Sara, Iran.

Abstract

Measuring the weight of trees is always possible after cutting trees and it is accompanied by many difficulties and problems. The current research is designed with the aim of providing a numerical model to estimate the weight of the tree trunk before cutting. In this regard, 400 trees were examined in the afforested areas in the west of Guilan province. Before cutting them, 11 variables were measured from each tree, which were considered as independent variables or inputs in modeling. After cutting the trees, the weight of the tree trunks was obtained by direct measurement through a scale. Pearson's correlation test showed that the variables of diameter at 1.30 meters height, diameter at 3 meters height, diameter at 4 meters height, collar diameter and trunk height are the most effective variables on tree trunk weight. Then, based on these 5 variables, the input combinations were arranged into the model and the Multiple Linear Regression model was tested and evaluated. The results showed that the presented model is able to estimate the weight of tree trunks with RMSE = 65.98 kg and R^2 = 0.919 by only having two variables of 1.30 diameter and trunk height. According to the NS and NRMSE criteria, which were reported as 0.909 and 0.080, respectively, the quality of the estimations of this model is considered excellent. This achievement can provide the possibility for the managers, planners and users of the wood industry to estimate the trunk weight of each tree with an acceptable error before cutting the trees.

Keywords: Tree Trunk Weight Estimation**,** *Populus deltoides*, Multivariate Linear Regression**,** Numerical Modeling.

*Corresponding author Tel: +98 9124039722 Email: vahidhemmatiliau@gmail.com

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

بررسی کارایی شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در برآورد حجم صنوبر در غرب گیلان (مطالعه موردی: حوزه شفارود)

وحید همتی*[۱]، ثمره کحالی مقدم[۲] و سیده شادمان مرتضایی[۳]

۱- استادیار گروه جنگلداری، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
۲- کارشناسی ارشد جنگلداری، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
۳- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، صومعه سرا، ایران.

چکیده

حجم درخت یکی از شاخص‌های مهم در پیش‌بینی رشد و محصول‌دهی جنگل است. در برآورد حجم درختان از روابطی مانند: نیوتن، اسمالین، پرسلر و هوبر مورد استفاده قرار می‌گیرد که نیازمند اندازه‌گیری قطر در ارتفاع های خاص بوده که با پیچیدگی های خاصی به‌ویژه در ارتفاع های بالای سطح زمین مواجه می باشد. در این پژوهش از شبکه عصبی چند لایه پرسپترون در برآورد حجم صنوبر در حوزه شفارود استفاده شد. برای این منظور تعداد ۱۰۰ اصله درخت صنوبر انتخاب و قطر برابرسینه، قطر در ارتفاع کنده، قطر انتهای تنه، ارتفاع تنه و ارتفاع کل درخت با دقت زیاد مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای برآورد حجم تنه درختان به وسیله شبکه عصبی از ماتریس‌های مرکب (ترکیب ۴ متغیر: قطر کنده، ارتفاع کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه) استفاده شد. ورودی‌ها در ماتریس‌های مختلف دو ستونی، سه ستونی و چهار ستونی در نرم‌افزار EXCEL تعبیه شدند و در نرم افزار MATLAB طراحی های شبکه های عصبی پرسپترون تک لایه، دو لایه و سه لایه انجام گرفت. صحت‌سنجی مدل‌ها با استفاده از معیارهای ارزیابی، مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی پیرسون صورت گرفت و در هر لایه تعداد نورون های مختلف انتخاب شده، پس از چند بار آموزش بهترین حالت عملکرد در نظر گرفته شد و برای هر الگوی ورودی بهترین آرایش در لایه های مختلف انتخاب و مورد ارزیابی و خطاسنجی قرار گرفت. در تمامی الگوهای مورد بررسی، شبکه عصبی پرسپترون تک لایه دارای دقت بیشتری در برآورد حجم تنه بود و شبکه عصبی پرسپترون سه لایه و دو لایه در جایگاه های بعدی قرار داشتند. الگوی ۹ (قطر کنده، قطر و ارتفاع بالای تنه (شروع تاج))، کم خطاترین الگوی ورودی برای هر سه لایه شبکه عصبی پرسپترون بود. در این تحقیق شبکه عصبی پرسپترون تک لایه (با مجذور میانگین مربعات خطای ۶/۶ ٪ =RMSE و ضریب همبستگی پیرسون (۹۹/۱ ٪ = r) به عنوان دقیق ترین رابطه خروجی شبکه عصبی در برآورد حجم تنه درختان صنوبر حوزه شفارود در استان گیلان انتخاب شد.

واژگان کلیدی: حجم تنه، صنوبر، شبکه عصبی پرسپترون، حوزه شفارود.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۴۰۳۹۷۲۲ ایمیل: vahidhemmatiliau@gmail.com

مقدمه

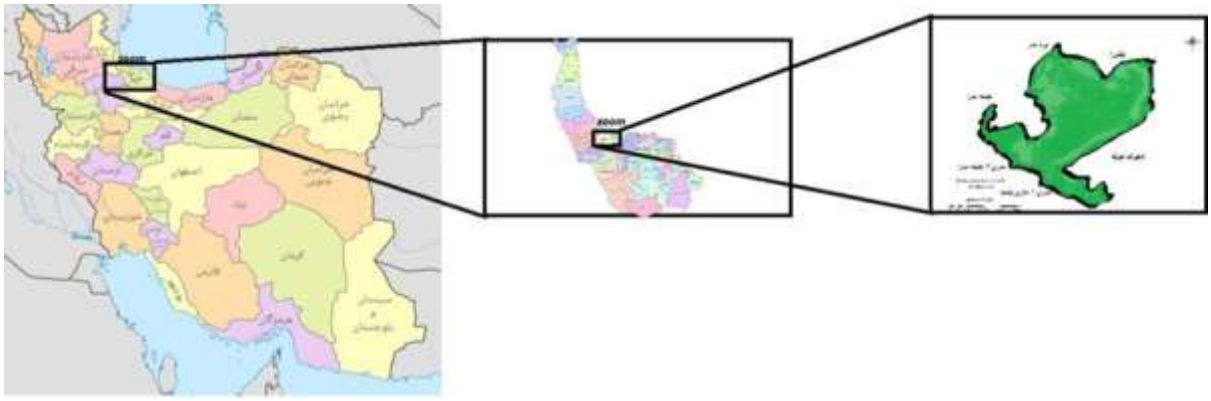
حجم درخت یکی از شاخص های مهم در جنگل است که بر روی حاصلخیزی، روند بهبود یا تخریب رویشگاه، میزان مجاز برداشت، میزان رویش، مبنای خرید و فروش و مدیریت جنگل تاثیر گذار است. (معصومیان، ۱۳۷۶). بیشتر آماربرداران جنگل درگیر اندازه گیری درختان نمونه به منظور محاسبه حجم که اغلب فعالیتی زمان بر و هزینه بر می باشد هستند (Ozcelik, 2010). به همین منظور روابط ریاضی مختلفی مانند: نیوتن، هوبر، اسمالین و پرسلر برای اندازه گیری حجم درختان به کار گرفته شدند. در این روابط با استفاده از یک سری متغیرها مانند قطر در ارتفاع های مختلف، حجم محاسبه می شود. استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت منابع طبیعی و جنگل برای اولین بار توسط Coulson et al. (1987) در توسعه سیستم های خبره در حل مسأله و اتخاذ تصمیم و پس از آن به عنوان روشی جایگزین در مدل سازی پدیده های غیر خطی و پیچیده علم جنگل به کار گرفته شد (Atkinson and Tatnall, 1997; Lek et al., 1996; Gimbllet and Ball, 1995; McRoberts et al., 1991). شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان زیر مجموعه ای از تکنیک های هوش مصنوعی با ساختار و عملکردی شبیه به مغز انسان که دارای اجزایی به نام نود یا نرون بوده (Strobll and Forte, 2007)، امروزه در طیف وسیعی برای به کارگیری در حل بسیاری از مسائل، شامل ارزیابی، بهینه سازی، پیش بینی، تشخیص و کنترل رایج شده اند. یکی از مهمترین ویژگی های شبکه های عصبی مصنوعی، عدم وابستگی آنها به فرضیه های اولیه درباره داده های ورودی است. به این معنی که داده های ورودی می توانند هر گونه توزیع آماری دلخواهی داشته باشند (Civco et al., 1994). این ویژگی مهم شبکه های عصبی، امتیاز ویژه آنها در مقابل روشهای آماری است و به آنها این توانایی را می دهد که از انواع مختلف داده های ورودی با هر توزیع دلخواه به طور یکسانی استفاده کنند (Benediktsson et al., 1990). کارآمد بودن شبکه برای یادگیری و انطباق با محیط در صورت تغییر در شرایط محیطی، عدم از کارافتادگی شبکه در صورت آسیب دیدگی قسمتی از نرون ها و داشتن جواب منطقی برای داده های در شرایط اطمینان (اعم از آنکه فازی باشند و یا به طور ناقص و توام با دریافت نویز دریافت شده باشند)، علاقه مندی به استفاده از این روش را بیشتر می نماید (کیا، ۱۳۸۹). یکی از شبکه های عصبی پر کاربرد در مدیریت منابع طبیعی، شبکه عصبی پیش خور با الگوریتم انتشار به عقب (شبکه عصبی پرسپترون چند لایه[1]) می باشد. یک پرسپترون، برداری از ورودی های با مقادیر حقیقی را گرفته و یک ترکیب خطی از این ورودی ها را محاسبه می کند. اگر حاصل، از یک مقدار آستانه بیشتر باشد خروجی پرسپترون برابر با ۱ و در غیر این صورت معادل ۱- خواهد بود (Norusis, 2007). یکی دیگر از مهمترین گونه های شبکه عصبی تابع پایه شعاعی[2] (RBF) می باشد. این نوع شبکه عصبی نیاز به نورون های بیشتری دارند، اما حسن آنها در زمان طراحی کوتاه تر آنها نسبت به شبکه های استاندارد پس انتشار می باشد. این شبکه ها زمانی که بردارهای آموزشی بسیار زیاد می باشند، دارای بهترین کارایی هستند (کیا، ۱۳۸۹). هدف از این تحقیق استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) در برآورد حجم صنوبر در حوزه شفارود استان گیلان می باشد.

1- Multi layer perceptron (MLP) neural network
2- Radial basis function

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از سری ۱۹ پیلمبرا در حوزه ۹ شفارود می‌باشد که با جنگل‌های دست‌کاشت جلگه‌ای در شمال شهرستان رضوان‌شهر و در ۴ کیلومتری شرکت شفارود قرار گرفته است. این منطقه زیر نظر اداره منابع طبیعی شهرستان رضوان‌شهر و تحت نظارت طرح‌های گیسوم است که با توجه به سیستم UTM در محدوده Y=41641225, X=356600, Y=4157928, X=331941 قرار دارد (شکل ۱). کل مساحت این سری حدود ۱۵۹۴/۶ هکتار است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گیلان

سنگهای مادری این ناحیه از نوع ماسه‌ای است که به دوره اول مزوزوئیک تعلق دارد. این منطقه دارای خاک قهوه‌ای و قهوه‌ای خاکستری بوده که دارای خاصیت اسیدی است، اقلیم منطقه خزری است (بهرام نیا، ۱۳۷۴). در گذشته جامعه اصلی این مناطق بلوطستان به همراه گونه‌های ممرز، توسکا، انجیلی، سفیدپلت و اوجا بود که به علت تخریب در سه دهه گذشته با گونه‌هایی چون صنوبر، توسکای ییلاقی، توسکای قشلاقی، کاج تدا، افرا، ون و غیره مورد جنگل‌کاری قرار گرفته است.

روش تحقیق

تعداد ۱۰۰ اصله درخت صنوبر به صورت تصادفی انتخاب شدند. اندازه گیری قطر درخت در ارتفاع کنده، در ارتفاع برابرسینه و در ارتفاع بالای تنه (شروع تاج) با خط کش دو بازو (کالیپر) و اندازه گیری ارتفاع کل و ارتفاع تنه (بعد از عملیات قطع) با متر نواری انجام شد. حجم تک تک درختان نیز توسط گروه تجدید حجم در جنگل با جدول حجم دو عامله (گرجی بحری، ۱۳۷۱) محاسبه و به عنوان متغیر وابسته در تعیین رابطه ها مورد استفاده قرار گرفت. به منظور ارزیابی دقت شبکه های عصبی مصنوعی در برآورد حجم تنه درخت، با استفاده از معیارهای مجذور میانگین مربعات خطا، اعتبار روش بررسی شد. داده ها به صورت تصادفی به دو دسته آموزش (۷۰ درصد داده ها) و آزمون (۳۰ درصد داده ها) و به شکلی تقسیم شدند که بیشترین و کمترین داده در دسته آموزش قرار گیرد. متغیرهای قطر کنده، قطر برابرسینه، قطر بالای تنه، ارتفاع کل و ارتفاع تنه به عنوان ورودی های شبکه و متغیر حجم به عنوان خروجی شبکه در نظر گرفته شدند. در این مطالعه از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه استفاده شد. برای آموزش شبکه، از الگوریتم انتشار به عقب استفاده گردید. توابع انتقال مناسب، تعداد

لایه های پنهان و همچنین تعداد نرون های هر لایه نیز با آزمون و خطا تعیین شد و این روند تا زمانی ادامه یافت که خطای بین داده حجم برآوردی و داده حجم واقعی به کمترین حد خود برسد. آنگاه مدل استخراجی بهترین مدل تعیین حجم درختان با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه خواهد بود.

نتایج

جهت مدل سازی و برآورد حجم تنه درختان صنوبر به وسیله شبکه های عصبی مصنوعی از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه با لایه های پنهان مختلف بهره گرفته شد. در این مدل سازی تابع هدف اصلی، حجم تنه درختان صنوبر قرار گرفت که به وسیله فرمول محاسبه گردیده بود. از این جهت قطر برابرسینه و همچنین ارتفاع کل ۱۰۰ عدد از درختان منطقه مذکور بررسی و اندازه گیری شد و ضریب شکل $f = ۰/۵۲$ (سمائی، ۱۳۹۵) جهت محاسبه حجم همه درختان انتخاب گردید و ماتریس تابع هدف را ایجاد کرد. آنگاه برای برآورد حجم تنه درختان به وسیله شبکه عصبی از دو متغیر یادشده (قطر برابرسینه و ارتفاع کل) استفاده نشد، بلکه ورودی های شبکه عصبی، ماتریس های مرکب از ترکیب ۴ متغیر متفاوت بود که عبارتند از: قطر کنده، ارتفاع کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه. این ترکیب ها در جدول ۱ نشان داده شده اند.

جدول ۱- الگوهای ماتریس های ورودی شبکه عصبی مصنوعی

نام	ماتریس های ورودی
الگوی ۱	قطر کنده - ارتفاع کنده
الگوی ۲	قطر کنده – قطر بالای تنه
الگوی ۳	قطر کنده – ارتفاع بالای تنه
الگوی ۴	ارتفاع کنده – قطر بالای تنه
الگوی ۵	ارتفاع کنده – ارتفاع بالای تنه
الگوی ۶	قطر بالای تنه – ارتفاع بالای تنه
الگوی ۷	قطر کنده - ارتفاع کنده – قطر بالای تنه
الگوی ۸	قطر کنده - ارتفاع کنده – ارتفاع بالای تنه
الگوی ۹	قطر کنده – قطر بالای تنه – ارتفاع بالای تنه
الگوی ۱۰	ارتفاع کنده – قطر بالای تنه – ارتفاع بالای تنه
الگوی ۱۱	قطر کنده - ارتفاع کنده – قطر بالای تنه – ارتفاع بالای تنه

حال می توان با این ورودی ها و با بهره گیری از شبیه سازهای شبکه عصبی مصنوعی دنبال بهترین لایه، بهترین ورودی و بهترین تعداد نورون برای بیشترین دقت در برآورد حجم بود. به عنوان پیش فرض در لایه بندی شبکه عصبی پرسپترون از ۱، ۲ و ۳ لایه پنهان استفاده گردید. الگوی مورد بررسی برای هر لایه کارگذاری شد و با تغییر تعداد نورون ها جهت پیدا کردن دقیق ترین آرایش با بالاترین کارایی هر کدام از آرایش های منتخب برای شبکه چند بار آزمایش شده تا جواب مطلوب به عنوان دقیق ترین و مناسب ترین جواب از هر الگوی ورودی برای همان لایه پنهان انتخاب گردد. به عنوان توابع انتقال داخل نورون های هر لایه، از بین توابع مذکور تابع تانژانت سیگموئیدی انتخاب گردید که در تمام لایه ها از همان استفاده شد و نکته دیگر که مدنظر قرار گرفته شد این بود که درصد داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون برای تمامی

تعداد لایه ها و همچنین تمامی آرایش های آزمایش شده در این پژوهش به ترتیب ۷۰٪، ۱۵٪ و ۱۵٪ در نظر گرفته شد که به عبارت دیگر می توان عنوان کرد ۷۰ اصله درخت جهت آموزش شبکه، ۱۵ اصله درخت جهت اعتبارسنجی و ۱۵ درخت باقیمانده هم جهت آزمون مدل سازی شبکه عصبی به صورت تصادفی از بین ۱۰۰ درخت موجود انتخاب شدند.

شبکه عصبی پرسپترون تک لایه

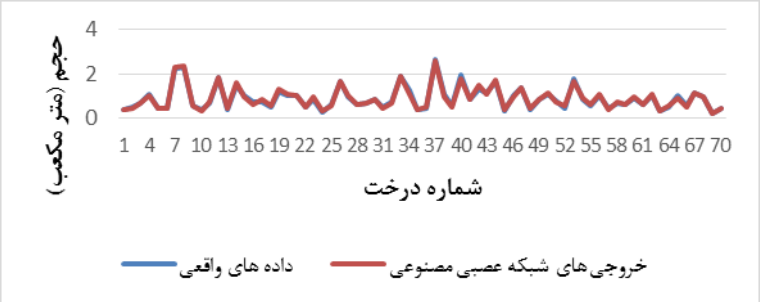
شبکه عصبی پرسپترون تک لایه دارای سه لایه است که این سه لایه عبارتند از لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی. نورون ها، آرایش ها و توابع انتقال در لایه پنهان گنجانده و تنظیم شد و به همین دلیل چون تعداد لایه های پنهان این مدل یک عدد است به آن شبکه عصبی پرسپترون تک لایه اطلاق می شود. برای هریک از الگوها بهترین آرایش پس از بررسی و تجزیه تحلیل انتخاب شد که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- معیارهای ارزیابی برای شبکه عصبی پرسپترون تک لایه

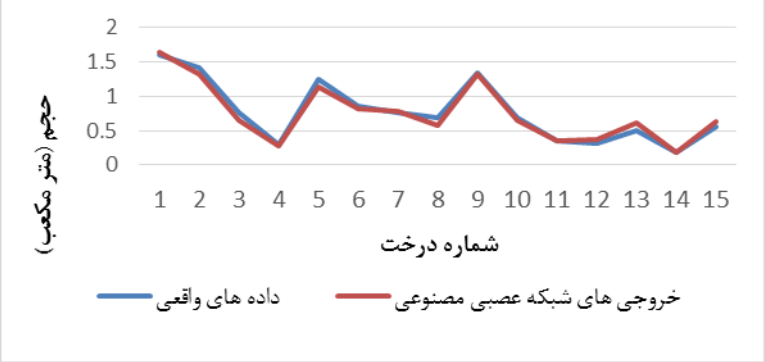
ورودی	تعداد نورون در لایه پنهان	RMSE				R			
		آموزش	اعتبارسنجی	آزمون	کل	آموزش	اعتبارسنجی	آزمون	کل
الگوی ۱	۷	۰,۰۸۷	۰,۰۹۸	۰,۱۱۴	۰,۰۹۳	۰,۹۷۷	۰,۹۹۱	۰,۹۸۴	۰,۹۸۲
الگوی ۲	۱۲	۰,۰۹۱	۰,۰۸۸	۰,۰۸۹	۰,۰۹۰	۰,۹۸۶	۰,۹۸۷	۰,۹۶۵	۰,۹۸۴
الگوی ۳	۸	۰,۰۷۷	۰,۰۹۴	۰,۰۷۹	۰,۰۸۰	۰,۹۹۰	۰,۹۸۰	۰,۹۸۶	۰,۹۸۸
الگوی ۴	۱۰	۰,۰۸۲	۰,۱۲۰	۰,۱۱۱	۰,۰۹۳	۰,۹۸۶	۰,۹۷۰	۰,۹۸۱	۰,۹۸۴
الگوی ۵	۹	۰,۳۹۱	۰,۳۶۰	۰,۳۹۵	۰,۳۸۷	۰,۷۰۲	۰,۴۴۷	۰,۴۱۴	۰,۶۵۰
الگوی ۶	۱۲	۰,۰۹۱	۰,۱۰۰	۰,۱۰۶	۰,۰۹۵	۰,۹۸۵	۰,۹۸۵	۰,۹۵۹	۰,۹۸۳
الگوی ۷	۹	۰,۰۸۲	۰,۰۸۶	۰,۱۰۹	۰,۰۸۷	۰,۹۸۶	۰,۹۹۰	۰,۹۷۰	۰,۹۸۵
الگوی ۸	۸	۰,۰۷۸	۰,۰۶۷	۰,۰۸۵	۰,۰۷۷	۰,۹۸۹	۰,۹۸۸	۰,۹۸۶	۰,۹۸۸
الگوی ۹	۸	۰,۰۶۴	۰,۰۶۷	۰,۰۷۶	۰,۰۶۶	۰,۹۹۲	۰,۹۸۹	۰,۹۹۰	۰,۹۹۱
الگوی ۱۰	۱۱	۰,۰۷۲	۰,۱۰۴	۰,۱۱۳	۰,۰۸۵	۰,۹۹۰	۰,۹۷۳	۰,۹۸۶	۰,۹۸۶
الگوی ۱۱	۱۰	۰,۰۷۳	۰,۰۷۸	۰,۰۶۶	۰,۰۷۳	۰,۹۹۰	۰,۹۹۴	۰,۹۵۸	۰,۹۹۰

همانگونه که از معیارهای ارزیابی مدل پیداست، مدل های برازش داده شده از میانگین دقت مطلوب و همچنین همبستگی بسیار زیادی برخوردار می باشند. برای هر یک از الگوهای مشخص شده، نورون های مختلف در لایه پنهانشان امتحان شده و آن آرایشی که کمترین خطا را از خود به نمایش گذاشت به عنوان بهترین آرایش و یا به عبارت بهتر، بهترین تعداد نورون در لایه پنهان رو به روی الگوی موردنظر درج شد. در این میانه می توان دریافت کرد که بهترین دقت ها مربوط به مدل های ۸ نورونی بوده و پس از آن ۹، ۱۰ و ۱۲ نورون در لایه پنهان بر روی این نمونه ها جوابدهی بهتری داشتند. از میان الگوهای آموزش داده شده در شبکه عصبی پرسپترون تک لایه به ترتیب، الگوی ۹، الگوی ۱۱، الگوی ۸ و الگوی ۳ بهترین الگوها بوده که به عنوان ورودی شبکه عصبی کمترین خطاها را از خود به نمایش گذاشتند. در این بین الگوی شماره ۵ با داشتن بیشترین خطای مدل سازی، جایگاه آخر را از نظر دقت در بین ورودی های مختلف از آن خود کرد. در پایان الگوی ورودی شماره ۹، با ۸ نورون در لایه پنهان با داشتن مجذور میانگین مربعات خطای کل (M^3) RMSE=0.066 و ضریب همبستگی

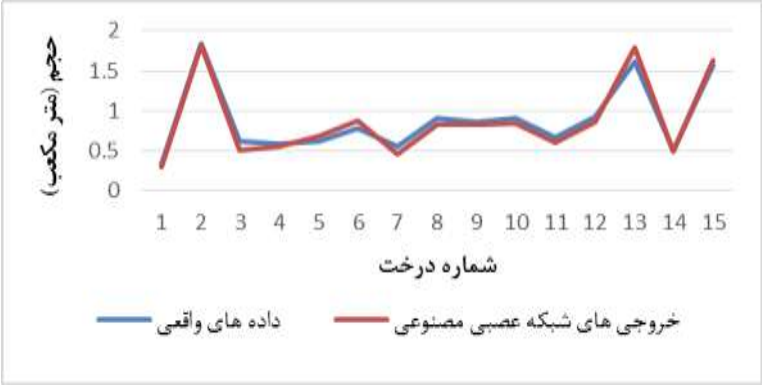
پیرسون R=0.991 به عنوان بهترین ورودی با دقیق ترین آرایش شبکه برای شبکه عصبی پرسپترون تک لایه انتخاب شد. خروجی های شبکه عصبی و همچنین حجم اصلی درختان برای شبکه عصبی پرسپترون تک لایه، به تفکیک داده های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل در شکل های ۱ تا ۴ ارائه شده اند.



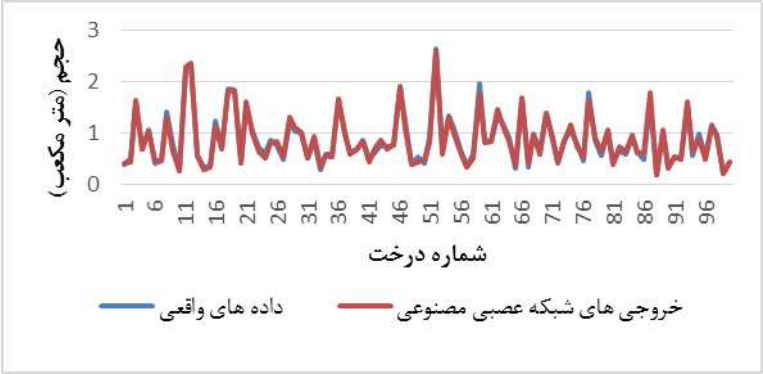
شکل ۱- مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون تک لایه و حجم تنه واقعی، داده های آموزش



شکل ۲ - مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون تک لایه و حجم تنه واقعی، داده های اعتبارسنجی

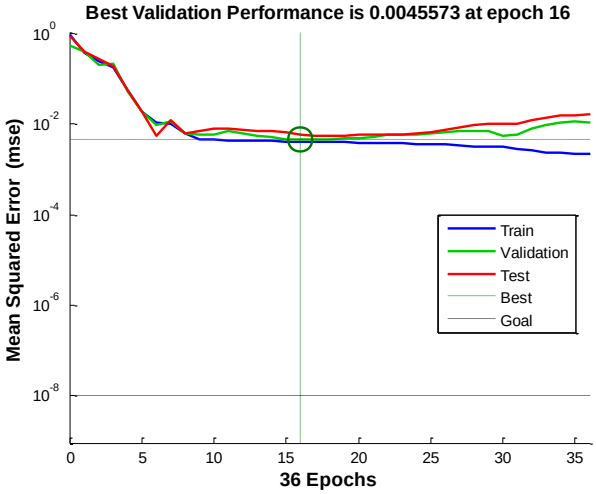


شکل ۳ - مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون تک لایه و حجم تنه واقعی، داده های آزمون

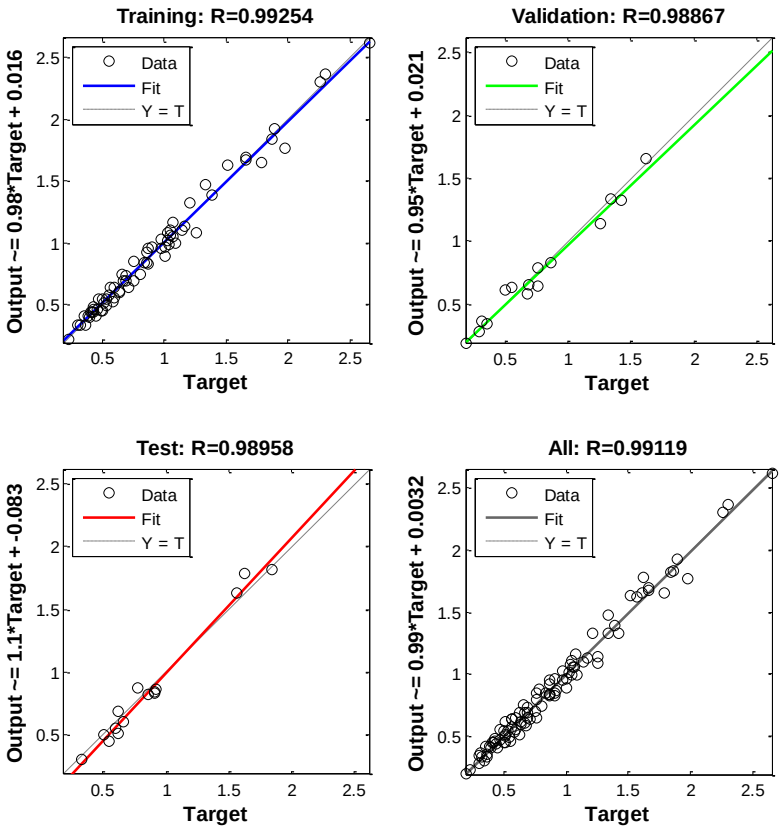


شکل ۴- مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون تک لایه و حجم تنه واقعی، کل داده ها

مشاهده نمودارهای مقایسه ای داده های هدف و خروجی شبکه عصبی (شکل های ۱ تا ۴) به وضوح بیانگر دقت زیاد شبکه عصبی پرسپترون تک لایه در برآورد حجم تنه درختان صنوبر است، به طوری که در الگوی ورودی برتر، در اکثریت درختان توانسته است حجم تنه را برای هر سه سری از داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون به اندازه دقیق برآورد نماید. نمای کلی خطاهای عملکرد سه سری داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون با در نظر گرفتن معیار عملکرد میانگین مربعات خطا در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵- نمودار عملکرد (Performance) خروجی های شبکه عصبی پرسپترون تک لایه

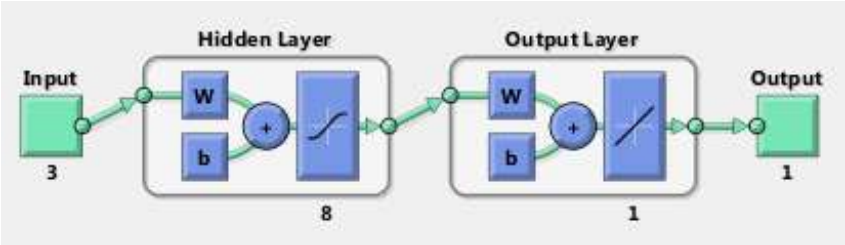


شکل ۶- نمودار همبستگی خروجی های شبکه عصبی پرسپترون تک لایه

چنانچه در شکل ۵ مشاهده می شود، در تکرار مشخص شده میانگین مربعات خطای هر سه سری از داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون در میان یک دایره جای گرفته است. این مساله بیانگر این است که خطای هر سه سری از داده های مدل به یک اندازه بوده که از آزمون های اصلی بعد از مدل سازی های هوش مصنوعی جهت تعیین مدل مناسب برای تخمین متغیر مورد نظر می باشد. به عبارت دیگر می توان گفت چنانچه بخواهیم با اندازه گیری قطر کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه درخت صنوبر در این منطقه حجم واقعی تنه درختان را برآورد کنیم، مدل برگزیده شده از شبکه عصبی پرسپترون تک لایه می تواند با خطایی در همین اندازه که گفته شد (۰,۰۶۶ متر مکعب و نه بیشتر) برآورد کند که بیانگر قدرت بسیار زیاد مدل استخراج شده از شبکه عصبی است.

بخش دیگر از آزمون های صحت سنجی هرگونه مدل سازی، بررسی همبستگی داده های خروجی از مدل با داده های واقعی از همان متغیر می باشد که در پژوهش جاری این مساله در شکل ۶ برای شبکه عصبی پرسپترون تک لایه نشان داده شده است. برای این منظور ضریب همبستگی پیرسون یا R مورد استفاده قرار گرفته است که مقادیر آن از ۱- تا ۱ متغیر بوده و مقادیر خروجی این بخش از تحقیق حاضر مقادیر نزدیک به عدد یک را داراست که به ترتیب برای داده های آموزش R=0.992، اعتبارسنجی R=0.989 و آزمون R=0.990 می باشد. نزدیک بودن اکثریت نقاط داخل نمودار به خط رگرسیونی بهینه شده ای که معادله آن در سمت چپ هر نمودار همبستگی مشخص شده است و همچنین نزدیک بودن سه سری داده

های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون در همبستگی نیز دلیل دیگری بر قدرت زیاد شبکه عصبی پرسپترون تک لایه در برآورد حجم واقعی تنه درختان صنوبر، با در دست داشتن ورودی های قطر کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه می باشد که در این تحقیق کم خطاترین ورودی های شبکه عصبی پرسپترون تک لایه به حساب می آیند.



شکل ۷- بهترین آرایش شبکه عصبی پرسپترون تک لایه

شبکه عصبی پرسپترون دو لایه

شبکه عصبی پرسپترون دو لایه دارای چهار لایه می باشد که این چهار لایه عبارتند از لایه ورودی، دو لایه پنهان و لایه خروجی که همانند همه آرایش های شبکه عصبی پرسپترون چند لایه نورون ها، آرایش ها و توابع انتقال در دو لایه پنهان تنظیم شده و به همین دلیل چون تعداد لایه های پنهان این مدل دو عدد می باشد، به آن شبکه عصبی پرسپترون دو لایه گفته می شود. برای هر کدام از الگوهای جدول ۱ بهترین آرایش پس از بررسی انتخاب شده که نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

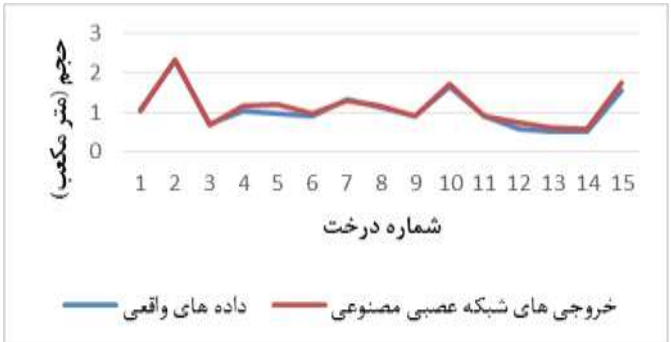
جدول ۳- معیار های ارزیابی برای شبکه عصبی پرسپترون دو لایه

ورودی	تعداد نورون در لایه های پنهان		RMSE				R			
	لایه اول	لایه دوم	آموزش	اعتبارسنجی	آزمون	کل	آموزش	اعتبارسنجی	آزمون	کل
الگوی ۱	۹	۴	۰,۱۱۳	۰,۱۴۶	۰,۱۶۱	۰,۱۲۷	۰,۹۸۰	۰,۹۵۷	۰,۹۱۵	۰,۹۶۸
الگوی ۲	۷	۵	۰,۱۱۹	۰,۱۱۲	۰,۰۸۴	۰,۱۱۳	۰,۹۷۵	۰,۹۹۳	۰,۹۸۸	۰,۹۷۹
الگوی ۳	۶	۶	۰,۰۷۹	۰,۱۰۱	۰,۱۴۱	۰,۰۹۴	۰,۹۸۹	۰,۹۸۸	۰,۹۶۶	۰,۹۸۲
الگوی ۴	۸	۹	۰,۰۹۶	۰,۱۰۳	۰,۱۰۸	۰,۰۹۹	۰,۹۸۵	۰,۹۷۷	۰,۹۶۷	۰,۹۸۱
الگوی ۵	۷	۴	۰,۴۵۷	۰,۴۳۶	۰,۳۷۹	۰,۴۴۳	۰,۴۹۲	۰,۳۶۳	۰,۴۲۰	۰,۴۶۷
الگوی ۶	۱۰	۶	۰,۱۱۳	۰,۱۶۱	۰,۱۲۱	۰,۱۲۳	۰,۹۷۶	۰,۹۶۱	۰,۹۳۲	۰,۹۷۰
الگوی ۷	۹	۸	۰,۰۹۹	۰,۱۰۳	۰,۰۹۱	۰,۰۹۸	۰,۹۷۷	۰,۹۶۹	۰,۹۸۱	۰,۹۸۰
الگوی ۸	۵	۵	۰,۱۰۵	۰,۱۲۶	۰,۰۷۱	۰,۱۰۴	۰,۹۷۹	۰,۹۸۰	۰,۹۵۲	۰,۹۷۸
الگوی ۹	۸	۴	۰,۰۸۴	۰,۰۹۹	۰,۰۸۸	۰,۰۸۷	۰,۹۸۹	۰,۹۸۶	۰,۹۸۹	۰,۹۸۹
الگوی ۱۰	۶	۹	۰,۰۹۰	۰,۱۲۰	۰,۰۸۷	۰,۰۹۷	۰,۹۸۷	۰,۹۶۳	۰,۹۷۷	۰,۹۸۲
الگوی ۱۱	۶	۶	۰,۰۸۹	۰,۱۱۸	۰,۱۰۸	۰,۰۹۴	۰,۹۹۱	۰,۹۸۳	۰,۹۸۶	۰,۹۸۹

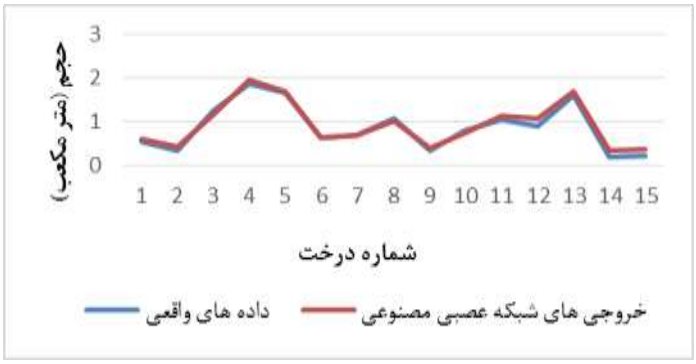
با استناد به جدول و با توجه به معیارهای ارزیابی مدل، مدل های برازش داده شده از میانگین دقت خوب و همچنین همبستگی بالایی برخوردار می باشند. برای هر یک از الگوهای مشخص شده، تعداد نورون های مختلف در هر دو لایه پنهانشان امتحان شد و آرایشی که دارای کمترین خطا بود به عنوان دقیق ترین آرایش یا به عبارتی بهترین تعداد نورون در لایه پنهان، رو به روی الگوی موردنظر درج شد. از لحاظ تعداد بهینه نورون های هر لایه، برای لایه پنهان اول به ترتیب تعداد ۶، ۹ و ۸ نورون و برای لایه پنهان دوم نیز به همین شکل بهترین جوابدهی را در الگوهای مختلف داشتند. از میان الگوهای آموزش داده شده در شبکه عصبی پرسپترون دو لایه نیز به ترتیب، الگوی ۹، الگوی ۱۱، الگوی ۳ بهترین الگوها بود که به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی کمترین خطا ها را از خود به نمایش گذاشتند. در میان یازده الگوی ورودی آزمایش شده، الگوی شماره ۵ با داشتن بیشترین خطای مدل سازی (RMSE=0.443)، جایگاه آخر را از نظر دقت به خود اختصاص داد. در نهایت الگوی ورودی شماره ۹، با ۸ نورون در لایه پنهان اول و ۴ نورون در لایه پنهان دوم با داشتن مجذور میانگین مربعات خطای کل (M^3) RMSE=0.087 و ضریب همبستگی پیرسون R=0.989 به عنوان بهترین ورودی با دقیق ترین آرایش شبکه برای شبکه عصبی پرسپترون دو لایه انتخاب شد. خروجی های شبکه عصبی و همچنین حجم اصلی درختان برای شبکه عصبی پرسپترون دو لایه، به تفکیک داده های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل در شکل های ۸ تا ۱۱ نمایش داده شده اند.



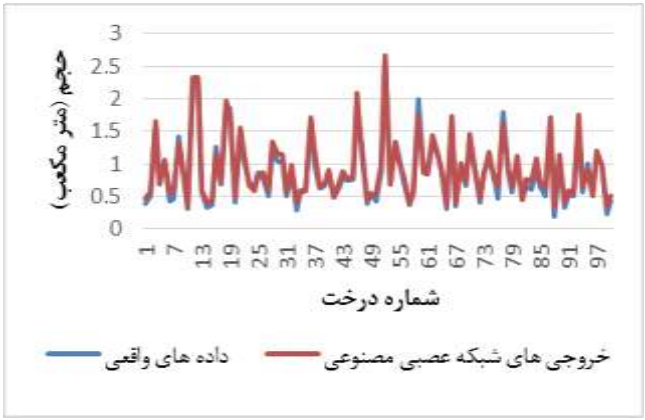
شکل ۸ - مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون دو لایه و حجم تنه واقعی، داده های آموزش



شکل ۹- مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون دو لایه و حجم تنه واقعی، داده های اعتبارسنجی

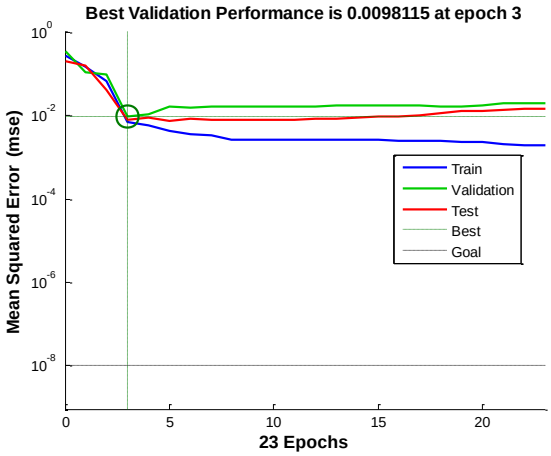


شکل ۱۰- مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون دو لایه و حجم تنه واقعی، داده های آزمون

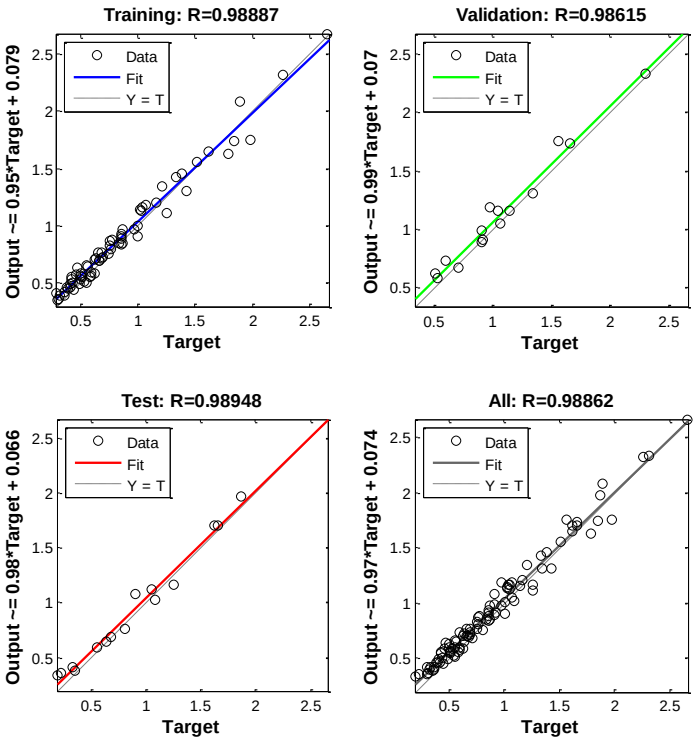


شکل ۱۱- مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون دو لایه و حجم تنه واقعی، کل داده ها

مشاهده نمودارهای مقایسه ای داده های هدف و خروجی شبکه عصبی پرسپترون دو لایه (شکل های ۸ تا ۱۱) بیانگر دقت نسبتا زیاد آن در برآورد حجم تنه درختان صنوبر این منطقه می باشد. به شکلی که در الگوی ورودی و آرایش شبکه بهینه، برای تعداد قابل ملاحظه ای از درختان توانسته حجم تنه را در هر سه سری از داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون به اندازه نسبتاً دقیق برآورد نماید. شکل کلی خطاهای عملکرد سه سری داده های آموزش و اعتبارسنجی و آزمون با در نظر گرفتن معیار عملکرد میانگین مربعات خطا در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱۲ نمودار عملکرد (Performance) خروجی های شبکه عصبی پرسپترون دو لایه

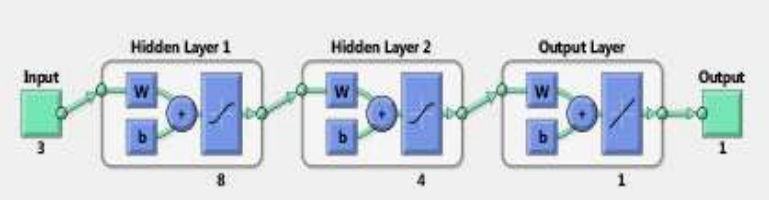


شکل ۱۳ - نمودار همبستگی خروجی های شبکه عصبی پرسپترون دو لایه

چنانچه در شکل ۱۲ مشاهده می شود در تکرار مشخص شده، میانگین مربعات خطای هر سه سری از داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون در میان یک دایره جای گرفته است. این مساله بیانگر این است که خطای هر سه سری از داده های مدل به یک اندازه بوده است. در نتیجه چنانچه بخواهیم با اندازه گیری قطر کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه درخت صنوبر در این منطقه حجم واقعی تنه درختان را برآورد کنیم، مدل برگزیده شده از شبکه عصبی پرسپترون دو لایه نیز می

تواند با خطایی در حدود ۰,۰۸۷ متر مکعب برآورد کند که بیانگر قدرت نسبتاً بالای مدل استخراج شده از شبکه عصبی می باشد.

در شکل ۱۳ بررسی همبستگی داده های خروجی از مدل با داده های واقعی برای شبکه عصبی پرسپترون دو لایه نشان داده شده است. خروجی این بخش از تحقیق حاضر مقادیر نزدیک به عدد یک را داراست که به ترتیب برای داده های آموزش R=0.989، اعتبارسنجی R=0.986 و آزمون R=0.989 می باشد. نزدیک بودن اکثریت نقاط داخل نمودار به خط رگرسیونی بهینه شده ای که معادله آن در سمت چپ هر نمودار همبستگی مشخص شده است و همچنین نزدیک بودن مقادیر ضریب همبستگی R سه سری داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون نیز دلیل دیگری بر قدرت بالای شبکه عصبی پرسپترون دو لایه در برآورد حجم واقعی تنه درختان صنوبر، با احتساب ورودی های قطر کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه می باشد که در این تحقیق کم خطاترین الگوی ورودی شبکه عصبی پرسپترون دو لایه به حساب می آیند.



شکل ۱۴- بهترین آرایش شبکه عصبی پرسپترون دو لایه

شبکه عصبی پرسپترون سه لایه

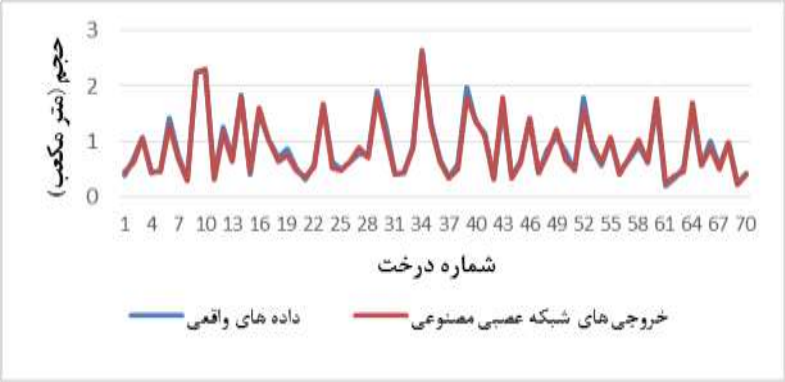
شبکه عصبی پرسپترون سه لایه دارای پنج لایه می باشد که این پنج لایه عبارتند از لایه ورودی، سه لایه پنهان و لایه خروجی که چون تعداد نورون ها، آرایش ها و توابع انتقال در همان سه لایه پنهان تنظیم شده، به آن شبکه عصبی پرسپترون سه لایه گفته می شود. برای هر یک از الگوهای جدول ۱ بهترین آرایش پس از بررسی انتخاب شده که نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- معیار های ارزیابی برای شبکه عصبی پرسپترون سه لایه

ورودی	تعداد نورون در لایه های پنهان			RMSE				R			
	لایه اول	لایه دوم	لایه سوم	آموزش	اعتبارسنجی	آزمون	کل	آموزش	اعتبارسنجی	آزمون	کل
الگوی ۱	۶	۳	۵	۰,۰۹۰	۰,۸۸	۰,۱۱۰	۰,۰۹۳	۰,۹۸۷	۰,۹۷۶	۰,۹۵۵	۰,۹۸۳
الگوی ۲	۳	۸	۶	۰,۰۹۷	۰,۱۰۲	۰,۹۱	۰,۰۹۷	۰,۹۸۲	۰,۹۸۴	۰,۹۸۵	۰,۹۸۱
الگوی ۳	۷	۷	۵	۰,۰۷۲	۰,۱۰۹	۰,۰۸۶	۰,۰۸۱	۰,۹۹۰	۰,۹۷۸	۰,۹۶۸	۰,۹۸۷
الگوی ۴	۹	۸	۵	۰,۰۹۷	۰,۰۸۴	۰,۰۹۱	۰,۰۹۴	۰,۹۷۷	۰,۹۸۵	۰,۹۹۰	۰,۹۸۲
الگوی ۵	۵	۹	۴	۰,۳۸۲	۰,۳۵۵	۰,۴۹۵	۰,۳۹۷	۰,۶۵۱	۰,۵۶۶	۰,۶۴۷	۰,۶۰۸
الگوی ۶	۱۰	۷	۸	۰,۰۸۶	۰,۱۰۰	۰,۱۴۸	۰,۱۰۲	۰,۹۸۱	۰,۹۷۶	۰,۹۴۹	۰,۹۷۹
الگوی ۷	۹	۸	۸	۰,۰۸۸	۰,۰۹۷	۰,۰۹۱	۰,۰۹۲	۰,۹۸۷	۰,۹۷۳	۰,۹۸۰	۰,۹۷۹

الگوی ۸	۳	۸	۴	۰,۰۷۹	۰,۰۶۷	۰,۰۹۱	۰,۰۷۹	۰,۹۸۹	۰,۹۸۶	۰,۹۶۵	۰,۹۸۷
الگوی ۹	۸	۶	۵	۰,۰۷۷	۰,۰۷۵	۰,۰۶۵	۰,۰۷۵	۰,۹۹۱	۰,۹۸۴	۰,۹۶۴	۰,۹۸۹
الگوی ۱۰	۶	۶	۷	۰,۰۷۷	۰,۱۰۴	۰,۱۱۱	۰,۰۸۹	۰,۹۸۹	۰,۹۷۴	۰,۹۶۷	۰,۹۸۴
الگوی ۱۱	۸	۸	۶	۰,۰۹۱	۰,۰۸۰	۰,۰۸۴	۰,۰۸۸	۰,۹۸۸	۰,۹۶۷	۰,۹۸۸	۰,۹۸۷

با توجه به معیارهای ارزیابی جدول ۴، مدل های شبکه عصبی پرسپترون سه لایه میانگین دقت مطلوب و همچنین همبستگی بالایی را دارا می باشند. برای هر یک از الگوهای تعیین شده، تعداد نورون های مختلف در هر یک از سه لایه پنهان امتحان شد و آرایشی که دارای کمترین خطا بود به عنوان دقیق ترین آرایش رو به روی الگوی مورد نظر درج شد. از نظر تعداد بهینه نورون های لایه های پنهان، برای لایه پنهان اول ۹، ۸، ۶ و ۳ نورون به یک اندازه، برای لایه پنهان دوم ۸ نورون با قدرت بسیار خوب و پس از آن ۷ و ۶ نورون به یک اندازه و در لایه پنهان سوم هم ۵ نورون با قدرت بسیار خوب و پس از آن ۸ و ۶ و ۴ نورون بهترین جوابدهی را در الگوهای مختلف داشتند. در بین ۱۱ الگوی ورودی به شبکه عصبی پرسپترون سه لایه، به ترتیب، الگوی ۹، الگوی ۸، الگوی ۱۱ و الگوی ۱۰ بهترین الگوها بوده که به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی کمترین خطاها را از خود به نمایش گذاشتند. در میان یازده الگوی ورودی آزمایش شده، الگوی شماره ۵ با داشتن بیشترین خطای مدل سازی (RMSE=0.355)، از نظر دقت رتبه آخر را در جدول از آن خود کرد. در نهایت الگوی ورودی شماره ۹، با ۸ نورون در لایه پنهان اول، ۶ نورون در لایه پنهان دوم و ۵ نورون در لایه پنهان سوم با RMSE=0.075 (M^3) و R=0.989 به عنوان بهترین ورودی و دقیق ترین آرایش شبکه برای شبکه عصبی پرسپترون سه لایه انتخاب شد. خروجی های شبکه عصبی و همچنین حجم اصلی درختان برای شبکه عصبی پرسپترون سه لایه، به تفکیک داده های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل در شکل های ۱۵ تا ۱۸ ارائه شده اند.



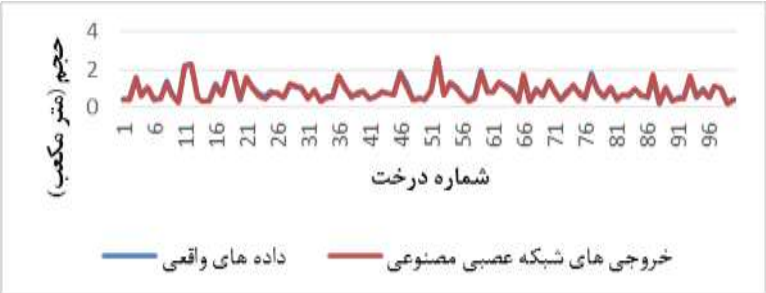
شکل ۱۵ - مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون سه لایه و حجم تنه واقعی، داده های آموزش



شکل ۱۶ - مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون سه لایه و حجم تنه واقعی، داده های اعتبارسنجی

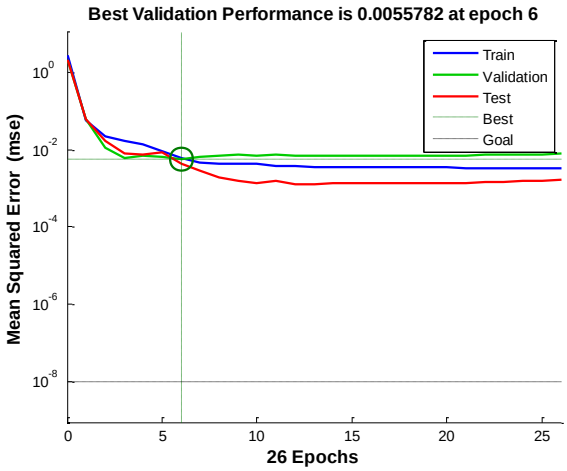


شکل ۱۷ - مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون سه لایه و حجم تنه واقعی، داده های آزمون

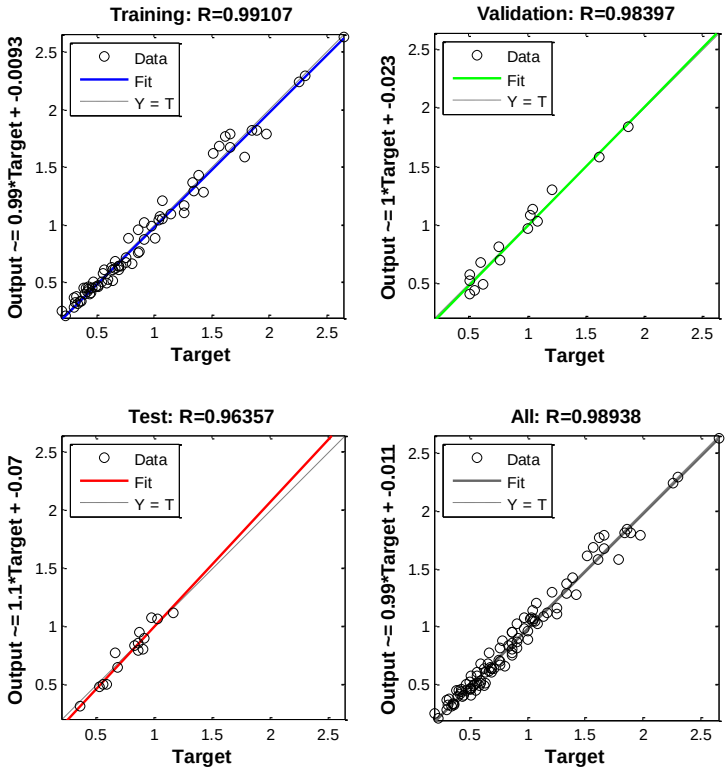


شکل ۱۸ - مقایسه خروجی های شبکه عصبی پرسپترون سه لایه و حجم تنه واقعی، کل داده ها

مشاهده نمودار های مقایسه ای داده های هدف و خروجی شبکه عصبی پرسپترون سه لایه (شکل های ۱۵ تا ۱۸) بیانگر دقت زیاد آن در برآورد حجم تنه درختان صنوبر این منطقه می باشد. به شکلی که در الگوی ورودی و آرایش شبکه بهینه، برای اکثریت درختان توانسته حجم تنه درخت را در هر سه سری از داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون به اندازه دقیق برآورد نماید. شمای کلی خطاهای عملکرد سه سری داده های آموزش و اعتبارسنجی و آزمون با در نظر گرفتن معیار عملکرد میانگین مربعات خطا در شکل ۱۹ ارائه شده است.



شکل ۱۹ - نمودار عملکرد (Performance) خروجی های شبکه عصبی پرسپترون سه لایه

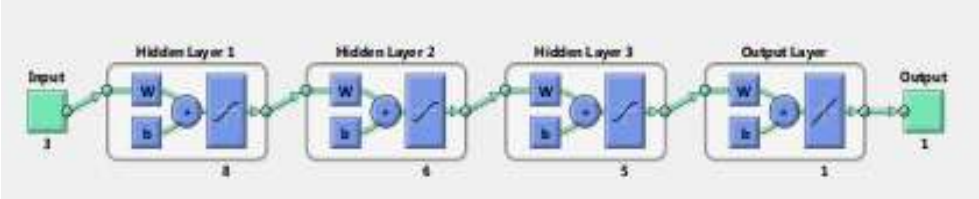


شکل ۲۰- نمودار همبستگی خروجی های شبکه عصبی پرسپترون سه لایه

چنانچه در شکل ۱۹ مشاهده می شود در تکرار مشخص شده میانگین مربعات خطای هر سه سری از داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون در میان یک دایره جای گرفته است و همانند شبکه های عصبی پرسپترون تک لایه و دو لایه، این مسئله بیانگر این است که خطای هر سه سری از داده های در شبکه عصبی پرسپترون سه لایه نیز به یک اندازه بوده است. بنابراین اگر بخواهیم با اندازه گیری متغیر های الگوی ۹ (قطر کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه) از درخت صنوبر در

این منطقه، حجم واقعی تنه درختان را برآوردکنیم، مدل برگزیده شده از شبکه عصبی پرسپترون سه لایه می تواند با خطایی در حدود ۰،۰۷۵ متر مکعب آن را برآورد نماید که بیانگر قدرت بسیار زیاد مدل استخراج شده از شبکه عصبی می باشد.

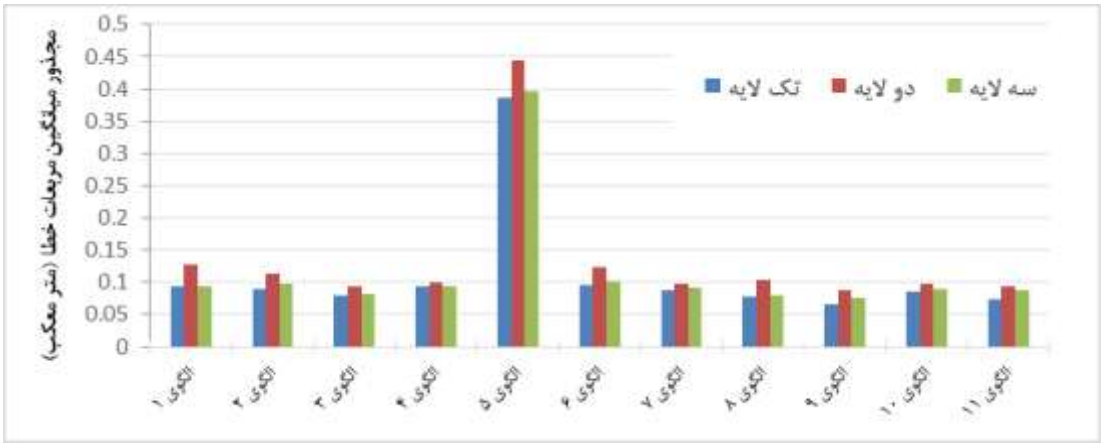
بررسی همبستگی داده های خروجی از مدل با داده های واقعی در شکل ۲۰ برای شبکه عصبی پرسپترون سه لایه نشان داده شده است. مقادیر خروجی این بخش از تحقیق حاضر مقادیر نزدیک به عدد یک را داراست که به ترتیب برای داده های آموزش R=0.991، اعتبارسنجی R=0.984 و آزمون R=0.964 می باشد. نزدیک بودن تعداد قابل ملاحظه ای از نقاط داخل نمودار به خط رگرسیونی بهینه شده ای که معادله آن در سمت چپ هر نمودار همبستگی مشخص شده است و همچنین نزدیک بودن مقادیر ضریب همبستگی R سه سری داده های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون نیز دلیل دیگری بر قدرت زیاد شبکه عصبی پرسپترون سه لایه در برآورد حجم واقعی تنه درختان صنوبر، با احتساب ورودی های قطر کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه می باشد که در این تحقیق در تمامی لایه بندی ها کم خطاترین الگوی ورودی شبکه عصبی پرسپترون سه لایه شناخته شدند.



شکل ۲۱- بهترین آرایش شبکه عصبی پرسپترون سه لایه

مقایسه خطای شبکه های عصبی پرسپترون تک لایه، دولایه و سه لایه در الگوهای ورودی مختلف

در تمامی الگوهای ورودی، شبکه عصبی پرسپترون تک لایه نسبت به بقیه از دقت بیشتری برخوردار بود. شبکه عصبی پرسپترون سه لایه نیز با دقت بسیار خوب و اختلاف بسیار کم با تک لایه در جایگاه دوم و شبکه عصبی پرسپترون دو لایه نیز که دقت قابل قبولی داشت، به دلیل اندکی خطای بیشتر نسبت به لایه های دیگر، در جایگاه سوم قرار گرفت. نکته قابل توجه دیگر این است که این موضوع در رتبه بندی خطای لایه های مختلف شبکه عصبی پرسپترون در تمامی الگوهای ورودی مشخص شده، با اختلاف های کمی تغییر نسبت به هم، به همین شکل می باشد. در این تحقیق کم خطاترین الگوهای ورودی برای هر سه لایه شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، ابتدا الگوی ۹ (قطر کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه)، سپس الگوی ۱۱ (قطر کنده، ارتفاع کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه)، آنگاه الگوی ۸ (قطر کنده، ارتفاع کنده و ارتفاع بالای تنه) و در نهایت الگوی ۳ (قطر کنده و ارتفاع بالای تنه) بودند که بهترین متغیرهای ورودی با دقیق ترین جوابها در پژوهش جاری به شمار می رفتند. سایر ماتریس های ورودی دقت هایی نزدیک به یکدیگر داشتند. ضعیف ترین الگوی ورودی نیز از بین ۱۱ الگوی تعیین شده، الگوی شماره ۵ بوده که با خطایی بسیار چشم گیر نسبت به بقیه ورودی ها در جایگاه آخر قرار گرفت. این خطای زیاد به دلیل قرار گرفتن دو عامل ارتفاع به عنوان متغیر ورودی و نبود عامل قطر درخت است.



شکل ۲۲- مقایسه خطای شبکه های عصبی پرسپترون تک لایه، دولایه و سه لایه در الگوهای مورد بررسی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصله از بررسی های انجام گرفته بر روی درختان صنوبر حوزه شفارود در غرب استان گیلان نشان داد که حجم تنه درختان را می توان با در دست داشتن متغیرهایی به غیر از قطر برابرسینه و ارتفاع کل نیز با دقت بسیار خوبی محاسبه نمود. بیاتی و نجفی (۱۳۹۰) استفاده از روابط به منظور محاسبه حجم درختان را از آن جهت ارزشمند می دانند که امکان پیش بینی حجم با دقت قابل قبول را تنها با اندازه گیری چند متغیر از درختان میسر می سازد. متغیرهای مختلفی از هر درخت برداشت شدند که عبارتند از قطر برابرسینه، ارتفاع کل، قطر کنده، ارتفاع کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه و تعداد ۱۰۰ اصله درخت در این منطقه مورد بررسی واقع شدند. به عنوان تابع هدف: حجم درخت و به عنوان ورودی، متغیرهای: قطر کنده، ارتفاع کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه و به عنوان شبیه ساز از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه استفاده گردید. ورودی ها در ماتریس های مختلف دو ستونی، سه ستونی و چهار ستونی در نرم افزار اکسل تعبیه شدند و در نرم افزار MATLAB طراحی های شبکه های عصبی پرسپترون تک لایه، دو لایه و سه لایه انجام گرفت. صحت سنجی مدل ها با استفاده از معیارهای ارزیابی مانند مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی پیرسون صورت گرفت. در هر لایه تعداد نورون های مختلف انتخاب شد که پس از چند بار آموزش بهترین حالت عملکرد در نظر گرفته شد و برای هر الگوی ورودی بهترین آرایش در لایه های مختلف انتخاب و مورد ارزیابی و خطاسنجی قرار گرفت. در این تحقیق، شبکه عصبی پرسپترون تک لایه که شامل یک لایه ورودی، یک لایه پنهان و یک لایه خروجی می باشد، با داشتن ۸ نورون در لایه پنهان خود، در الگوی ورودی قطر کنده، قطر بالای تنه و ارتفاع بالای تنه، با مجذور میانگین مربعات خطای RMSE=0.066 و ضریب همبستگی پیرسون R=0.991 به عنوان دقیق ترین رابطه خروجی شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با بیشترین میزان همبستگی بین داده های خروجی و هدف، توانست حجم تنه درختان صنوبر حوزه شفارود را در استان گیلان تخمین بزند. نتایج حاصل از این تحقیق هم جهت با تحقیق انجام گرفته توسط بیاتی و نجفی (۱۳۹۰) از پیشگامان مدل سازی شبکه های عصبی مصنوعی در علوم و مهندسی جنگل در ایران می باشد. ایشان در سال ۱۳۹۰ برای مدل سازی تعداد ۱۰۱ درخت از درختان جنگل آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس را مورد اندازه گیری قرار دادند و متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع درخت، قطر در ارتفاع کنده، قطر انتهای تنه و ارتفاع تنه را به عنوان ورودی در نظر گرفتند. این محققین در یک قسمت از مدل سازی تحقیق خود، از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه بهره گرفتند و خروجی های

مدل را مورد ارزیابی و صحت سنجی قرار دادند. در مدل ارائه شده توسط آنها که دارای دو لایه پنهان و تابع انتقال تانژانت سیگموئیدی بود، توانستند به دقت MSE=0.05 و همبستگی r=0.93 دست پیدا کنند که در راستای نتایج حاصل از تحقیق حاضر بوده و بیانگر دقت بسیار خوب شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در مدل سازی و برآورد حجم تنه درختان می باشد.
از تحقیقات مشابه دیگر می توان به پژوهش انجام گرفته توسط واحدی و همکاران (۱۳۹۳) اشاره نمود که در جنگلهای سری ۳ گلندرود نور واقع در حوضه آبخیز شماره ۴۸ جنگلهای شمال کشور انجام دادند. آنها اطلاعات حجم مربوط به ۱۵۰ اصله درخت قطع شده توده های آمیخته راش در جنگل های هیرکانی را با استفاده از قطر و ارتفاع آنها مورد بررسی قرار دادند. به عنوان شبیه ساز از مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه بهره گرفتند که در میان توابع انتقال از توابع تانژانت سیگموئیدی و لگاریتم سیگموئیدی برای همه نمونه ها و ورودی های لایه ای استفاده نمودند. نتایج تحقیق به وسیله معیارهای میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت که بهترین آرایش شامل دو لایه پنهان با ۱ نورون در لایه پنهان اول و ۱۵ نورون در لایه پنهان دوم بود که در تابع انتقال لگاریتم سیگموئیدی دارای همبستگی بسیار بالای r= ۹۹/۷ درصد بود که همچون تحقیق جاری بیانگر دقت بسیار زیاد شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در برآورد حجم تنه درختان آن منطقه بود. واحدی و همکاران (۱۳۹۳) از مدل شبکه عصبی پرسپترون برای مدل سازی چگالی تنه درختان نیز استفاده کردند. آنها در سال ۱۳۹۳ با استفاده از آمار چگالی قطعات بریده و خشک شده ۲۱ اصله از درختان راش در جنگلهای حاجیکلا- تیرانکلی ساری و با بکارگیری مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه توانستند مدلی برای تغییرات شعاعی و همچنین تغییرات عمودی چگالی در طول ارتفاع تنه درختان ارائه نمایند. مدل ارائه شده با ورودی های: قطر تاج به قطر برابرسینه، ضریب لاغری، قطر برابرسینه و شاخص حجم، با سه لایه پنهان و تعداد ۲۰ نورن در لایه های پنهان و تابع انتقال لگاریتم سیگموئیدی در داخل نورون ها توانست به حالت بهینه در برآورد چگالی تنه درختان با ضریب تشخیص ٪۷۵= R^2 و جذر میانگین مربعات خطای ۰/۰۷ =RMSE مورد استفاده قرار گیرد که نشان از دقت زیاد شبکه عصبی پرسپترون چند لایه است.

منابع

بیاتی، ه، نجفی، الف، (۱۳۹۰). کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در برآورد حجم تنه درختان، مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۲ (۲).

بیاتی، ه، نجفی، الف، عبدالمالکی، پ، (۱۳۹۱). مقایسه بین شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل رگرسیون در برآورد مدت زمان قطع درخت، فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰ (۴): ۵۹۵-۶۰۷.

بیاتی، ه، نجفی، الف، عبدالمالکی، پ، (۱۳۹۴). ارزیابی کارایی شبکه های عصبی مصنوعی در مدل سازی زمان وینچینگ Timber Jack 450 C، جنگل و فراورده های چوب ، ۶۸ (۴): ۷۶۹-۷۵۷.

سمائی، ر.، (۱۳۹۵). تهیه جدول حجم محلی گونه دست کاشت صنوبر در استان گیلان، چهارمین همایش ملی انجمن‌های علمی دانشجویی رشته‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه تهران .

قنبری، ف، شتایی، ش، ایوبی، ش، (۱۳۸۸). برآورد مشخصه تراکم درختان جنگل با استفاده از آنالیز زمین و شبکه عصبی مصنوعی. مجله پژوهش های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۶(۴): ۴۲-۲۵.

کیا، م.، (۱۳۸۹).شبکه های عصبی در MATLAB خدمات نشر کیان رایانه سبز. ۲۲۹ صفحه.

گرجی بحری، ی، (۱۳۷۱). جدول حجم صنوبر ۲۱۴- I مجموعه مقالات جنگل و مرتع موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، ۸۲: ۳۲-۲۵.

معصومیان، ع.، (۱۳۷۶). بررسی شکل درخت جهت برآورد حجم آن در گونه راش در توده جنگلی ویسر .پایان نامه کارشناسی ارشد رشته جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس ۱۵۲. صفحه.

میربادین، ع.، مدیررحمتی، ع.، همتی، ا.، شهریاری، ق.، ثاقب‌طالبی، خ.، هوشنگ، ف.، امانی م.، (۱۳۷۸). صنوبر - کشت و اصلاح. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۵۰ص.

واحدی، ع. متاجی، الف. فرجی، ف. (۱۳۹۳). ارائه مدل تغییرات شعاعی و عمودی چگالی تنهٔ درختان راش (*Fagus orientalis* L.) در جنگلهای هیرکانی با استفاده از تکنیک شبکهٔ عصبی مصنوعی، مجلهٔ جنگل ایران، ۶ (۴): ۴۸۳-۴۹۸.

واحدی، ع. متاجی، الف. اخوان، ر. (۱۳۹۶). مدل سازی حجم تجاری درختان توده های آمیختهٔ راش جنگلهای هیرکانی با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی. جنگل و فرآورده های چوب، ۷۰ (۱): ۶۰-۴۹.

Atkinson, P.M., and Tatnall, A.R., (1997). Introduction neural networks in remote sensing. Int.

Coulson, R.N., Folse, L.J., and Loh, D.K., (1987). Artificial intelligence and natural resource management. Science, 237: 262-267.

Gimblett, R.H., and Ball, G.L., (1995). Neural network architectures for monitoring and simulating changes in forest resources management. AI Applications, 9: 103-123.

Lek, S., Delacoste, M., Baran, P., Dimopoulos, I., Lauques, J., and Aulagnier, S., (1996). Application of neural networks to modeling nonlinear relationships in ecology. Ecol. Modell, 90: 39-52.

McRoberts, R.E., Schmoldt, D.L., and Rauscher, H.M., (1991). Enhancing the scientific process with artificial intelligence. Forest Science Applications, 5: 5-26.

Ozçelik, R., Diamantopoulou, M.J., Brooks, J.R., and Wiant, H.V.J., (2010). Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey. Journal of Environmental Management, 91: 742–753.

trobll, R.O., and Forte, F., (2007). Artificial neural network exploration of the influential factors in drainage network derivation. Hydrological processes, 21: 2965-2978.

Civco, D.L., and Wanug, Y., (1994). Classification of multispectral, multitemporal, multisource spatial data using artificial neural networks. Congress on Surveying and Mapping, USA: 12 p.

Benediktsson, J.A., Swain, P.H., and Erosy, O.K. (1990). Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote Sensing data. IEEE Transaction on Geosciences and Remote Sensing, 28: 540-551.

Norusis, M. J., (2007). Spss neural networks 17.0. SPSS Inc. Chicago IL: 135 p.

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

Application of perceptron multilayers Artificial Intelligence the estimated volume of Populus species in the West of Guilan province (Case study: Shafaroud watershed)

V. Hemmati[1*], S. Kahali Moghdam[2] and S.Sh. Mortazaei[3]

1- Assistant Prof., Forestry Department, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran.
2- M.Sc. in Forestry, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran.
3- M.Sc. in Forestry, Faculty of Natural Resources, Some Sara, Iran.

Abstract

The volume of tree is one of the important indicators in the forest that affects the fertility, the process of improvement or degradation of the habitat, the amount of harvest permits, and the amount of growth, the basis for buying and selling, and managing the forest. One of the most used nerve networks in natural resource management is the multilayer neural network of perceptron. In this research, a multilayer perceptron neural network was used to estimate the poplar volume in the Shafarood area of Guilan province. In this modeling, the main objective function is the volume of trunk of poplar trees calculated by the formula. For this purpose, the diameter of the breast as well as the height of 100 trees of poplar trees were examined and measured. The number 0.52 was chosen as the coefficient off modification in terms of empirical observations to calculate tree volume and created the matrix of the target function. In order to estimate tree trunk volume using a composite matrix (combining 4 variables: cut diameter, low elevation, and upper trunk diameter and trunk height), the tree trunk was used. Inputs were embedded in two different columns of columns, three columns and four columns in Excel software. In MATLAB software, single-layer, two-layer, and three-layer perceptron neural network designs were designed. Validation of the models was done using evaluation criteria, mean squared error, and Pearson correlation coefficient and in each layer, the number of different neurons was selected, after several training, the best practice was considered for each input pattern, the best makeup was selected in different layers and evaluated and erroneously measured. The results showed that in all input patterns, the single-layer perceptron neural network was more accurate than the rest, then, the neural network of the three-layer perceptron was placed in the second position and at the end of the two-layer perceptron neural network. The low-odd input patterns for each of the three layers of the perceptron neural network were pattern 9 (diameter of the upper trunk, upper trunk height). One-layer perceptron neural network, which includes an input layer, a hidden layer, and an output layer. With 8 neurons in its hidden layer, the diameter of the inferior diameter of the trunk, the upper diameter of the trunk and the height of the trunk, with a mean squared error of RMSE = 0.066 and Pearson correlation coefficient of R = 0.991 are the most accurate relation between the output of the neural network with the highest The correlation between output and target data could estimate the volume of trunk of poplar trees in the Shafarood area in Guilan province.

Keywords: Trunk volume, Poplar, Perceptron neural network, Shafarood field.

*Corresponding author Tel: +98 9124039722 Email: vahidhemmatiliau@gmail.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی جمعیت، پراکندگی و تعارض پستانداران با انسان در بوم‌سازگان جنگل‌های هیرکانی با رویکرد بوم‌شناختی

محسن جوانمیری‌پور[1]* ملینا چوبتاشانی[2] و وحید اعتماد[3]

۱- دانش‌آموخته دکترای جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

براساس مفاهیم جنگل‌شناسی نوین نیاز است نقش حیوانات در جنگل و تعارض بین انسان و حیات وحش مورد توجه قرار گیرد. تعارض بین انسان و حیات وحش، به هرگونه هم‌کنشی بین انسان و حیات وحش اطلاق می‌شود که تأثیر منفی بر زندگی اقتصادی، اجتماعی و یا فرهنگی انسان، حفاظت از حیات وحش و یا محیط زیست داشته باشد. در این مطالعه وضعیت جمعیت، پراکندگی و نیز تعارض گونه‌های پستاندار با انسان مورد بررسی قرار می‌گیرد. در همین راستا، مناطق فریرود و زیلکی‌رود، دوهزار و سه‌هزار، بلیران و چهل‌چای به مساحت کلی ۱۰۲۰۸۳ هکتار تحت پوشش قرار گرفت. در بخش مربوط به بررسی و شناسایی تعارض بین انسان و گوشتخواران، روش پرسش‌نامه به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات از دامداران منطقه انجام شد. به‌منظور رسیدن به اطلاعات مربوط به حضور و پراکندگی پستانداران در مناطق تعیین شده از جنگل‌های هیرکانی، پیمایش‌های میدانی در خط نمونه‌ها و مشاهده مستقیم و غیرمستقیم (نمایه‌ها) گونه‌های مورد نظر و نصب دوربین‌های تله‌ای، به‌منظور بررسی این وضعیت استفاده شد. براساس منابع موجود ۵۸ گونه پستاندار در جنگل‌های هیرکانی شامل جنگل‌های جلگه‌ای و اراضی کشاورزی پیرامون آن‌ها، جنگل‌های کوهستانی و مناطق میان‌بند شناسایی شده است. این گونه‌ها متعلق به راسته‌های خارپشتان، حشره‌خواران، خفاش‌ها، گوشتخواران، زوج‌سمان، جوندگان و خرگوش‌ها هستند. در مناطق فریرود و زیلکی‌رود و دوهزار و سه‌هزار و بلیران تعارض میان انسان با گونه‌های گوشتخوار پلنگ، خرس قهوه‌ای، گرگ و شغال وجود دارد. در منطقه چهل‌چای تعارض با گراز و خرس، بسیار شدید بود. در فریرود و زیلکی‌رود گراز به‌صورت مستقیم مشاهده شد و آثار و نمایه‌های مرال، شوکا، گراز، تشی، پلنگ و خرس قهوه‌ای مشاهده شد. همچنین تصاویری از گراز، مرال، شوکا و سمور سنگی توسط دوربین‌های تله‌ای ثبت شد. در منطقه دوهزار و سه‌هزار تاکنون فقط کل و بز به‌صورت مستقیم مشاهده شده است. اما با توجه به مصاحبه‌های صورت گرفته با دامداران و شکارچیان و همچنین آثار و نمایه‌های مشاهده شده، مرال، شوکا، گراز، تشی، پلنگ، سیاه‌گوش، گرگ، شغال و خرس قهوه‌ای از پستانداران بزرگ جثه این منطقه هستند. با پیماش میدانی در جنگل‌های منطقه بلیران، مشاهدات مستقیم و همچنین بررسی نمایه‌ها تاکنون گراز و شغال به‌صورت مستقیم مشاهده شده و آثار و نمایه‌های مرال، شوکا، تشی، پلنگ و خرس قهوه‌ای ثبت شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تعارض میان انسان و حیات وحش در هر چهار منطقه مورد مطالعه وجود دارد که بر پراکندگی

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۸۳۳۴۸۸۲۸ ایمیل: mjavanmiri@ut.ac.ir

آنها تاثیر دارد. لازم است با ساماندهی حضور دام در جنگل، این پراکنش و تعارض برای مدیریت در چارچوب اصول جنگل‌شناسی بوم‌شناختی مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پستانداران، پراکنش، تعارض، جنگل‌شناسی بوم‌شناختی، جنگل‌های هیرکانی.

مقدمه

جنگل‌داری در قرن ۲۱ به‌طور اجتناب‌ناپذیر نیازمند استفاده از جنگل‌شناسی بوم‌شناختی در مدیریت جنگل است (Abdi et al., 2011). مدیریت جنگل باید تنوع زیستی و ارزش‌های مربوط به آن، منابع آب و خاک و بوم‌سازگان‌ها و سیمای سرزمین‌های شکننده را حفاظت کند (Abedi، 2012) و با این اقدام کارکردهای بوم‌شناختی و یکپارچگی جنگل را حفظ کند (Jazirehi and Ebrahimi Rostaghi, 2012). جنگل‌داری بوم‌شناختی دربردارنده مدیریت جنگل از نظر حفاظت از تنوع زیستی بومی و تولید بوم‌شناختی می‌باشد (Lotfi et al., 2022).

تکامل و تحول عملیات جنگل‌شناسی در جنگل‌شناسی بوم‌شناختی باید با شناسایی فرآیندهای طبیعی و همراه با درک بوم‌شناختی گونه‌های درختی در ارتباط با آشفتگی‌ها و فرآیندهای تکاملی و نیز سایر موجودات زنده بومی در جنگل باشد (Radaei and Habashi, 2022). شناسایی و توجه به کلیه موجودات زنده و نقش‌های بوم‌شناختی آنها امری اجتناب‌ناپذیر است (Sadati et al., 2020). زیرا گرایش به مدیریت جنگل‌ها به‌عنوان بوم‌سازگان و نه صرفاً اجتماعاتی از درختان وجود دارد. موجودات زنده و اجزای رویشی ارگانیسم‌ها میراث‌های زیستی هستند که به‌طور مستقیم پیوند محیطی بین بوم‌سازگان در جنگل، قبل و بعد از آشفتگی را برقرار و ممکن می‌سازند (Shahriari et al., 2019). موجودات زنده شامل گیاهان و جانوران بالغ و غیربالغ، بخش‌های رویشی گیاه (از قبیل ریشه‌های زیرزمینی، بخش‌های گیاهی با قابلیت جوانه‌زنی) و بخش‌های زایشی از قبیل بذر، اسپور و تخم‌ها می‌باشند (Mirdavodi et al., 2013).

در حال حاضر جنگل‌بانان به‌طور کلی به ارزش خشک‌دارهای سرپا و افتاده روی زمین به‌عنوان زیستگاه انواع موجودات، مخزن و منبع مواد مغذی و رطوبت و اصلاح کننده‌های ژئومورفیک در مناطق و نهرهای ساحلی توجه می‌کنند (Javanmiri Pour and Etemad, 2022). درختان رو به زوال دارای معایبی آشکار، به‌عنوان منابع کوتاه مدت خشک‌دار شناخته می‌شوند (Nouri and Habibi Bibalani, 2018)، در این درختان به احتمال زیاد حالت توخالی ایجاد می‌شود که منبع غذایی مهمی برای انواع موجودات هستند (Sefidi, 2017).

امروزه مواردی وجود دارد که در چارچوب جنگل‌شناسی بوم‌شناختی، شیوه‌های خاصی براساس توجه به حیات وحش در نظر گرفته می‌شود (Russell et al., 2014). به‌عنوان مثال جنگل‌شناسی براساس پرندگان در ورمانت و روش Stoddard-Neel در جنوب جورجیا در ایالات متحده از این موارد است (Palik et al., 2020). تاکید برنامه جنگل برای پرندگان (FFB) به‌منظور ایجاد زیستگاه برای پرندگان آواز خوان جنگل در مورد دوازده گونه پرنده دارای اولویت ذکر شده است که هر کدام از آنها به محدوده و شرایط خاصی در جنگل کهن‌سال در بوم‌سازگان‌های پهن‌برگ شمالی در ورمانت وابسته می‌باشند (Hagenbuch et al., 2011). روش Stoddard-Neel تصریح می‌کند که هیچ یک از ویژگی‌ها نباید قربانی دیگر ویژگی‌های بوم‌سازگان شود (Neel et al., 2020). آهوی کوهی، گوزن و سایر پستانداران در مرحله پیش جنگل به‌دنبال یافتن غذا هستند که باید در مدیریت جنگل مورد توجه قرار گیرند (Palik et al., 2020).

جانوران نیز همانند گیاهان براساس نوع و تراکم و سایر مشخصات و شرایط لازم می‌توانند برای رشد و نمو درختان و توده‌های جنگلی مفید و یا مضر باشند. جانوران ذره‌بینی، قارچ‌ها، جانوران ریز از قبیل کرم خاکی و هزارپا، موش، شوکا، مرال، گراز، پرندگان از قبیل دارکوب هر کدام به‌نحوی در پویایی بوم‌سازگان جنگل نقش دارند (Marvi Mohajer, 2013).

براساس مفاهیم جنگل‌شناسی بوم‌شناختی نیاز است تعارض بین انسان و حیات وحش مورد توجه جدی قرار گیرد. تعارض بین انسان و حیات وحش، به هرگونه هم‌کنشی بین انسان و حیات وحش اطلاق می‌شود که تأثیر منفی بر زندگی اقتصادی، اجتماعی و یا فرهنگی انسان، حفاظت از حیات وحش و یا محیط زیست داشته باشد (Zamani et al., 2019). همان‌طور که از این مفهوم بر می‌آید، هم انسان و هم حیات وحش از این تعارض متضرر می‌شوند. اثرات مستقیم تعارض برای انسان شامل از دست دادن دام، محصولات کشاورزی و یا آسیب‌های ناشی از حمله حیوان به انسان است که موجب جراحت یا در مواردی حتی مرگ می‌شود (Salehi et al., 2022). از سوی دیگر، این تعارض به‌شدت اثرات سوئی بر حفاظت از این گونه‌های با ارزش خواهد داشت چرا که نه تنها انسان را به اقدامات تلافی‌جویانه برای حذف گوشتخوار وا می‌دارد، بلکه تصویری بسیار منفی از حیوان در ذهن جوامع محلی ساکن در زیستگاه ایجاد می‌کند که خود مانعی دشوار برای حفاظت خواهد بود (Nyirenda et al., 2023).

خسارات مالی ناشی از حمله گوشتخواران به دام، ارقام قابل‌توجهی است که اهمیت توجه به این تعارض را نشان می‌دهد (Bahmanesh et al., 2018). در ایران تاکنون مطالعاتی در این مورد صورت نگرفته است، اما برای مثال در کشور بوتان این خسارات تا دو سوم درآمد دامداران محلی است (Wang and Macdonald, 2006) و این رقم در مورد جوامع محلی اطراف پارک ملی سرنگتی در آفریقا، یک پنجم درآمد سالانه است (Mwakaje et al., 2013).

از دست دادن دارایی و معیشت (چه از نوع دام و چه از نوع کشاورزی) آسیبهای جدی به مناطقی که از نظر معیشت در وضعیت مناسبی نیستند وارد می‌کند (Asgari et al., 2022). در مقابل، انسان‌های متضرر اقدام به مقابله با این شرایط می‌کنند که در اکثر موارد تعادل همزیستی حیات وحش و انسان بر هم خواهد ریخت (Asgari and Javanmiri, Pour 2022).

جنگل‌های ناحیه هیرکانی اعم از توده‌های جلگه‌ای، کوهستانی و بوته‌زارهای حاشیه توده‌ها، با وجود اینکه فقط ۱/۱ درصد مساحت ایران را شامل می‌شود (Marvi Mohadjer, 2013)، اما تاکنون درصد کل پستانداران ایران از این منطقه گزارش شده است (Koch et al., 2011). پلنگ ایرانی، خرس قهوه‌ای، سیاه‌گوش، مرال و شوکا از گونه‌های مهم و آشنا برای مردمان این منطقه هستند. همچنین حشره‌خوار خزری، حفار لوانت، حفار قفقازی، خفاش جنگلی بزرگ، خفاش جنگلی، سمور جنگلی، راکون، مرال و ول جنگلی از گونه‌هایی هستند که در ایران فقط از ناحیه جنگل‌های هیرکانی گزارش شده‌اند (Koch et al., 2011). اطلاعات موجود از پستانداران جنگل‌های هیرکانی ایران، تنها محدود به حضور و پراکندگی گونه‌ها در این منطقه است و تقریبا اطلاعاتی از وضعیت بوم‌شناسی، جمعیت و حفاظت آنها وجود ندارد. اندک مطالعات انجام شده در جنگل‌های هیرکانی و گزارش‌ها و عکس‌های منتشر شده از این منطقه، نشان از کاهش شدید جمعیت و در مواردی انقراض محلی گونه‌های علفخوار مانند شوکا و مرال و همچنین تلفات بسیار زیاد گونه‌های گوشتخوار مانند پلنگ و خرس قهوه‌ای دارد (Sepahvand et al., 2022). شکار غیرمجاز علفخوارانی مانند مرال و شوکا و استفاده از تله‌ها و طعمه‌های مسموم برای حذف گوشتخوارانی که به دام‌های اهلی حمله می‌کنند، سبب بر هم خوردن چرخه‌های زیستی بسیاری از مناطق جنگل‌های هیرکانی شده است.

تغییرات جمعیت حیات وحش و رویشگاه‌های پارک ملی گلستان با استفاده از رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین در مطالعه‌ای بررسی گردید. نتایج نشان داد که رویشگاه جنگلی ۴۶۸۹ هکتار و رویشگاه درختزار ۲۳۷۷ هکتار کاهش مساحت داشته‌اند. همچنین تحلیل مکانی با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین نشان داد زیستگاه‌های جنگل و درختزار در حال تکه‌تکه شدن و از هم گسیختگی هستند، اما رویشگاه استپی دارای افزایش مساحت ۶۸۲۱ هکتار بوده است. استپ در حال پیشروی و گسترش است. جمعیت حیات وحش در دو نوع رویشگاه جنگل و درختزار با کاهش مواجه بوده‌اند. جمعیت مرال از ۲۱۰۰ فرد به ۲۶۰ فرد و قوچ و میش از ۱۰۵۰۰ فرد به ۳۷۸۲ فرد کاهش یافته است (Sepahvand et al., 2022).

در مطالعه‌ای عوامل موثر بر تعارض پلنگ (*Panthera pardus* tulliana) با دام اهلی در مقایسه با سایر گوشت‌خواران بزرگ‌جثه در جنگل‌های هیرکانی بررسی شد. عامل بیش‌ترین تعارض ایجاد شده در منطقه توسط گوشت‌خواران با دام اهلی، پلنگ بوده است. تغییرات فصلی رابطه بسیار معنی‌داری با مکان تعارض دارند. همچنین نتایج نشان دادند، تغییرات تیپ پوشش گیاهی و ارتفاع تاثیر مستقیمی بر میزان و زمان تعارض پلنگ با دام اهلی دارد (Salmanpour et al., 2021).

این مطالعه در نظر دارد تا با بررسی وضعیت جمعیت، پراکندگی و همچنین وضعیت تعارض گونه‌های پستاندار با انسان، به راهکارهای مدیریتی برای حفاظت از پستانداران در سیمای سرزمین جنگل‌های هیرکانی در چارچوب جنگل‌شناسی بوم‌شناختی دست یابد و همچنین اطلاعات مورد نیاز مانند وضعیت حضور و روش‌های مدیریت و بهره‌برداری گونه‌های پستانداران را برای مدیریت تنوع زیستی در جنگل‌های هیرکانی بررسی کند.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، چهار منطقه مورد مطالعه در سه استان شمالی کشور از جمله فریرود و زیلکی‌رود (حوضه‌های جنگلی ۲۲ و ۲۳) استان گیلان، دوهزار و سه‌هزار (حوضه‌های جنگلی ۳۳ و ۳۴) و بلیران (حوضه جنگلی ۵۳) استان مازندران و چهل‌چای (حوضه جنگلی ۹۲) استان گلستان به مساحت کلی ۱۰۲۰۸۳ هکتار تحت پوشش قرار گرفت (شکل ۱). دامداری در درجه اول و کشاورزی بعد از آن از مشاغل اصلی ساکنان روستانشین جنگل‌های هیرکانی است (Nobakht, 2018). روستاها در اکثر موارد در میان جنگل و یا حاشیه آن هستند و فاصله کمی از یکدیگر دارند. تراکم انسانی در این بخش از کشور به نسبت مساحت آن بیشتر از دیگر مناطق همجوار بوم‌سازگان‌های مشابه کشور است و در نتیجه میزان تعارض بین انسان و دیگر گونه‌های زیستی منطقه به‌ویژه گوشتخواران، بسیار قابل توجه و در مواردی شدید است.



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه در جنگل‌های هیرکانی

در بخش مربوط به بررسی و شناسایی تعارض بین انسان و گوشتخواران، روش پرسش‌نامه به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات از دامداران منطقه انجام شد. به این منظور، پرسش‌نامه‌ای متشکل از سوالات کمی و کیفی طراحی شد و طی سفرهایی به هر یک از مناطق مورد مطالعه، در دیدارهای جداگانه با هریک از دامداران در روستاها و یا تلارها (محل نگهداری گاوها و حضور دامدار در مدت ییلاق و قشلاق) تکمیل شد. در بررسی وضعیت تعارض در منطقه زیلکی‌رود و فریرود، با دامدارانی از روستاهای گندلاور، گردپشته و سرفرارود مصاحبه شد. برای بررسی وضعیت تعارض در منطقه سه‌هزار، با دامدارانی از روستاهای سِرن، شهرستان، درجان، هلیان و قاضی‌محله مصاحبه شد. همچنین صحبتی با دامداران دام‌سراهای دَران و گیل زرو انجام شد. در منطقه چهل‌چای، با کشاورزان و دامدارانی از سه روستای قلعه قاف بالا، قلعه قاف پایین و تَرسه، مصاحبه شد. در مجموع و برای مصاحبه با دامداران در مناطق مورد بررسی ۱۶۸ پرسش‌نامه توزیع شد.

در تحقیق حاضر از روش نمونه‌برداری هدفمند به‌منظور انتخاب اطلاع‌رسانان استفاده شد. در نمونه‌گیری هدفمند در وهله اول یک لیست از افرادی دارای ویژگی‌های مورد نظر محققان تهیه شد. در نهایت، با توجه به در دسترس بودن افراد و تمایل به شرکت در مصاحبه از افراد خواسته شد تا در پژوهش شرکت کنند (Sepahvand et al., 2022).

جوامع درختی شمشاد، بلوط، ممرز، انجیلی، راش و جوامع بوته‌ای دیگر در این مناطق، جنگل‌های انبوهی را ایجاد کرده که مطالعه تنوع زیستی پستانداران در این مناطق را نیازمند طرح‌ریزی و مدیریت روش‌های متناسب اکولوژیک کرده است. علاوه بر این، اغلب گونه‌های پستانداران در این جنگل‌ها از نظر رفتارهای زیستی، شب‌گرد، مخفی‌کار و خجالتی هستند. در نتیجه، این مطالعه کمتر بر پایه مشاهده مستقیم گونه‌ها و بیشتر بر پایه جمع‌آوری اطلاعات حضور و پراکندگی گونه‌ها با استفاده از روش‌های متناسب با بوم‌سازگان‌های جنگلی و گونه‌های کم‌دید مانند روش‌های مبتنی بر مشاهده نمایه‌های

گونه‌های مورد نظر و ثبت نقاط مشاهده با GPS و همچنین استفاده از دوربین تله‌ای به‌منظور ثبت تصاویر از نوع و حضور گونه‌ها است. در عین حال، در مواردی نیز که گونه‌ای به‌صورت مستقیم مشاهده شده است، محل مشاهده با GPS ثبت شده است. از آنجایی که بررسی پستانداران در جنگل‌های انبوه هیرکانی که اغلب گونه‌هایی شب‌گرد و مخفی‌کار هستند، با استفاده از روش‌های مشاهده مستقیم گونه‌ها عملاً غیرممکن است، بنابراین روش‌هایی مبتنی بر نمایه‌های گونه‌ها و همچنین استفاده از دوربین‌های تله‌ای برای این مطالعات در نظر گرفته شده است.

از پرسش‌نامه برای گردآوری اطلاعات این بخش استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز برای گردآوری شامل اطلاعات گونه متعارض، محل وقوع تعارض، شیوه نگهداری دام و ... بودند. پرسش‌نامه‌ها طی مصاحبه با دامداران و کشاورزان منطقه تکمیل شدند و اطلاعات گردآوری شده، وارد بانک اطلاعاتی تهیه شده در فرمت Excel شدند. سپس با اطلاعات به‌دست آمده از نمونه آماری مناسبی از افراد مصاحبه شده، کار تجزیه و تحلیل اطلاعات انجام شد و داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری توصیفی تحلیل شدند. جمع‌آوری اطلاعات این بخش از مطالعه، در فصل‌های تابستان و پاییز انجام شد.

به‌منظور رسیدن به اطلاعات مربوط به حضور و پراکندگی پستانداران در مناطق تعیین شده از جنگل‌های هیرکانی، ابتدا روش‌های مناسب برای این مطالعه با توجه به نوع بوم‌سازگان (جنگل با پوشش گیاهی انبوه و متراکم) و گونه‌های هدف (پستانداران بزرگ جثه با رفتارهای زیستی خاص مانند شب‌گرد و خجالتی بودن)، با کمک طرح‌ریزی مطالعات مشابه در نقاط دیگر جهان و ایران و همین طور بر پایه تجربه‌های حرفه‌ای بررسی و انتخاب شدند. پیمایش‌های میدانی در خط نمونه‌ها و مشاهده مستقیم و غیرمستقیم (نمایه‌ها) گونه‌های مورد نظر و نصب دوربین‌های تله‌ای، به‌منظور بررسی این وضعیت انتخاب شدند.

خط نمونه‌ها به‌منظور بررسی جانوران یکی از روش‌های متداول در زیستگاه‌های جنگلی است. در این ترانسکت‌ها، تمامی مشاهدات مستقیم و غیرمستقیم (شامل سرگین، ردپا، آثار تغذیه و ...) گونه‌های پستاندار، در فرم‌های مربوطه به‌منظور بررسی پراکندگی گونه‌ها در منطقه و همچنین رابطه پراکندگی گونه‌ها با سطح و کیفیت جنگل ثبت شدند. در صورتی که میزان مشاهدات نمایه‌های مرال و شوکا به‌قدری بودند که برآورد جمعیت قابل انجام باشد، برآورد جمعیت این گونه‌ها با استفاده از روش شمارش گروه‌های سرگین (Pellet group count) و نرم‌افزار (DISTANCE ver 6.1) انجام شد.

با پیدایش دوربین‌های تله‌ای راه برای شناخت و مطالعه گونه‌های نادر تا حد زیادی هموار شد. استفاده از دوربین‌های تله‌ای یکی از بهترین روش‌ها برای مطالعه پستانداران شب‌گرد و مخفی‌کار است. استفاده از دوربین‌های تله‌ای، اطلاعاتی از حضور و پراکندگی گونه‌ها در اختیار پژوهش‌گران قرار می‌دهد. همچنین بررسی فراوانی نسبی گونه‌ها در منطقه و حتی تعیین حداقل جمعیت گونه‌هایی که الگوهای منحصر به فرد روی پوست خود دارند (مانند خال‌های پلنگ و سیاه‌گوش) از جمله اطلاعاتی است که می‌توان به‌وسیله دوربین‌های تله‌ای به‌دست آورد.

در این بررسی از ۵ دستگاه دوربین تله‌ای دیجیتال (Stealth Cam) به‌صورت کاملاً فرصت‌طلبانه برای عکس‌برداری از گونه‌های مختلف استفاده شد. دوربین‌های تله‌ای در زیستگاه‌هایی که احتمال عکس‌برداری بیشتر و دزدیدن دوربین‌ها کمتر بود استفاده شد.

قراردادهای تجربی شامل رعایت فاصله ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متری از سطح زمین، رعایت فاصله ۲ تا ۳ متر از مسیر عبور حیوان و توجه به برداشتن گیاهان و سنگ‌ها در مسیر دوربین در استفاده از دوربین‌های تله‌ای در ایران و جهان در این پروژه نیز رعایت شد.

مکان تمامی دوربین‌ها با GPS ثبت شد و همراه سایر اطلاعات مکانی و زمانی در فرم‌های مخصوص ثبت گردید. مدت دوربین‌گذاری در مناطق مختلف متفاوت بود و در طول این مدت براساس تجربیات گذشته در مورد عمر باتری‌های دوربین، سرکشی‌های منظم هر ۴ هفته یک بار انجام شد.

در مجموع، بیش از ۳۰ کیلومتر ترانسکت در محدوده جنگل‌های منطقه زیلکی‌رود و فریرود پیموده شد و سه دستگاه دوربین تله‌ای نیز نصب شد. حدود ۲۰، ۴۰ و ۳۰ کیلومتر پیماش میدانی به‌ترتیب در جنگل‌های دوهزار، چهل‌چای و بلیران انجام شده است.

نتایج

براساس منابع موجود تاکنون ۵۸ گونه پستاندار از جنگل‌های هیرکانی ایران شامل جنگل‌های جلگه‌ای و اراضی کشاورزی پیرامون آن‌ها، جنگل‌های کوهستانی و درختچه‌زارهای مناطق بینابینی شناسایی شده است (جدول ۱). این گونه‌ها متعلق به ۷ راسته شامل خارپشتان، حشره‌خواران، خفاش‌ها، گوشتخواران، زوج‌سمان، جوندگان و خرگوش‌ها هستند.

جدول ۱- پستانداران جنگل‌های هیرکانی

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	نام علمی
	راسته خارپشت‌ها		ERINACEOMORPHA
	خانواده خارپشت‌ها		ERINACEIDAE
۱	خارپشت اروپایی	Southern White-breasted Hedgehog	*Erinaceus concolor*
۲	خارپشت گوش بلند	Long-eared Hedgehog	*Hemiechinus auritus*
	راسته حشره‌خواران		SORICOMORPHA
	خانواده حشره‌خوارها		SORICIDAE
۳	حشره‌خوار خزری	Caspian Shrew	*Crocidura caspica*
۴	حشره‌خوار دورنگ	Bicolored Shrew	*Crocidura leucodon*
۵	حشره خاور دندان سفید کوچک	Lesser White-toothed Shrew	*Crocidura suaveolens*
۶	حشره‌خوار آبزی مدیترانه‌ای	Mediterranean Water Sherw	*Neomys anomalus*
	خانواده حفارها		TALPIDAE
۷	حفار لوانت	Blind Mole	*Talpa levantis*
۸	حفار قفقازی	Caucasian Mole	*Talpa Caucasica*
	راسته خفاش‌ها		CHIROPTERA
	خانواده خفاش‌های نعل اسبی		RHINOLOPHIDAE
۹	خفاش نعل اسبی بزرگ	Greater Horseshoe Bat	*Rhinolophus ferrumequinum*
۱۰	خفاش نعل اسبی کوچک	Lesser Horseshoe Bat	*Rhinolophus hipposideros*
	خانواده خفاش‌های دم آزاد		MOLOSSIDAE
۱۱	خفاش دم آزاد اروپایی	European Free-tailed Bat	*Tadarida teniotis*

	خانواده خفاش‌های شامگاهی (خفاش‌های معمولی)		VESPERTILIONIDAE
۱۲	خفاش گوش پهن اروپایی	Western Barbastelle	*Barbastella barbastellus*
۱۳	خفاش شمالی	Northern Bat	*Eptesicus nilssonii*
۱۴	سروتین	Serotine	*Eptesicus serotinus*
۱۵	خفاش جنگلی بزرگ	Giant Noctule	*Nyctalus lasiopterus*
۱۶	خفاش جنگلی کوچک	Leisler's Noctule	*Nyctalus leisleri*
۱۷	خفاش جنگلی	Noctule	*Nyctalus noctula*
۱۸	پی پیسترل کول	Kuhl's Pipistrelle	*Pipistrellus kuhlii*
۱۹	پی پیسترل معمولی	Common Pipistrelle	*Pipistrellus pipistrellus*
۲۰	پی پیسترل کوتوله	Soprano Pipistrelle	*Pipistrellus pygmaeus*
۲۱	میوتیس گوش دراز	Bechstein's Myotis	*Myotis bechsteinii*
۲۲	میوتیس گوش موشی کوچک	Lesser Mouse-eared Myotis	*Myotis blythii*
۲۳	میوتیس گوش بریده	Geoffroy's Myotis	*Myotis emarginatus*
۲۴	میوتیس سبیل‌دار	Whiskered Myotis	*Myotis mystacinus*
۲۵	خفاش گوش بلند قهوه‌ای	Brown Long-eared Bat	*Plecotus auritus*
	خانواده خفاش‌های بال خمیده		
۲۶	خفاش بال خمیده کمرنگ	Pale bent-winged Bat	*Miniopterus pallidus*
	راسته گوشت خواران		CARNIVORA
	خانواده سگ‌سانان		CANIDAE
۲۷	شغال	Golden Jackal	*Canis aureus*
۲۸	گرگ	Wolf	*Canis lupus*
۲۹	روباه معمولی	Common Fox	*Vulpes vulpes*
	خانواده گربه‌سانان		FELIDAE
۳۰	گربه جنگلی	Jungle Cat	*Felis chaus*
۳۱	گربه وحشی	Wild Cat	*Felis silvestris*
۳۲	سیاه‌گوش	Eurasian Lynx	*Lynx lynx*
۳۳	پلنگ ایرانی	Persian Leopard	*Panthera pardus saxicolor*
	خانواده راسوها		MUSTELIDAE
۳۴	شنگ	European Otter	*Lutra lutra*
۳۵	سمور سنگی	Stone Marten	*Martes foina*
۳۶	سمور جنگلی	European Pine Marten	*Martes martes*
۳۷	راسو	Least Weasel	*Mustela nivalis*
۳۸	رودک	European Badger	*Meles meles*
	خانواده خرس‌ها		URSIDAE

۳۹	خرس قهوه‌ای	Brown Bear	*Ursus arctos*
	خانواده راکون‌ها		PROCYONIDAE
۴۰	راکون	Raccoon	*Procyon lotor*
	راسته زوج سمان		ARTIODACTILA
	خانواده خوک‌ها		SUIDAE
۴۱	گراز	Wild Boar	*Sus scrofa*
	خانواده گوزن‌ها		CERVIDAE
۴۲	مرال	Red Deer	*Cervus elaphus maral*
۴۳	شوکا	Roe Deer	*Capreolus capreolus*
	خانواده گاو سانان		BOVIDAE
۴۴	کل و بز	Wild Goat	*Capra aegagrus*
	راسته جوندگان		RODENTIA
	خانواده هامسترهای دم دراز		CALOMYSCIDAE
۴۵	هامستر دم دراز فشمی	Noble Calomyscus	*Calomyscus grandis*
	خانواده هامسترهای طلائی و ول‌ها		CRICETIDAE
۴۶	ول آبزی	Eurasian Water Vole	*Arvicola amphibius*
۴۷	ول معمولی	Common Vole	*Microtus arvalis*
۴۸	ول علفزار	Schelkovnikov's Pine Vole	*Microtus schelkovnikovi*
۴۹	هامستر خاکستری	Grey Dwarf Hamster	*Cricetulus migratorius*
	زیر خانواده موش‌ها		MURINAE
۵۰	موش صحرایی هیرکانی	Hyrcanian Field Mouse	*Apodemus hyrcanicus*
۵۱	موش خانگی	House Mouse	*Mus musculus*
۵۲	موش قهوه‌ای	Brown Rat	*Rattus norvegicus*
۵۳	موش سیاه	Black Rat	*Rattus rattus*
	خانواده سنجابک‌ها		GLIRIDAE
۵۴	اشگول	Fat Dormouse	*Glis glis*
۵۵	سنجابک درختی	Forest Dormouse	*Dryomys nitedula*
	خانواده تشی‌ها		HYSTRICIDAE
۵۶	تشی	Indian Crested Porcupine	*Hystrix indica*
	خانواده نوتریا		MYOCASTORIDAE
۵۷	نوتریا	Coypu	*Myocastor coypus*
	راسته خرگوش‌ها		LAGOMORPHA
	خانواده خرگوش‌ها		LEPORIDAE
۵۸	خرگوش اروپایی	European Hare	*Lepus europaeus*

بررسی وضعیت تعارض انسان و پستانداران

منطقه فریرود و زیلکی‌رود در استان گیلان

نتایج اولیه تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌ها نشان می‌دهد که تعارض میان انسان با گونه‌های گوشتخوار پلنگ، خرس قهوه‌ای، گرگ و شغال وجود دارد (جدول ۲). به‌دلیل اینکه بیشتر دامداران در قشلاق زمین‌های کشاورزی نیز دارند تعارض میان انسان و گراز وجود دارد. در این منطقه، دامداران بیشترین مشکل خود را جانوران گوشتخوار و بیماری می‌دانستند و دزدیدن دام توسط انسان به‌ندرت اتفاق می‌افتد که از دلایل آن دور بودن از شهر و احتمالاً نظارت بر جاده ارتباطی درون جنگل است. تقریباً تمامی حمله گوشتخواران در هنگام چرا اتفاق می‌افتد و بیشترین دامی هم که آسیب می‌بیند گوساله‌ها هستند. بیمه دام نیز موضوعی کاملاً فراموش شده است و به گفته یکی از دامداران "انسان (دامدار) اینجا بیمه نیست چه برسد به دام". همگی دامداران شغال را مشکل اصلی تولید مرغ و خروس و اردک می‌دانستند. تقریباً تمامی دامداران علت حمله گوشتخواران به دام خود را گرسنه بودن جانور حمله کننده می‌دانستند و کشتن جانور حمله کننده (با مجوز محیط زیست) و مراقبت از دام را برای کاهش تعارض پیشنهاد می‌دادند.

جدول ۲- بررسی وضعیت تعارض انسان و پستانداران در مناطق مورد مطالعه

	فریرود و زیلکی‌رود	دوهزار و سه‌هزار	بلیران	چهل‌چای
روستاها	گندلاور، گردپشته و سرفرارود	سِرن، شهرستان، درجان، هلیان و قاضی محله	نوه، لاکوه، گزناجال، پامچال، نقله‌سر، الیمستان	قلعه قاف بالا، قلعه قاف پایین و تَرسه
تعارض با حیوانات	پلنگ، خرس قهوه‌ای، گرگ، شغال و گراز	پلنگ، خرس قهوه‌ای، گرگ، شغال و گراز	پلنگ، خرس قهوه‌ای، گرگ و شغال	گرگ، خرس قهوه‌ای و گراز
مهمترین مشکلات برای دامداری	تلف شدن دام در اثر بیماری حمله جانوران گوشتخوار به ندرت دزدیدن دام	تلف شدن دام در اثر بیماری حمله جانوران گوشتخوار	دزدیدن توسط انسان تلفات دام بر اثر بیماری حمله گوشتخواران	حمله گوشتخواران
نوع دام	دام سبک، بیشتر گوسفند	در مناطق مرتفع دام سبک، بیشتر گوسفند در مناطق پایین‌بند دام سنگین	در مناطق مرتفع دام سبک، بیشتر گوسفند در مناطق پایین‌بند دام سنگین	هم سبک و هم سنگین
سایر موارد	دام‌ها بیمه نیستند	دام‌ها بیمه نیستند	۸۲٪ دام‌ها بیمه	دام‌ها بیمه نیستند

منطقه دوهزار و سه‌هزار در استان مازندران

در منطقه دوهزار و سه هزار، تعارض میان انسان با گونه‌های گوشتخوار پلنگ، خرس قهوه‌ای، گرگ و شغال وجود دارد (جدول ۲). همچنین تعارض میان انسان و گراز وجود دارد، به‌دلیل اینکه بیشتر دامداران زمین‌های کشاورزی نیز دارند. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده تلف شدن دام در اثر بیماری مشکل بزرگی برای دامداران این منطقه است (شکل ۲). پس از

بیماری، حمله جانوران گوشتخوار و به‌ندرت دزدیدن دام از دیگر مشکلات دامداران است. دام اصلی روستاها در مناطق مرتفع‌تر منطقه که پوشش جنگلی کمتر و مراتع وسیع‌تری دارند، دام سبک و اکثراً گوسفند است. این گروه از دامداران در فصل سرد (آبان تا اسفند) دام خود را در آغل روستا نگهداری می‌کنند و تغذیه دستی انجام می‌دهند. در فصل بهار در اطراف روستا و تابستان تا مهر در مراتع ییلاقی منطقه نگهداری می‌کنند. برای این گروه از دامداران گرگ به‌ویژه در بهار و تابستان مشکل اصلی است، ولی با پلنگ و خرس قهوه‌ای مشکلی ندارند. اما دام اصلی روستاهای پایین‌دست منطقه که در حاشیه جنگل واقع شده‌اند، اکثراً گاو و به تعداد کم گوسفند است. این دامداران از اردیبهشت تا شهریور به مراتع ییلاقی منطقه مانند گیل زرو می‌آیند و در پاییز و زمستان به مناطق جنگلی پایین دست می‌روند. برای این دامداران گرگ در ییلاق و پلنگ و خرس قهوه‌ای در قشلاق مشکلاتی را ایجاد می‌کنند.

دام هیچ یک از دامداران مصاحبه شده بیمه نبودند. بیشتر دامداران علت حمله گوشتخواران به دام خود را گرسنه بودن جانور حمله کننده می‌دانستند و کشتن جانور حمله کننده و مراقبت از دام را برای کاهش تعارض پیشنهاد می‌دادند.

منطقه بلیران در استان مازندران

نتایج اولیه تجزیه و تحلیل منطقه بلیران نشان می‌دهد که تعارض میان انسان با گونه‌های گوشتخوار پلنگ، خرس قهوه‌ای، گرگ و شغال وجود دارد. تعارض میان انسان و گراز به‌دلیل اینکه اکثر پرسش شونده‌ها دامدار بودند و کشاورزی اندکی دارند، بسیار کم است (جدول ۲).

طبق اطلاعات پرسش‌نامه‌ها، تقریباً تمامی حمله‌های صورت گرفته، زمانی است که دام در جنگل در حال چرا است و هیچ یک از پرسش شونده‌ها، موردی از حمله گوشتخوار به دام داخل آغل یا اطراف کلبه را به یاد نداشتند. از بین سه مورد تلفات دام یعنی بیماری، حمله گوشتخواران و دزدیدن توسط انسان، هریک به‌ترتیب ۳۲٪، ۲۸٪ و ۳۹٪ را به خود اختصاص دادند. در واقع دامداران پرسش شونده، دزدیدن دام توسط انسان را مهمترین مشکل شغل خود می‌دانستند و سپس تلف شدن دام بر اثر بیماری و حمله گوشتخواران در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بیشتر دامداران (۸۹٪)، علت حمله گوشتخواران به دام خود را گرسنه بودن جانور حمله کننده می‌دانستند.

برای کاهش تعارض موجود میان دامداران و گوشتخواران در منطقه، ۵۷٪ دامداران، کشتن جانور حمله کننده به دام را پیشنهاد کردند. برخی نیز معتقد بودند که دولت باید خسارات وارد شده به آنها را بپردازد.

۸۲٪ از پرسش شوندگان دام خود را بیمه نکرده بودند و برخی از آن‌ها علت را شرایط نامناسب بیمه از جمله هزینه و موارد تعلق آن می‌دانستند. بیمه کردن دام در منطقه بلیران زیاد رایج نیست (حدود ۱۸٪). بیشتر دامداران این منطقه (بر طبق شایعه و حرف‌های دیگران) معتقدند که محیط زیست جانوران وحشی مانند گرگ و پلنگ را پس از پرورش در باغ وحش در منطقه رها می‌کند و به‌دلیل اینکه این جانوران پلاک دارند، کشتن آنها جریمه‌های سنگینی برای آنها دارد.

از میان گوشتخواران کوچک، شغال بیشترین تعارض را با انسان در این منطقه دارد، ولی فقط در قشلاق. تعارض شغال با انسان در بیشتر موارد مربوط به حمله به مرغ و خروس و در برخی موارد بز و بزغاله بود و دامدارانی که دام سنگین داشتند، مشکلی با شغال نداشتند. برخی از دامداران معتقد بودند که با سامان دادن دامداران در روستای بلیران و همچنین افزایش حضور گردشگران در چند سال اخیر، افزایش جمعیت شغال می‌تواند به‌سبب افزایش میزان زباله رها شده در منطقه باشد.

منطقه چهل‌چای در استان گلستان

به علت گسترش بیشتر کشاورزی در این منطقه نسبت به سه منطقه دیگر، تعارض در بخش کشاورزی با گراز و خرس، بسیار شدید بود. کشاورزی در حوزه دو روستای قلعه قاف بالا و پایین محدود به کاشت جو و گندم بود. زمین‌های کشاورزی اغلب در شیب دامنه‌ها و به‌صورت تکه‌های کوچک بودند. در مراحل مختلف کاشت و داشت و برداشت، تعارض با گراز به‌صورت مکرر وجود داشت و در مرحله سبز شدن بذر نیز با خرس که طبق گفته کشاورزان «علف سبز جو را می‌چرد»، تعارض وجود داشت. در روستای ترسه با دو کشاورز و دامدار صحبت شد. آن‌ها علاوه بر زمین کشاورزی و زراعت، به باغداری (گردو، سیب، گلابی) نیز مشغول بودند. درخت‌ها را به شیوه قطره‌ای، آبیاری می‌کردند. جز در مواردی معدود در تابستان که خرس به باغ میوه می‌آید، مورد دیگری از تعارض در باغداری نداشتند و به مقرون به صرفه بودن باغداری نسبت به کشاورزی اشاره کردند. در بخش کشاورزی مانند دو روستای دیگر، با تعارض زیاد گراز مواجه بودند و در مواردی اقدام به از بین بردن گرازها کرده بودند. مصاحبه شوندگان علاوه بر کشاورزی به دامداری نیز مشغول بودند. در دامداری، بیشترین تعارض را با گرگ داشتند اما در مواردی به پلنگ و خرس نیز اشاره شد. دامداران، حمله گوشتخواران را نسبت به دو مورد دیگر (یعنی بیماری و دزدی)، علت اصلی تلفات دام خود می‌دانستند (جدول ۲).

در بین پرسش شوندگان کسی دام خود را بیمه نکرده بود و اکثر آن‌ها علت را عدم توجیه بودن از طرف سازمان‌های مرتبط می‌دانستند. در بین اهالی این منطقه نیز مانند منطقه بلیران، باوری مبنی بر رهاسازی گوشتخوارانی مانند پلنگ توسط محیط زیست در منطقه وجود داشت. حوالی روستاهای قلعه قاف بالا و پایین، میزان زیادی از زباله‌های رها شده انسانی وجود داشت که این زباله‌ها احتمال حضور گونه‌هایی مثل گراز و شغال را در منطقه افزایش می‌دهند.

پراکندگی پستانداران

منطقه فریرود و زیلکی‌رود در استان گیلان

در بررسی ترانسکت‌ها گراز به‌صورت مستقیم مشاهده شد و آثار و نمایه‌های (ردپا، سرگین و خراش) مرال، شوکا، گراز، تشی، پلنگ و خرس قهوه‌ای مشاهده شد. همچنین تصاویری از گراز، مرال، شوکا و سمور سنگی توسط دوربین‌های تله‌ای ثبت شد (شکل ۲). بررسی اولیه داده‌های به‌دست آمده نشان می‌دهد که گونه‌های علفخواری مانند مرال و شوکا که تحت فشار شدید شکار غیر مجاز قرار دارند، به دور از روستاها و مراکز انسانی و بیشتر به شیب‌های تند ارتفاعات پناه برده‌اند. به‌طوری که نمایه‌های شوکا و مرال به‌ترتیب از ارتفاع ۶۰۰ و ۹۰۰ متر به بالا مشاهده شدند (جدول ۳).

پراکندگی شغال در این منطقه به‌دلیل حضور انسان و جاده‌های جنگلی در ارتفاعات، علاوه بر حاشیه روستاها تا مناطق مرتفع منطقه نیز کشیده شده است. به‌دلیل پراکنده بودن گراز به‌عنوان یکی از طعمه‌های اصلی پلنگ در کل منطقه و به‌ویژه مناطق پست‌تر و همچنین استفاده پلنگ از دام‌های اهلی، نمایه‌های این گوشتخوار در اکثر مناطق و ارتفاعات مختلف از ۳۰۰ تا ۱۲۰۰ متر دیده شد.







شکل ۲- ردپای مرال در جاده‌های جنگلی، مرال نر در ارتفاعات ۱۲۰۰متری و شوکا در در ارتفاعات ۱۲۰۰متری جنگل‌های منطقه

منطقه دوهزار و سه‌هزار در استان مازندران

در بررسی این منطقه تاکنون فقط کل و بز به‌صورت مستقیم در روستای سِرن مشاهده شده است. اما با توجه به مصاحبه‌های صورت گرفته با دامداران و شکارچیان و همچنین آثار و نمایه‌های مشاهده شده (ردپا، سرگین و خراش)، مرال، شوکا، گراز، تشی، پلنگ، سیاه‌گوش، گرگ، شغال و خرس قهوه‌ای از پستانداران بزرگ‌جثه این منطقه هستند. تصاویر به‌دست آمده از شکارچیان غیرمجاز (شکل ۳) نشان از شکار علفخوارانی مانند مرال و شوکا و گوشتخوارانی مانند پلنگ و خرس قهوه‌ای در این منطقه است. قطع جنگل‌های مناطق مسطح یا نزدیک به رودخانه‌ها به‌دلیل حضور انسان و ویلا و شهرک‌سازی‌های گسترده در این منطقه، سبب شده است که اکثر پستانداران به دور از مناطق مسکونی و در شیب‌های تند جنگل حضور داشته باشند (جدول ۳).

منطقه بلیران در استان مازندران

با پیماش میدانی در جنگل‌های منطقه بلیران، مشاهدات مستقیم و همچنین بررسی نمایه‌ها تاکنون گراز و شغال به‌صورت مستقیم مشاهده شده‌اند و آثار و نمایه‌های (ردپا، سرگین و خراش) مرال، شوکا، تشی، پلنگ و خرس قهوه‌ای مشاهده شده

است. همچنین تصاویری از شکار مرال و شوکا مشاهده شد که توسط شکارچیان منطقه ثبت شده است. از وضعیت گرگ در جنگل‌های این منطقه اطلاعات دقیقی موجود نیست و اکثر دامداران و شکارچیان معتقدند که به‌دلیل حضور زیاد پلنگ در جنگل گرگ‌ها بسیار کم شده‌اند (جدول ۳).

منطقه چهل‌چای در استان گلستان

با استفاده از پیماش‌های میدانی، بررسی نمایه‌ها و همچنین مصاحبه با دامداران و شکارچیان تاکنون حضور گراز، گرگ، شغال و خرس قهوه‌ای در منطقه مشخص شده است. از وضعیت پلنگ در منطقه اطلاعات دقیقی وجود ندارد و هر چند وقت یکبار خساراتی به دامداران وارد می‌کند. همچنین سال‌ها است که هیچ گوزنی (مرال و شوکا) در این منطقه دیده نشده است و به احتمال زیاد این گونه‌ها در این منطقه دچار انقراض محلی شده‌اند. گاها کل و بز (یک یا دو راس) نیز توسط مردم روستای تَرسه در صخره‌های بیرون زده از جنگل مشاهده می‌شود (جدول ۳).

جدول ۳- پراکندگی پستانداران در مناطق مورد مطالعه

منطقه	طول ترانسکت (کیلومتر)	حیوانات مشاهده شده به‌طور مستقیم	حیوانات مشاهده شده به‌وسیله دوربین تله‌ای
فریرود و زیلکی‌رود	۳۰ کیلومتر	گراز آثار و نمایه‌های مرال، شوکا، گراز، تشی، پلنگ و خرس قهوه‌ای	گراز، مرال، شوکا و سمور سنگی
دوهزار و سه‌هزار	۲۰ کیلومتر	کل و بز آثار و نمایه‌های مرال، شوکا، گراز، تشی، پلنگ، سیاه‌گوش، گرگ، شغال و خرس قهوه‌ای	مرال و شوکا و گوشتخوارانی مانند پلنگ و خرس قهوه‌ای
منطقه بلیران	۴۰ کیلومتر	گراز و شغال آثار و نمایه‌های مرال، شوکا، تشی، پلنگ و خرس قهوه‌ای	مرال و شوکا
منطقه چهل‌چای	۳۰ کیلومتر	گراز، گرگ، شغال، خرس قهوه‌ای و گاها کل و بز	-



شکل ۳- شکار غیر مجاز علفخواران (راست) و کشتن گوشتخواران به دلیل تعارض (چپ) در جنگل‌های هیرکانی

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه، در چارچوب جنگل‌شناسی بوم‌شناختی، شیوه‌های جنگل‌شناسی خاصی براساس توجه به حیات وحش در نظر گرفته می‌شود (Russell et al., 2014). جانوران نیز همانند گیاهان براساس نوع و تراکم و سایر مشخصات و شرایط لازم می‌توانند برای رشد و نمو درختان و توده‌های جنگلی مفید باشند. براساس دکترین جنگل‌شناسی بوم‌شناختی کاهش تعارض بین انسان و حیات وحش باید به‌طور جدی مورد توجه قرار گیرد. البته اصلی‌ترین علت تعارض انسان با حیات وحش به‌دلیل انجام فعالیت دامداری در جنگل است که مغایر با اصول اولیه اجرای شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی یعنی قدغن بودن حضور دام در جنگل است (Javanmiri Pour et al., 2013).

پستانداران گوشت‌خوار در برقراری تعادل اکولوژیک در جنگل نقش مهمی ایفاء می‌کنند. در مناطقی که تعداد حیوانات کاهش یافته است، ناهنجاری‌هایی مانند انفجار جمعیت جوندگان مشاهده می‌شود. حیواناتی از قبیل شغال نقش رفتگر طبیعت را بر عهده دارند. آن‌ها با خوردن لاشه حیوانات از انتشار بیماری‌ها و آلودگی جلوگیری می‌کنند. خرس‌ها نیز که گوشت‌خوارانی همه‌چیزخوار هستند، با خوردن میوه‌های جنگلی و دفع آن‌ها سبب زادآوری و رویش این درختان در مناطق مختلف جنگل می‌شوند. اسید موجود در معده خرس‌ها و سایر میوه‌خواران سبب نازک شدن پوسته دانه‌ها و به جوانه زدن آن‌ها کمک می‌نمایند.

بعضی از جوندگان مانند سنجاب، اشگول و هامستر در فصول مناسب مقدار زیادی از دانه‌ها و میوه‌های جنگلی را در زیر زمین ذخیره می‌کنند. همه ساله در اثر مرگ و میر تعدادی از این حیوانات، بذرهای جمع آوری شده در فصل بهار شروع به رویش می‌کنند و گیاهان جدیدی را به‌وجود می‌آوردند.

در مواردی خوک وحشی سبب تقویت تجدید نسل یا به‌عبارت دیگر شخم زدن و به هم زدن خاک جنگل می‌گردد (تراکتور بیولوژیک یا باغبان جنگل). این کار در حقیقت سبب آماده شدن بستر کاشت برای بذور درختان جنگلی می‌شود. این حیوانات که پوزه و دندان‌های بسیار قوی دارند در جستجوی ریشه گیاهان، با زیر و رو کردن خاک آن را شخم زده و عمل هوادهی و پوک نمودن خاک، ذخیره‌سازی آب، از بین بردن آفات و زیر خاک کردن بذر گیاهان را به‌نحو مناسبی انجام می‌دهند. از طرف دیگر در فصل زمستان که همه جا پوشیده از برف است، گراز با کنار زدن برف و زیر و رو کردن خاک، مواد غذایی و مکان استراحت را در اختیار پرندگان و حتی برخی از پستانداران قرار می‌دهند.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تعارض میان انسان و حیات وحش (گوشتخواران و علفخواران) در هر چهار منطقه مورد مطالعه وجود دارد که مهمترین دلیل آن وجود دام در جنگل است. نتیجه به‌دست آمده با نتایج صالحی و همکاران (۱۴۰۱) همسو می‌باشد. حیوانات گوشتخواری که عامل تعارض با دامداران هستند، عبارتند از پلنگ، گرگ، خرس قهوه‌ای و شغال. گراز تنها حیوان علفخواری است که مسبب مشکلاتی برای کشاورزان این مناطق به‌ویژه در حوزه چهل‌چای است. هر چند بیماری دام عامل بسیار مهمی در دامداری مردم محلی در هر چهار منطقه است و نقش مهمی در مرگ میر دام‌ها دارد و همچنین در برخی مناطق مانند بلیران دزدیدن دام بسیار زیاد است، اما نگرش مردم نسبت به گوشتخواران منفی است و تقریباً ۸۰ درصد پرسش شوندگان کشتن جانوران گوشتخوار را تنها راه کاهش تعارض می‌دانند. به‌طور کلی تعارض میان انسان و حیات وحش (مجموع گوشتخوار و علفخوار) در مناطق چهل‌چای و دوهزار و سه‌هزار شدیدتر از دو منطقه دیگر یعنی بلیران و فریرود و زیلکی‌رود است. از عوامل این تفاوت می‌توان به تفاوت در شیوه دامداری، نبودن دام در جنگل (فریرود و زیلکی‌رود)، تفاوت حضور و تراکم علفخواران و تفاوت در پیوستگی زیستگاه (زیستگاه‌های تخریب نشده بلیران و فریرود و زیلکی‌رود در مقایسه با زیستگاه‌های تخریب شده چهل‌چای و دوهزار و سه‌هزار) اشاره کرد.

به‌نظر می‌رسد با توجه به تفاوت در نحوه دامداری (ساکن، ییلاقی- قشلاقی) و نوع دام (گاو، گوسفند و بز)، نحوه زندگی ساکنان و امرار معاش آن‌ها (دامداری، کشاورزی و باغداری)، پراکندگی حیات وحش (نواحی پرتراکم و کم تراکم)، و علت تلفات دام (بیماری، حمله گوشتخوار و دزدیده شدن) در هر منطقه، بهتر است برای هر یک از چهار منطقه مورد مطالعه، ابتدا راهکارهایی متناسب با شرایط آن ارائه شود و سپس در موارد مشابه، راهکارهای کلی مورد بررسی و اجرا قرار بگیرند.

به‌صورت کلی در جنگل‌شناسی بوم‌شناختی در ارائه راهکار برای کاهش تعارض انسان و حیات وحش، دو طیف از روش‌ها وجود دارد: روش‌های انسان‌محور و روش‌های جانورمحور. البته تجربه‌های موفق در کاهش تعارض انسان و حیات وحش آن‌هایی بوده‌اند که ترکیبی از این دو روش را متناسب با شرایط موجود به‌کار گرفته‌اند. در روش‌های انسان‌محور، به‌منظور

کاهش تعارض، به جنبه‌هایی از آن پرداخته می‌شود که توسط انسان ایجاد می‌شود که می‌توان با اصلاح آن‌ها اقدام به رفع تعارض نمود؛ مانند مراقبت بیشتر از دام توسط چوپان در خارج از محدوده جنگل، توجه به محل نگهداری دام، آموزش چوپانان برای نحوه برخورد با گوشتخواران و موارد مشابه.

از طرف دیگر، در روش‌های جانورمحور، با تمرکز بر زیست‌شناسی، اکولوژی و رفتارهای زیستی گونه ایجاد کننده تعارض، به اقداماتی برای دور نگهداشتن آن از منطقه ایجاد تعارض و یا ایجاد فضای زیستی مناسب در زیستگاه طبیعی گونه به‌منظور کاهش درگیری با حیوانات اهلی که توسط انسان نگهداری می‌شوند، مانند گرفتن جانور پرتعارض و رها کردن آن در منطقه‌ای دورتر، بهبود شرایط زیستگاه از نظر تغذیه‌ای برای گونه‌های درگیر تعارض و روش‌های مشابه پرداخته می‌شود. همان‌طور که اشاره شد ورود دام به جنگل سرمنشا تعارض بین انسان و حیات وحش است. بنابراین بهتر است اولویت را به روش‌های انسان‌محور اختصاص داد. اما در شرایطی از قبیل جنگل‌های شمال ایران برحسب شرایط، استفاده از روش‌های جانورمحور یا انسان‌محور را باید در اولویت قرار داد.

در ادامه، با توجه به اطلاعاتی که از مناطق مورد مطالعه به‌دست آمده است، راه‌هایی برای کاهش تعارض با حیات‌وحش ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که اجرای این روش‌ها در منطقه نیازمند ایجاد زیرساخت‌های مناسب است و هریک از روش‌ها باید به شیوه‌ای متناسب با وضعیت منطقه بررسی و پایش شوند.

برخی از راهکارهای ارائه شده در زیر روش‌هایی هستند که دامداران و کشاورزان پرسش شونده، حین مصاحبه به آن‌ها اشاره کردند و برخی دیگر نیز راهکارهای مطرح جهانی به‌منظور کاهش تعارض‌های مشابه در نقاط دیگر جهان هستند. ترکیب این راهکارها و بومی‌سازی آن‌ها با مشارکت و کمک افراد منطقه می‌تواند مجموعه‌ای عملی و مفید به‌منظور کاهش تعارض به انسان و حیات وحش را فراهم آورد.

در حوزه بلیران افزایش مراقبت انسانی توسط دامدار، چوپان و کارگر در حین چرای دام به‌منظور کاهش تلفات ناشی از حمله گوشتخوار و دزدیده شدن دام، تربیت صحیح سگ‌های گله برای هشدار دادن از نزدیک شدن افراد غریبه به‌منظور کاهش خسارت ناشی از دزدیده شدن دام، بازگرداندن تمام گاوها و گوسفندان به تلارها و آغل‌ها در شب به‌منظور کاهش خسارت ناشی از دزدیده شدن و حمله گوشتخواران، دور کردن لاشه دام‌های تلف شده بر اثر بیماری و یا حمله گوشتخواران از محل نگهداری دیگر دام‌ها به‌منظور کاهش نزدیک شدن گوشتخواران به این محدوده و همین‌طور جلوگیری از عادت دادن آن‌ها به لاشه‌خواری، بیمه کردن دام به‌منظور جبران خسارت ناشی از بلایای طبیعی و تعارض، حذف زباله‌های انسانی از محیط جنگل و حاشیه روستاها به‌منظور کاهش حضور جانورانی مانند شغال در نزدیکی محل زندگی انسان و عادت کردن این جانور به زباله‌خواری و بهبود وضعیت زیستگاه‌ها با مشارکت جامعه محلی حاضر در منطقه به‌منظور افزایش طعمه‌های طبیعی گوشتخواران منطقه و کاهش تمایل آن‌ها به شکار کردن دام اهلی باید صورت گیرد.

در حوزه چهل‌چای روش‌های کاهش تعارض در بخش کشاورزی (گراز، خرس) شامل اجرای روش‌هایی به‌منظور دور نگهداشتن علفخوارانی مانند گراز از زمین‌های کشاورزی؛ مانند فنس‌کشی با سنگ و چوب (به صرفه‌ترند) و یا استفاده از ادرار و سرگین گوشتخوارانی مثل پلنگ، گرگ و سگ در حاشیه زمین، فنس فلزی دور زمین کشاورزی با روبان‌های (پارچه) سفید (در شب مشخص) و آویزان و براق و یا نوارهای پلاستیکی که صداهای نا آشنا ایجاد می‌کنند، به‌منظور دور کردن گرازها هستند. تعیین میرشکار (دشت‌بان) از طرف کشاورزان و گرفتن مجوز شکار گراز از محیط زیست به‌منظور کاهش جمعیت گرازهای حمله کننده به زمین‌های کشاورزی نیاز به بررسی دقیق گونه مورد نظر و نیز اطمینان از شکار گرازهایی دارد که به زمین‌های کشاورزی نزدیک می‌شوند. تعیین نگهبان‌های دوره‌ای برای مراقبت شبانه‌روزی از زمین‌هایی که فنس

ندارند، به‌منظور کاهش حمله گراز و خرس و تجهیز نگهبانان با ابزاری که نور و صدا تولید می‌کنند، مانند سوت و پروژکتور. ایجاد هرگونه شرایط نا آشنا و نامتعارف برای جانوران مانند تولید نور با آتش، چراغ‌های رنگی، چراغ قوه، لامپ‌های LED و پروژکتورها و تولید صدا با ترقه، نوارهای ضبط شده، صفحات حلبی و فلزی و موارد مشابه به‌منظور دور کردن جانوران. ایجاد بوهای تند و آزار دهنده برای جانوران (گراز و خرس) مانند سوزاندن مدفوع آن‌ها با فلفل تند و پخش کردن آن دور زمین کشاورزی، اسپری فلفل، مواد شیمیایی دیگر (گریس یا روغن موتور) که برای سلامتی بدنی جانوران منطقه و انسان ضرری ندارند و فقط تولید بوی تند و زننده می‌کنند. آغشته کردن نوارهای پارچه‌ای به این مواد و آویزان کردن به دور حصارهایی اطراف زمین کشاورزی، جایگزین کردن کشاورزی با باغداری در مواردی که طبق مطالعات و شرایط محیط امکان پذیر باشد. بهبود وضعیت زیستگاه برای افزایش خوراک طبیعی جانورانی از قبیل گراز به‌منظور کاهش هجوم آن‌ها به زمین‌های کشاورزی می‌باشد.

روش‌های کاهش تعارض در بخش دامداری (پلنگ، گرگ و خرس) در حوزه چهل‌چای شامل افزایش مراقبت چوپان‌ها و دامداران از دام‌های اهلی و عدم رها کردن آن‌ها بدون سگ و چوپان در منطقه، بهبود وضعیت تربیتی سگ‌های گله به‌منظور هوشیاری بیشتر در مراقبت از دام در مقابل دزدی و جانوران وحشی، عدم رهاسازی لاشه دام اهلی در حوالی منطقه (آغل‌ها و محل نگهداری دام در مرتع)، بیمه کشاورزی و دامداری به‌منظور جبران خسارت ناشی از بلایای طبیعی و تعارض، کاهش میزان زباله‌های انسانی از اطراف روستا به‌منظور کاهش حضور گراز، خرس و شغال در نزدیکی روستا، بهبود وضعیت زیستگاه‌ها با مشارکت جامعه محلی حاضر در منطقه به‌منظور افزایش طعمه‌های طبیعی گوشتخواران منطقه و کاهش تمایل آن‌ها به شکار دام اهلی است.

اصولاً اجرای عملیات مدیریت جنگل همزمان با دامداری و چرای دام در جنگل منافات دارد و سبب ایجاد تعارض بین انسان و حیات وحش می‌شود. امروزه در برخی نقاط در جهان، علم جنگل‌شناسی به‌حدی پیشرفت کرده است که برخی شیوه‌ها بر پایه حضور حیات وحش با تراکم مناسب در جنگل تحول یافته‌اند.

منابع

Abdi, Omid, et al. (2011). The effect of forest management on forest fires in Golestan province by using GIS. Research on the protection and protection of forests and pastures in Iran, 9(2) (consecutive 18): 100-108.

Abedi, Roya. (2019). The effect of nature tourism on the characteristics of structure and biodiversity of Arsbaran forest. Plant Researches (Iranian Journal of Biology) (Scientific). 32 (2): 416-406.

Jazirehi, Mohammad Hossein, Ebrahimi Rostaghi, Morteza. (2012).silviculture in Zagros. Tehran University Press. 560 p.

Lotfi, Reza et al. (2022). The impact of forestry methods on the structural characteristics of the forest mass and soil characteristics in the beech forests of the Hyrkanian middle band (case study: Sri El-Nadan-Sari forests). Journal of Iran's Forest Ecology, 10 (20): 11-22.

Radaei, Mahmoud, Habashi, Hashem.(2022). The effect of harvesting intensity in single-selection forestry method on the characteristics of the structure of the mixed border stand. Wood and Forest Science and Technology Research, 29 (2): 152-137.

Sadati, Seyed Ehsan and et al. (2020). Distribution of old trees and ecological features of their habitats in Mazandaran province, Iranian Forest and Spruce Research Quarterly, 28 (1): 14-29.

Shahriari, Hafeez Elah, et al. (2019). The reaction of plant functional groups to some environmental factors in the mountain forests of South Zagros (a case study of Khuzestan province-Baghmolek city). Plant Researches (Iranian Journal of Biology) (Scientific). 32 (4): 798-814.

Mirdavodi, Hamidreza, et al. (2013). The effect of disturbance on plant diversity and invasive species in the oak forests of western Iran (case study: Dalab forest of Ilam). Iran Forest and Spruce Research, 21 (1): 1-15.

Javanmiri Pour Mohsen, Etemad Vahid. (2022). The transformation of the structural heritage of the dry forest in the dynamic process of pure stands of oriental beech (Case study: Khairud Nowshahr forest) (Fagus orientalis Lipsky). Ecology of Iran's forests (scientific-research). 10 (20): 73-87

Nouri, Parvin, Habibi Bibalani, Qasim. (2018). Investigating the amount of root distribution of plantain trees (*Platanus orientalis* L.) on the banks of the Cranlu river in Kalibar city. Renewable Natural Resources Research, 10(2 (32)): 31-37.

Sefidi, Kyomerth. (2017). Quantitative evaluation of the abundance of habitat trees and dry trees in stands of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in Siahkol forests of Gilan. Iran Forest and Spruce Research, 26 (3): 343-331.

Russell, M.B., Woodall, C.W., D'Amato, A.W., Fraver, S. and Bradford, J.B., (2014). Technical note: Linking climate change and downed woody debris decomposition across forests of the eastern United States. Biogeosciences, 11: 6417-6425.

Palik, B. J., A. W. D'Amato, J. F. Franklin, and K. N. Johnson. (2020). Ecological Silviculture: Foundations and Applications. Long Grove, IL: Waveland Press, Inc.

Neel, L., Sutter, P, S. Way, A, G.(2010). The Art of Managing Longleaf: A Personal History of the Stoddard-Neel Approach. University of Georgia Press. 224 p.

Hagenbuch, S., K. Manaras, J. Shallow, K. Sharpless, and M. Snyder. (2011). Silviculture with birds in mind: Options for integrating timber and songbird habitat management in northern hardwood stands in Vermont. Montpelier, VT: Audubon Vermont and Vermont Forests, Parks, and Recreation, 24 p.

Marvi Mohajer, Mohammad Reza, (2013). Silviculture. Tehran University Press. 419 p.

Zamani, Navid, et al. (2019). Investigating the role of environmental education in local communities in reducing human-wildlife conflict. Animal Environment Quarterly, 12 (1): 31-40.

Salehi, Mohsen, et al. (2022). Human-wildlife conflict and local people's point of view regarding wildlife protection in Golestan National Park. Environmental Research, 13 (25): 336-319.

Nyirenda, V. R.; Willem, J. M.; Reilly, B. K.; Phiri, A. I. and Chabwela, H. N. (2013). Wildlife crop damage valuation and conservation: conflicting perception by local farmers in the Luangwa Valley, eastern Zambia. International Journal of Biodiversity Conservation, 5: 741–750.

Bahmanesh, Mukarmeh, et al. (2018). The frequency and intensity of damage caused by carnivores to rural livestock farmers in the east of Isfahan province. Animal Environment Quarterly, 10 (4): 44-35.

Wang, S.W., Macdonald, D.W. (2006). Livestock predation by carnivores in Jigme Singye Wangchuck National Park, Bhutan, Biological Conservation, 129 (4): 558-565.

Mwakaje, A.G., Manyasa, E., Wawire, N, Muchai, M., Ongare, D., Mugoya, Ch., Masiga, C. W., Nikundiwe, A. (2013). Community-Based Conservation, Income Governance, and Poverty Alleviation in Tanzania. The Journal of Environment and Development, 22 (1), 51-73.

Asgari, Mohammad, et al. (2022). Investigation of human-wildlife conflict in rural and urban environments of Rabat Karim city. Animal Environment Quarterly. http://www.aejournal.ir/article_148136.html.

Mohammad Asgari, Mohsen Javanmiripour, (2022). The role of stray dogs in conflict with humans and wildlife in the urban environment and its adjustment strategies; Case study: Rabat Karim city. Journal of Environmental Studies, Natural Resources and Sustainable Development, 6 (20): 41-51.

Koch, Yahya, et al. (2011). The diversity of plant species in the habitat units of the lower dam of the Caspian border (case study: Khanikan forest, Chalus). Biology of Iran, 24(2): 272-281.

Nobakht, Abbas Ali, et al. (2018). The effect of the presence of livestock on the diversity of vegetation and soil characteristics in the forests of Nakazalmard, Mazandaran province. Iran Forest and Spruce Research, 26 (3): 392-382.

Javanmiri Pour, Mohsen et al. (2013). The effect of livestock grazing on the change and diversity of forest species in natural reproduction groups (case study: Patom section of Kheyrud forest). Journal of Forest and Wood Products, 66 (4): 426-401.

Salmanpour, F., Shakoori, Z., Kia, M., and Ghomi, S. (2021). Investigating the Factors Affecting Leopard (*Panthera pardus* tulliana) Conflict with Domestic Livestock Compared to other Large Carnivores in Nowshahr Hyrcanian Forests. *Journal of Animal Environment*, *13*(2): 1-8.

Sharma, G., (2017). Pros and cons of different sampling techniques. International journal of applied research, 3(7): 749-752.

Sepahvand, P., Zebardast, L., and Yavari, A. (2022). Wildlife population trends and investigating land cover changes using landscape ecological approach in Golestan National Park, Iran. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*. *35*(4): 326-341.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

Studying the population, distribution, and conflict between mammals and humans in the Hyrcanian forest ecosystem

M. Javanmiri Pour[1*] M. Chobtashani[2] and V. Etemad[3]

1- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2- M.Sc. Student, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3- Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

Based on the doctrine and concepts of ecological silviculture, the function of animals and the conflict between humans and wildlife need to be considered. The conflict between humans and wildlife refers to the interaction between humans and wildlife that has a destructive effect on humans' economic, social, or cultural life, the protection of wildlife, or the environment. This study aims to find management solutions for the protection of mammals in the landscape of the Hyrcanian forests in the outline of ecological silviculture by examining the population, distribution, and conflict of mammal species with humans. In this study, four studied areas, including Feriroud and Zilkiroud, Duhezar and Sehezar, Beliran, and Chelchai with a total area of 102083 hectares were covered. In the section related to investigating and identifying the conflict between humans and carnivores, the questionnaire method was selected and carried out to collect data from ranchers. To obtain evidence about the presence and distribution of mammals in the designated areas of the Hyrcanian forests, field surveys in linear transects direct and indirect observation (signs) of the target species, and installation of camera traps were chosen to consider this situation. Based on the available sources, 58 species of mammals have been identified in the Hyrcanian forests, including plains forests and agricultural lands around them, mountain forests, and shrublands in the intermediate areas. These species belong to the orders of urchins, insectivores, bats, carnivores, cetaceans, rodents, and rabbits. There is a conflict between humans and the predatory species of leopards, brown bears, wolves, and jackals in the regions of Friroud, Zilkiroud, Duhezar, Sehezar, and Beliran. In the Chelchai region, the conflict between boar and bear was very intense. Boar was directly observed in Friroud and Zilkiroud, and traces and signs of Ibex, Chamois, Boar, Porcupine, Leopard, and Brown Bear were observed. In addition, images of wild boar, Ibex, Chamois, and stone otters were recorded by trap cameras. In the investigation of the Duhezar, Sehezar, so far, only goats have been observed directly. However, according to the interviews conducted with ranchers and hunters, as well as the observed signs, Ibex, Chamois, Boar, Porcupine, Leopard, Lynx, Wolf, Jackal, and Brown Bear are among the large mammals of this region. By using field surveys in the Beliran region, examining signs, and interviewing ranchers and hunters, the presence of boar, wolf, jackal, and brown bear in the region has been determined. Studies show a conflict between humans and wildlife (carnivores and herbivores) in all study areas, which affects their distribution. It is necessary to consider this distribution and conflict for management within the ecological silviculture principles.

Keywords: conflict, distribution, ecological silviculture, Hyrcanian forests, mammals.

*Corresponding author Tel: +98 9183348828 Email: mjavanmiri@ut.ac.ir

تحول دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی برای ایجاد جنگل‌های آمیخته

محسن جوانمیری‌پور[1*] و وحید اعتماد[2]

۱- دانش‌آموخته دکترای جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

دهه‌های اخیر شاهد افزایش علاقه تحقیقاتی به جنگل‌های آمیخته و حمایت بیشتر سیاسی از اقدامات برای تحول توده‌های دارای گونه‌های آمیخته بوده است. با این حال، گزارش‌ها در طیف وسیعی از کشورها مشکلات عملی زیادی را نشان می‌دهد که اجرای موفقیت‌آمیز مدیریت جنگل‌های آمیخته را مختل می‌سازد. این موضوع در فقدان راهنمایی جامع برای کمک به مدیران در جنگل‌شناسی پیچیده جنگل‌های آمیخته منعکس می‌شود. در این مطالعه، بررسی‌های موردی از چهار کشور مختلف در اروپا ارائه می‌گردد که جنبه‌های مختلف مدیریت جنگل‌های آمیخته را نشان می‌دهد. این موارد نشان داد که استقرار موفقیت‌آمیز طیف وسیعی از نهال‌های جوان از گونه‌های مختلف به شرایط اقلیمی نسبتاً مطلوب و کنترل چرای حیوانات بستگی دارد. ایجاد توده آمیخته ممکن است دهه‌ها سال طول بکشد و نیاز به مراقبت دقیق و زیاد در سال‌های اولیه دارد. انواع تحول جنگل[1] در چند کشور به عنوان وسیله‌ای برای تعریف اهداف تحول توده در آینده مورد استفاده قرار گرفته است که این مفهوم سازوکاری ساختار یافته را برای تحول راهنمایی‌های جنگل‌شناسی برای توده‌های آمیخته فراهم می‌سازد. انواع تحول جنگل‌ها را می‌توان به اطلاعاتی در مورد تأثیر تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده مرتبط کرد تا چارچوبی برای اجرای جنگل‌شناسی خاص و تطبیقی فراهم سازد که جنگل‌های آمیخته را برای ارائه طیف وسیعی از مزایا در طی زمان ارتقا دهد.

واژگان کلیدی: جنگل‌های آمیخته، مدیریت جنگل، تحول توده، کنترل حیوانات.

مقدمه

در دهه‌های اخیر افزایش قابل‌توجهی در تلاش تحقیقاتی برای بررسی عملکرد و پویایی جنگل‌های آمیخته صورت گرفته است. شواهد برای این منظور افزایش منابعی است که دانش موجود در مورد آن را ارائه می‌کند (Cannell et al., 1992; Kelty et al., 1992; Pretzsch et al., 2017) و نیز بررسی‌های اجمالی اخیر که به دنبال توضیح فرآیندهای تأثیرگذار بر پویایی شیوه‌های جنگل‌شناسی هستند (van der Plas et al., 2016؛ Forrester and Bauhus, 2016). این یافته‌های تحقیقاتی منعکس کننده حمایت بیشتر از جنگل‌های آمیخته در بخش‌های مختلف اروپا، به عنوان مثال اتریش (Sterba,

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۸۳۳۴۸۸۲۸ ایمیل: mjavanmiri@ut.ac.ir

1 - Forest development types

2016)، ایتالیا (Barbati and Ferrari, 2016)، لهستان (Pach et al., 2016)، سوئد (Löf, 2016) و بخش‌هایی از انگلستان هستند (Mason, 2016). با این حال، در نتیجه فعالیت‌های جنگل‌کاری در گذشته، تعدادی از کشورهای اروپایی هنوز دارای مقدار نسبتاً زیادی (بیش از ۴۰٪ مساحت جنگل) جنگل‌های خالص هستند (مانند اتریش، بلژیک، فنلاند، ایسلند، ایرلند، پرتغال و ... UK: Forest Europe, 2011). علاوه بر این، بررسی گزارش‌های اخیر کشورها در مورد وضعیت جنگل‌های آمیخته در کشورهای مختلف اروپایی (Mason et al., 2016) نشان داد که تقریباً نیمی از آنها مشکلاتی داشتند که اجرای مدیریت جنگل‌های آمیخته را محدود می‌کرد. این موارد شامل مباحث سنتی در مدیریت توده‌های آمیخته (پرتغال)، مدیریت بیشتر جنگل‌ها به‌عنوان خالص و حمایت از مولدترین گونه‌ها (سوئد)، توده‌هایی که با مدیریت همسال (فنلاند) آسیب دیده بودند، دانش پراکنده درباره مدیریت کارآمد توده‌های آمیخته (فرانسه) و تمایل به تاخیر در اقدامات مراقبتی که منجر به زبونی گونه‌های آمیخته (اتریش) می‌شود، بود. کشورهایی که مشکلات کمتری را در اجرای مدیریت جنگل‌های آمیخته گزارش کردند، معمولاً دارای سنت طولانی مدیریت جنگل‌های آمیخته هستند که اغلب از طریق جنگل‌داری «نزدیک به طبیعت» اعمال می‌شود (کرواسی، آلمان و اسلواکی؛ Spathelf , 1997؛ Mason et al., 2016). با این حال، حتی در چنین کشورهایی، ممکن است مشکلاتی در تبدیل توده‌های سوزنی‌برگ خالص به جنگل‌های آمیخته به دلیل محدودیت‌هایی مانند چرای وحوش و کمبود درختان مادری برای گونه‌های جایگزین وجود داشته باشد (Kucbel et al., 2016).

بنابراین، اگرچه حمایت گسترده‌ای برای ایجاد روزافزون جنگل‌های آمیخته وجود دارد و این هدف با سیاست‌های ملی ترویج می‌شود، اما تحقق موفقیت‌آمیز این اهداف دشوار به نظر می‌رسد. این موضوع تا حدی ناشی از الگوی جنگلی حاکم در بسیاری از کشورهای اروپایی است که مبتنی بر مدیریت همسال و جنگل‌های خالص است. این امر منجر به فرهنگ جنگل‌شناسی گسترده‌ای شده که در آن پذیرش شیوه‌های جنگل‌شناسی جایگزین، از قبیل ایجاد جنگل‌های آمیخته، می‌تواند با موانعی از جمله فقدان تخصص جنگل‌شناسی با مشکل مواجه شود (Puettmann et al., 2015؛ Coll et al., 2018). در میان مشکلاتی که در این مطالعه رتبه‌بندی شده‌اند، نیاز به شناسایی عملیاتی است که ماندگاری اجزای آمیختگی مورد نظر را طی زمان تضمین می‌کند. هنگام بررسی تحقیقات منتشر شده که می‌تواند راهنمای عملیاتی در مورد این موضوع ارائه دهد، Coll et al. (2018) دریافتند که فقط اطلاعات محدودی وجود دارد. آنها مشاهده کردند که فقدان شواهد در مورد جنبه‌های عملیاتی به سایر نگرانی‌های مدیریتی عملی مانند هزینه‌ها (و منافع) مربوط به مدیریت توده‌های آمیخته و به میزانی نیز گسترش یافته است که توده‌های آمیخته ممکن است انعطاف‌پذیری عملیاتی بیشتری ارائه دهند. اهمیت اطلاعات بهتر در مورد پایداری توده‌های آمیخته در طول زمان توسط Bauhus et al. (2017) نیز مطرح شد که نیاز به در نظر گرفتن سازگاری گونه‌ها در توده آمیخته برای ایجاد ترکیباتی دارد که به دخالت جنگل‌شناسی محدود نیازمند است. سازگاری در توده آمیخته تحت تأثیر ویژگی‌های گونه‌ای مانند نرخ رشد نسبی و بردباری به سایه و نیز عوامل رویشگاهی و اقلیمی خواهد بود.

روش معمول تبدیل این اصول کلی پویایی ترکیبی به اطلاعاتی که بتواند توسط جنگلبانان در عرصه مورد استفاده قرار گیرد، از طریق تهیه دستورالعمل‌های عملیاتی است که مختص کشورها یا مناطق خاص و برای انواع جنگل‌ها است. چنین دستورالعمل‌هایی می‌توانند جنبه‌هایی مانند ترکیب گونه مورد نظر، الگوی آمیختگی، روش زادآوری ترجیحی و نوع و شدت تنک کردن را پوشش دهد. با این حال، بررسی گزارش‌های کشوری (Mason et al., 2016) نشان داد که تنها سه کشور (آلمان، لهستان، اسلواکی) دستورالعمل‌هایی داشتند که به طور خاص مدیریت توده‌های آمیخته را حمایت می‌کرد. این

دستورالعمل‌ها اغلب برای یک منطقه یا ایالت خاص (مانند آلمان) تعریف می‌شوند و به نظر می‌رسد که ارتباط نزدیکی با شناسایی انواع تحول جنگل[1] متشکل از ترکیب گونه‌های خاص را دارند. این رویکرد در دانمارک به عنوان بخشی از معرفی مدیریت جنگل مبتنی بر طبیعت نیز دنبال شد (Larsen and Nielsen, 2007). سایر کشورها یا دستورالعمل‌های بسیار کلی داشتند که توصیه دقیقی در مورد ترکیب گونه‌ها در توده آمیخته ارائه نمی‌کرد (به عنوان مثال فنلاند)، یا دستورالعمل‌هایی داشتند که به جای توده‌های آمیخته بر روی گونه‌های فردی متمرکز بود (به عنوان مثال اتریش، انگلستان) و یا به نظر می‌رسید نسخه عملیاتی برای توده‌های آمیخته وجود ندارد (به عنوان مثال نروژ، پرتغال). این فقدان راهنمایی توسط Pretzsch and Zenner (2007) نیز مورد توجه قرار گرفت که دریافتند دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی برای توده‌های آمیخته، در صورت وجود، «عمدتاً مبهم و کیفی» هستند.

این مطالعه به بررسی نمونه‌های بلندمدت در اروپا می‌پردازد که در آن‌ها تلاش‌هایی برای بهبود مدیریت جنگل‌های آمیخته انجام شده و اصول کلی را برای ارتقای راهنماهای جنگل‌شناسی ارائه می‌دهند. هدف نهایی، ایجاد توده‌های آمیخته موفق و پایدار با هزینه‌های مقرون به صرفه است. بدیهی است توجه به این نمونه‌ها برای حفظ آمیختگی توده‌های جنگلی شمال کشور در شرایط تغییرات اقلیمی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

روش انجام مطالعه

برای انجام این مطالعه از روش بررسی منابع و مطالعات انجام شده استفاده شد که به روش مطالعات کتابخانه‌ای معروف است. روش تحقیق کتابخانه‌ای یک فرآیند منظم و گام‌به‌گام برای گردآوری اطلاعات از منابع مکتوب است که در نگارش مقالات، پایان‌نامه‌ها و سمینارها به کار می‌رود. این روش طبق مراحل زیر انجام شد.

تعریف موضوع تحقیق: مشخص کردن ایده اصلی یا سوال پژوهش.

بررسی کلمات کلیدی: شناسایی کلمات و اصطلاحات تخصصی مرتبط با موضوع.

جمع‌آوری منابع: جستجو در کتاب‌ها، مقالات و پایگاه‌های داده برای یافتن منابع مرتبط.

یادداشت‌برداری: استفاده از فیش‌برداری یا نرم‌افزارهای مدیریت اطلاعات برای ثبت نکات مهم.

تجزیه و تحلیل اطلاعات: ارزیابی و ترکیب داده‌ها برای پاسخ به سوالات تحقیق.

استناد و ارجاع: رعایت اصول استناد به منابع برای حفظ یکپارچگی علمی.

به طور کلی برای انجام این مطالعه ۴۹ مقاله از چهار کشور آلمان، لهستان، سوئد و انگلستان بازخوانی و مرور گردید و نتایج آنها استخراج شد.

نتایج

آلمان

در قرن هجدهم و نوزدهم، کاشت گسترده کاج جنگلی بر روی خاک‌های فقیر در مناطق پست شمال آلمان انجام شد (Spathelf and Ammer, 2015). اگرچه این جنگل‌ها در برابر آفات و حشرات و آتش آسیب‌پذیر بودند، غالباً در قرن گذشته،

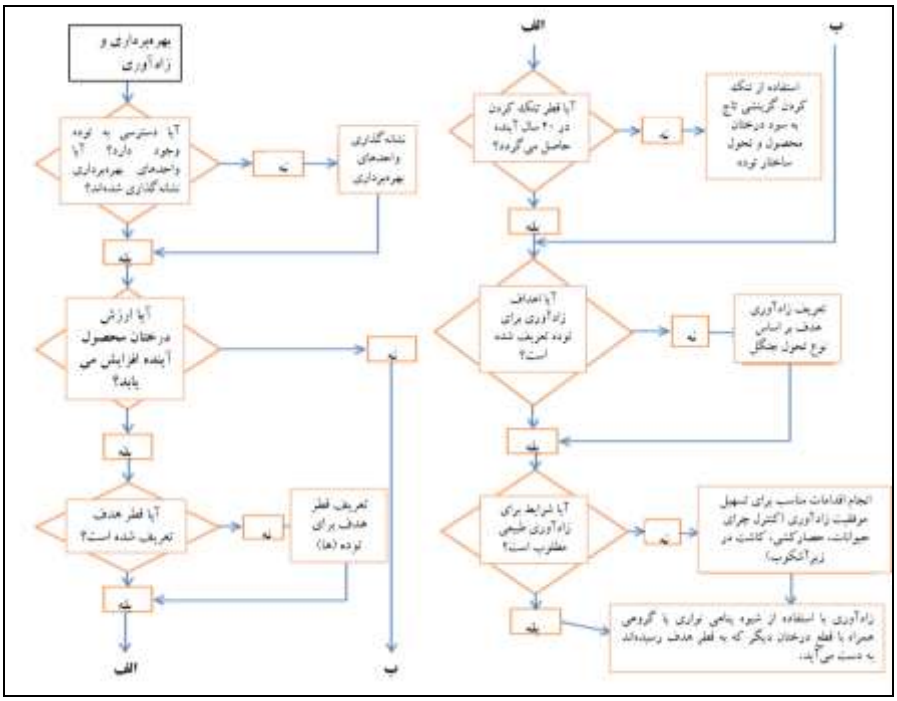
1- forest development types (FDTs)

تقاضای جامعه برای افزایش تولید چوب منجر به استفاده گسترده از شیوه‌های جنگل‌شناسی مبتنی بر برش یکسره و زادآوری مصنوعی شد. در نتیجه، در آغاز قرن حاضر، بیشتر جنگل‌های کاج اسکاتلندی در این منطقه از گونه‌های منفرد، بسیار متراکم و توده‌های همسال تشکیل شده بودند. با این حال، در اواخر قرن بیستم، رژیم مدیریتی حاکم از دو جهت شروع به تغییر کرد. اولین مورد تأکید بیشتری بر تولید چوب کاج با کیفیت به جای زیست‌توده برای خمیر چوب بود. دومین مورد شامل تبدیل تدریجی توده‌های کاج خالص به مخلوطی از کاج و پهن‌برگ بود. این روند اخیر تحت تأثیر ملاحظات بوم‌شناختی و اقتصادی قرار گرفت (Spathelf and Ammer, 2015).

در ایالت براندنبورگ، از سال ۲۰۰۴، اجرای رویکرد جدید جنگل‌شناسی مستلزم ایجاد توده‌های آمیخته است (MLUL, 2016). بنابراین، بسیاری از توده‌های کاج خالص در حال حاضر به جنگل‌های آمیخته با آمیختگی قابل‌توجهی از راش اروپایی و انواع بلوط تبدیل شدند. تبدیل به توده‌های آمیخته در جنگل‌های عمومی مبتنی بر رویکرد مدیریت بلندمدت است که شامل تعریف انواع تحول جنگل‌ها برای توصیف ترکیب و ساختار مطلوب توده در آینده است. در ایالت براندنبورگ، انواع تحول جنگل‌ها برای جنگل‌های کاج جنگلی تعریف شده است. این انواع تحول جنگل‌ها را می‌توان به آنهایی که در خاکهای شنی فقیر کاج گونه درختی اصلی است و در خاکهایی با باروری متوسط گروه‌بندی کرد که محتوای قابل‌توجهی از لوم و ظرفیت ذخیره آب، بهتر اجازه می‌دهد کاج با گونه‌های درختی پهن‌برگ مخلوط شود. سپس دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی برای پوشش مدیریت هر نوع تحول جنگل ایجاد می‌شود (شکل ۱).

وارد کردن گونه‌های دیگر به توده‌های کاج خالص نسبتاً ساده است. راش اروپایی سایه‌پسند را می‌توان در زیرآشکوب توده‌های نسبتاً متراکم کاج بالغ کاشت. گزینه دیگر برای دستیابی به توده‌های آمیخته کاج و گونه‌های درختی پهن‌برگ، کاشت کم با بلوط یا استفاده از نهال‌های بلوط است که از بلوط‌های پراکنده شده توسط جی‌جاق اوراسیایی[1] تولید می‌شوند. در چنین توده‌های آمیخته‌ای، به ویژه در راش اروپایی، کاج اسکاتلندی باید به طور مداوم از درختان همسایه با پرورش و تنک شدن آزاد شود. برش نهایی زمانی شروع می‌شود که درختان کاج به قطر هدف خود (۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر بسته به منطقه و کیفیت درخت) رسیده باشند. بازده مالی (در هکتار و سال) بسیار به قابلیت تولید رویشگاه و کمتر به نحوه دخالت بستگی دارد. برای بهترین رویشگاه‌ها، بازدهی بین ۸۰ تا ۱۰۰ سال از ۱۵۰ تا ۲۰۰ یورو در هکتار و در سال به اوج می‌رسد. اگر درختان کاج با تنه با کیفیت بالا تولید شوند، می‌توان آنها را برای چرخش دیگری پرورش داد.

1- *Garrulus glandarius* L.



شکل ۱- درخت تصمیم‌گیری که مراحل مربوط به برش و فرآیندهای زادآوری را در طول تحول در جنگل با غالبیت کاج جنگلی در ایالت براندنبورگ آلمان نشان می‌دهد

احیای طبیعی کاج جنگلی در رژیم مدیریت جنگل نزدیک به طبیعت غالباً مورد استقبال قرار می‌گیرد. موفقیت زادآوری طبیعی کاج به تماس با خاک معدنی (بدون تجمع بستر یا لایه‌های ضخیم گیاهان رقیب)، نور کافی و کنترل جمعیت‌های چهارپایان بستگی دارد. گاهی اوقات لایه‌های هوموس ضخیم یا پوشش گیاهی رقیب برای آماده‌سازی خاک به صورت نواری یا تکه‌ای حذف می‌شوند. انواع گزینه‌های جنگل‌شناسی برای احیای کاج جنگلی از برش‌های یکسره تا قطع گروهی یا شیوه‌های پناهی وجود دارد.

لهستان

کوه‌های بسکید سیلزی[1] و ژیویکی[2] بخشی از کوه‌های بسکیدی[3] غربی در جنوب لهستان را تشکیل می‌دهند که ارتفاع آنها بین ۷۰۰ تا ۱۱۰۰ متر از سطح دریا است. در نیمه دوم قرن نوزدهم، جنگل‌های آمیخته طبیعی نوئل نروژی، راش اروپایی و نراد نقره‌ای اروپایی به نوئل نروژی تبدیل شد. توده‌های خالص نوئل به دلیل رشد نسبتاً سریع، تولید حجم زیاد چوب با ارزش پولی بالا و سهولت مدیریت مورد علاقه بودند. در اواسط قرن بیستم، مشخص شد که شرایط رویشگاه در این منطقه کوهستانی برای جنگل‌های نوئل خالص مناسب نیست. مشکلات زیادی در مدیریت این جنگل‌ها وجود داشت که از جمله می‌توان به افزایش آسیب باد و برف اشاره کرد. این مشکلات در اوایل قرن حاضر به اوج خود رسید، زمانی که در این منطقه از بین رفتن انبوه توده‌های نوئل ناشی از طیفی از عوامل متقابل از جمله منشا بذر مورد استفاده در قرن نوزدهم اتفاق افتاد

[1]- Beskid Śląski
[2]- Żywiecki
[3]- Beskidy

که اغلب از کوه‌های آلپ اتریش بود که ثابت شد که با اقلیم محلی ناسازگارند. اثرات منفی طولانی مدت آلاینده‌های صنعتی بر خواص شیمیایی و زیستی خاک وجود دارد. آسیب گسترده‌ای از گونه‌های قارچ آرمیلاریا[1] وجود دارد. جنگل‌ها به طور فزاینده‌ای برای تفرج و چشم‌انداز با ارزش بودند که منجر به چرخش طولانی‌تر و افزایش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات غیر زنده شد. شیوع بیشتر سوسک پوست‌خوار تا حدی به دلیل آشفتگی بیشتر ناشی از خشکی، باد و برف بود.

این خشکی منجر به تصمیم برای تبدیل توده نوئل خالص به جنگل آمیخته، ساختار ناهمگن و پایدارتر و سازگار با شرایط محلی شد. هدف این است که کلیه اقدامات جنگل‌شناسی در طی فرآیند تبدیل باید از اصول جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت پیروی کنند (Schutz et al., 2016). اصول اصلی در این تبدیل به شرح زیر بوده است (Malek, 2015)، یعنی کاشت نهال‌های نراد نقره‌ای و راش (به اصطلاح گونه مورد نظر) در فضای باز در توده‌های با نوئل بازمانده در آشکوب بالا انجام شد. زادآوری طبیعی گونه‌های پیشگام (مانند کاج جنگلی، توس، صنوبر لرزان و لاریکس اروپایی[2]) پذیرفته می‌شود، در حالی که سایر گونه‌های همراه مانند نمدار، افرا نروژی[3] ، افرا چناری، نارون، دوگلاس‌فر ممکن است برای افزایش تنوع گونه‌ای وجود داشته باشند. زادآوری طبیعی بیش از حد نوئل نروژی طی مراحل پرورشی به نفع گونه‌های هدف حذف خواهد شد. از طیف وسیعی از پرووننانس‌ها برای اطمینان از تنوع ژنتیکی استفاده می‌شود. در نواحی باز که توده‌های نوئل تخریب شده‌اند، درختان پرستار (مانند توس و کاج جنگلی) برای کاشت بعدی با گونه‌های هدف وارد می‌شوند و فرآیند زادآوری به طور منظم برای اطمینان از پیشرفت رضایت بخش به سمت احیای جنگل‌های آمیخته پایش می‌شود.

سوئد

در جنوب سوئد، بلوط‌هایی که به‌طور طبیعی احیا شده‌اند (بلوط اروپایی و بلوط سیسیل) اغلب در رویشگاه‌های مساعد در انواع مختلف آمیختگی با سایر پهن‌برگان و سوزنی‌برگان و نیز در مناطق فقیر از مواد غذایی و رویشگاه‌های خشک در مناطق ساحلی منطقه یافت می‌شوند (Drössler et al., 2012). در این منطقه حدود ۶۵۰۰۰ هکتار جنگل بلوط (بیش از ۵۰ درصد بلوط براساس سطح مقطع) وجود دارد، اما بخش قابل‌توجهی از بلوط به صورت درختان پراکنده در مراتع و به صورت آمیخته با سایر گونه‌های درختی در جنگل‌ها وجود دارد (Almgren et al., 1984؛ آژانس جنگل سوئد، ۲۰۱۴). توده‌های آمیخته مرسوم شامل بلوط/ نوئل نروژی و بلوط/ کاج اسکاتلندی با یا بدون سایر گونه‌های پهن‌برگ مانند توس، صنوبر لرزان، راش و نمدار هستند. توده‌های آمیخته بلوط و سایر گونه‌های پهن‌برگ نیز وجود دارند. بسیاری از این جنگل‌های آمیخته، بلوط خالص یا غنی از بلوط از کاربری‌های تاریخی زمین مانند مرتع مشجر، جنگل‌های شاخه‌زاد یا اخیراً از مزارع و مراتع متروکه ناشی می‌شوند که بیشتر آنها متعلق به مالکان جنگل‌های خصوصی کوچک هستند (Löf et al., 2016).

ایده مدیریت چنین توده‌های آمیخته به طور طبیعی احیا شده با هدف اصلی تولید چوب بلوط توسط یک مدیر جنگل محلی در بلکینگ[4] در بخش جنوب شرقی سوئد ایجاد شد (Ståål, 1986). داده تجربی برای این نوع مدیریت وجود ندارد، اما قطعات نمونه برای دوره‌ای بیش از ۶۰ سال پایش شده است. این سیستم به زادآوری طبیعی فراوان بلوط متکی است و عملی بودن اجرای آن با آماربرداری تعیین می‌شود که قبل از رسیدن توده به سن ۳۰ تا ۴۰ سالگی انجام می‌شود. در این مرحله، معمولاً باید حدود ۱۰ درصد بلوط در توده وجود داشته باشد، در حالی که بقیه می‌توانند مخلوطی متغیر از درختان

1- Armillaria
2- Larix decidua
3- Acer platanoides
4- Blekinge

پهن‌برگ و سوزنی‌برگ باشند. هدف از پایش این است که مشخص شود آیا بلوط‌های جوان به اندازه کافی وجود دارند تا به درخت تبدیل شوند، یعنی حداقل ۴۰ درخت محصول آینده در هر هکتار در پایان چرخش (حدود ۱۲۰ سال). اگر این شرایط محقق شود، درختان محصول از گونه بلوط برای آینده نشانه‌گذاری می‌شوند و برای چرخش به صورت جداگانه مدیریت می‌شوند. مدیریت فردی درختان محصول آینده، شامل هرس درختان محصول تا حدود ۷ تا ۸ متر در صورت لزوم است. تنک شدن توده‌ها اغلب (یعنی هر ۵ سال) در دهه‌های اولیه و کمتر (یعنی هر ۱۰ تا ۱۵ سال) با افزایش سن توده انجام می‌شود. کل توده تنک می‌شود و همه انواع درختان قطع می‌شوند، اما الگوی تنک شدن اعمال شده تضمین می‌کند که تاج درختان بلوط آینده آزاد می‌شود. هر گونه درخت شبه غالب یا زیرآشکوب در نزدیکی بلوط حفظ می‌شود. در پایان چرخش، فراوانی بلوط نسبت به سایر گونه‌های درختی افزایش می‌یابد. اگرچه این سیستم شامل چرخشی طولانی است، اما به دلیل سرمایه‌گذاری محدود در سال‌های اولیه با اتکا به زادآوری طبیعی و به دلیل اینکه عملیات تنک کردن غالباً محصول مازاد تولید می‌کنند، مدیریت مقرون به صرفه‌ای تلقی می‌شود، زیرا عملیات تنک کردن اکثراً محصول مازاد تولید می‌کند، چون از وسط چرخش به بعد درخت با اندازه متوسط بیشتری تولید می‌شود.

انگلستان

در آغاز قرن گذشته، مساحت جنگلی بریتانیا در نتیجه قرن‌ها بهره‌برداری بی‌رویه چوب، چرای بی‌رویه و تبدیل به کشاورزی به حدود ۵ درصد از مساحت اراضی کاهش یافته بود. اجرای برنامه جنگل‌کاری پایدار، عمدتاً در زمین‌های کشاورزی حاشیه‌ای در نواحی مرتفع، نسبت جنگل را تا سال‌های اولیه قرن حاضر به ۱۳ درصد افزایش داد. این جنگل‌های «جدید» عمدتاً از درختان سوزنی‌برگ، اغلب از گونه‌های غیربومی مانند نوئل سیتکا تشکیل شده‌اند و معمولاً جنگل‌کاری خالص و همسال بودند (Mason, 2007). به طور کلی، گونه‌های کاج در جنگل‌کاری مناطق خشک‌تر شرق بریتانیا مورد توجه بودند، در حالی که نوئل‌های مولدتر، دوگلاس‌فر و نراد نقره‌ای در اقلیم مرطوب‌تر در غرب بریتانیا ترجیح داده می‌شوند. از اواسط قرن گذشته، علاقه به تلاش برای تنوع بخشیدن به ترکیب گونه‌ای این جنگل‌های سوزنی‌برگ، تا حدی به دلایل بوم‌شناختی و تلاش برای بهبود قابلیت تولید آنها نیز وجود داشت (Zehetmayr, 1960).

آزمایشی در سال ۱۹۵۰ بر روی کاج ۲۲ ساله اسکاتلندی بر روی خاک دارای آهن در شمال شرقی انگلستان انجام شد. این آزمایش برای پایش پتانسیل و عملکرد ۲۷ گونه بومی و غیربومی جایگزین (۱۶ سوزنی‌برگ و ۹ پهن‌برگ) طراحی شد که در امتداد ردیف‌های بریده شده در میان کاج‌ها کاشته شده بودند، زمانی که حدود ۳ متر ارتفاع داشتند (Mason, 2006). بیست و پنج سال بعد، تنها سه گونه نتوانسته بودند زنده بمانند و شش درخت سوزنی‌برگ از ارتفاعی برابر با کاج "پرستار" برخوردار بودند. در دهه ۱۹۹۰، دو قطعه نمونه در این آزمایش با رژیم‌های تنک کردن تفاضلی ایجاد شد تا بهترین درختان را از نظرکیفیت صرف نظر از نوع گونه‌ها در نظر بگیرد و در عین حال محیطی را فراهم سازد که امکان رشد رضایت‌بخش نهال‌های زادآوری طبیعی را فراهم سازد. شصت و سه سال پس از شروع آزمایش، در قطعه نمونه‌ای که به شدت تنک شده بود، جزء کاج جنگلی تنها ۱۳ درصد از درختان و ۲۹ درصد از سطح مقطع را به خود اختصاص داد (جدول ۱). زادآوری طبیعی گسترده گونه‌های سوگا[1] مقاوم‌تر در برابر سایه و گونه‌های نراد نقره‌ای به این معنی است که آنها اکنون به ترتیب ۲۳ و ۲۱ درصد از درختان را تشکیل می‌دهند، با وجود فراوانی نسبتاً کم در رویه زمینی کل که به دلیل وجود درختان کوچک

1- Tsuga heterophylla

فراوان از این گونه‌ها در آشکوب پایین‌تر است. به‌علاوه، این توده کاج جنگلی که قبلاً خالص بود، اکنون دارای ۳۲ درصد درختان پهن‌برگ از نظر تعداد است. با این حال، موفقیت این آزمایش در آزمایش‌های مشابهی که در جنگل‌کاری‌های نوئل بر روی خاک‌های گلی مرطوب در مناطق مرتفع بریتانیا انجام شده بود، تکرار نشد (Stewart, 1960). در اینجا رشد سریعتر جنگل‌کاری نوئل و آسیب شدید توسط چرای گوزن[1] بر بقای گونه‌های کاشته شده تأثیر منفی می‌گذارد، در حالی که خطر بیشتر وزش باد در این مکان‌های در معرض تنک شدن برای رهاسازی هر گونه درخت باقی مانده در زیرآشکوب محدود می‌شود (تحقیقات جنگل، داده‌های منتشر نشده).

سایر اطلاعات مربوط به تحول توده‌های آمیخته در جنگل‌کاری‌ها توسط دو آزمایش طولانی مدت در اسکاتلند ارائه شده است که در مورد تغییر شکل توده‌های همسال تحقیق می‌کند (Kerr et al., 2010؛ Cameron and Prentice, 2016). هر دوی این آزمایش‌ها در اوایل دهه ۱۹۵۰ با هدف تبدیل توده‌های سوزنی‌برگ همسال متشکل از گونه‌هایی مانند دوگلاس‌فر، نوئل نروژی، کاج اروپایی و کاج جنگلی به ساختارهای نامنظم و با ترکیب گونه‌های آمیخته ایجاد شدند. در یکی از رویشگاه‌ها، هدف ایجاد جنگل نامنظم متشکل از نوئل نروژی، نراد نقره‌ای اروپایی و راش بود (Kerr et al., 2010). در هر دو رویشگاه، فرآیند تبدیل با روشنه‌های کوچک بهره‌برداری (در ابتدا ۰/۰۲-۰/۰۱ هکتار اما متعاقباً ۰/۲-۰/۱ هکتار) در توده و کاشت آنها با گونه‌های مورد نظر آغاز شد. با گذشت زمان، افزایش دفعات زادآوری طبیعی به این معنی بود که نیاز کمتری به روشنه‌های کاشت وجود داشت (Cameron and Prentice, 2016). بررسی‌های اخیر کاهش تدریجی در فراوانی گونه‌های نورپسند و زادآوری را نشان می‌دهد، زیرا عمدتاً گونه‌های سایه‌پسند غالب هستند. بنابراین در گلنترس[2]، کاج و کاج اروپایی از بیش از ۷۰ درصد درختان در سال ۱۹۵۲ به حدود ۲۵ درصد در سال ۲۰۱۰ کاهش یافته است: در همین دوره نسبت درختان نوئل از کمتر از ۲۰ درصد به نزدیک به ۶۸ درصد افزایش یافته است (MacKintosh et al., 2013). همچنین افزایش جزئی در فراوانی گونه‌های مقاوم‌تر به سایه (سایه‌پسند) (مانند سوگا، سرو قرمز[3]، نراد[4]و راش اروپایی) مشاهده شد. به طور مشابه در Faskally، تعداد نهال‌های کاج اسکاتلندی و کاج اروپایی تنها حدود ۱۰٪ از گونه‌های سایه‌پسند است (Cameron and Prentice, 2016). هنوز مشخص نیست که آیا افزایش گونه‌های سایه‌پسند منجر به حذف تدریجی گونه‌های با ارزش با تحمل متوسط به سایه مانند دوگلاس‌فر می‌شود یا خیر. فشار چرای آهو و گوسفند نیز بر تحول این توده‌های آمیخته تأثیر گذاشته است، زیرا گونه‌هایی مانند نراد نقره‌ای اروپایی و راش چرا می‌شدند و ایجاد آنها دشوار بود (Kerr et al., 2010).

1- Capreolus capreolus
2- Glentress
3- Thuja plicata
4- Abies grandis

جدول ۱- ترکیب گونه‌ها و قابلیت تولید قطعه نمونه به شدت تنک شده "تنوع" در جنگل وایکهم[1]، شمال انگلستان، ۶۳ سال پس از غنی‌سازی توده کاج جنگلی خالص با ۲۷ گونه درختی مختلف

نوع گونه	درختان (بیش از ۷ سانتی‌متر قطر برابر سینه) در هکتار	ارتفاع بالا (متر)	میانگین قطر (سانتی‌متر)	رویه زمینی (مترمربع در هکتار)
کاج جنگلی	۹۷	۲۳/۳	۳۶/۹	۱۰/۵
انواع نراد[a]	۱۶۱	۳۰	۱۶/۸	۶/۷
انواع لاریکس	۴۰	۲۷/۱	۳۷/۵	۵/۳
سوگا	۱۸۰	۱۶/۹	۱۲/۳	۲/۴
سایر سوزنی‌برگان[b]	۴۳	۱۹/۲	۲۰/۵	۳/۲
انواع توس[c]	۱۰۲	۱۹/۷	۱۸/۷	۳/۲
انواع بلوط[d]	۷۰	۲۳	۱۹/۵	۲/۴
راش اروپایی	۳۷	۲۴/۲	۲۴/۵	۱/۹

A Abies grandis, A. procera and A. veitchii
b Cryptomeria japonica, Picea omorika, P. sitchensis
c Betula lenta, B. lutea, B. pendula
d Quercus petraea, Q. robur, Q. rubra

بحث

تحلیل مطالعات موردی و نقش تحول جنگل

اگرچه الزاماً از نظر تعداد و پوشش منطقه‌ای محدود است، برخی موضوعات مشترک از این مطالعات موردی پدیدار می‌شوند. اولین مورد این است که تحول موفقیت‌آمیز توده‌های آمیخته مستلزم کاشت گونه‌ها یا زادآوری است که در مرحله شروع اولیه توده یا در مرحله شروع مجدد در زیرآشکوب اتفاق می‌افتد (اصطلاحات تحول توده از Oliver and Larson, 1996 پیروی می‌کند). بنابراین در انگلستان و در لهستان (پس از زوال توده قبلی نوئل نروژی)، تنوع گونه‌ها با کاشت در فضاهای باز که آگاهانه ایجاد شده‌اند یا در زیر پناه درختان جوان از گونه‌های پیشگام به دست آمد. در سوئد، تحول بلوط در توده آمیخته با طیف وسیعی از گونه‌ها نیز نتیجه زادآوری در فاز شروع توده بود، اگرچه تحول رسمی به تنک شدن ساختاری در فاز حذف پایه‌ها متکی بود. در مقابل، در آلمان و لهستان، ورود گونه‌های سایه‌پسند مانند راش و نراد نقره‌ای اروپایی، در توده‌های کهنسال‌تر که تاج درختان بالغ به اندازه کافی باز شده بود (چه از طریق تنک شدن و چه از طریق مرگ و میر) امکان بقا و رشد نهال‌های کاشته شده در زیر تاج پوشش یا زادآوری را فراهم نمود.

موضوع دوم این است که پرورش توده‌های آمیخته در مطالعات موردی به طور کلی منجر به دور شدن از توده‌های با غالبیت گونه‌های نورپسند به جایی شد که در آن گونه‌های سایه‌پسند شروع به غالبیت می‌کنند (آلمان و بریتانیا). امکان نگهداری گونه‌های نورپسند مانند کاج جنگلی ممکن است به اقدامات خاصی مانند روشنه‌های قطع بزرگتر و یا کشت در محل برای ایجاد بستر بذر مطلوب نیاز داشته باشد. سومین نکته در نتیجه موارد فوق این است که دهه‌ها طول می‌کشد تا توده آمیخته با موفقیت ایجاد شود و مراقبت دقیق در طول مرحله زادآوری لازم بود تا اطمینان حاصل شود که توده آمیخته آینده در طی مسیر برنامه‌ریزی شده تحول می‌یابد. در اکثر مطالعات آشکار بود که بیشتر گونه‌های آمیخته در برابر چرای گوزن‌ها و سایر

1- Wykeham

چهارپایان آسیب‌پذیر بودند، چنین فشاری می‌تواند منجر به این موضوع شود که ترکیب نهایی گونه‌ها غیر از گزینه مورد نظر باشد.

یکی از نکاتی که از این مطالعات موردی (Mason et al., 2016) به دست می‌آید، کاربرد مفاهیمی مانند انواع تحول جنگل برای راهنمایی مدیران در شناسایی ترکیب گونه‌های مورد نظر از توده‌های آمیخته است که سعی در ایجاد آنها دارند. بررسی مطالعات موردی در بریتانیا شواهد کمی از یک هدف روشن از نظر ترکیب نهایی گونه‌ها را نشان می‌دهد، در حالی که در آلمان و لهستان، بدیهی است که هدف نهایی در دستورالعمل‌های بهترین شیوه‌های جنگل‌شناسی تعریف شده است. با این حال، همانطور که در بالا ذکر شد، تنها چند کشور اروپایی نشان دادند که انواع تحول جنگل‌ها برای هدایت تحول توده آمیخته وجود دارد و توضیحات نسبتاً کمی از نقش انواع تحول جنگل‌ها در مرور منابع دیده می‌شود (Witt et al., 2013؛ Wilson, 2016). جامع‌ترین توصیف توسط Larsen and Nielsen (2007) ارائه شد که در آن بیان می‌کنند:

تحول جنگل هدف بلندمدت تحول جنگل را در یک محل معین (شرایط اقلیم و خاک) به منظور دستیابی به اهداف بلندمدت مشخص توصیف می‌کند. تحول جنگل به عنوان یک راهنما برای فعالیت‌های جنگل‌شناسی در آینده به منظور "هدایت" توده جنگلی واقعی در جهت مورد نظر عمل خواهد کرد.

بنابراین نکته کلیدی این است که تحول جنگل اطلاعات مربوط به گونه‌های درختی را که با مکان‌های خاص سازگار شده‌اند، ترکیب می‌کند تا آن‌هایی را که می‌توانند مورد علاقه مدیریت قرار گیرند و رفتار متناسب آنها را در آینده شناسایی کنند. همانطور که توسط Larsen and Nielsen (2007) نشان داده شده است، انواع تحول جنگل‌ها می‌توانند مخلوطی از گونه‌های بومی و غیربومی باشند و می‌توانند برای نشان دادن نسبت گونه‌های اصلی موجود و نیز گونه‌هایی باشند که می‌توانند جزئی از اجزای توده در آینده باشند. آماده‌سازی انواع تحول جنگل‌ها می‌تواند ابزاری برای راهنمایی مدیران محلی در مورد گزینه‌های آمیختگی به طور بالقوه نیز فراهم سازد که برای رویشگاه‌ها و شرایط آنها مناسب است. اگرچه تعداد کلی انواع تحول جنگل‌ها می‌تواند به طور قابل‌توجهی متفاوت باشد (به عنوان مثال ۱۹ در دانمارک (Larsen and Nielsen, 2007) و ۳۹ در ایالت نیدرزاکسن آلمان (Spathelf et al., 2016 b)). در عمل احتمالاً تعداد قابل استفاده برای رویشگاه یا منطقه خاص نسبتاً محدود است.

استفاده از انواع تحول جنگل‌ها برای تدوین دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی برای جنگل‌های آمیخته

ما پیشنهاد می‌کنیم که چارچوب ارائه شده توسط مفهوم تحول جنگل نشان‌دهنده ابزاری ساختاریافته برای طراحی دستورالعمل‌هایی برای جنگل‌های آمیخته است که می‌تواند از کلیت مرتبط با بسیاری از بیانیه‌های سیاست جنگل اجتناب کند که استفاده گسترده‌تر از توده‌های آمیخته را ترویج می‌کنند، در حالی که هنوز انعطاف‌پذیری برای نوآوری‌های جنگلی در سطح محلی را فراهم می‌سازد و از سختی مرتبط با شیوه‌های سنتی از بالا به پایین برای مدیریت جنگل پرهیز می‌کند (Larsen and Nielsen, 2007). در حالی که ساختار تحول جنگل را می‌توان در سطح ملی یا منطقه‌ای برای تولید براساس یک سری از انواع توسعه قرار داد، این فرآیند می‌تواند به روشی غیررسمی‌تر توسط مدیر یا مالک جنگل برای ارائه راهبرد جنگلی منسجم برای مدیریت طیف وسیعی از جنگل‌ها در انواع رویشگاه موجود در دارایی آنها نیز اعمال شود. اگرچه توسعه تحول جنگل‌ها در صورت برخورد با گونه‌های بومی که الزامات بوم‌شناختی آنها به خوبی درک شده است، باید آسان‌تر باشد، اما این رویکرد می‌تواند برای درختان غیربومی نیز استفاده شود که می‌تواند به ادغام گونه‌های غیربومی در جنگل‌های آمیخته کمک کند. علاوه بر این، چارچوب یک یا چند تحول جنگل می‌تواند برای طبقه‌بندی آزمایش‌ها و نقشه‌های

آزمایشی موجود یا پیشنهادی استفاده شود تا اطلاعات تولید شده با سهولت بیشتری به مدیران جنگل منتقل شود. تحول جنگل‌ها ابزاری برای ساختاربندی خروجی‌های اغلب پیچیده از تحلیل سناریو براساس مدل‌های رشد نیز ارائه می‌کنند تا راهنمایی‌های مفیدی برای مدیران در مورد راه‌های مناسب برای دخالت در توده‌های جنگلی آمیخته ارائه کنند (Pretzsch and Zenner, 2017).

برای جنگل معین یا رویشگاه داخل آن جنگل، فرآیند با شناسایی گونه‌هایی آغاز می‌شود که با ویژگیهای ادافیک آن رویشگاه مناسب هستند. افزایش سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری[1] که ویژگی‌های رویشگاه (مواد غذایی خاک و رطوبت خاک) را با آگاهی از جایگاه‌های بوم‌شناختی گونه‌ها ترکیب می‌کند (مانند طبقه‌بندی مکان‌های زیست‌محیطی در بریتانیا - Pyatt et al., 2001؛ Fichier Ecologique des Essences در بلژیک. – Claessens et al., 2014) می‌تواند برای طبقه‌بندی گونه‌های مناسب بالقوه استفاده شود. در چنین طبقه‌بندی‌هایی اغلب چهار سطح از مناسب بودن یک گونه از نظر «بهینگی» یا «مناسب بودن» را می‌توان انتظار داشت که شامل گونه "مناسب" است که در شرایط مکانی با برخی محدودیت‌ها به خوبی رشد می‌کند، تا سطح «کم» که گونه مورد نظر می‌تواند رشد کند، اما فقط به عنوان یک گونه نامناسب است. جزء "فرعی" تا "نامناسب" در جایی است که گونه‌ای برای یک رویشگاه مناسب نیست. یک گونه باید در دو دسته اول مناسب بودن طبقه‌بندی شود تا در آینده به طور بالقوه به عنوان گونه "اصلی" در نظر گرفته شود. یکی از مزیت‌های افزایش سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری این است که می‌توانند با تغییرات پیش‌بینی شده دما یا بارش ترکیب شوند تا حساسیت احتمالی گونه‌ای را در یک مکان معین به تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده نشان دهند و جایگزین‌های احتمالی را شناسایی کنند (Witt et al., 2013؛ Ray et al., 2014). آنها می‌توانند برای ارزیابی حساسیت بالقوه گونه‌های بومی به تغییرات اقلیمی و بررسی این احتمال که اجزای منفرد جامعه موجود ممکن است به طور متفاوت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گیرند نیز مورد استفاده قرار گیرند (Kirby et al., 2013).

هنگامی که گونه‌های «اصلی» و «فرعی» شناسایی شدند، کاربرد بالقوه آنها باید در پرتو اهداف تعیین شده برای جنگل یا دارایی مورد بررسی قرار گیرد. به عنوان مثال، اگر هدف اولیه تهیه چوب صنعتی برای آسیاب مجاور باشد، در مقایسه با موقعیتی که تفرج و حفاظت از حیات وحش در اهداف مدیریت دارای اولویت است، ترکیب گونه‌های بالقوه مورد استفاده ممکن است متفاوت باشد. پس از اینکه گونه‌ها از نظر سازگاری با اهداف رتبه‌بندی شدند، صفات عملکردی فردی آنها (به عنوان مثال بردباری به سایه، الگوی ریشه‌دوانی، سرعت رشد اولیه، جنبه‌های تغذیه‌ای) باید به دقت بررسی شود تا ببینیم چگونه ممکن است این ویژگیها بر عملکرد آنها به هنگام رشد در توده آمیخته تأثیر بگذارد. به این ترتیب، می‌توان اطمینان حاصل کرد که عملیات جنگل‌شناسی اعمال شده برای توده‌های آمیخته منعکس کننده اهداف مدیریتی انتخاب شده برای جنگل و در عین حال رعایت عوامل ادافیک و ترکیب و ویژگیهای گونه است.

با توجه به اینکه گونه‌ها برای یک مکان خاص مناسب هستند، بنابراین دو ویژگی که بیشتر بر سازگاری گونه‌ها تأثیر می‌گذارند عبارتند از سرعت رشد ارتفاعی در طی زمان و بردباری به سایه در هر گونه (Bauhus et al., 2017). نمونه‌ای از روشی که نرخ رشد گونه‌ها و بردباری به سایه ممکن است بر عملکرد آمیختگی تأثیر بگذارد، با مقایسه نتیجه زمانی که نوئل نروژ و توس به صورت آمیخته در شمال غربی اروپا رشد می‌کنند، در مقایسه با زمانی ارائه شده است که نوئل سیتکا با توس در بریتانیا مخلوط می‌شود. در وهله اول، رشد کندتر ارتفاع اولیه در نوئل نروژی و تحمل نسبتاً بالای آن به سایه می‌تواند

1- Decision support systems (DSS)

منجر به تشکیل توده‌های دو آشکوبه شود که در آن نوئل در زیرآشکوب توس رشد می‌کند (Frivold and Groven, 1996). با این حال، در مورد دوم، رشد قابل توجه سریعتر اولیه نوئل سیتکا و بردباری کمتر به سایه آن به این معنی است که در ابتدای بسته شدن تاج پوشش، درختان این دو گونه از ارتفاع مشابهی برخوردارند و برای نور با هم رقابت می‌کنند. نتیجه نهایی این است که ارتفاع بیشتر نوئل سیتکا سبب می‌شود که توس نورپسند سایه‌زده شود و در نهایت توده نوئل خالص تشکیل شود (Humphrey et al., 1998).

به طور کلی، هرچه گونه‌ای دارای نیاز نوری بیشتر باشد، اگر قرار باشد در توده آمیخته سایه نیفتد، نیاز به رشد بالایی در تاج پوشش خواهد داشت (Bauhus et al., 2017). از طرف دیگر، چنین گونه‌ای باید در گروه‌های ("موزاییک") تحت مراقبت که به اندازه کافی بزرگ هستند، رشد کند تا حداقل یک درخت به بلوغ برسد (Spiecker, 2006). بنابراین در نظر گرفتن صفات عملکردی مهم می‌تواند اطلاعات مفیدی را در مورد الگوی آمیختگی ارائه دهد (به عنوان مثال درخت به درخت، خط به خط، گروه) که احتمالاً در تضمین ماندگاری گونه‌های آمیخته در طی زمان مؤثرتر است (del Rio et al., 2015). از نظر عملی، پیشنهاد الگوی پیچیده از آمیختگی در تحول جنگل معین به این امید اشتباه است که با تنک کردن‌های آینده حفظ شود. رویکرد واقع بینانه‌تر این است که تحول جنگل را به عنوان داشتن یک یا دو گونه اصلی که ۵۰ تا ۷۰ درصد از توده را تشکیل می‌دهند، برای آسیب‌پذیری بالقوه در برابر تغییرات اقلیمی غربالگری می‌کنند، با توجه به ویژگیهای عملکردی آنها مخلوط شده و با تعدادی از گونه‌های همراه تکمیل می‌شود که ممکن است هر کدام ۱۰٪-۵٪ از توده را اشغال کنند. نتیجه این است که هنگامی که تحول جنگل تعریف شد، رژیم‌های جنگلی مناسب را می‌توان براساس ویژگیهای گونه‌های اصلی پیشنهاد کرد. به عنوان مثال در تحول جنگل در دانمارک، نوئل سیتکا با کاج و پهن‌برگان (Larsen and Nielsen, 2007)، نورپسندی و تحمل متوسط سایه توسط کاج و نوئل مخلوط نشان می‌دهد که الگوی آمیخته باید به صورت گروهی باشد و زادآوری را می‌توان از طریق شیوه پناهی گروهی یا نامنظم ایجاد کرد. به طور مشابه، شکل ۱ نشان می‌دهد که چگونه می‌توان دستورالعمل‌های کلیدی جنگل‌شناسی را برای برش و زادآوری جنگل‌های با غالبیت کاج جنگلی در براندنبورگ[1] در چارچوب تحول جنگل تدوین کرد.

نتیجه‌گیری

افزایش تنوع گونه‌های درختی در جنگل‌ها از طریق ایجاد توده‌های آمیخته، هدف مشترک سیاست‌های جهانی جنگل برای بهبود خدمات بوم‌سازگان و افزایش تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی است. با این حال، مدیران جنگل‌ها با چالش‌هایی در اجرای این راهبرد مواجه هستند، زیرا موفقیت آن ممکن است سال‌ها طول بکشد و کمبود راهنمایی‌های جنگل‌شناسی وجود دارد (Lawrence, 2017). مدیریت جنگل‌های آمیخته پیچیده‌تر از توده‌های همسال است و فقدان تجربه می‌تواند مانع پذیرش اقدامات جدید شود (Puettmann et al., 2015). برای غلبه بر این چالش‌ها، نیاز به تولید دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی است که آرمان‌های سیاست‌گذاری را به اقدامات عملی تبدیل کند. این دستورالعمل‌ها باید شامل تحولاتی باشند که با شرایط محلی سازگارند و در برابر تغییرات اقلیمی مقاوم هستند. به عنوان مثال، مطالعه ایالت براندنبورگ آلمان نشان داد که مدل‌سازی گونه‌های درختی می‌تواند به تصمیم‌گیری برای تبدیل جنگل‌های سوزنی‌برگ به جنگل‌های پهن‌برگ کمک کند (Spathelf et al., 2016 b). استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای نظارت بر تغییرات و

1- Brandenburg

تحولات جنگل‌ها نیز پیشنهاد شده است (Witt et al., 2013). با توجه به این رویکردها، ارائه دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی می‌تواند به مدیران کمک کند تا چشم‌اندازهای بلندمدت و حساس به مکان را برای انطباق با چالش‌های زیست‌محیطی قرن حاضر ایجاد کنند.

منابع

Almgren, G, Ingelög, T, Ehnström, B. (1984). Ädellövskog. Ekologi och skötsel. Skogsstyrelsen, Jönköping, p 133.

Barbati, A, Ferrari, B (2016). Overview of mixed forests in Italy. In: Mason WL, Löf M, Bravo- Oviedo A (cords) EuMIXFOR Overview of mixed forests in Europe. http://www.mixedforests.eu/publications/electronic-publications. Accessed on 10 Oct 2017.

Bauhus, J, Forrester, DI, Pretzsch, H. (2017). Silvicultural options for developing mixed species stands. In: Pretzsch H, Forrester DI, Bauhus J (eds). Mixed species forests: ecology and management. Springer-Verlag, Germany, pp 433–501.

Cameron, A., Prentice, L. (2016). Determining the sustainable irregular condition: an analysis of an irregular mixed-species selection stand in Scotland based on recurrent inventories at 6-year intervals over 24 years. Forestry 89:208–214.

Cannell, MGR, Malcolm, DC, Robertson, PA. (1992). The ecology of mixed-species stands of trees. Blackwell, Oxford, p 312.

Claessens, H, Bifolchi, E, Bythell, S. (2014). The new ecological catalogue of species: why and how? Foret Wallonne 129(March–April):60–70 [in French].

Coll, L, Ameztegui, A, Collet C. (2018). Knowledge gaps about mixed forests: what do European forest managers want to know and what answers can science provide? For Ecol Manag, 407:106–116.

del Río, M, Pretzsch, H, Alberdi, I. (2015). Characterization of the structure, dynamics, and productivity of mixed-species stands: review and perspectives. Eur J For Res, 135:23–49. https:// doi.org/10.1007/s10342-015-0927-6.

Drössler, L, Attocchi, G, Jensen, AM. (2012). Occurrence and management of oak in southern Swedish forests. Forstarchiv 83:163–169.

Forest Europe (2011). State of Europe's forests 2011. Status and trends in sustainable forest management in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Forest Europe Liaison Unit, Aas, p 344.

Forrester, DI, Bauhus, J. (2016). A review of processes behind diversity-productivity relationships in forests. Curr Forestry Rep, 2:45–61.

Frivold, LH, Groven, R. (1996). Yield and management of mixed stands of spruce, birch and aspen. Nor J Agr Sci sup, 24:1–21.

Humphrey, JW, Mason, WL, Holl, K. (1998). Birch and biodiversity: approaches to management in upland spruce forests. In: Birch in spruce plantations: management for biodiversity. Forestry Commission Technical Paper (26): 50–62. Forestry Commission, Edinburgh.

Kelty, MJ, Larson, BC, Oliver, CD. (1992). The ecology and silviculture of mixed-species forests. Kluwer Academic Publ, Dordrecht, p 287.

Kerr, G, Morgan, G, Blyth, J. (2010). Transformation from even-aged plantations to an irregular forest: the world's longest running trial area at Glentress, Scotland. Forestry, 83: 329–344.

Kirby, K.J. (2013). Tree species and provenance choice in high value conservation sites. Q J For, 107: 223–227.

Kucbel, S, Střelcová, K, Fabrika, M. (2016). Overview of mixed forests in Slovakia. In: Mason WL, Löf M, Bravo-Oviedo A (cords) EuMIXFOR Overview of mixed forests in Europe. http://www. mixedforests.eu/publications/electronic-publications. Accessed on 10 Oct 2017.

Larsen, JB, Nielsen, AB. (2007). Nature-based forest management – where are we going? Elaborating forest development types in and with practice. For Ecol Manag 238:107–117.

Lawrence, A. (2017). Adapting through practice: silviculture, innovation and forest governance for the age of extreme uncertainty. Forest Policy Econ, 79: 50–60.

Löf, M. (2016). Overview of mixed forests in Sweden. In: Mason WL, Löf M, Bravo-Oviedo A (cords) EuMIXFOR Overview of mixed forests in Europe. http://www.mixedforests.eu/publica tions/electronic-publications. Accessed on 10 Oct 2017.

Löf, M, Brunet, J, Filyushkina, A. (2016). Management of oak forests: striking a balance between timber production, biodiversity and cultural services. I J Biodivers Sci Ecosyst Serv Manag, 12: 59–73.

MacKintosh, H, Kerr, G, Connolly, T. (2013). Structural change during transformation in the Glentress trial – an update. Scott For, 67(3): 14–23.

Małek, S. (2015). Ecological and silvicultural conditions of conversion of spruce stands in Beskid Śląski and Beskid Żywiecki Mountains. University of Agriculture in Kraków, Krakow, p 610 (in Polish).

Mason, W.L. (2006). Transformation of conifer plantations to mixed forests: initial guidance from an experiment in Wykeham forest, North Yorkshire. Q J For, 100: 1–12.

Mason, W.L. (2007). Changes in the management of British forests between 1945 and 2000 and possible future trends. Ibis Supp, 149(2): 41–52.

Mason, W.L. (2016). Overview of mixed forests in the United Kingdom. In: Mason WL, Löf M, Bravo-Oviedo A (cords) EuMIXFOR Overview of mixed forests in Europe. http://www.mixedforests.eu/publications/electronic-publications. Accessed on 10 Oct 2017.

Mason, W.L., Löf, M, Bravo-Oviedo, A. (cords) (2016). EuMIXFOR Overview of mixed forests in Europe. http://www.mixedforests.eu/publications/electronic-publications. Accessed on 10 Oct 2017.

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MLUL) (2016). Waldbau-Richtlinie für das Land Brandenburg – Kiefer, p 8 (3 app).

Oliver, C.D., Larson, B.C. (1996). Forest stand dynamics. Wiley, New York, p 520.

Pach, M, Bielak, K., Giergiczny, M. (2016). Overview of mixed forests in Poland. In: Mason WL, Löf M, Bravo-Oviedo A (cords) EuMIXFOR Overview of mixed forests in Europe. http://www.mixedforests.eu/publications/electronic-publications. Accessed on 10 Oct 2017.

Pretzsch, H., Forrester, D.I., Bauhus, J. (2017). Mixed species forests: ecology and management. Springer-Verlag, Germany, p 653.

Pretzsch, H, Zenner, E. (2017). Toward managing mixed-species stands: from parameterization to prescription. Forest Ecosystems 4:19. https://doi.org/10.1186/s40663-017-0105-z.

Puettmann, K.J., Wilson, SMG, Baker, S.C. (2015). Silvicultural alternatives to conventional evenaged forest management – what limits global adoption? Forest Ecosystems 2:8.

Pyatt, DG, Ray, D, Fletcher, J. (2001). An ecological site classification for forestry in Great Britain. Forestry Commission Bulletin 124. Forestry Commission, Edinburgh, p 74.

Ray, D, Bathgate, S, Moseley, D. (2014). Comparing the provision of ecosystem services in plantation forests under alternative climate change adaptation management options in Wales. Reg Environ Chang. https://doi.org/10.1007/s10113-014-0644-6.

Schutz. J-P, Saniga. M, Diaci. J. (2016). Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. Ann For Sci, 73:911–921.

Spathelf, P. (1997). Semi natural silviculture in southwest Germany. For Chron, 73 (6): 715–722.

Spathelf, P, Ammer, C (2015). Mixed forest management with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Germany – history and current trends. Forstarchiv, 86(3): 59–66.

Spathelf, P, Bolte, A, Riek, W. (2016a). Waldmanagement im Klimastress 2.0. AFZ-DerWald 3: 10–14.

Spathelf, P, Ammer, C, Pretzsch, H. (2016b). Overview of mixed forests in Germany. In: Mason WL, Löf M, Bravo-Oviedo A (cords) EuMIXFOR Overview of mixed forests in Europe. http://www.mixedforests.eu/publications/electronic-publications. Accessed on 10 Oct 2017.

Spiecker, H. (2006). Minority tree species: a challenge for multi-purpose forestry. In: Diaci J (ed,) Nature based forestry in central Europe: alternatives to industrial forestry and strict preservation. Studia Forestalia Slovenica, 126: 47–59.

Ståål, E. (1986). The oak forest and landscape. Lindströms boktryckeri I Alvesta AB, Sweden, p 127 [in Swedish].

Sterba, H. (2016). Overview of mixed forest in Austria. In: Mason WL, Löf M, Bravo-Oviedo A (cords) EuMIXFOR Overview of mixed forests in Europe. http://www.mixedforests.eu/publica tions/electronic-publications. Accessed on 10 Oct 2017.

Stewart, G.G. (1960). Experimental introduction of alternative species into pioneer crops on poor soils. Report Forest Research London, pp 151–166.

Swedish Forest Agency (2014). Statistical yearbook of forestry 2014. Official statistics of Sweden, Swedish Forest Agency, Jönköping.

Van der Plas, F, Manning, P, Allan, E. (2016). Jack-of-all-trades effects drive biodiversityecosystem multifunctionality relationships in European forests. Nat Commun 7:11109. https:// doi.org/10.1038/ncomms11109.

Wilson, S.M.G. (2016). Selection of tree species for future forestry in Scotland: nativeness, diversity and resilience. Scott For, 70: 5–14.

Witt, A, Furst, C, Frank, S. (2013). Regionalisation of climate change sensitive forest development types for potential afforestation areas. J Environ Manag, 127: 548–555.

Zehetmayr, J.W.L. (1960). Afforestation of upland heaths. Forestry Commission Bulletin 34. HMSO, London.

Development of silviculture Guidelines for Mixed Forest Creation

M. Javanmiri Pour[1*] and V. Etemad[2]

1- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2- Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

Recent decades have witnessed a growing research interest in mixed forests and increased political support for initiatives aimed at transforming stands into mixed-species configurations. However, reports from a broad range of countries reveal significant practical challenges that hinder the successful implementation of mixed forest management. This issue is reflected in the lack of comprehensive guidance to assist managers in navigating the complexities of mixed forest silviculture. This study presents case studies from four different European countries that illustrate various aspects of mixed forest management. These cases demonstrate that the successful establishment of a wide range of young seedlings from different species depends on relatively favorable climatic conditions and controlled grazing by animals. The creation of mixed stands may take decades and requires careful and intensive management during the early years. Various types of forest transformation in several countries have been used as tools to define future stand transformation goals, providing a structured mechanism for guiding forestry practices for mixed stands. The types of forest transformations can be linked to information regarding the anticipated impacts of climate change, offering a framework for implementing specific and adaptive forestry practices that enhance mixed forests' capacity to deliver a wide range of benefits over time.

Keywords: Mixed forests, forest management, stand transformation, animal control.

*Corresponding author Tel: +98 9183348828 Email: mjavanmiri@ut.ac.ir

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

بررسی تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی: تهدیدی برای تنوع زیستی و سلامت خاک

نسرین اعتمادی*

- کارشناس ارشد مدیریت کسب و کار بازاریابی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

این مطالعه به بررسی تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی می‌پردازد و بر اثرات آن بر تنوع زیستی و سلامت خاک تمرکز دارد. تحقیق با استفاده از مرور سیستماتیک و متاآنالیز مطالعات موجود، این تأثیرات را کمّی‌سازی کرده و الگوهای کلیدی را شناسایی می‌کند. یافته‌ها نشان دهنده تأثیر منفی متوسط بر تنوع زیستی است، با اندازه اثر (۰,۴۵-) که کاهش تنوع و فراوانی گونه‌ها به دلیل آلودگی پلاستیکی را نشان می‌دهد. این نتایج با مطالعات پیشین، همخوانی دارد که به اختلالات در جوامع میکروبی خاک که برای عملکرد اکوسیستم ضروری هستند، اشاره دارند. مطالعه همچنین نشان می‌دهد که زباله‌های پلیمری به سلامت خاک آسیب می‌رسانند، با اندازه اثر (۰,۳۵-). تغییرات در ساختار و حاصلخیزی خاک، همان‌طور که طبق مطالعات قبل گزارش شده است، رشد گیاهان را مختل کرده و بهره‌وری اکوسیستم را کاهش می‌دهد. ناهمگنی بالای مشاهده شده در متاآنالیز نشان‌دهنده تنوع در تأثیرات زباله‌های پلیمری در انواع جنگل‌ها و مناطق مختلف است و بر نیاز به راهبردهای مدیریتی هدفمند تأکید دارد. بحث این تحقیق اهمیت اجرای روش‌های مدیریتی پایدار، مانند استفاده از بیوچار و مدیریت یکپارچه زباله را برای کاهش اثرات آلودگی پلاستیکی برجسته می‌کند. با وجود تحلیل جامع، این مطالعه به محدودیت‌هایی مانند ناهمگنی بالا، احتمال سوگیری در انتشار و تمرکز بر تأثیرات کوتاه‌مدت اذعان دارد. در نتیجه، این پژوهش بر ضرورت فوری مقابله با زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی برای حفظ تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی تأکید می‌کند. با درک پیامدهای زیست‌محیطی آلودگی پلاستیکی، محققان و سیاست‌گذاران می‌توانند راهبردهای موثری برای حفاظت از این اکوسیستم‌های حیاتی توسعه دهند. این مطالعه پایه‌ای برای تحقیقات آینده در بررسی تأثیرات بلندمدت و ارزیابی اثربخشی روش‌های مدیریتی مختلف فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: زباله‌های پلیمری، اکوسیستم‌های جنگلی، کاهش تنوع زیستی، سلامت خاک، آلودگی پلاستیکی.

مقدمه

مسئله فراگیر زباله‌های پلیمری، به‌ویژه پلاستیک‌ها، به یک چالش زیست‌محیطی مهم تبدیل شده است که بر اکوسیستم‌های سراسر جهان تأثیر می‌گذارد. اکوسیستم‌های جنگلی که نقش حیاتی در حفظ تنوع زیستی، تنظیم اقلیم و ارائه خدمات اکوسیستمی دارند نیز از اثرات مضر زباله‌های پلیمری در امان نیستند.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۱۴۶۵۶۰۲ ایمیل: nasrinetemadi@yahoo.com

مرور کلی موضوع

زباله‌های پلیمری که عمدتاً از پلاستیک تشکیل شده‌اند، به دلیل دوام و مقاومت در برابر تجزیه، به محیط‌های طبیعی نفوذ کرده‌اند. در حالی که توجه زیادی به آلودگی دریاها شده است، اکوسیستم‌های زمینی، از جمله جنگل‌ها، به طور فزاینده‌ای تحت تأثیر زباله‌های پلاستیکی قرار می‌گیرند. جنگل‌ها که حدود ۳۱ درصد از سطح زمین را پوشش می‌دهند، برای ذخیره کربن، تنظیم آب و ارائه زیستگاه‌ها حیاتی هستند. نفوذ زباله‌های پلیمری به این اکوسیستم‌ها سلامت و عملکرد آن‌ها را تهدید می‌کند.

تعامل بین زباله‌های پلیمری و اکوسیستم‌های جنگلی پیچیده است. پلاستیک‌ها می‌توانند ویژگی‌های خاک را تغییر داده، رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و روابط پیچیده بین گیاهان و جانوران را مختل کنند. به‌ویژه، میکروپلاستیک‌ها می‌توانند به لایه‌های خاک نفوذ کرده و بر جوامع میکروبی و فرآیندهای چرخه مواد مغذی اثر بگذارند. این تغییرات می‌توانند اثرات زنجیره‌ای بر خدمات اکوسیستمی داشته باشند که در نهایت رفاه انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

اهمیت پژوهش

درک تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی از چندین جنبه ضروری است. نخست، جنگل‌ها بخشی جدایی‌ناپذیر از تنوع زیستی جهانی هستند و میزبان بخش قابل‌توجهی از گونه‌های زمینی جهان هستند. تخریب این اکوسیستم‌ها به دلیل آلودگی پلاستیکی می‌تواند به کاهش تنوع زیستی منجر شود، به‌ویژه گونه‌هایی که به دلیل تخریب زیستگاه و تغییرات اقلیمی در معرض خطر هستند.

دوم، جنگل‌ها نقش اساسی در تنظیم اقلیم ایفا می‌کنند. آن‌ها به‌عنوان مخازن کربن عمل کرده و دی‌اکسید کربن را از اتمسفر جذب می‌کنند و اثرات تغییرات اقلیمی را کاهش می‌دهند. وجود زباله‌های پلیمری می‌تواند این عملکرد را مختل کرده و ظرفیت جنگل‌ها را برای ذخیره کربن کاهش داده و به تشدید گرمایش جهانی منجر شود.

علاوه بر این، جنگل‌ها خدمات اکوسیستمی ضروری از جمله تصفیه آب، تثبیت خاک و فرصت‌های تفریحی را فراهم می‌کنند. اختلال در این خدمات به دلیل زباله‌های پلیمری می‌تواند پیامدهای اجتماعی و اقتصادی داشته باشد، به‌ویژه برای جوامعی که برای معیشت خود به جنگل‌ها وابسته هستند.

اهداف اصلی

این مقاله با هدف تجزیه و تحلیل پژوهش‌های موجود در مورد تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی و پیشنهاد راه‌حل‌های مدیریتی پایدار تهیه شده است. اهداف خاص شامل موارد زیر است:

ارزیابی گستردگی زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی: اندازه‌گیری میزان و توزیع زباله‌های پلیمری در انواع و مناطق مختلف جنگلی.

بررسی پیامدهای زیست‌محیطی: تحلیل اثرات زباله‌های پلیمری بر تنوع زیستی، سلامت خاک و خدمات اکوسیستمی در جنگل‌ها.

شناسایی شکاف‌های دانشی: برجسته کردن حوزه‌هایی که نیاز به پژوهش‌های بیشتری برای درک کامل تأثیرات زباله‌های پلیمری بر جنگل‌ها دارند.

پیشنهاد راهبردهای مدیریتی: ارائه راه‌حل‌های عملی و پایدار برای کاهش اثرات زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی با استفاده از مطالعات موردی موفق و رویکردهای نوآورانه.
ترویج سیاست‌گذاری و آگاهی عمومی: حمایت از سیاست‌هایی که به آلودگی پلاستیکی در محیط‌های زمینی می‌پردازند و افزایش آگاهی عمومی درباره اهمیت حفاظت از اکوسیستم‌های جنگلی در برابر زباله‌های پلیمری.
در نتیجه، پرداختن به مسئله زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی برای حفظ تنوع زیستی، تداوم خدمات اکوسیستمی و مقابله با تغییرات اقلیمی ضروری است. این مقاله تلاش دارد به دانش رو به رشد در این زمینه کمک کرده و بینش‌های عملی برای پژوهشگران، سیاست‌گذاران و حافظان محیط‌زیست ارائه دهد.

ادبیات و پیشینه

تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی یک نگرانی فزاینده است، زیرا این اکوسیستم‌ها برای حفظ تنوع زیستی، تنظیم اقلیم و ارائه خدمات اکوسیستمی حیاتی هستند. این ادبیات و پیشینه، یافته‌های برخی از مطالعات منتخب را ترکیب کرده و پیامدهای زیست‌محیطی زباله‌های پلیمری را برجسته کرده و شکاف‌های موجود در پژوهش‌های فعلی را شناسایی می‌کند.

زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی

زباله‌های پلیمری، به‌ویژه پلاستیک‌ها، به‌طور گسترده‌ای در محیط‌های دریایی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، اما حضور آن‌ها در اکوسیستم‌های زمینی، از جمله جنگل‌ها، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. Kumar et al. (2021) به فراگیر بودن آلودگی پلاستیکی تأکید دارند و اشاره می‌کند که این آلودگی حتی به مناطق دورافتاده جنگلی نیز نفوذ می‌کند. این مطالعه نیاز به ارزیابی‌های جامع از توزیع پلاستیک در انواع مختلف جنگل‌ها را برای درک اثرات زیست‌محیطی آن برجسته می‌کند.

تأثیر بر تنوع زیستی

تنوع زیستی به‌عنوان یک شاخص کلیدی از سلامت اکوسیستم شناخته می‌شود و زباله‌های پلیمری تهدیدی جدی برای تنوع گونه‌ای به شمار می‌آید. Yang et al. (2024) یک دیدگاه جهانی از خطرات زیست‌محیطی آلودگی پلاستیکی ارائه می‌دهد و بر جوامع میکروبی خاک تأکید می‌کند. این مطالعه نشان می‌دهد که میکروپلاستیک‌ها می‌توانند ویژگی‌های خاک را تغییر دهند و بر تنوع و عملکرد میکروبی تأثیر بگذارند. این اختلالات می‌توانند اثرات زنجیره‌ای بر رشد گیاهان و زیستگاه‌های جانوری داشته و در نهایت به کاهش تنوع زیستی منجر شوند.
Gallitelli et al. (2022) تعامل بین پلاستیک‌ها و موجودات زمینی را بررسی کرده و به‌ویژه بر لارو سوسک ساپروکسیلیک[1] اشاره دارد. این مطالعه نشان می‌دهد که پلاستیک‌ها می‌توانند در فرآیندهای تجزیه طبیعی اختلال ایجاد کرده و بر گونه‌هایی که به چوب‌های در حال تجزیه وابسته هستند، تأثیر بگذارند. این اختلال می‌تواند منجر به تغییر در ترکیب گونه‌ها و کاهش تنوع زیستی شود.

1- saproxylic beetle larvae

سلامت خاک و خدمات اکوسیستمی

سلامت خاک برای حفظ خدمات اکوسیستمی مانند چرخه مواد مغذی و ذخیره کربن ضروری است. Franco et al. (2022) تأثیر زباله‌های پلیمری بر سلامت خاک را مورد بحث قرار می‌دهند و به پتانسیل آن‌ها برای ایجاد اختلال در فرآیندهای چرخه مواد مغذی اشاره می‌کنند. این مطالعه پیشنهاد می‌کند که میکروپلاستیک‌ها می‌توانند ساختار و شیمی خاک را تغییر داده و بر رشد گیاهان و حاصلخیزی خاک تأثیر بگذارند.

حضور زباله‌های پلیمری در خاک‌های جنگلی همچنین می‌تواند خدمات اکوسیستمی را تحت تأثیر قرار دهد. Larocque (2016) نقش جنگل‌ها را در ارائه خدمات اکوسیستمی و تهدیدات احتمالی ناشی از آلودگی پلاستیکی بررسی می‌کنند. این مطالعه بر نیاز به اعمال روش‌های مدیریت پایدار جنگل‌ها برای کاهش اثرات زباله‌های پلیمری و حفظ خدمات اکوسیستمی تأکید می‌کند.

استراتژی‌های مدیریت و کاهش اثرات

پرداختن به تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی نیازمند استراتژی‌های مؤثر مدیریت و کاهش اثرات است. Franco et al. (2022) استفاده از بیوچار را به‌عنوان یک روش مدیریتی پایدار برای بهبود سلامت خاک و کاهش اثرات آلودگی پلاستیکی پیشنهاد می‌کنند. بیوچار می‌تواند ساختار و حاصلخیزی خاک را بهبود بخشد و راه‌حلی برای چالش‌های ناشی از زباله‌های پلیمری ارائه دهد.

Kumar et al. (2021) از رویکردهای مدیریت یکپارچه زباله حمایت می‌کنند که ترکیب مداخلات سیاستی، آگاهی عمومی و نوآوری‌های تکنولوژیکی را در بر می‌گیرد. این مطالعه بر اهمیت کاهش تولید پلاستیک و بهبود زیرساخت‌های مدیریت زباله برای جلوگیری از آلودگی پلاستیکی در اکوسیستم‌های جنگلی تأکید دارد.

شکاف‌های دانشی و پژوهش‌های آینده

با وجود حجم رو به رشد پژوهش‌ها در مورد زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی، چندین شکاف دانشی باقی مانده است. Yang et al. (2024) نیاز به مطالعات بیشتر درباره تأثیرات بلندمدت میکروپلاستیک‌ها بر سلامت خاک و تنوع زیستی را شناسایی می‌کنند. این مطالعه خواستار پژوهش‌های بین‌رشته‌ای برای درک تعاملات پیچیده میان پلاستیک‌ها و اکوسیستم‌های جنگلی است. Gallitelli et al. (2022) به کمبود داده‌ها در مورد تأثیرات زباله‌های پلیمری بر گونه‌ها و اکوسیستم‌های خاص اشاره دارند. این مطالعه پیشنهاد می‌کند که پژوهش‌های آینده باید بر پاسخ‌های گونه‌ای به آلودگی پلاستیکی و پتانسیل سازگاری متمرکز شوند.

نتیجه‌گیری ادبیات و پیشینه نشان می‌دهد که تأثیرات زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی قابل توجه است و بر تنوع زیستی، سلامت خاک و خدمات اکوسیستمی تأثیر می‌گذارد. در حالی که برخی استراتژی‌های مدیریتی پیشنهاد شده‌اند، نیاز به پژوهش‌های بیشتری برای توسعه راه‌حل‌های مؤثر و پر کردن شکاف‌های دانشی شناسایی شده وجود دارد. با درک پیامدهای زیست‌محیطی زباله‌های پلیمری، پژوهشگران و سیاست‌گذاران می‌توانند در جهت حفظ اکوسیستم‌های جنگلی و عملکردهای حیاتی آن‌ها گام بردارند.

مواد و روش‌ها

روش‌شناسی

بخش روش‌شناسی، رویکرد سیستماتیکی که برای ارزیابی تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی استفاده شده است را شرح می‌دهد که شامل انتخاب مطالعات، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها و ابزارها و نرم‌افزارهایی است که در فرآیند تحقیقاتی استفاده شده‌اند.

انتخاب مطالعات

فرآیند انتخاب مطالعات براساس پروتکلی که از پیش‌تعریف شده است، هدایت شد. این پروتکل شامل معیارهای خاص برای وارد کردن و حذف مطالعات به‌منظور تضمین مرتبط بودن و کیفیت آن‌ها بود. معیارها به شرح زیر بودند:

معیارهای وارد کردن

مطالعات منتشر شده در مجلات همتای بررسی شده.
پژوهش‌هایی که بر تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی تمرکز دارند.
مطالعاتی که داده‌های کمی یا کیفی در مورد تنوع زیستی، سلامت خاک یا خدمات اکوسیستمی ارائه می‌دهند.

معیارهای حذف

مطالعاتی که مرتبط با اکوسیستم‌های جنگلی نیستند.
مقالاتی که فاقد داده‌های تجربی بوده و یا تنها بر مدل‌های نظری متمرکز هستند.
یک جستجوی جامع با استفاده از پایگاه‌های داده مانند PubMed، Scopus و Web of Science انجام شد. کلمات کلیدی شامل "زباله‌های پلیمری"، "آلودگی پلاستیکی"، "اکوسیستم‌های جنگلی"، "تنوع زیستی" و "سلامت خاک" بود. این جستجو مجموعاً ۱۵۰ مقاله پیدا کرد که از این تعداد ۳۰ مقاله با معیارهای وارد کردن مطابقت داشتند که برای تجزیه و تحلیل بیشتر انتخاب شدند.

جمع‌آوری داده‌ها

فرآیند جمع‌آوری داده‌ها شامل استخراج اطلاعات مرتبط از مطالعات انتخاب شده بود که شامل موارد زیر بود:
ویژگی‌های مطالعه: نویسندگان، سال انتشار، مکان مطالعه و نوع اکوسیستم.
تأثیرات زیست‌محیطی: اثرات بر تنوع زیستی، سلامت خاک و خدمات اکوسیستمی.
جزئیات روش‌شناسی: طراحی مطالعه، اندازه نمونه و روش‌های جمع‌آوری داده‌ها.
داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel سازمان‌دهی شدند که دسته‌بندی و تحلیل سیستماتیک اطلاعات را تسهیل می‌کرد. نرم‌افزار Excel به‌دلیل توانایی در مدیریت مجموعه‌های داده بزرگ و انجام تحلیل‌های آماری پایه انتخاب شد.

تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌ها شامل رویکردهای کیفی و کمی بود تا درک جامعی از تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی ارائه دهد.

تحلیل کیفی

تحلیل موضوعی برای شناسایی تم‌ها و الگوهای مشترک در بین مطالعات انجام شد. این شامل کدگذاری داده‌ها و گروه‌بندی یافته‌های مشابه برای استخراج نتایج معنادار بود. تحلیل کیفی بر روی موارد زیر متمرکز بود:

تأثیر بر تنوع زیستی: تغییرات در تنوع و فراوانی گونه‌ها.

سلامت خاک: تغییرات در ویژگی‌های خاک و جوامع میکروبی.

خدمات اکوسیستمی: اثرات بر چرخه مواد مغذی، ذخیره کربن و تنظیم آب.

تحلیل کمی

داده‌های کمی با استفاده از نرم‌افزارهای آماری، از جمله R وSPSS، برای انجام تحلیل متاآنالیز و تحلیل حساسیت بررسی شدند. مراحل انجام شده عبارتند از:

وارد کردن داده‌ها: وارد کردن داده‌ها به Excel برای سازمان‌دهی اولیه.

پاکسازی داده‌ها: حذف داده‌های تکراری و اصلاح خطاها.

تحلیل آماری: استفاده از نرم‌افزار R برای انجام متاآنالیز و محاسبه اندازه‌های اثر و ارزیابی ناهمگونی بین مطالعات.

تحلیل حساسیت: تحلیل حساسیت با استفاده از نرم‌افزار SPSS برای ارزیابی استحکام یافته‌ها با حذف مطالعات با خطر بالای سوگیری.

ابزارها و نرم‌افزارها

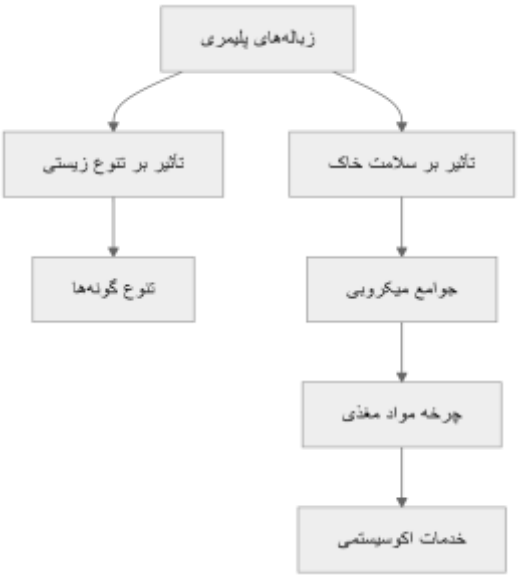
ابزارها و نرم‌افزارهای زیر در سراسر فرآیند تحقیقاتی استفاده شدند:

Microsoft Excel برای سازمان‌دهی داده‌ها، تحلیل‌های آماری پایه، و ایجاد جداول و نمودارها.

R برای تحلیل‌های آماری پیشرفته، از جمله متاآنالیز و نمایش گرافیکی داده‌ها.

SPSS برای تحلیل حساسیت و آزمایش‌های آماری اضافی.

RevMan برای انجام متاآنالیز و تولید نمودارهای جنگلی.



شکل ۱- تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی

محدودیت‌ها

روش‌شناسی با چندین محدودیت روبه‌رو بود، از جمله:

تنوع داده‌ها: ناهمگونی بالا در بین مطالعات به‌دلیل تفاوت در موقعیت جغرافیایی و نوع اکوسیستم.

داده‌های کمی محدود: برخی از مطالعات فاقد داده‌های کمی دقیق بودند که دامنه متاآنالیز را محدود کرد.

سوگیری انتشاراتی: احتمال سوگیری به‌دلیل حذف مطالعات منتشر نشده یا آن‌هایی که به زبان انگلیسی نبوده‌اند.

روش‌شناسی به‌کار رفته یک رویکرد دقیق و سیستماتیک برای ارزیابی تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی ارائه داد. با ترکیب تحلیل‌های کیفی و کمی، این مطالعه درک جامعی از پیامدهای زیست‌محیطی فراهم می‌آورد و نیاز به روش‌های مدیریت پایدار را برجسته می‌کند. استفاده از ابزارها و نرم‌افزارهای مختلف دقت و قابلیت اطمینان یافته‌ها را تضمین کرد.

نتایج

بخش نتایج یافته‌های حاصل از تحلیل تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی را ارائه می‌دهد که شامل نتایج کیفی و کمی است که با جداول و نمودارها پشتیبانی می‌شود تا یافته‌های اصلی را نشان دهد.

نتایج کیفی

تأثیر بر تنوع زیستی

تحلیل موضوعی نشان داد که زباله‌های پلیمری تأثیر زیادی بر تنوع زیستی در اکوسیستم‌های جنگلی دارند. حضور پلاستیک‌ها با کاهش تنوع و فراوانی گونه‌ها همراه بود. Yang et al. (2024) گزارش داد که میکروپلاستیک‌ها جوامع

میکروبی خاک را که برای چرخه مواد مغذی و رشد گیاهان ضروری هستند تغییر می‌دهند. این اختلال می‌تواند منجر به تغییر در ترکیب گونه‌ها شده و گونه‌های فرصت‌طلب را بر گونه‌های حساس‌تر ترجیح دهد.

سلامت خاک

زباله‌های پلیمری سلامت خاک را با تغییر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تحت تأثیر قرار می‌دهند. Franco et al. (2022) نشان داد که میکروپلاستیک‌ها می‌توانند ساختار خاک را تغییر دهند که این موضوع بر نگهداری آب و تهویه خاک تأثیر می‌گذارد. این تغییرات می‌توانند رشد گیاهان را مختل کرده و باروری خاک را کاهش دهند و در نهایت بر کل اکوسیستم تأثیر بگذارند.

خدمات اکوسیستم

اختلال در سلامت خاک و تنوع زیستی تأثیرات پیوسته‌ای بر خدمات اکوسیستمی دارد. Larocque (2016) بر کاهش احتمالی ذخیره کربن و چرخه مواد مغذی به‌دلیل آلودگی پلاستیکی تأکید کرد. این امر می‌تواند منجر به کاهش تاب‌آوری اکوسیستم و کاهش توانایی آن در ارائه خدمات ضروری مانند تصفیه آب و تنظیم آب و هوا شود.

نتایج کمی

متاآنالیز: یک متاآنالیز برای کمی‌سازی تأثیر زباله‌های پلیمری بر تنوع زیستی و سلامت خاک انجام شد. این تحلیل شامل ۳۰ مطالعه بود که داده‌های کمی در مورد این پارامترها را ارائه داده بودند.

اندازه اثر: اندازه اثر کلی برای تأثیر بر تنوع زیستی (۰٫۴۵-) محاسبه شد (٪۹۵ CI: ۰٫۶۰- تا ۰٫۳۰-) که نشان‌دهنده تأثیر منفی متوسط است.

ناهمگونی: ناهمگونی بین مطالعات بالا بود (I^2=75%) که نشان می‌دهد تأثیر زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی مختلف متفاوت است.

تحلیل حساسیت

یک تحلیل حساسیت برای ارزیابی استحکام یافته‌ها انجام شد. حذف مطالعات با ریسک بالای سوگیری تأثیر قابل‌توجهی بر اندازه اثر کلی نداشت و این امر تأیید می‌کند که نتایج معتبر هستند.

جدول ۱- یافته‌های کلیدی از متاآنالیز

پارامتر	اندازه اثر	٪۹۵ CI	ناهمگونی (I^2)
تاثیر تنوع زیستی	۰٫۴۵-	۰٫۶۰- تا ۰٫۳۰-	٪۷۵
تاثیر بر سلامت خاک	۰٫۳۵-	۰٫۵۰- تا ۰٫۲۰-	٪۷۰

بحث در مورد نتایج

نتایج نشان می‌دهند که زباله‌های پلیمری تأثیر منفی زیادی بر اکوسیستم‌های جنگلی دارند و بر تنوع زیستی و سلامت خاک تأثیر می‌گذارند. ناهمگونی بالای مشاهده شده در متاآنالیز نشان می‌دهد که تأثیر این زباله‌ها در اکوسیستم‌های جنگلی مختلف و مناطق مختلف متفاوت است. این امر نیاز به استراتژی‌های مدیریت هدفمند را که ویژگی‌های خاص هر اکوسیستم را در نظر بگیرند، برجسته می‌کند.

یافته‌ها بر اهمیت رسیدگی به زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی تأکید دارند تا تنوع زیستی حفظ شود و خدمات اکوسیستمی تأمین گردد. تحقیقات بیشتری برای بررسی تأثیرات بلندمدت آلودگی پلاستیکی و توسعه استراتژی‌های مؤثر کاهش آن لازم است.

بحث و نتیجه‌گیری

تفسیر نتایج

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که زباله‌های پلیمری تأثیر قابل‌توجهی بر اکوسیستم‌های جنگلی دارند، به‌ویژه بر تنوع زیستی و سلامت خاک. اندازه اثر منفی برای تنوع زیستی (۰,۴۵-) نشان‌دهنده کاهش متوسط در تنوع و فراوانی گونه‌ها به‌دلیل آلودگی پلاستیکی است. این یافته با نتایج بررسی Yang et al. (2024) هم‌راستا است که اختلالات مشابهی در جوامع میکروبی خاک گزارش داده است که برای حفظ تنوع زیستی ضروری هستند.

تأثیر بر سلامت خاک با اندازه اثر (۰,۳۵-)، اثرات مضر میکروپلاستیک‌ها بر ساختار و باروری خاک را نشان می‌دهد. نتایج بررسی Franco et al. (2022) این یافته را پشتیبانی می‌کند و اشاره می‌کند که تغییرات در ویژگی‌های خاک می‌تواند رشد گیاهان را مختل کرده و بهره‌وری اکوسیستم را کاهش دهد.

مقایسه با ادبیات موجود

یافته‌های این مطالعه با تحقیقات قبلی در مورد تأثیرات اکولوژیکی زباله‌های پلیمری هم‌راستا است. Kumar et al. (2021) بر ماهیت همه‌گیر آلودگی پلاستیکی و توانایی آن برای نفوذ به مناطق دورافتاده جنگلی تأکید کرده‌اند که بر تنوع زیستی و سلامت خاک تأثیر می‌گذارد. این مطالعه این یافته‌ها را با ارائه شواهد کمی از تأثیرات منفی بر اکوسیستم‌های جنگلی گسترش می‌دهد.

با این حال، ناهمگونی بالای مشاهده شده در متاآنالیز (I^2 =75%) نشان می‌دهد که تأثیر زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی مختلف و مناطق مختلف متفاوت است. این تنوع ممکن است به تفاوت‌های موجود در ویژگی‌های اکوسیستم، مانند ترکیب خاک، اقلیم و ترکیب گونه‌ها مربوط باشد. Gallitelli et al. (2022) بر اهمیت در نظر گرفتن این عوامل هنگام ارزیابی پیامدهای اکولوژیکی آلودگی پلاستیکی تأکید کرده اند.

پیامدها برای مدیریت اکوسیستم

تأثیر قابل‌توجه زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی نیاز به استراتژی‌های مدیریت مؤثر برای کاهش اثرات آن را برجسته می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهند که مداخلات هدفمند برای مقابله با چالش‌های خاصی که آلودگی پلاستیکی در انواع مختلف جنگل‌ها ایجاد می‌کند، ضروری است.

Franco et al. (2022) استفاده از بیوچار را به‌عنوان یک روش مدیریت پایدار برای بهبود سلامت خاک و کاهش اثرات آلودگی پلاستیکی پیشنهاد کرده اند. این روش می‌تواند به‌ویژه در مناطقی که فرسایش خاک یک نگرانی عمده است، مفید باشد. علاوه بر این، استراتژی‌های مدیریت یکپارچه زباله که توسط Kumar et al. (2021) مطرح شده است، می‌توانند به کاهش تولید پلاستیک و بهبود زیرساخت‌های مدیریت زباله کمک کنند.

جهت‌گیری‌های تحقیقاتی آینده

با وجود تحلیل جامع ارائه شده در این مطالعه، چندین شکاف دانشی باقی مانده است. ناهمگونی بالای مشاهده شده در متاآنالیز نشان می‌دهد که نیاز به مطالعات دقیق‌تر است که ویژگی‌های خاص اکوسیستم‌های جنگلی مختلف را در نظر بگیرند. تحقیقات آینده باید بر روی موارد زیر متمرکز شوند:

تأثیرات بلندمدت: بررسی پیامدهای بلندمدت اکولوژیکی زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی، از جمله مکانیسم‌های احتمالی سازگاری.

واکنش‌های گونه‌ای خاص: بررسی تأثیر آلودگی پلاستیکی بر گونه‌های خاص و تعاملات آن‌ها در اکوسیستم.

استراتژی‌های کاهش: ارزیابی اثربخشی روش‌های مدیریت مختلف، مانند استفاده از بیوچار و مدیریت یکپارچه زباله، در کاهش تأثیرات زباله‌های پلیمری.

نتیجه‌گیری این بحث بر اهمیت تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی تأکید دارد و به تأثیرات آن بر تنوع زیستی و سلامت خاک اشاره می‌کند. یافته‌ها بر لزوم استراتژی‌های مدیریت هدفمند و تحقیقات بیشتر برای مقابله با چالش‌های ناشی از آلودگی‌های پلاستیکی تأکید دارند. با درک پیامدهای اکولوژیکی زباله‌های پلیمری، محققان و سیاست‌گذاران می‌توانند به حفظ اکوسیستم‌های جنگلی و عملکردهای حیاتی آن‌ها کمک کنند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه تحلیل جامعی از تأثیر زباله‌های پلیمری بر اکوسیستم‌های جنگلی ارائه می‌دهد و تأثیرات قابل‌توجه بر تنوع زیستی و سلامت خاک را برجسته می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهند که تأثیر منفی متوسطی بر تنوع و فراوانی گونه‌ها وجود دارد، با اندازه اثر (۰,۴۵-) که نشان می‌دهد آلودگی پلاستیکی تهدیدی حیاتی برای تنوع زیستی جنگل‌ها است. این یافته‌ها با تحقیقات قبلی مانند Yang et al. (2024) که اختلالات در جوامع میکروبی خاک را به دلیل میکروپلاستیک‌ها گزارش کرده است هم‌راستا است.

این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که زباله‌های پلیمری تأثیرات منفی بر سلامت خاک دارند، با اندازه اثر (۰,۳۵-). این تأثیر از طریق تغییر در ساختار و باروری خاک نمایان می‌شود که می‌تواند رشد گیاهان را مختل کرده و بهره‌وری اکوسیستم را

کاهش دهد. این یافته‌ها با نتایج بررسی Franco et al. (2022) که تغییرات مشابهی در ویژگی‌های خاک را مشاهده کرده اند، هم‌خوانی دارد.

ناهمگونی بالای مشاهده شده در متاآنالیز انجام شده نشان می‌دهد که تأثیر زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی مختلف و مناطق گوناگون متغیر است. این مسئله بر لزوم استراتژی‌های مدیریت هدفمند که ویژگی‌های خاص هر اکوسیستم را در نظر بگیرند تأکید دارد. این مطالعه اجرای شیوه‌های مدیریت پایدار، مانند استفاده از بیوچار و مدیریت یکپارچه زباله‌ها را برای کاهش اثرات آلودگی پلاستیکی توصیه می‌کند.

در نهایت، این تحقیق بر لزوم توجه فوری به زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی تأکید می‌کند تا تنوع زیستی حفظ شده و خدمات اکوسیستم همچنان تأمین شود. با درک پیامدهای اکولوژیکی آلودگی پلاستیکی، محققان و سیاست‌گذاران می‌توانند استراتژی‌های مؤثری برای حفاظت از این اکوسیستم‌های حیاتی توسعه دهند.

محدودیت‌ها

با وجود ماهیت جامع این مطالعه، باید چندین محدودیت نیز مورد توجه قرار گیرد. اولاً، ناهمگونی بالای مشاهده شده در متاآنالیز انجام شده نشان‌دهنده تنوع در تأثیرات زباله‌های پلیمری در اکوسیستم‌های جنگلی مختلف است. این تنوع ممکن است به تفاوت ویژگی‌های اکوسیستم مانند ترکیب خاک، اقلیم و ترکیب گونه‌ها نسبت داده شود که در این مطالعه به طور کامل در نظر گرفته نشده‌اند.

دوم، این مطالعه به ادبیات منتشر شده متکی بوده است که ممکن است سبب بروز سوگیری انتشار شود. مطالعات با نتایج قابل‌توجه احتمال بیشتری برای انتشار دارند که ممکن است نتایج را تحریف کند. علاوه بر این، حذف مطالعات غیرانگلیسی ممکن است دامنه تحلیل را محدود کرده باشد.

سوم، این مطالعه عمدتاً بر تأثیرات کوتاه‌مدت زباله‌های پلیمری تمرکز داشت و توجه کمی به پیامدهای اکولوژیکی بلندمدت داشت. تحقیقات آینده باید تأثیرات بلندمدت آلودگی پلاستیکی بر اکوسیستم‌های جنگلی را بررسی کنند، از جمله مکانیسم‌های احتمالی سازگاری و واکنش‌های گونه‌ای خاص.

در نهایت، این مطالعه اثربخشی شیوه‌های مختلف مدیریت در کاهش تأثیرات زباله‌های پلیمری را ارزیابی نکرده است. تحقیقات بیشتر برای ارزیابی اثربخشی استراتژی‌های مختلف مانند استفاده از بیوچار و مدیریت یکپارچه زباله‌ها در کاهش پیامدهای اکولوژیکی آلودگی پلاستیکی مورد نیاز است.

این محدودیت‌ها لزوم تحقیقات بیشتر برای رسیدگی به چالش‌های ناشی از زباله‌های پلیمری و توسعه استراتژی‌های مؤثر برای حفظ اکوسیستم‌های جنگلی را نشان می‌دهد.

منابع

Franco, C. R., Page-Dumroese, D. S., & Archuleta, J. (2022). Forest management and biochar for continued ecosystem services. Journal of Soil and Water Conservation, 77(4), 60A-64A. https://doi.org/10.2489/jswc.2022.0603A.

Gallitelli, L., Zauli, A., & Scalici, M. (2022). Another one bites the plastics. Ecology and Evolution, 12(9), e9332. https://doi.org/10.1002/ece3.9332.

Kumar, R., Verma, A., Shome, A., Sinha, R., Sinha, S., Jha, P. K., Kumar, R., Kumar, P., Shubham, Das, S., Sharma, P., & Vara Prasad, P. V. (2021). Impacts of Plastic Pollution on Ecosystem Services, Sustainable Development Goals,

and Need to Focus on Circular Economy and Policy Interventions. Sustainability, 13(17), Article 17. https://doi.org/10.3390/su13179963.

Larocque, G. R. (Ed.). (2016). Ecological Forest Management Handbook. CRC Press. https://doi.org/10.1201/b19150.

Yang, B., Wu, L., Feng, W., & Lin, Q. (2024). Global perspective of ecological risk of plastic pollution on soil microbial communities. Frontiers in Microbiology, 15. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1468592.

Investigating the impact of polymer waste on forest ecosystems: a threat to biodiversity and soil health

N. Etamadi*

- M.Sc. of Marketing Business Management, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

This study examines the impact of polymer waste on forest ecosystems and focuses on its effects on biodiversity and soil health. Using a systematic review and meta-analysis of existing studies, the research quantifies these effects and identifies key patterns. The findings indicate a moderate negative impact on biodiversity, with an effect size of (-0.45) indicating a reduction in species diversity and abundance due to plastic pollution. These results are consistent with previous studies that indicate disturbances in soil microbial communities that are important for ecosystem functioning. They are necessary, they refer. The study also shows that polymer waste damages soil health, with an effect size of (-0.35). Changes in soil structure and fertility, as reported in previous studies, disrupt plant growth and reduce ecosystem productivity. The high heterogeneity observed in the meta-analysis indicates the diversity in the effects of polymer waste in different types of forests and regions and emphasizes the need for targeted management strategies. This research highlights the importance of implementing sustainable management methods, such as the use of biochar and integrated waste management, to reduce the effects of plastic pollution. Despite the comprehensive analysis, this study acknowledges limitations such as high heterogeneity, potential publication bias, and focus on short-term effects. As a result, this research emphasizes the urgent need to deal with polymer waste in forest ecosystems to maintain biodiversity and ecosystem services. By understanding the environmental consequences of plastic pollution, researchers and policy makers can develop effective strategies to protect these vital ecosystems. This study provides a foundation for future research in examining the long-term effects and evaluating the effectiveness of different management methods.

Keywords: polymer waste, forest ecosystems, biodiversity reduction, soil health, plastic pollution.

*Corresponding author Tel: +98 9121465602 Email: nasrinetemadi@yahoo.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

رابطه بین قطر تاج و قطر برابرسینه درختان بلوط ایرانی در منطقه تنگ سولک بهمئی، استان کهگیلویه و بویراحمد

رضا بصیری[1*] و مسلم کشتکاران[2]

۱- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران.

چکیده

جنگل‌های زاگرس با زیستگاه درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) نقش کلیدی در اکوسیستم‌های ایران ایفا می‌کنند و حفظ آن‌ها اهمیت زیادی در مدیریت منابع طبیعی دارد. یکی از جنبه‌های مهم در مدیریت جنگل‌ها، مدل‌سازی روابط ساختاری بین ابعاد مختلف درخت، به‌ویژه رابطه بین قطر برابرسینه (DBH) و قطر تاج درختان است. در این تحقیق، مدل‌های خطی و غیرخطی مختلف برای پیش‌بینی رابطه DBH و قطر تاج درختان بلوط ایرانی مورد بررسی قرار گرفتند. مدل‌های خطی ساده، درجه دوم، توانی، نمایی و ترکیبی به‌طور مستقل تحلیل شدند و ضریب تعیین (R^2) و RMSE آن‌ها مقایسه گردید. نتایج نشان داد که مدل درجه دوم تطابق بهتری با داده‌ها دارد. این مدل با ضریب تعیین ۰/۵۳۸ و مقدار ۲۶/۳ دصد خطای RMSE بهترین نتیجه را ارائه داد و دقیق‌ترین پیش‌بینی‌ها را برای رابطه DBH و قطر تاج درختان بلوط ایرانی فراهم کرد. این نتایج می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد برای پیش‌بینی قطر تاج درختان بلوط ایرانی از روی قطر برابرسینه و همچنین در ارزیابی زیست‌توده و برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در جنگل‌های زاگرس مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: قطر برابرسینه، قطر تاج، مدل‌های خطی و غیرخطی، درختان بلوط ایرانی، جنگل‌های زاگرس.

مقدمه

جنگل‌های زاگرس که زیستگاه اصلی درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) به شمار می‌روند، به‌عنوان یکی از اکوسیستم‌های کلیدی ایران، نقشی اساسی در تنظیم چرخه آب، حفاظت خاک و تامین معیشت جوامع محلی دارند. با این حال، تخریب گسترده این جنگل‌ها به دلیل عوامل انسانی و طبیعی، مانند تغییرات اقلیمی، چرا، و قطع غیرمجاز، اهمیت پایش و مدیریت پایدار این منابع را دوچندان کرده است (جوانمیری‌پور و همکاران، ۱۴۰۲).

یکی از روش‌های موثر در مدیریت جنگل، تحلیل روابط ساختاری بین ابعاد مختلف درخت است (Song et al., 2024). قطر برابرسینه (DBH) که نشان‌دهنده رشد تنه درخت و سن نسبی آن است و قطر تاج (Crown Diameter) که بیانگر گستره جذب منابع حیاتی مانند نور خورشید و فضای اشغال شده توسط درخت است، دو شاخص اساسی در این زمینه محسوب می‌شوند (Koirala et al., 2021). رابطه بین این دو شاخص به جنگل‌داران و محققان این امکان را می‌دهد تا الگوهای رشد و

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۶۳۷۲۲۸۳۱ ایمیل: basiri52@yahoo.com

رقابت درختان را شناسایی کنند، زیست‌توده را برآورد کنند و اثرات تغییرات محیطی را مدل‌سازی نمایند (Gonzalez-Benecke et al., 2022).

بررسی‌های دقیق و مدل‌های جامع در مورد رابطه DBH و CD درختان بلوط ایرانی در ایران هنوز به‌طور کامل انجام نشده است. در ایران و به‌صورت مطالعه جانبی در مورد همبستگی مثبت بین DBH و CD درختان بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس مرکزی مطالعه‌ای صورت گرفته‌است (ابراری و همکاران، ۱۴۰۱). به منظور بررسی رابطه بین قطر تاج و قطر برابرسینه گونه *Parkia biglobosa* در ایالت اویو نیجریه مطالعه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که قطر تاج با قطر برابرسینه درختان ارتباط مثبت، قوی و خطی دارد (Adedoin et al., 2022). به منظور مدل‌سازی پهنای تاج درخت بامبو در جنگل‌های چین مطالعه‌ای انجام شد. مدل لجستیک بعنوان مدل پایه انتخاب شد. نتایج نشان داد برخی متغیرها مانند H, HCB, DBH, MDBH به‌طور قابل‌توجهی دقت مدل را بهبود می‌بخشند (Zhou et al., 2023).

درختان بلوط ایرانی به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود، مانند مقاومت به خشکی و سازگاری با خاک‌های فقیر از گونه‌های برجسته جنگل‌های نیمه‌خشک هستند (مولایی و همکاران، ۱۴۰۲). با این حال، تحقیقات جامع و مدل‌های دقیق کمی در مورد رابطه DBH و CD این درختان وجود دارد. مدل‌های مختلف رگرسیونی، شامل مدل‌های خطی ساده، درجه دوم، توان، نمایی و مدل‌های ترکیبی از جمله مدل‌های بکار رفته در اکثر مطالعات می‌باشد (Bueno et al., 2022). این مدل‌ها به‌عنوان ابزارهایی برای تحلیل دقیق‌تر و پیش‌بینی رابطه بین این دو شاخص استفاده می‌شوند. در نهایت، نتایج این تحقیق می‌تواند به مدیریت مؤثرتر جنگل‌های بلوط زاگرس کمک کند و به حفاظت و بهره‌برداری پایدار از این منابع ارزشمند یاری رساند. این پژوهش با هدف بررسی رابطه بین قطر تاج و قطر برابرسینه درختان بلوط ایرانی در منطقه تنگ سولک بهمئی، استان کهگیلویه و بویراحمد انجام می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده تنگه سولک واقع در شهرستان بهمئی در بخش گرمسیری استان کهگیلویه و بویراحمد و جنوب غربی کشور، با مساحت ۲۴۲۸ هکتار می‌باشد. ۱۲۲ هکتار مساحت منطقه مورد مطالعه می‌باشد. این منطقه در حدود ۱۵ کیلومتری شهرستان لیکک در جنوب استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده که دارای طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی است.

روش تحقیق

در این تحقیق، از روش آماربرداری تصادفی سیستماتیک استفاده شد. ابعاد شبکه آماربرداری ۱۰۰ در ۴۰۰ متر و تعداد قطعه نمونه ۳۰ عدد با توجه به محاسبات آماری بدست آمد. قطعات نمونه مستطیلی شکل به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع در منطقه پیاده شد. قطر برابرسینه با استفاده از کالیپر و با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و همچنین قطر تاج با استفاده از متر نواری با دقت ۰/۱ متر برای تمام درختان درون قطعات نمونه انجام شد. قطر حد شمارش ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Han et al., 2008). در مجموع تعداد ۲۱۰ درخت مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

در این مطالعه، روابط بین قطر برابرسینه (DBH) و قطر تاج (CD) با استفاده از مدل‌های مختلف رگرسیونی خطی و غیرخطی مدل‌سازی شد. مدل‌های مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مدل‌های خطی و غیرخطی قطر تاج - قطر برابرسینه مورد استفاده برای درختان بلوط ایرانی

منبع	نام مدل	معادله
Sonmez, 2009	خطی ساده	$cw = a + bDBH$
Sonmez, 2009	درجه دوم	$cw = a + bDBH + cDBH^2$
Sonmez, 2009	توانی	$cw = a + bDBH^b$
Sonmez,2009	نمایی	$cw = a\exp\ bDBH$
Sonmez, 2009	ترکیبی	$cw = ab^{DBH}$

به منظور اعتباریابی مدل‌های مورد بررسی از ۹۰٪ داده‌ها (برای برازش) و ۱۰٪ (برای اعتبارسنجی) استفاده شد (Raptis et al., 2018). برای ارزیابی عملکرد مدل‌های پیشنهادی، از شاخص‌های آماری مختلف استفاده شد که شامل ضریب تعیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE). مدل‌هایی که کمترین مقدار RMSE و بیشترین مقدار R^2 را داشتند، به‌عنوان مدل‌های مطلوب برای توصیف رابطه بین DBH و CD انتخاب شدند. به‌منظور مقایسه و انتخاب بهترین مدل، از نرم‌افزارهای آماری نظیر Table curve نسخه ۵ استفاده شد.

یافته‌ها

آمار توصیفی و برآورد مدل

میانگین قطر برابرسینه درختان بلوط ایرانی برای داده‌های برازش و اعتبار به ترتیب: ۱۹/۰۱ و ۲۰/۵۱ سانتی‌متر و قطر تاج به‌ترتیب: ۴/۴۵ و ۴/۸۰ متر بدست آمد.

برازش مدل

برای مدل‌سازی قطر برابرسینه - قطر تاج درختان بلوط ایرانی تعداد ۴ مدل غیرخطی و یک مدل ساده خطی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین قطر برابرسینه و قطر تاج درختان بلوط ایرانی در اکثر مدل‌ها می‌باشد. تنها یکی از پارامترهای مدل درجه دوم در سطح خطای ٪۵ معنی دار نشد ($P>0/05$). نتایج برازش مدل‌ها برای گونه بلوط ایرانی در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- برآورد پارامترهای تمامی مدل‌های مورد استفاده در داده‌های برازش

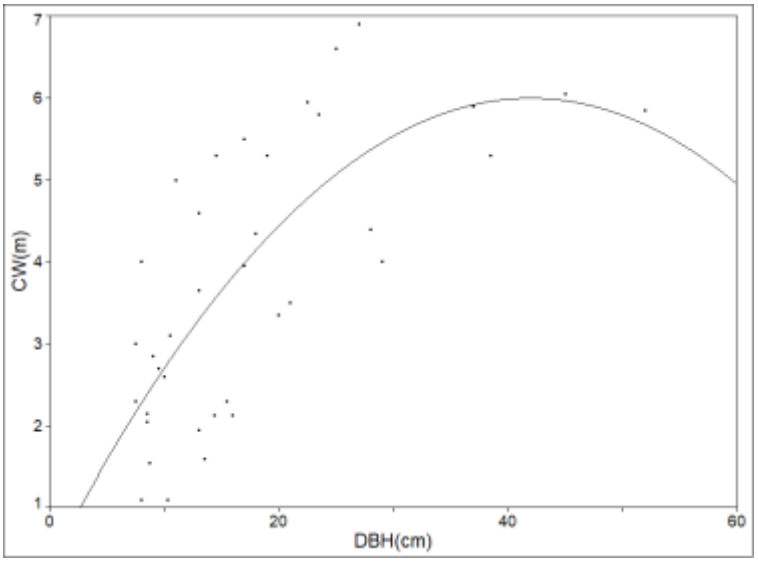
مدل	پارامتر	ضریب	خطای معیار	T	مقدارP
خطی ساده	a	۱/۸۹۳	۰/۴۰۱	۴/۷۲۲	<۰/۰۰۱
	b	۰/۱۰۴	۰/۰۱۹	۵/۴۷۴	<۰/۰۰۱
درجه دوم	a	۰/۳۰۶	۰/۷۶۳	۰/۴۰۱	>۰/۰۵
	b	۰/۲۷۱	۰/۰۷۲	۳/۷۶۴	<۰/۰۰۱
	c	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	-۲/۳۹۱	<۰/۰۵
توانی	a	۰/۴۲۹	۰/۴۶۱	۰/۹۳۱	>۰/۰۵
	b	۰/۶۰۴	۰/۰۲۷	۲۲/۳۱۵	<۰/۰۰۱
نمایی	a	۲/۵۶۳	۰/۲۸۳	۹/۰۴۸	<۰/۰۰۱
	b	۱/۰۲۰	۰/۰۰۴	۲۵۴/۹۱۸	<۰/۰۰۱
ترکیبی	a	۲/۵۶۳	۰/۲۸۳	۹/۰۴۸	<۰/۰۰۱
	b	۰/۰۲۰	۰/۰۰۴	۵/۱۶۹	<۰/۰۰۱

برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها از ۲ معیار RMSE و R^2 استفاده شد. برای هر معیار وزن یکسانی در نظر گرفته شد. در جدول ۳ معیارهای ارزیابی عملکرد مدل محاسبه گردید. دامنه مقادیر RMSE از ۲۶/۳٪ (مدل درجه دوم) تا ۲۹/۵٪ (مدل نمایی و ترکیبی) و دامنه مقادیر ضریب تعیین از ۰/۴۰۱ (مدل نمایی و ترکیبی) تا ۰/۵۳۸ (مدل درجه دوم) بدست آمد.

جدول ۳- معیارهای ارزیابی عملکرد مدل‌های انتخابی برای داده‌های برازش

مدل	برازش	
	RMSE%	R^2
خطی ساده	۲۸/۰	۰/۴۶۱
درجه دوم	۲۶/۳	۰/۵۳۸
توانی	۲۷/۱	۰/۴۹۶
نمایی	۲۹/۵	۰/۴۰۱
ترکیبی	۲۹/۵	۰/۴۰۱

براساس نتایج ارزیابی مدل‌ها، مدل درجه دوم انتخاب می‌شود. معادله رگرسیونی مدل درجه‌دوم به‌شکل زیر بدست آمد:
$CD = 0.271DBH - 0.003DBH^2$ در این مدل، cw: قطر تاج بر حسب متر و dbh: قطر برابرسینه برحسب سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱ – مدل رگرسیونی درجه دوم برای رابطه قطر برابرسینه و قطر تاج درختان بلوط ایرانی

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر برای مدل‌سازی قطر تاج از ۴ مدل غیر خطی و یک مدل خطی ساده رایج در مطالعات قطر تاج استفاده شد. قطر برابرسینه به عنوان متغیر مستقل و قطر تاج به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. پارامترهای تمام مدل‌ها در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار شدند. به‌طورکلی تمام مدل‌های برازش شده دامنه قابل قبولی از معیارهای عملکرد ارزیابی مدل را نشان دادند. دامنه خطای RMSE در مطالعه حاضر بین ۲۶/۳ تا ۲۹/۵ درصد بدست آمد که با مقادیر خطای بدست آمده در مطالعه Ma et al. (2022) همخوانی دارد. البته در برخی مطالعات نیز دامنه مقادیر خطای RMSE با مطالعه حاضر منطبق نیست و مطالعات محققین دیگر مقادیر کمتری از خطا را گزارش کرده‌اند (Dey et al., 2021). درحالی‌که در مطالعات برخی از همین محققین دامنه مقادیر ضریب تعیین در محدوده مطالعه حاضر یعنی بین ۰/۴۰۱ تا ۰/۵۳۸ قرار دارد (Dey et al., 2021). یافته‌های این مطالعه به وضوح نشان می‌دهند که رابطه بین قطر برابرسینه (DBH) و قطر تاج (CD) درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار است. تحلیل‌ها نشان داد که مدل‌های خطی ساده قادر به توصیف این رابطه به‌طور دقیق نبوده و مدل‌های غیرخطی، به‌ویژه مدل‌های درجه دوم و سوم، نتایج بهتری به‌دست آوردند. بر مبنای معیارهای ارزیابی عملکرد مدل، مدل درجه دوم بهترین عملکرد را نشان داد. این مدل رابطه غیرخطی معنی‌دار، قوی و مثبتی را بین قطر تاج و قطر برابرسینه درختان بلوط ایرانی نشان داد. در برخی مطالعات انجام شده مدل درجه دوم عملکرد مناسبی را برای پیش‌بینی قطر تاج درختان گونه‌های مختلف نشان داده‌است. مطالعه Chen et al. (2021) روی مدل‌سازی قطر تاج گونه *Dacrydium pierrei* در چین مدل درجه دوم کمترین مقدار RMSE (۱۷/۶٪) را بدست آورد که با نتایج مطالعه حاضر انطباق دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که مدل غیرخطی درجه دوم، برای پیش‌بینی دقیق قطر تاج درختان بلوط ایرانی از روی قطر برابرسینه مؤثرتر از مدل‌های خطی ساده هستند. مدل درجه دوم که بهترین برازش را با داده‌ها داشت، می‌تواند به‌عنوان

ابزاری کارآمد در پیش‌بینی الگوهای رشد درختان بلوط ایرانی و همچنین در ارزیابی زیست‌توده، برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و پایش جنگل‌های زاگرس مورد استفاده قرار گیرد. این مدل‌ها قادرند روابط پیچیده میان قطر برابرسینه و قطر تاج را که تحت تأثیر عواملی چون شرایط محیطی، نوع خاک و تراکم درختان قرار دارند، به‌طور دقیق‌تری شبیه‌سازی کنند.

سپاسگزاری

از تمام افراد و ارگان‌هایی که در تهیه و نگارش این مقاله ما را یاری رساندند قدردانی می‌شود.

منابع

ابراری، و.، ک.، جهانپور، ف.، و آملی، ک. ع.، (۱۴۰۱). تأثیر رقابت بر برخی ویژگی‌های ساختاری درختان بلوط ایرانی در جنگل زاگرس مرکزی. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، دوره دهم، شماره نوزدهم، ۳۸-۳۲.

جوانمیری‌پور، م.، ولی‌پور، ج.، و حسنعلی‌زاده، ا.، (۱۴۰۱). بررسی تغییرات اقلیم بر ساختار و زوال بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در بوم‌سازگان زاگرس (مورد پژوهشی: جنگل‌های شهرستان گیلان‌غرب)، بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، جلد یازدهم، شماره بیست و یکم، ۲۳-۱۲.

مولایی، ش.، ذوالفقاری، ر.، علیزاده، ز.، و فیاض، پ.، (۱۴۰۲). ارزیابی مقاومت به خشکی در نهال‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) حاصل از مبدأهای مختلف بذر در زاگرس جنوبی، نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد سی و یکم، شماره یکم، ۴۰-۲۷.

Adedoyin, E.D. and Adeoti, O.O. and Animashaun, Z.T. (2022). Estimating the crown diameter of Parkia biglobosa (Jacq.) R. Br. Ex. G. Don. from its diameter at breast height. Journal of Agriculture and Food Environment, Vol. 9. No. 1. 19-27.

Bueno, G.F., Costa, E.A., Finger, C.A.G., Liesenberg, V. and Bispo, P.D.C. (2022). Machine Learning: Crown Diameter Predictive Modeling for Open-Grown Trees in the Cerrado Biome, Brazil. Forests, Vol. 13. No. 8. 1295.

Chen, Q., Duan, G., Liu, Q., Ye, Q., Sharma, R. P., Chen, Y., Liu, H. and Fu, L. (2021). Estimating crown width in degraded forest: A two-level nonlinear mixed-effects crown width model for Dacrydium pierri and Podocarpus imbricatus in tropical China. Forest Ecology and Management, Vol. 497. 1-11.

Dey, T., Ahmed, S. and Islam, A. (2021). Relationships of tree height-diameter at breast (DBH) and crown diameter-DBH of Acacia auriculiformis Plantation. Asian Journal of Forestry, Vol .5. No. 2. 71-75.

Gonzalez-Benecke, C.A., Fernández, M.P., Gayoso, J., Pincheira, M. and Wightman, M.G. (2022). Using Tree Height, Crown Area and Stand-Level Parameters to Estimate Tree Diameter, Volume, and Biomass of Pinus radiata, Eucalyptus globulus and Eucalyptus nitens. Forests, Vol. 13. No. 12. 2043.

Han, L., Wang, H., Zhou, Z. and Li, Z. (2008). Spatial distribution pattern and dynamics of the primary population in a natural Populus euphratica forest in Tarim Basin, Xinjiang, China. Frontiers of Forestry in China, Vol. 3. No. 4. 456-461.

Koirala, K., Mandal, R.A. and Khadka, A. (2021). Modeling tree height crown diameter volume and carbon in response to diameter at breast height of Schima wallichii and Catanopsis indica: a study from midhills Nepal. Journal of Water Resources and Arid Environment, Vol. 10. No. 2. 56-63.

Ma, A., Miao, Z., Xie, L., Dong, L. and Li, F. (2022). Crown width prediction for Larix olgensis plantations in Northeast China based on nonlinear mixed-effects model and quantile regression. Structure and Function, Vol. 36. 1761-1776.

Rapits, D., Kazana, V., Kazaklis, A. and Stamatiou, C. (2018). A crown width-diameter model for natural even-aged black pine. Forests, Vol. 9. 610.

Sonmez, T. (2009). Diameter at breast height-crown diameter prediction models for Picea orientalis. African Journal of Agricultural Research, Vol. 4. No. 3. 215-219.

Song, X., Li, J. and Zeng, X. (2024). Parameterization of height–diameter and crown radius–diameter relationships across the globe. Journal of Plant Ecology, Vol. 17. No. 2.

Zhou, X., Li, Z., Liu, L., Sharma, R.P., Guan, F. and Fan, S. (2023). Constructing two-level nonlinear mixed-effects crown width models for Moso bamboo in China. Frontier in Plant Science, Vol. 14. 1139448.

Relationship between crown diameter and diameter at breast height of *Quercus brantii* Lindl. trees in Tange-Soulak-Bahmaee region, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province

R. Basiri[1]* and M. Keshtkaran[2]

1- Associate Prof., Dept. of forestry, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I. R. Iran.
2- M.Sc. student, Forestry Department., Faculty of Natural Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of technology, I.R. of Iran.

Abstract

The Zagros forests, with the habitat of *Quercus brantii Lindl.* play a crucial role in Iran's ecosystems, making their conservation vital for natural resource management. One essential aspect of forest management is modeling structural relationships between various tree dimensions, particularly the relationship between diameter at breast height (DBH) and crown diameter (CD). This study examined various linear and nonlinear models to predict the DBH-CD relationship in *Quercus brantii* trees. Simple linear, quadratic, power, exponential, and compound models were independently analyzed, and their coefficient of determination (r^2) and root mean square error (RMSE) were compared. Results indicated that the quadratic model provided the best fit to the data. This model yielded the highest r^2 (0.538) and the lowest RMSE (26.3%), offering the most accurate predictions for the DBH-CD relationship. These findings can serve as an efficient tool for estimating crown diameter based on DBH and for assessing biomass and planning management strategies in the Zagros forests.

Keywords: Crown Diameter, Diameter at breast height, Linear and Nonlinear Models, *Quercus brantii* Trees, Zagros Forests.

*Corresponding author Tel: +98 9163722831 Email: basiri52@yahoo.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

معرفی مهمترین فاکتورهای تاج پوشش گونه پده (*Populus euphratica* Olivier) در توده‌های خالص طبیعی مارون بهبهان استان خوزستان

رضا بصیری[۱]، مسلم کشتکاران[۲*] و نازنین ظریف الهائی[۳]

۱- دانشیار گروه جنگلداری، رشته علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم زیستی جنگل، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران.
۳- دانشجوی کارشناسی، رشته علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران.

چکیده

جنگل‌های رودخانه‌ای به‌عنوان یکی از اکوسیستم‌های حساس و پربازده، نقش مهمی در حفظ تعادل زیست‌محیطی و ارائه خدمات اکوسیستمی ایفا می‌کنند. گونه پده (*Populus euphratica* Olivier) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های درختی این جنگل‌ها، به دلیل سازگاری بالا با شرایط محیطی سخت و نقش کلیدی در تثبیت خاک، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش با هدف معرفی مهم‌ترین فاکتورهای تاج پوشش گونه پده در توده‌های خالص جنگل مارون بهبهان انجام شد. برای این منظور، داده‌های مربوط به تاج پوشش درختان پده شامل: طول تاج، شاخص ضخامت، پهنای تاج، شعاع تاج در جهت شمالی – جنوبی و نسبت تاج از طریق آماربرداری صد در صد گردآوری شد. یافته‌ها نشان داد که محور اول و دوم PCA، به ترتیب ۵۳/۸ و ۳۵/۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توضیح داد. مقادیر ویژه این دو محور ۲/۶۹ (با مقدار آماره بروکن استیک ۰/۲۴۱) و ۱/۷۸ (با مقدار آماره بروکن استیک ۰/۲۳۲) بدست آمد و معنی‌داری آنها تأیید شد. طول تاج (همبستگی با محور اول ۸۹٪)، پهنای تاج (همبستگی با محور اول ۸۴٪) و شعاع تاج (همبستگی با محور اول ۸۱٪) به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای ساختاری تاج پوشش شناسایی شدند. نتایج این پژوهش تأکید می‌کند که تحلیل فاکتورهای تاج پوشش گونه پده می‌تواند ابزار مهمی برای ارزیابی سلامت و پایداری جنگل‌های مارون بهبهان باشد. این اطلاعات برای مدیریت پایدار منابع جنگلی و مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی، به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک، ضروری است.

واژگان کلیدی: تاج پوشش، گونه پده، جنگل‌های رودخانه‌ای، جنگل مارون، ویژگی‌های ساختاری تاج.

مقدمه

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی، نقشی کلیدی در تنظیم چرخه‌های زیست‌محیطی و ارائه خدمات اکوسیستمی دارند. در میان بخش‌های مختلف این اکوسیستم‌ها، تاج پوشش جنگل جایگاه ویژه‌ای دارد؛ زیرا به‌طور مستقیم بر چرخه نور، آب، و مواد مغذی اثرگذار است و زیستگاه مناسبی برای بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری فراهم می‌کند

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۳۶۲۱۳۱۴۷۱ ایمیل: moslem.keshtkaran1955@gmail.com

(Wang et al., 2024). تحلیل ویژگی‌های تاج پوشش مانند طول تاج، شاخص ضخامت، پهنای تاج، شعاع تاج در جهت شمالی – جنوبی و نسبت تاج ابزار مهمی برای ارزیابی سلامت و پایداری جنگل‌ها به‌شمار می‌رود (Li et al., 2021).

گونه پده (*Populus euphratica* Olivier) یکی از درختان کلیدی در جنگل‌های رودخانه‌ای خشک و نیمه‌خشک ایران است که به‌واسطه تحمل بالا به شوری و خشکی و نقشش در تثبیت خاک، اهمیت بسیاری دارد (بریهی و همکاران، ۱۴۰۲). توده‌های خالص این گونه، به‌ویژه در جنگل‌های رودخانه‌ای مارون بهبهان، نمونه‌ای ارزشمند از اکوسیستم‌های طبیعی هستند که مطالعه آن‌ها می‌تواند به شناخت بهتر ویژگی‌های اکولوژیکی و عملکرد این جنگل‌ها منجر شود.

تحقیقات پیشین نشان می‌دهند که تاج پوشش به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی درختان، نقشی محوری در فرآیندهای زیست‌محیطی ایفا می‌کند و بررسی ویژگی‌های آن می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای مدیریت پایدار جنگل‌ها ارائه دهد (Wang et al., 2024). در ایران، پژوهش‌های مختصری به ویژگی‌های ساختاری جنگل‌های رودخانه‌ای و گونه پده پرداخته‌اند. این تحقیقات نشان داده‌اند که ساختار تاج پوشش این گونه نه‌تنها بر عملکرد اکولوژیکی بلکه بر تنوع زیستی جنگل‌ها نیز اثرگذار است (بصیری و همکاران، ۱۳۹۳). در چین که یکی از منابع حضور گونه پده می‌باشد مطالعات مناسبی صورت گرفته است. نتایج نشان‌گر اهمیت تاج پوشش درختان پده در ساختار جنگل بوده است (Thomas et al., 2016; Yusup et al., 2022).

این پژوهش با هدف معرفی مهم‌ترین فاکتورهای تاج پوشش گونه پده در جنگل‌های خالص طبیعی مارون بهبهان انجام شده است. این اطلاعات می‌تواند در بهبود مدیریت جنگل‌ها، حفظ پایداری زیست‌بوم‌ها و مقابله با چالش‌های محیطی منطقه مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در جنگل‌های رودخانه‌ای مارون واقع در شهرستان بهبهان، استان خوزستان انجام شده است. جنگل مورد بررسی در محدوده طول جغرافیایی (″۳۷ ′۰۹ °۵۰) و (″۲۵ ′۱۰ °۵۰) و عرض جغرافیایی (″۵۳ ′۳۸ °۳۰) و (″۳۸ ′۳۹ °۳۰) با ارتفاع ۲۵۰-۳۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه ۳۵۰/۰۴ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۲۴ درجه سانتی گراد است (Pourrezaei et al., 2010).

روش تحقیق

از روش آماربرداری صد در صد استفاده شد. بدین صورت که ابتدا محدوده ۴/۵ هکتاری از جنگل‌های خالص رودخانه‌ای بخش مارون بهبهان انتخاب و آماربرداری از تمام درختان پده دارای قطر برابر سینه بزرگتر از ۵ سانتی‌متر (Han et al., 2008) صورت گرفت. برای هر درخت، فاکتورهای تاج پوشش که در جدول ۱ آمده است مورد اندازه‌گیری یا محاسبه قرار گرفت. جهت اندازه‌گیری فاکتورهای تاج از شیب‌سنج سونتو و متر نواری استفاده شد.

جدول ۱- فاکتورهای تاج پوشش درختان پده در منطقه مورد مطالعه

تعریف	منبع	فرمول	نام انگلیسی	نام فارسی
فاصله بین نقطه شروع تاج و جوانه انتهایی	Cienciala et al., 2008	قابل اندازه‌گیری	Crown length (cl)	طول یا عمق تاج
فاصله‌ی بین مرکز تنه درخت و چهار جهت اصلی	Pretzsch et al., 2015	قابل اندازه‌گیری	Crown Radius(crns)	شعاع تاج درجهت شمالی-جنوبی
نسبت قطر مقطع تاج به طول تاج	Jimenez Perez et al., 2006	CD/CL	Crown thickness index (cti)	شاخص ضخامت تاج
نسبت طول تاج به ارتفاع کل درخت	Cienciala et al., 2008	$CL/height$	Crown Ratio Percentage (crp)	نسبت تاج
فاصله افقی بین دو لبه خارجی تاج در هر جهت	Jimenez Perez et al., 2006	قابل اندازه‌گیری	Crown Diameter (cd)	پهنای تاج

روش تحلیل داده‌ها

برای تعیین و معرفی مهمترین فاکتورهای تاج پوشش از تحلیل چندمتغیره مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد (Liu et al., 2023). داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزارهای آماری نظیر SPSS نسخه ۲۷ و R نسخه ۴,۴,۱ تحلیل شدند. از آزمون‌های پیش‌شرط KMO و Bartlett برای تحلیل PCA استفاده شد (Kaur et al., 2023). جهت تعیین اینکه آیا تعداد داده‌های ما برای تحلیل PCA مناسب هستند یا خیر از آزمون KMO استفاده شد. مقادیر بزرگتر از ۰/۵ مناسب، مقادیر بین ۰/۵ تا ۰/۷ متوسط، بین ۰/۷ تا ۰/۸ خوب، بین ۰/۸ تا ۰/۹ خیلی خوب و بزرگتر از ۰/۹ عالی تلقی می‌شود (Kaur et al., 2023). به منظور تعیین همبستگی معنی‌دار بین متغیرهای مورد مطالعه از آزمون Bartlett استفاده شد. مقادیر کمتر از ۰/۰۵ نشان‌گر همبستگی معنی‌دار بین متغیرها می‌باشد (Kaur et al., 2023). از آزمون Broken stick جهت شناسایی معنی‌داری مولفه‌های اصلی استفاده شد (Silva et al., 2020).

یافته‌ها

آمار توصیفی

تعداد ۲۳۰۵ درخت در توده خالص شمارش و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. آماره‌های توصیفی فاکتورهای تاج پوشش در جدول۲ آمده است.

جدول۲- آمار توصیفی داده‌های فاکتور تاج پوشش درختان پده

فاکتورهای تاج	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
طول تاج (cl) (متر)	۶/۴۹۲	۳/۱۹۹	۴۹/۲۸
شعاع تاج (crns) (متر)	۲/۲۱۸	۱/۰۰۳	۴۵/۲۲
شاخص ضخامت تاج (cti)	۰/۷۴۴	۰/۳۳۶	۴۵/۰۸
نسبت تاج (crp)	۰/۷۴۴	۰/۰۹۱	۱۲/۱۸
پهنای تاج (cd) (متر)	۴/۲۴۹	۱/۸۲۸	۴۳/۰۱

تحلیل داده‌ها

جهت ارزیابی مناسب بودن داده‌ها برای اجرای تحلیل PCA از آزمون KMO استفاده شد. نتایج این آزمون بیانگر میزان ۰/۸ است که برای انجام تحلیل مولفه‌های اصلی مناسب است. به منظور تعیین وضعیت معنی‌داری همبستگی متغیرها با ماتریس همانی (Identity matrix) از آزمون بارتلت استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که ماتریس همبستگی یک ماتریس همانی نیست بدین معنی که بین متغیرهای مورد بررسی همبستگی معنی‌داری وجود دارد ($\chi^2_{0.05,10} = 10994.5, \quad P < 0.001$).

نتایج تحلیل PCA نشان داد که دو مولفه اصلی مجموعا ۸۹/۳ درصد از تغییرات اصلی داده‌ها را توضیح داد. مولفه اول ۵۳/۸ درصد و مولفه دوم ۳۵/۵ درصد از تغییرات موجود در داده‌ها را نشان دادند. مقدار ویژه محور اول و دوم به همراه مقادیر آماره Broken stick در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- نتایج تحلیل PCA به همراه آماره Broken stick

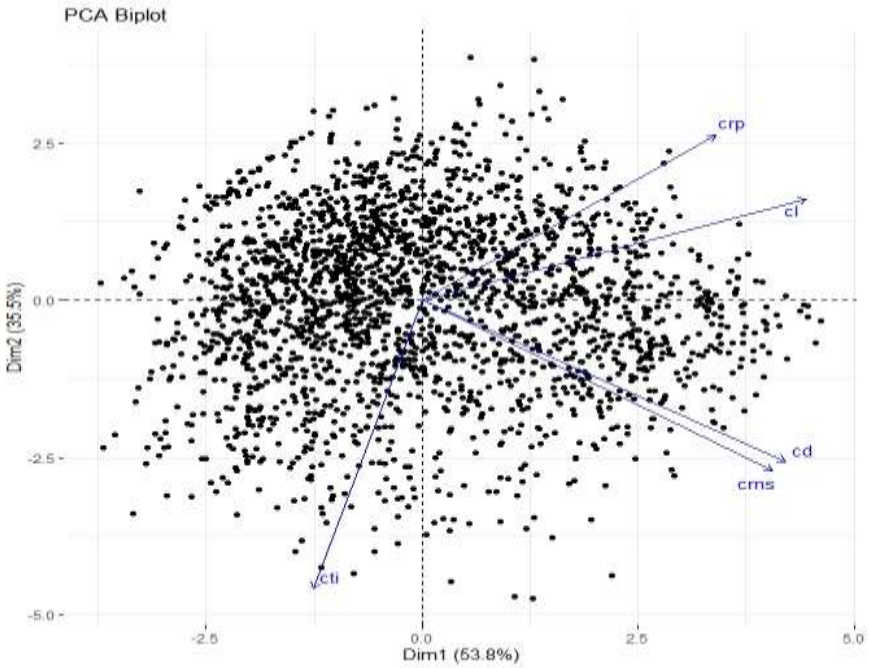
مولفه‌ها	درصد تغییرات	مقدار ویژه	آماره Broken stick
اول	۵۳/۸	۲/۶۹	۰/۲۴۱
دوم	۳۵/۵	۱/۷۸	۰/۲۳۲

با توجه به بزرگتر بودن مقادیر ویژه هر دو مولفه از آماره Broken stick معنی‌داری هر دو مولفه تأیید می‌گردد. همبستگی بین متغیرهای تاج و مولفه‌های PCA در جدول ۴ آمده است. نمودار تحلیل PCA در شکل ۱ ارائه شده است. مؤلفه اول (۵۳/۸٪ واریانس): طول تاج، پهنای تاج، شعاع تاج و نسبت تاج به‌عنوان متغیرهای کلیدی شناسایی شدند. مؤلفه دوم (۳۵/۵٪ واریانس): شاخص ضخامت تاج بیشترین سهم را در این مؤلفه داشتند.

جدول ۴- میزان همبستگی بین مولفه‌های PCA و متغیرهای تاج

فاکتورهای تاج	PCA I	PCA II
طول یا عمق تاج (cl)	۰/۸۹**	۰/۳۲
شعاع تاج (crns)	۰/۰۸۱**	-۰/۵۴
شاخص ضخامت تاج (cti)	-۰/۲۵	-۰/۹۲**
نسبت یا اندازه تاج (crp)	۰/۶۸*	۰/۵۲
قطر مقطع تاج یا پهنای تاج (cd)	۰/۸۴**	-۰/۵۱

*: نشان‌گر معنی‌داری در سطح خطای ۵٪ و **: نشان‌گر معنی‌داری در سطح خطای ۱٪



شکل ۱- نمودار دوپلاتی PCA برای درختان پده در منطقه مارون بهبهان

بحث و نتیجه‌گیری

جنگل‌های رودخانه‌ای به عنوان یکی از حساس‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی، نقش کلیدی در حفاظت از منابع آبی و پایداری محیط‌زیست ایفا می‌کنند. در این میان، تاج درختان نقش اساسی در تنظیم شرایط محیطی این اکوسیستم‌ها دارد. تاج درختان پده (*Populus euphratica*)، به دلیل گستردگی و ساختار ویژه خود، به طور مستقیم و غیرمستقیم به حفاظت از رودخانه‌ها کمک می‌کند (Yu et al., 2021). عملکردهای تاج درختان پده در حفاظت از رودخانه‌ها عبارتند از: کاهش فرسایش خاک: تاج با جذب و کاهش شدت بارندگی از فرسایش خاک حاشیه رودخانه جلوگیری می‌کند و به تثبیت خاک کمک می‌کند (Cerda et al., 2021). فیلتر کردن رسوبات و آلاینده‌ها: تاج درختان به جذب ذرات معلق در هوا و کاهش رسوب‌گذاری در آب‌های رودخانه‌ای کمک می‌کند (Dosskey et al., 2010). زیستگاه‌سازی: تاج درختان به عنوان زیستگاه طبیعی برای پرندگان و حشرات عمل می‌کند و تنوع زیستی را در اکوسیستم رودخانه‌ای تقویت می‌کند (Saklaurs et al., 2022). نتایج تحقیق ما نشان می‌دهد که ویژگی‌هایی مانند طول تاج، پهنای تاج، شعاع تاج و نسبت تاج، مهم‌ترین عوامل موثر در عملکرد اکولوژیکی درختان پده هستند. این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت تاج درختان پده در حفاظت از رودخانه‌ها و ایجاد پایداری در جنگل‌های رودخانه‌ای استان خوزستان است.

مطالعات جدید نشان می‌دهند که طول تاج نقش مهمی در عملکرد فیزیولوژیکی درختان و خدمات اکوسیستمی ایفا می‌کند. تاج بلندتر با افزایش مساحت برگ‌ها و ظرفیت فتوسنتزی، به جذب بهتر نور خورشید و بهبود رشد درخت کمک می‌کند. همچنین، طول تاج با تأثیر بر معماری کلی درخت، بر تعاملات درخت با عوامل محیطی نظیر باد و بارش تأثیرگذار است (Pretzsch et al., 2007). در تحقیقات انجام شده تأکید شده است که پهنای تاج نقش مهمی در رقابت درختان برای

دسترسی به منابع نظیر نور، آب و مواد مغذی ایفا می‌کند. همچنین، ساختار تاج (شامل اندازه و قطر آن) تأثیر زیادی بر بهره‌وری جنگل و پایداری اکوسیستم دارد (Wang et al., 2024).

نسبت تاج یکی از پارامترهای مهم در جنگل‌داری و فیزیولوژی درختان است که به‌عنوان نسبت ارتفاع تاج زنده به کل ارتفاع درخت تعریف می‌شود. این شاخص اهمیت زیادی در ارزیابی سلامت، رشد و پویایی جنگل‌ها دارد. نسبت تاج بزرگ‌تر معمولاً نشان‌دهنده سلامت و توانایی بالاتر درخت برای رقابت بر سر نور و منابع است. درختانی که نسبت تاج زنده بیشتری دارند، معمولاً فتوسنتز بیشتری انجام می‌دهند و رشد بهتری نشان می‌دهند. (Feriansyah et al., 2022).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که فاکتورهای طول تاج، پهنای تاج و نسبت تاج به عنوان مهم‌ترین متغیرهای مرتبط با تاج پوشش درختان پده در جنگل‌های رودخانه‌ای خوزستان معرفی شدند. این فاکتورها نقش کلیدی در رشد، پایداری و عملکرد زیست‌محیطی این گونه دارند. به‌طور خاص، طول تاج نشان‌دهنده وسعت و توانایی درخت در جذب نور خورشید، پهنای تاج بیانگر توانایی درخت در رقابت برای منابع و نسبت تاج شاخصی از سلامت و پویایی درخت است. این یافته‌ها بر اهمیت توجه به این ویژگی‌ها در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی برای حفاظت و احیای این اکوسیستم‌های حساس تأکید دارند.

سپاسگزاری

از تمام افراد و ارگان‌هایی که در تهیه و نگارش این مقاله ما را یاری رساندند قدردانی می‌شود.

منابع

بریهی، ر.، بصیری، ر.، و مزین، م.، (۱۴۰۲). بررسی مدل‌های قطر- ارتفاع گونه پده (*Populus euophratica* Oliv.) در جنگل‌های کران‌رودی شوش، استان خوزستان، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، دوره سی، شماره یکم، ۱۰۶-۸۷.

بصیری، ر.، ریاضی، آ.، طاشی، ح.، و پوررضایی، ج.، (۱۳۹۳). ساختار و ترکیب جنگل‌های رودخانه‌ای حوزه مارون بهبهان، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد بیست و دوم، شماره دوم، ۳۲۱-۳۰۷.

Cerdà, A., Lucas-Borja, M.E., Franch-Pardo, I., Úbeda, X., Novara, A., López-Vicente, M., Popović, Z. and Pulido, M. (2021). The role of plant species on runoff and soil erosion in a Mediterranean shrubland. Science of the Total Environment, Vol. 799. 149218.

Cienciala. E.J., Apltauer, Z., Exnerova, F. and Tatarinov, (2008). Biomass functions applicable to oak trees grown in Central-European forestly, Journal of forest Science, Vol. 54. No. 3. 109-120.

Dosskey, M.G., Vidon, P., Gurwick, N.P., Allan, C.J., Duval, T.P. and Lowrance, R. (2010). The Role of Riparian Vegetation in Protecting and Improving Chemical Water Quality in Streams. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) Vol. 46. No. 2. 261-277.

Feriansyah, A., Safe'i, R., Darmawan, A. and Kaskoyo, H. (2022). Comparison of Crown Health Assessment Using Forest Health Monitoring and Remote Sensing Techniques (Case Study: KTH Lestari Jaya 8, KPHL Kota Agung Utara, Lampung). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1115. No. 1. 012055.

Jimenez-Perez, J., Aguirre-Calderon, O, A. and Kramer, H. (2006). Tree crown structure in mixed coniferous forest in Mexico, Tropentag 2006 University of Bonn, October 11-13.

Kaur, J., Madaan, G., Qazi, S. and Bhalla, P. (2023). An Explorative Factor Analysis of Competency Mapping for IT Professionals. Administrative Sciences, Vol. 13. No. 4. 98.

Liu, Z., Chen, Z., Yu, G., Zhang, W., Zhang, T. and Han, L. (2023). The role of climate, vegetation, and soil factors on carbon fluxes in Chinese drylands. Frontiers in Plant Science, Vol. 14. 1060066.

Pretzsch, H., Grote, R., Reineking, B., Rotzer, T. and Seifert, S. (2007). Models for Forest Ecosystem Management: A European Perspective. Annals of Botany, Vol. 101. No. 8. 1065–1087.

Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., Dahlhausen, J., Rötzer, T., Caldentey, J., Koike, T., Van Con, T., Chavanne, A., Seifert, T., Toit, B.D., Farnden, C. and Pauleit, S. (2015). Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centres, parks, and forests. Urban Forestry and Urban Greening, Vol. 14. No. 3.

Riis, T., Kelly-Quinn, M., Aguiar, F.C., Manolaki, P., Bruno, D., Bejarano, M.D., Clerici, N., Fernandes, M.R., Franco, J.C., Pettit, N., Portela, A.P., Tammeorg, O., Tammeorg, P., Rodríguez-González, P.M. and Dufour, S. (2020). Global Overview of Ecosystem Services Provided by Riparian Vegetation. BioScience, Vol. 70. No. 6. 501–514.

Saklaurs, M., Dubra, S., Liepa, L., Jansone, D. and Jansons, Ā. (2022). Vegetation Affecting Water Quality in Small Streams: Case Study in Hemiboreal Forests, Latvia. Plants, Vol. 11. No. 10. 1316.

Silva, R.B., Oliveira, D.D., Santos, D.P., Santos, L.F.D., Wilson, R.E. and Bedo, M. (2020). Criteria for choosing the number of dimensions in a principal component analysis: An empirical assessment. Anais Do XXXV Simpósio Brasileiro de Banco de Dados (SBBD 2020), 145–150.

Thomas, F.M., Jeschke, M., Zhang, X. and Lang, P. (2016). Stand structure and productivity of *Populus euphratica* along a gradient of groundwater distances at the Tarim River (NW China). Journal of Plant Ecology, rtw078.

Wang, Y. abd Liu, Z., Li, J. and Cao, X. and Lv, Y. (2024). Assessing the Relationship between Tree Growth, Crown Size, and Neighboring Tree Species Diversity in Mixed Coniferous and Broad Forests Using Crown Size Competition Indices. Forests, Vol. 15. No. 4. 633.

Yu, T., Feng, Q., Si, J., Xi, H., Su, Y., Mitchell, P.J. and Pinkard, E.A. (2021). Flooding constrains tree water use of a riparian forest in the lower Heihe River Basin, Northwest China. Science of the Total Environment, Vol. 760. 144069.

Yusup, A., Halik, Ü., Abliz, A., Aishan, T., Keyimu, M. and Wei, J. (2022). Population structure and spatial distribution pattern of *populus euphratica* riparian forest under environmental heterogeneity along the Tarim river, northwest China. Frontiers in Plant Science, Vol. 13. 844819.

The most important factors of *Populus euphratica* Olivier crown in pure natural stands of Maroon, Behbahan, Khuzestan province

R. Basiri[1], M. Keshtkaran[1]* and N. Zarif elhaii[3]

1- Associate Prof., Forestry, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I. R. Iran.
2- M.Sc. student, Forestry, Forest life science, Behbahan Khatam Alanbia University of technology, I.R. Iran.
3- B.Sc. student, Forestry, Forestry, Behbahan Khatam Alanbia University of technology, I.R. Iran.

Abstract

Riparian forests, as sensitive and highly productive ecosystems, play a vital role in maintaining environmental balance and providing ecosystem services. The species *Populus euphratica*, a key tree species in these forests, holds special significance due to its high adaptability to harsh environmental conditions and its critical role in soil stabilization. This study aims to identify the most important crown factors of *Populus euphratica* in pure stands of the Maroon forest in Behbahan, Khuzestan province. To achieve this, data on crown traits including crown length, crown thickness index, crown width, crown radius in north-south direction, and crown ratio were collected through full calipering. The findings revealed that the first and second principal components (PCA) explained 53.8% and 35.5% of the data variation, respectively. The eigenvalues for these two components were 2.69 and 1.78 (with a broken-stick statistic of 0.241 and 0.232, respectively), confirming their significance. Crown length (correlation with the first component: 89%), crown diameter (correlation with the first component: 84%), crown radius (correlation with the first component: 81%) and crown ratio (correlation with the first component: 68%) were identified as the most important structural variables of the crown. The results of this study underscore that analyzing the crown factors of *Populus euphratica* can serve as a crucial tool for assessing the health and sustainability of the Maroon forest in Behbahan. This information is essential for sustainable forest management and addressing environmental challenges, particularly in semi-arid regions.

Keywords: Crown cover, crown structural characteristics, Maroon forest, *Populus euphratica*, riparian forests

*Corresponding author Tel: +989362131471 Email: moslem.keshtkaran1955@gmail.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

محتوای آبی تاج پوشش و سطح برگ در جهات مختلف جغرافیایی

سوران امینی[۱]، نسرین سیدی[۲]*، پرویز فاتحی[۳] و مهتاب پیرباوقار[۴]

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه ارومیه.
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه ارومیه.
۳- استادیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشگاه تهران.
۴- دانشیار گروه جنگلداری و مرکز پژوهش و توسعه جنگلداری زاگرس شمالی دکتر هدایت غضنفری، دانشگاه کردستان.

چکیده

استفاده از شاخص‌های اکولوژیکی جهت بررسی وضعیت اکوسیستم‌ها و نظارت و ارزیابی تغییرات آن‌ها اهمیت زیادی دارد. در این مطالعه به بررسی محتوای آبی تاج پوشش (CWC) و شاخص سطح برگ (LAI) در جهات مختلف جغرافیایی پرداخته شد. تعداد ۱۲۵ قطعه نمونه به شکل مربع با ابعاد ۳۰ متر در ۳۰ در بخشی از جنگل‌های بانه برداشت شد. با بررسی جهت جغرافیایی به‌وسیله قطب‌نما، ۹ جهت برای پلات‌ها مشخص شد. نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های مورد بررسی نشان داد که اثر جهت بر روی شاخص LAI معنی‌دار است. مقدار CWC در جهت‌های شمالی بیشترین و در جهت جنوبی کمترین مقدار است. LAI در جهت‌های شمالی و شمال‌شرقی بیشترین و در جهت جنوبی و جنوب‌غربی کمترین مقدار است. علاوه بر اهمیت اندازه‌گیری شاخص‌های CWC و LAI، همبستگی معنی‌داری بین این شاخص‌ها با عوامل زیستی جنگل مانند میزان فتوسنتز و تنفس، مقدار کربن و نیتروژن برگ و ترکیبات شیمیایی گیاه وجود دارد. پی‌بردن به این همبستگی‌ها، بررسی وضعیت عوامل زیستی را که نیاز به زمان و هزینه بیشتری دارند میسر می‌سازد.

واژگان کلیدی: سطح برگ، فیزیوگرافی، وزن خشک برگ.

مقدمه

در سالیان اخیر، خشکیدگی‌های مختلفی در جنگل‌های زاگرس به‌وقوع پیوسته که در بسیاری از مناطق، منجر به نابودی درختان شده و هر روزه بر وسعت آن افزوده می‌شود (Hamzehpour et al., 2011). خشکیدگی سبب کاهش میزان فتوسنتز در برگ‌ها می‌شود. استفاده از شاخص‌های اکولوژیکی جهت بررسی وضعیت اکوسیستم‌ها در بسیاری از کشورها متداول است. در این راستا، صفات برگ در بررسی عملکرد اکوسیستم عامل مهمی است که با فرآیندهای مهمی مانند افزایش فتوسنتز و کربن یا تجزیه‌پذیری مرتبط هستند (Enrique et al., 2016). در نتیجه استفاده از شاخص‌ها و عوامل مرتبط با خصوصیات برگ گیاهان می‌تواند اطلاعات آماری ارزشمندی را از وضعیت درختان موجود ارائه دهد. شاخص سطح برگ یا LAI (Leaf Area Index) از جمله شاخص‌های اکولوژیکی مهم است که داشتن اطلاعات و آمار به‌هنگام و مداوم از آن می‌تواند آمار حیاتی در مورد توان تولیدی گیاه، ارزیابی وضعیت رویش گیاه و وضعیت سلامتی گیاه را ارائه دهد. LAI مجموع

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۴۴۷۴۵۹۸ ایمیل: n.seyedi@urmia.ac.ir

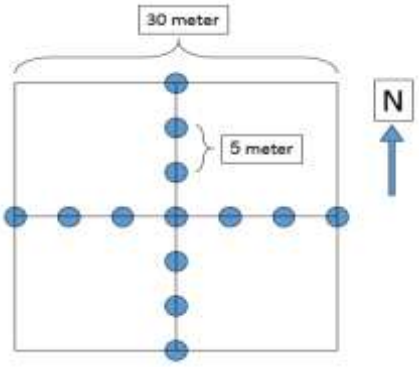
مساحت یک طرف برگ گیاهان در واحد سطح زمین است. شاخص سطح برگ معرف میزان رشد گیاهی است و یک مشخصه بیوفیزیکی مهم در بررسی متقابل میان گیاه و اتمسفر محسوب می‌شود، زیرا فرآیندهایی همچون تعرق، فتوسنتز و تبخیر به شاخص سطح برگ وابسته است. مشخصه مقدار محتوای آبی تاج پوشش یا CWC (Canopy Water Content) در گیاهان می‌تواند اطلاعات حیاتی در مورد توان تولیدی گیاه و همچنین ارزیابی وضعیت رویش و سلامتی گیاه ارائه دهد (Zygielbaum et al., 2009). محتوای آبی گیاهان یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل کننده فتوسنتز، تنفس و زی‌توده است، به‌طوری که این عنصر حیاتی همراه با انرژی جذب شده خورشیدی توسط کلروفیل‌ها، تسهیل کننده واکنش‌های انتقال الکترون در فرآیند فتوسنتز است (Zhang et al., 2018). محتوای آبی در کلیه فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش اساسی دارد و کمبود آن در بافت‌های گیاهی این فرآیندها را با اشکال اساسی روبه‌رو خواهد کرد. از عوامل تاثیرگذار در خصوصیات مختلف گیاهان درون عرصه‌های باز و طبیعی، عوامل فیزیوگرافی مانند ارتفاع از سطح دریا و جهت جغرافیایی است، چرا که پیدایش پوشش گیاهی، حاصل کنش متقابل بین عناصر رویشی و عوامل فیزیکی موجود در محیط است. نتایج مربوط به بررسی ارتباط پستی و بلندی با گسترش زوال بلوط در جنگل ملەسیاه ایلام نشان داد که جهت جغرافیایی بر میزان خشکیدگی درختان دانه‌زاد اثر معنی‌دار داشته است (Hosseinzadeh et al., 2015). مطالعات مختلف انجام شده در مناطق مختلف جهان نشان می‌دهد که صفات گیاهی و همچنین شرایط مختلف آن‌ها به‌طور مستقیم تحت تاثیر عوامل فیزیوگرافی مانند جهت‌های جغرافیایی هستند. بنابراین این مطالعه سعی دارد به بررسی ارتباط بین جهت جغرافیایی با شاخص‌های LMA و CWC بپردازد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، نمونه‌برداری به روش خوشه‌ای در ۳۰۰ هکتار از جنگل‌های بانه انجام شد. تعداد ۲۵ خوشه با ۵ قطعه نمونه و به شکل مربع با ابعاد ۳۰ متر در ۳۰ و به فاصله ۹۰ متر بین قطعه نمونه‌ها پیاده شد (Kalbi et al., 2013). به‌منظور بازیابی مراکز قطعه نمونه‌ها از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) استفاده شد.

از وب‌سایت https://www.asf.alaska.edu/ تصاویر DEM محدوده منطقه مورد مطالعه با اندازه پیکسل ۱۲/۵متر در ۱۲/۵متر دانلود گردید. با بررسی جهت به‌وسیله قطب‌نما، ۹ جهت جغرافیایی برای پلات‌ها مشخص شد.

برآورد شاخص سطح برگ با استفاده از روش عکس‌برداری نیم‌کروی و با استفاده از دوربین مجهز به عدسی چشم ماهی انجام شد. عکس‌برداری در هر پلات به این شیوه بود که یک عکس در مرکز پلات گرفته شد، سپس سه عکس با فواصل ۵ متری در راستای شمال، سه عکس به فواصل ۵ متری در راستای غرب، سه عکس به فواصل ۵ متری در راستای جنوب و سه عکس به فواصل ۵ متری در راستای شرق گرفته شد (شکل ۱). تمامی عکس‌های برداشت شده برای محاسبه مقادیر شاخص سطح برگ پردازش شدند. با توجه به ساختار شاخه‌زاد جنگل‌های مورد بررسی و ارتفاع کم سه‌پایه دوربین در زمان عکس-برداری، قسمتی از زمین درون عکس قرار گرفته بود (Moradi et al., 2021). بنابراین در اولین مرحله سطح زمین ثبت شده داخل هر عکس با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ حذف شد. سپس عکس‌های نیم‌کروی ویرایش شده با استفاده از نرم‌افزار Gap Light Analyzer (GLA) پردازش و مقادیر شاخص سطح برگ برای عکس‌ها محاسبه شد (Miri et al., 2017). شاخص سطح برگ برای هر قطعه نمونه از میانگین شاخص سطح برگ محاسبه شده برای ۱۳ عکس موجود در هر قطعه-نمونه به‌دست آمد.



شکل ۱- نمای گرافیکی موقعیت قرارگیری دوربین چشم ماهی برای برداشت ۱۳ عکس در هر قطعه نمونه

در هر قطعه نمونه با توجه به تنوع گونه‌ای ۱۰ تا ۱۵ درخت انتخاب و ۶ تا ۱۰ برگ از شاخه‌های اصلی درختان منتخب که در بالای تاج پوشش قرار داشتند و رو به آفتاب بودند جمع‌آوری شدند. نمونه‌برداری از برگ‌های شاداب و سالم با سن متوسط انجام شد. وزن برگ‌های تازه (FW) بلافاصله اندازه‌گیری شد و میانگین آن برای پلات محاسبه شد (Mohammed Ali et al., 2020).

پس از محاسبه میانگین وزن برگ تازه به‌عنوان وزن تر (FW)، برگ‌ها را در پاکت‌های زیپ‌دار گذاشته و پس از انتقال به آزمایشگاه در آون هواکش‌دار قرار داده شدن و در دمای بین ۶۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند تا کاملاً خشک شده و به وزن ثابت برسند. سپس نمونه‌ها به‌دقت وزن شدند و وزن خشک (DW) به‌دست آمد. درصد رطوبت نسبی از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

درصد رطوبت نسبی = (FW – DW) / DW × 100

با ضرب مقدار شاخص سطح برگ در درصد رطوبت نسبی محتوای آبی تاج پوشش در سطح قطعه نمونه برآورد شد (Mohammed Ali et al., 2020).

مقادیر شاخص‌های LAI و CWC در هر مترمربع محاسبه شدند. در این پژوهش کل عرصه به ۹ جهت جغرافیایی تقسیم شد. پس از اطمینان از نرمال بودن پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون Kolomogorov-Smirnov، به‌منظور مقایسه پارامترهای شاخص سطح برگ و محتوای آبی تاج پوشش در جهات مختلف از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way-ANOVA) به‌همراه آزمون مقایسه میانگین‌های Duncan در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 انجام گرفت.

یافته‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌داری در جهت‌های مختلف دارد. برای شاخص محتوای آبی تاج پوشش اختلاف معنی‌دار در جهت‌های مختلف مشاهده نشد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر جهت بر صفات مورد بررسی

صفات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	معنی داری
سطح برگ	۷	۰/۸۳۸	۰/۱۲	۳/۸۵	۰/۰۰۱
محتوای آبی تاج پوشش	۷	۴۲۳۲/۲۳۷	۶۰۴/۶۰۵	۱/۴۶	۰/۱۹

جدول ۲ نشان می‌دهد که شاخص‌های LAI و CWC تحت تاثیر جهت‌های جغرافیایی هستند. مقدار LAI و CWC در جهت شمال‌شرقی بیشترین (۱/۱۵ و ۱۰۵/۲۰) و در جهت جنوبی کمترین (۰/۸ و ۷۳/۶۴) مقدار است.

جدول ۲- نتایج میانگین ± اشتباه معیار شاخص‌ها در جهت‌های مختلف

جهت‌های جغرافیایی	سطح برگ (مترمربع)	محتوای آبی تاج پوشش (گرم بر مترمربع)
شمالی	$۱/۱۱^{ab} \pm ۰/۰۲$	$۱۰۲/۶^{ab} \pm ۲/۸۹$
جنوبی	$۰/۸^{c} \pm ۰/۰۰$	$۷۳/۶۴^{b} \pm ۲/۲۲$
شرقی	$۰/۹۵^{abc} \pm ۰/۰۶$	$۹۸/۱۸^{ab} \pm ۵/۰۱$
غربی	$۱/۰۵^{abc} \pm ۰/۰۸$	$۸۸/۸۱^{ab} \pm ۹/۸۸$
شمال‌شرقی	$۱/۱۵^{a} \pm ۰/۰۳$	$۱۰۵/۲^{a} \pm ۵/۹۲$
شمال‌غربی	$۱/۱۳^{ab} \pm ۰/۳$	$۱۰۳/۶۶^{ab} \pm ۵/۷۵$
جنوبی‌شرقی	$۱/۰۵^{b} \pm ۰/۰۱$	$۹۰/۰۹^{ab} \pm ۴/۴۴$
جنوب‌غربی	$۰/۸۷^{bc} \pm ۰/۱۲$	$۸۸/۷۶^{ab} \pm ۹/۵$
مسطح	$۱/۰۷^{ab} \pm ۰/۰۰$	$۹۸/۵^{ab} \pm ۰/۲۲$

حروف غیرمشترک در هر ستون، نشانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند (آزمون دانکن)

بحث و نتیجه‌گیری

پراکنش گسترده بلوط‌ها می‌تواند نشان‌دهنده تغییرپذیری زیاد ویژگی‌های فیزیولوژیک آنها تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی باشد. خصوصیات فیزیولوژیکی برگ درختان عاملی تعیین کننده در بسیاری از فرآیندهای زیستی جنگل مانند تبادلات گازی، عبور نور از تاج پوشش، تبخیر و تعرق، فتوسنتز، چرخه کربن و نیتروژن است. جهت‌های جغرافیایی بر روی شاخص-های فیزیولوژیک موثر هستند و باید تاثیر آن‌ها مورد بررسی قرار بگیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که جهت‌های جغرافیایی تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی LAI دارد، در حالی‌که جهت جغرافیایی تاثیر ضعیفی بر روی شاخص CWC نشان داد. مقدار LAI در جهت‌های شمالی و شمال‌شرقی بیشترین و در جهت جنوبی و جنوب‌غربی کمترین مقدار است. مقدار CWC در جهت‌های شمالی بیشترین و در جهت جنوبی کمترین مقدار است. جنگل‌های زاگرس جز جنگل‌های نیمه‌خشک محسوب می‌شوند و رطوبت عاملی مهم و تاثیرگذار در این جنگل‌ها است. با توجه به تابش کمتر

آفتاب و مناسب بودن شرایط رطوبت در جهت‌های شمالی، شرایط رشد برای درختان در این جهت‌ها مناسب‌تر بوده و شاخص LAI عدد بیشتری است. همچنین مناسب بودن رطوبت سبب بیشتر شدن شاخص CWC در جهت‌های شمالی می‌شود. Fallah Chai et al. (2010) در مطالعه‌ای بیان کردند که سطح ویژه برگ در جهت‌های شمالی و جنوبی با یکدیگر اختلاف داشته که شاید از عوامل موثر در این تفاوت وضعیت اکولوژیک ناهمسان در این دو جهت باشد. با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه، گونه غالب در پلات‌ها بلوط ویول بود، امکان بررسی تفاوت میان گونه‌های مختلف بلوط بر روی شاخص‌ها وجود نداشت.

از بین ویژگی‌های خاک، نیتروژن قابل جذب ارتباط معنی‌داری با LAI دارد و با افزایش این عنصر میزان شاخص سطح برگ زیاد می‌شود (Afas et al., 2005; Babaei Kafaki et al., 2009). با توجه به ارتباط معنی‌دار مثبت بین LAI و میزان نیتروژن خاک، می‌توان با اندازه‌گیری LAI به‌وسیله دوربین چشم ماهی به‌طور تقریبی وضعیت نیتروژن خاک را که عاملی مهم و هزینه‌بردار است تخمین زد. بررسی عوامل زیستی پراهمیت جنگل مانند میزان فتوسنتز، تنفس، تعرق، تبخیر، مقدار کربن و نیتروژن خاک و برگ، ترکیبات شیمیایی برگ، مقاومت به حشرات، توان تولیدی گیاه، ارزیابی وضعیت رویش‌گیاه و وضعیت سلامتی گیاه هزینه‌بردار، زمان‌بر و گاهاً ناممکن است. ارتباط معنی‌داری بین این عوامل با شاخص‌های LAI و CWC وجود دارد، در نتیجه با اندازه‌گیری این شاخص‌ها امکان بررسی وضعیت جنگل از نظر عوامل زیستی ذکر شده در زمان کم و با هزینه کم وجود دارد.

منابع

Afas, N.; Pellis, A. and Niinemets, U., (2005). Growth and production of a short rotation coppice culture of poplar. II. Clonal and year-to-year differences in leaf and petiole characteristic and stand leaf area index. Journal of Biomass and bioenergy, 28: 536- 547.

Babaei Kafaki, S., Khademi, A. and Mataji, A., (2009). Relationship between leaf area index and phisiographical and edaphical condition in a *Quercus macranthera* stand (Case study: Andebil's forest, Khalkhal). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17 (2): 156-170

Enrique, G., Riva, D. L., Olmo, M., Poorter, H. Ubera, J. L. and Villar, R., (2016). Leaf Mass per Area (LMA) and Its Relationship with Leaf Structure and Anatomy in 34 Mediterranean Woody Species along a Water Availability Gradient, PLOS ONE, 11: 1-18

Fallah Chai, M. M. and Yousefi, M. (2010). Determining the specific leaf area and the amount of trace elements (nitrogen, phosphorus, calcium, potassium) in the leaf *Pistacia* species (Case study in Yasuj forests). Quarterly Journal of Natural Resources Science and Technology, 5 (3): 87-95.

Hamzehpour, M., Kia Daliri, H. and Bordbar, K. (2011). Preliminary Study of Manna Oak (*Quercus Brantii* Lindl.) Tree Decline in Dashte-Barm of Kazeroon, Fars Province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19 (2): 352-364.

Hosseinzadeh, J. and Pourhashemi, M. (2015). An Investigation on the Relationship between Crown Indices and the Severity of Oak Forests Decline in Ilam. Iranian Journal of forest, 7 (1): 57- 66.

Kalbi, S., Fallah, A., Shataee, SH. and Oladi, D. J. (2013). Estimation of Forest Structural Attributes Using ASTER Data. Iranian Journal of Natural Resources, 65 (4): 461-474.

Miri, N., Darvishsefat, A. A., Zargham, N. and Shakeri, Z. (2017). Estimation of leaf area index in Zagros forests using Landsat 8 data. Iranian Journal of Forest, 9 (1): 29-42.

Mohammed Ali, A., Darvishzadeh, R., Skidmore, A., Heurich, M., Paganini, M., Heiden, U. and Mücher, S. (2020). Evaluating Prediction Models for Mapping Canopy Chlorophyll Content across Biomes. Remote Sens, 12: 1788-1800.

Moradi, G., Pir Bavaghar, M., Shakeri, Z. and Fatehi, P. (2021). Leaf area index estimation in the northern Zagros forests using remote sensing (Case study: a part of Baneh forests). Journal of Forest Research and Development, 6 (4): 120-133.

Zhang, Z., Tang, B. and Li, Zh. (2018). Retrieval of leaf water content from remotely sensed data using a vegetation index model constructed with shortwave infrared reflectance. International Journal of Remote Sensing, 40 (1): 1-11.

Zygielbaum, A.I., Gitelson, A.A., Arkebauer, T.J. and Rundquist, D.C. (2009). Non-destructive detection of water stress and estimation of relative water content in maize. Journal of Geophysical Research, 36: 78-92.

Canopy water content and leaf area in different geographical directions

S. Amini[1], N. Seyedi[*2], P. Fatehi[3] and M. Pir Bavaghar[4]

1- Ph.D. of Forestry, Urmia University.
2- Associate Prof., Department of Forest science and engineering, Urmia University.
3- Assistant Prof., Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran.
4- Associate Prof., Department of Forestry, Center for Research and Development of Northern Zagros Forest of Dr. Hedayat Ghazanfari, University of Kurdistan.

Abstract

The use of ecological indicators is of great importance for examining the status of ecosystems and monitoring and evaluating their changes. In this study, canopy water content (CWC) and leaf area index (LAI) were examined in different directions. A total of 125 square-shaped sample plots with dimensions of 30 m x 30 m were taken in a part of Baneh forests. By examining the geographical direction using a compass, 9 directions were identified for each plot. The results of the analysis of variance of the studied indicators showed that the effect of direction on the LAI index is significant. The CWC value is highest in the northern directions and lowest in the southern direction. LAI is highest in the northern and northeastern directions and lowest in the southern and southwestern directions. In addition to the importance of measuring the CWC and LAI indices, there is a significant correlation between these indices and forest biological factors such as photosynthesis and respiration rates, leaf carbon and nitrogen content, and plant chemical compounds. Understanding these correlations allows for the examination of biological factors that require more time and expense.

Keywords: leaf area, leaf dry weight, physiography.

*Corresponding author Tel: +98 9144474598 Email: n.seyedi@urmia.ac.ir

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مرتبط با خشکی در نهال‌های گردو

آیدا طاهری[۱]، نسرین سیدی[۲]*، بابک عبدالهی[۳]، قادر میرزاقادری[۴]، سولماز نجفی[۵] و کوروش وحدتی[۶]

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه ارومیه.
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه ارومیه.
۳- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه ارومیه.
۴- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کردستان.
۵- استادیار گروه محصولات زراعی، دانشگاه یوزونجو یل، وان ترکیه.
۶- استاد گروه علوم باغبانی، دانشگاه تهران.

چکیده

عملکرد گونه‌های گردو، به‌ویژه *Juglans regia* L. در سال مرطوب افزایش و در سال خشک کاهش می‌یابد. تنش خشکی به‌عنوان مهمترین تنش غیرزیستی نقش مهمی در کاهش تولیدات گیاهی در جهان دارد. از این‌رو توجه به شاخص‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک به منظور افزایش مقاومت به خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش به‌منظور شناسایی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مرتبط با خشکی در گردوی ایرانی، از ۶۵ نهال گردو استفاده شد. سطح تنش آبی ۵۰٪ برای پژوهش پیش‌رو انتخاب و به‌مدت یک ماه اعمال شد. پارامترهای مورفولوژی شامل ارتفاع نهال‌ها، قطر یقه نهال، وزن تر و خشک برگ‌ها، سطح، وزن ویژه برگ و تراکم روزنه‌ها و پارامترهای فیزیولوژی شامل نشت الکترولیت، رنگیزه‌های گیاهی و پرولین اندازه‌گیری شد. آماره‌های توصیفی و همبستگی بین صفات تحت شرایط تنش خشکی جهت تعیین موثرترین پارامترهای مورفولوژی و فیزیولوژی موثر در گروه‌بندی گردو در شرایط تنش خشکی محاسبه شد. براساس نتایج همبستگی، ارتباط مثبت و معنی‌داری بین صفت تراکم روزنه به‌عنوان صفتی که اندازه‌گیری آن راحت‌تر بوده و از نظر زمان و هزینه نیز مقرون به صرفه‌تر است با کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل وجود داشت و همچنین ارتباط منفی و معنی‌داری نیز بین صفات وزن تر برگ، وزن خشک برگ و سطح برگ به‌عنوان صفات ساده‌تر با درصد نشت الکترولیت مشاهده شد.

واژگان کلیدی: پرولین، رنگیزه‌های فتوسنتزی، نشت الکترولیت.

مقدمه

هر عاملی که مراحل متابولیک طبیعی یک گیاه را متوقف و یا محدود کند تنش محسوب می‌شود. واکنش‌های ریخت-شناختی (مورفولوژیک)، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان نسبت به کمبود آب به عوامل متعدد از جمله شدت تنش، طول دوره تنش و نیز مرحله رشد گیاه بستگی دارد. تنش خشکی تقریباً تمامی جنبه‌های رشد گیاه و بیشتر فرآیندهای

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۴۴۷۴۵۹۸ ایمیل: n.seyedi@urmia.ac.ir

فیزیولوژیک آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تحت تأثیر تنش خشکی غشای سلولی پایداری خود را از دست داده، نفوذپذیری آن افزایش یافته و در صورت قرار گرفتن برگ در یک محیط آبی مواد محلول از سلول‌های آن تراوش می‌یابد. به این صورت می‌توان شدت ناپایداری را از طریق افزایش شاخص نشت الکترولیت مورد مطالعه قرار داد (Blokhin et al., 2003). تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش به‌واسطه سنتز پرولین و غیرفعال شدن تخریب آن است. افزایش محتوای پرولین در شرایط تنش سبب محافظت غشای سلولی، آنزیم‌های سیتوپلاسمی و مهار گونه‌های فعال اکسیژن و حذف رادیکال‌های آزاد می‌گردد (Liang et al., 2013). بنابراین از جمله پاسخ‌های گیاهان در برابر این تنش، افزایش سطح پرولین است. گردو به‌صورت طبیعی در جنگل‌های زاگرس وجود دارد و بیشتر در نواحی خشک و نیمه‌خشک کشور کشت می‌شود. متوسط بارندگی در کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است و این مقدار یک سوم متوسط بارندگی در جهان است. بنابراین نیاز است تفاوت‌های موجود در پایه‌های گونه‌های مهم از نظر بردباری به تنش خشکی بررسی گردد. از این‌رو هدف از این مطالعه شناسایی صفات مرتبط با تحمل به تنش خشکی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در گردو است.

مواد و روش‌ها

جهت تعیین سطح تنش خشکی که خصوصیات فیزیولوژیک نهال‌های گردو را به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دهد، از پژوهش سیدی و همکاران (۱۳۹۵) استفاده شد. ایشان با بررسی تاثیر تنش خشکی در سه سطح ۷۵٪، ۵۰٪ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی، بر میزان فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و غلظت CO_2 اتاقک زیر روزنه نهال‌های گردو گزارش کردند که بیشترین اختلاف پارامترهای اندازه‌گیری شده مربوط به تیمارهای ۵۰٪ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی با تیمار شاهد بود. بنابراین با توجه به این‌که سطح تنش ۲۵٪ سبب نابودی تمامی نهال‌ها گردیده بود، سطح تنش ۵۰٪ برای پژوهش پیش‌رو انتخاب و به‌مدت یک ماه اعمال شد. پارامترهای مورفولوژی و فیزیولوژی در ۶۵ پایه از نهال‌ها پس از اعمال تنش خشکی اندازه‌گیری شدند. پارامترهای مورفولوژی شامل ارتفاع نهال‌ها، قطر یقه نهال، وزن تر و خشک برگ‌ها، سطح، وزن ویژه برگ و تراکم روزنه‌ها و پارامترهای فیزیولوژی شامل نشت الکترولیت (Cuo and Huang, 2005)، رنگیزه‌های گیاهی (Lichtenthaler and Wellburn, 1985) و پرولین (Bates et al., 1973) بود. آماره‌های توصیفی و همبستگی بین صفات تحت شرایط تنش خشکی با استفاده از نرم‌افزار SPSS 26 محاسبه شد. به منظور تعیین موثرترین پارامترهای مورفولوژی و فیزیولوژی موثر در گروه‌بندی گردو در شرایط تنش خشکی نیز از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) بهره‌گیری شد.

یافته‌ها

بیشترین درصد ضریب تغییرات مربوط به تعداد برگ سبز (۵۷٪) و کمترین ضریب تغییرات مربوط به پرولین (۱۵/۵٪) بود. زیاد بودن ضریب تغییرات برای بیشتر صفات، تنوع قابل ملاحظه بین ژنوتیپ‌ها را نشان داد. بیشترین همبستگی مثبت معنی‌دار بین وزن تر برگ با وزن خشک برگ و سطح برگ (به‌ترتیب ۰/۹۳۸ و ۰/۸۷۴) و وزن خشک برگ با سطح برگ (۰/۹۰۲) و بین صفات مربوط به کلروفیل a با کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل (به‌ترتیب ۰/۸۶۷، ۰/۷۲۹ و ۰/۹۹۰) و کلروفیل b با کاروتنوئید و کلروفیل کل (به‌ترتیب ۰/۸۴۶ و ۰/۹۲۹) و همچنین صفت کاروتنوئید با کلروفیل کل (۰/۷۸۳) در سطح یک درصد وجود داشت. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که مولفه اول ۳۳/۰۱ درصد و مولفه دوم ۲۲/۴۳ درصد از تغییرات را به خود اختصاص دادند. بنابراین در مجموع، ۵۵/۴۴ درصد از تغییرات ناشی از متغیرهای تشکیل دهنده در مولفه‌های اول و دوم بود (جدول ۱).

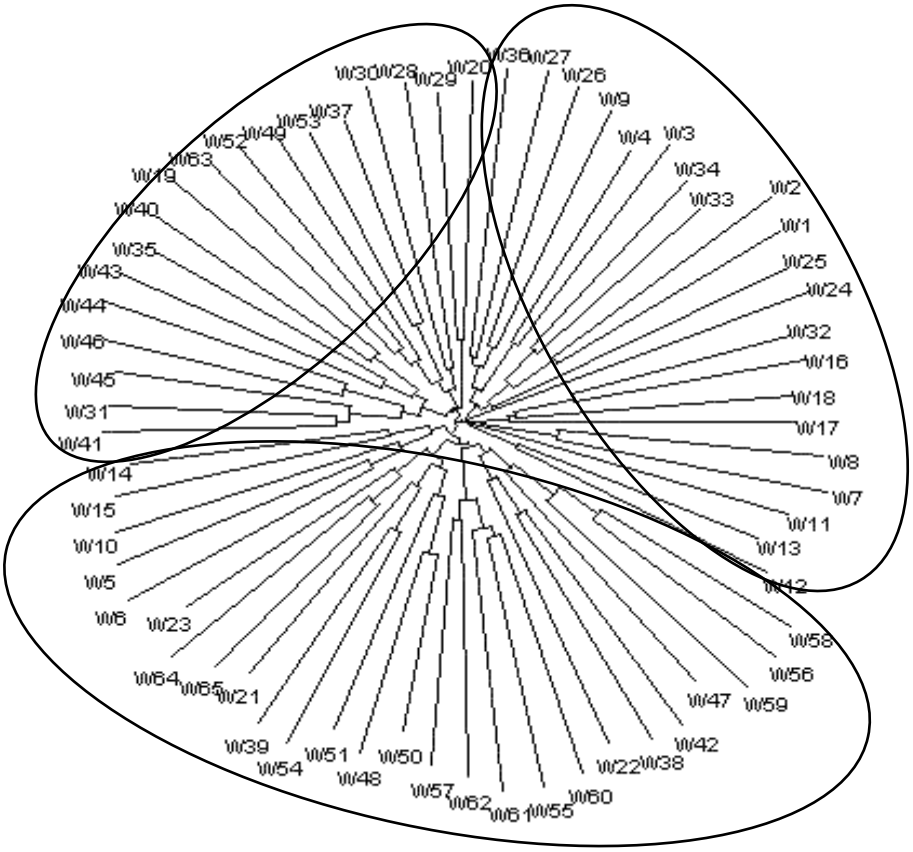
جدول ۱- میزان واریانس مربوط به مولفه‌های حاصل از بررسی صفات موفولوژی و فیزیولوژی در شرایط تنش خشکی

مولفه	میزان وزن	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۴/۶۲۱	۳۳/۰۱	۳۳/۰۱
۲	۳/۱۴۰	۲۲/۴۳	۵۵/۴۴
۳	۱/۷۲۹	۱۲/۳۵	۶۷/۷۹
۴	۱/۲۹۸	۹/۲۷	۷۷/۰۶

در مولفه اول بیشترین سهم مربوط به کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل (به‌ترتیب ۰/۸۱۳، ۰/۸۲۹ و ۰/۷۴۳) و در مولفه دوم نیز بیشترین سهم مربوط به وزن تر برگ و وزن خشک برگ (به‌ترتیب ۰/۷۳۳ و ۰/۷۶۳) بود.

شناسایی نشانگرهای پیوسته با پارامترهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک در شرایط تنش خشکی

با بررسی ساختار جمعیت به روش Neighbour-Joining با استفاده از نرم‌افزار Tassel 3.0، ۶۵ نهال گردوی تحت تنش خشکی در ۳ گروه عمده قرار گرفتند (شکل ۱). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها، پایه‌هایی که به‌طور متوسط بیشترین میزان تعداد برگ سبز، قطر یقه، وزن ویژه برگ، تراکم روزنه، نشت الکترولیت، پرولین، کلروفیل b و کاروتنوئید و کمترین میانگین مربوط به ارتفاع، وزن تر برگ، وزن خشک برگ و سطح برگ را نشان دادند در یک گروه جای گرفتند. در گروه دوم پایه‌هایی با بیشترین میزان وزن تر برگ و کمترین میزان ارتفاع، تراکم روزنه، پرولین، کلروفیل a، کاروتنوئید و کلروفیل کل قرار گرفتند و در گروه سوم پایه‌هایی که به‌طور متوسط بیشترین میزان ارتفاع، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، سطح برگ، پرولین، کلروفیل a و کلروفیل کل و کمترین میانگین مربوط به تعداد برگ سبز، قطر یقه، وزن ویژه برگ، نشت الکترولیت و کلروفیل b را به خود اختصاص دادند، مشاهده شدند.



شکل ۱- ساختار ۶۵ نهال گردو به روش Neighbour-Joining با استفاده از نرم‌افزار Tassel 3.0 براساس ۲۰ مکان SSR

بحث و نتیجه‌گیری

تنش کم‌آبی موجب تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاهش مقدار کلروفیل برگ و تخریب تشکیلات فتوسنتزی می‌گردد. مشخص شده است که کلروفیل و پرولین از پیش ماده مشترک (گلوتامات) ساخته می‌شوند. در شرایط تنش، گلوتامات که پیش‌ساز سنتز کلروفیل و پرولین است، به سمت تولید پرولین پیش می‌رود. در این شرایط میزان پرولین برگ افزایش پیدا می‌کند و شاید یکی از دلایل کاهش میزان کلروفیل افزایش سنتز پرولین باشد. در پژوهش پیش‌رو نیز کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل همگی همبستگی منفی‌ای با پرولین را نشان دادند. طبق نتایج پژوهش پیش‌رو همبستگی‌های مثبت و منفی معنی‌داری بین صفات مختلف مشاهده شد. در این بین همبستگی‌های قابل‌توجهی بین صفات مورفولوژی به‌عنوان صفاتی با قابلیت اندازه‌گیری راحت‌تر و صفات فیزیولوژی مشاهده شد که می‌توان به همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تراکم روزنه با صفت‌های نشت الکترولیت (۰/۳۸۹)، کلروفیل a (۰/۳۶۵)، کلروفیل b (۰/۴۷۰)، کاروتنوئید (۰/۴۵۵) و کلروفیل کل (۰/۴۰۵) در سطح یک درصد، به این معنی که با افزایش تراکم روزنه هر یک از صفات یاد شده نیز افزایش یافته‌اند، اشاره کرد. افزایش نشت الکترولیت نشان از مقاومت کم گیاه دارد، ولی چون تعداد همبستگی با صفاتی که افزایش آن‌ها حاکی از مقاومت گیاه به تنش خشکی است بیشتر است می‌توان به این نتیجه رسید که افزایش تراکم روزنه در گیاهان

می‌تواند به‌عنوان یک شاخص در معرفی گیاهان مقاوم به خشکی مدنظر قرار گیرد. از دیگر همبستگی‌های مهم مشاهده شده در این پژوهش همبستگی منفی معنی‌دار در سطح یک درصد بین وزن تر برگ، وزن خشک برگ و سطح برگ با نشت الکترولیت (به‌ترتیب ۰/۶۰۸-، ۰/۶۱۱- و ۰/۶۴۳-) است. این همبستگی منفی نشان‌دهنده این است که با افزایش هر یک از صفات یاد شده میزان نشت الکترولیت در گیاه کاهش می‌یابد که این اتفاق نیز نشان‌دهنده کاهش تخریب غشای سلولی است. در نتیجه گیاهانی که از وزن تر برگ، وزن خشک برگ و سطح برگ بیشتری برخوردارند مقاومت به خشکی در آن‌ها نیز بیشتر است. نشت الکترولیت، رنگدانه‌های برگ و میزان پرولین مورد بررسی در پژوهش پیش‌رو از جمله صفات فیزیولوژیکی مهمی هستند که تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. افزایش نشت الکترولیت در گیاهان نشانه تخریب سلولی و مقاومت کم گیاه است. همچنین می‌توان از این صفات مورفولوژی به‌عنوان یک شاخص سریع، آسان و کم‌هزینه به منظور تشخیص ژنوتیپ‌های مقاوم استفاده کرد. پارامتر درصد ضریب تغییرات یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین شاخص‌های برآورد تنوع در جمعیت‌ها است. چون این معیار تحت تاثیر واحد اندازه‌گیری صفت یا دامنه تغییرات آن قرار نمی‌گیرد، بنابراین نسبت به دیگر معیارهای تنوع از اهمیت بیشتری برخوردار است. زیاد بودن ضریب تغییرات برای بیشتر صفات نشان‌دهنده وجود تنوع قابل ملاحظه بین ژنوتیپ‌هاست. در پژوهش پیش‌رو، بیشتر صفات درصد ضریب تغییرات کمتر از ۵۰٪ داشتند. در مواقع ضروری و نبود امکانات و تجهیزات و زمان کافی برای بررسی دقیق‌تر می‌توان از تراکم روزنه به‌عنوان یک شاخص سریع و در دسترس برای رسیدن به گیاهی مقاوم به خشکی با میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بیشتر با عملکرد فتوسنتز بهتر استفاده کرد. با استفاده از این همبستگی‌ها و ارتباط بین مکان‌های ژنی با این صفات، می‌توان با بررسی صفاتی که قابلیت اندازه‌گیری راحت‌تری دارند، ژنوتیپ‌های مقاوم را انتخاب کرد. در تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز مشخص شد که کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل سهم زیادی از تاثیرات در مولفه اول (به‌ترتیب ۰/۸۱۳، ۰/۸۲۹ و ۰/۷۴۳) را به خود اختصاص داده‌اند. به این معنی که این صفات جزء مهم‌ترین و تاثیرگذارترین صفات در گیاهان تحت تنش خشکی مورد مطالعه هستند. در نتیجه دستیابی به روشی راحت‌تر برای پی بردن به حضور و فعالیت مثبت این صفات در گیاهان تحت تنش حائز اهمیت است. Zhang et al. (2010) ارتباط معنی‌داری را بین بسیاری از پروتئین‌های مرتبط با فتوسنتز در شرایط تنش خشکی گزارش کردند.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج همبستگی، ارتباط مثبت و معنی‌داری بین صفت تراکم روزنه به‌عنوان صفتی که اندازه‌گیری آن راحت‌تر بوده و از نظر زمان و هزینه نیز مقرون به صرفه‌تر است با کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل وجود داشت و همچنین ارتباط منفی و معنی‌داری نیز بین صفات وزن تر برگ، وزن خشک برگ و سطح برگ به‌عنوان صفات ساده‌تر با درصد نشت الکترولیت مشاهده شد.

منابع

سیدی، ن.، علیجانپور، ا.، بانج شفیعی، ع.، بیگی حیدرلو، ه.، (۱۳۹۵). تاثیر تنش خشکی بر خصوصیات فتوسنتزی دانهال‌های گردو (*Juglans regia* L.)، جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران. ۶۹ (۳): ۵۱۱-۵۲۳.

Bates, l.S., Waldern, R.P., and Teare, I.D., (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Blokhin, O., Virolainen, E., and Fagerstedt, K., (2003). Antioxidant oxidative damage and oxygen deprivation stress. Annual Review of Plant Biology, 91: 179-194.

Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S.K., and Becker, D.F., (2013). Proline Mechanisms of Stress Survival. Antioxid Redox Signal, 20; 19 (9): 998–1011.

Lichtenthaler, H.K., and Wellburn, A.R., (1985). Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents. Biochemical Society Transactions, 11: 591-592.

Zhang, S., Chen, F., Peng, S., Ma, W., Korpelainen, H., and Li, C., (2010). Comparative physiological, ultrastructural and proteomic analyses reveal sexual differences in the responses of *Populus cathayana* under drought stress. Proteomics, 10, 2661–2677.

Physiological and morphological traits related to drought in walnut seedlings

A. Taheri[1], N. Seyedi[*2], B. Abdollahi[3], Gh. Mirzaghaderi[4], S. Najafi[5] and K. Vahdati[6]

1- Ph.D. Graduated in Forestry, Urmia University.
2- Associate Prof., Department of Forest science and engineering, Urmia University.
3- Prof., Department of Plant Production Genetics, Urmia University.
4- Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Kurdistan University.
5- Assistant Prof., Department of Field Crops, Van, Yuzuncu Yil University, Turkey.
6- Prof., Department of Horticulture, Tehran University.

Abstract

The yield of walnut species, especially *Juglans regia* L., increases in wet years and decreases in dry years. Drought stress, as the most important abiotic stress, plays an important role in reducing plant production in the world. Therefore, paying attention to physiological and morphological indicators to increase drought resistance is of particular importance. In this study, 65 walnut seedlings were used to identify physiological and morphological traits related to drought in Iranian walnut. A water stress level of 50% was selected for the present study and applied for one month. Morphological parameters including seedling height, seedling collar diameter, fresh and dry weight of leaves, area, specific weight of leaves and stomatal density were measured, and physiological parameters including electrolyte leakage, plant pigments and proline were measured. Descriptive statistics and correlations between traits under drought stress conditions were calculated to determine the most effective morphological and physiological parameters effective in grouping walnuts under drought stress conditions. Based on the correlation results, there was a positive and significant relationship between the stomatal density trait, which is easier to measure and more cost-effective in terms of time and cost, with chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, and total chlorophyll. Also, a negative and significant relationship was observed between the leaf fresh weight, leaf dry weight, and leaf area traits, which are simpler traits, with the percentage of electrolyte leakage.

Keywords: electrolyte leakage, photosynthesis pigments, proline.

*Corresponding author Tel: +98 9144474598 Email: n.seyedi@urmia.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

آشکارسازی تغییرات جنگل شهرستان جوانرود با استفاده از تصاویر ماهواره لندست

زینب عزیزی[۱*] و هرمز سهرابی[۲]

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه گیلان.
۲- دانشیار، علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه تربیت مدرس.

چکیده

تغییرات بی‌سابقه پوشش جنگلی در نتیجه فعالیت‌های طبیعی و انسانی منجر به تأثیرات نامطلوبی بر اکوسیستم‌ها شده است. پایش به هنگام و دقیق این تغییرات برای مدیریت و مقابله با چالش‌های و بحران‌های تهدید کننده این جنگل‌ها امری ضروری است. در این تحقیق طبقه‌بندی محدوده شهرستان جوانرود در دو بازۀ زمانی سال ۲۰۰۹ و ۲۰۲۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان در ۶ کلاس (کشاورزی، جنگل، زمین بایر، مسکونی، آبی و باغ) انجام شد. کاپای به دست آمده برای سال ۲۰۰۹ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۸۷ بود. نتایج نشان داد که مساحت جنگل و پهنه آبی به ترتیب ۲۸۲۸۳/۱۳ و ۱۹۶۱/۷۳ هکتار کاهش داشته‌اند و مساحت‌های کشاورزی، مسکونی، زمین بایر و باغ به ترتیب ۱۹۰۸۸/۳۷، ۹۷۶۶/۸، ۱۰۳۹/۷۷ و ۳۹/۴۲ هکتار افزایش داشتند.

واژگان کلیدی: آشکارسازی تغییرات، کاربری/پوشش زمین، طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان، لندست.

مقدمه

کاربری زمین و پوشش زمین (LULC) متغیری کلیدی است که به‌طورکلی ارتباط نزدیکی با فعالیت‌های انسانی و محیط را نشان می‌دهد (Elatawneh et al., 2014). ازآنجایی‌که زیستگاه‌های طبیعی و نیمه‌طبیعی به دلیل فعالیت‌های مختلف انسانی به طور مداوم در معرض فشار قرار دارند، حفاظت و استفاده پایدار از زمین در اولویت قرار گرفته است (Chatziantoniou et al., 2017). کمی‌سازی الگوهای زمانی و مکانی تغییر LULC و پیامدهای مربوط به آن نیز امروزه به‌عنوان یک موضوع بسیار مهم در علوم مرتبط با تغییر زمین شناخته شده است (Dawson et al., 2020). فناوری‌های اطلاعات جغرافیایی، عمدتاً مشاهده زمین (EO) و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، امروزه رویکردهایی برای تجزیه‌وتحلیل، طراحی و مدل‌سازی LULC را ارائه می‌کنند. از جمله مزایای کلیدی مشاهده زمین (EO) در مقایسه با بررسی‌های میدانی رایج، ارائه تصاویر به‌موقع و اغلب ارزان قیمت با وضوح مکانی مناسب، با هزینه کم یا بدون هزینه در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی است. با نگاهی به تحقیق‌های انجام شده، می‌توان مشاهده کرد که بسیاری از مطالعات در طول زمان از داده‌های ماهواره‌ای و به‌ویژه تصاویر ماهواره‌ای لندست برای شناسایی و ثبت LULC استفاده کرده‌اند (Markogianni et al., 2013; Zhu, 2014).

تصاویر سری ماهواره‌های لندست یکی از مهم‌ترین منابع داده برای مطالعه انواع مختلف تغییر پوشش زمین، مانند جنگل‌زدایی، گسترش و تشدید کشاورزی، رشد شهری و از بین رفتن تالاب‌ها هستند (Zhu, 2014). طبقه‌بندی پوشش

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۸۴۶۹۰۰۶۷ ایمیل: azizi.zeinab91@gmail.com

زمین یکی از موضوعات مورد مطالعه در سنجش‌ازدور است و شکل‌های پوشش زمین مبنای بسیاری از کاربردها مانند مدل‌سازی میزان کربن، مدیریت جنگل‌ها را فراهم می‌کند (Jung et al., 2006; Rogan et al., 2010).

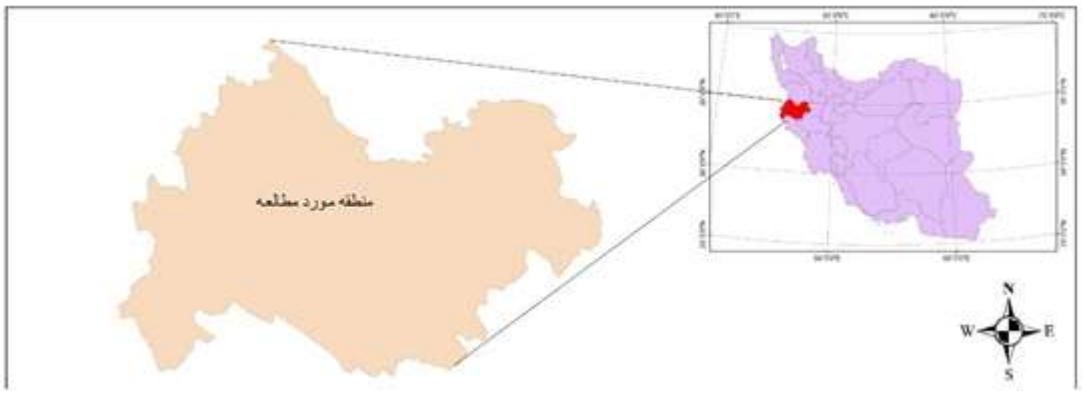
Abd El-Kawy et al. (2011) به شناسایی و شکل‌برداری LULC در پنج طبقه پرداختند. مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر نشان داد که تغییر عمده شامل تغییر زمین بایر به زمین کشاورزی است. Fragou et al. (2020) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و تهیه شکل کاربری/پوشش گیاهی به بررسی تغییرات مکانی- زمانی پوشش گیاهی در ۹ طبقه در سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج طبقه‌بندی نشان داد که وسعت کل جنگل‌ها در دوره مورد مطالعه، با وجود حضور شدید انسان و تأثیرات آن، نشان‌دهنده اثر غالب LULC است. Hossain et al. (2023) به آشکارسازی تغییرات زمانی- مکانی پوشش/کاربری زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست پرداختند.

هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی و تحلیل تغییرات کمی و کیفی پوشش جنگلی شهرستان جوانرود با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره لندست است. ضرورت انجام این پژوهش از آن جهت حائز اهمیت است که جنگل‌های منطقه جوانرود به‌عنوان بخشی از جنگل‌های زاگرس، نقش حیاتی در حفظ تعادل اکوسیستم و تنوع زیستی منطقه دارند، اما در سال‌های اخیر، با افزایش فشارهای محیطی ناشی از گسترش شهرنشینی، فعالیت‌های کشاورزی و چرای دام در معرض تهدید قرار گرفته‌اند. بنابراین استفاده از فناوری سنجش‌ازدور امکان پایش دقیق و کم‌هزینه تغییرات را فراهم می‌کند و نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنایی علمی برای تدوین برنامه‌های مدیریتی، حفاظتی و پیش‌بینی روندهای آینده در اختیار تصمیم‌گیران قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان جوانرود در موقعیت طول جغرافیایی ´۵۵ °۴۵ تا ´۳۴ °۴۶ شرقی و همچنین عرض جغرافیایی ´۴۵ °۳۴ تا ´۵ °۳۵ شمالی با ارتفاع ۱۲۸۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این شهرستان از نظر پوشش گیاهی پراکنده و انبوه با پوشش مرتعی و اراضی کشاورزی به شیوه ای منحصر به فرد در هم آمیخته است (شکل ۱).



شکل ۱ - موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش انجام کار

در این پژوهش برای آشکارسازی تغییرات جنگل در بازه زمانی ۲۰۰۹ و ۲۰۲۰ از تصاویر ماهواره لندست استفاده شد که برای سال ۲۰۰۹ از لندست ۵ و برای سال ۲۰۲۰ از لندست ۸ تصاویر دانلود و مورد طبقه‌بندی قرار گرفت (جدول ۱). کاربرد سنجنده TM در زمینه‌های پایش محیط‌زیست، کشاورزی، بررسی جزایر حرارتی، بررسی کیفیت منابع آبی، بررسی سلامت گیاهی، بررسی تنش گیاهی و بررسی بیماری‌های گیاهی است. از جمله بیشترین کاربردهای سنجنده OLA، ثبت تغییرات زمین، تغییرات شهرنشینی، آتش‌سوزی، تغییرات آب‌وهوایی، کاربری اراضی و خشکسالی است. تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه از ماه آگوست سال‌های مورد بررسی استخراج گردید. با توجه به وسعت منطقه مطالعاتی و عدم پوشش کامل آن در یک سین تصویر، برای هر مقطع زمانی دو سین مجزا دریافت شد. در مرحله پیش‌پردازش، به منظور یکپارچه‌سازی تصاویر، از تکنیک موزاییک در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شد تا پوشش جامعی از کل محدوده مورد مطالعه حاصل گردد (جدول ۱).

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای فرآیند پیچیده‌ای است که شامل: روش مناسب طبقه‌بندی، پردازش، انتخاب نمونه‌های تعلیمی و پردازش پس از طبقه‌بندی و ارزیابی دقت و صحت نتایج است. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین توسعه پیدا کرده است. برای تهیه نقشه پوشش جنگلی از روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machine) استفاده شد. به این ترتیب که نمونه‌های کاربری اراضی در ۵ طبقه (کشاورزی، جنگل، زمین بایر، مسکونی و آب) برای سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۲۰ به صورت جداگانه از Google Earth برداشت شد. SVM یک روش طبقه‌بندی غیرپارامتریک نظارت شده است (Burges, 1998) که به طور گسترده در طبقه‌بندی تصاویر سنجش‌ازدور استفاده می‌شود و دقت زیادی در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه دارد. از طبقه‌بندی و رگرسیون برای یافتن بهترین ابر صفحه که داده‌ها را براساس یک نمونه مشخص می‌کند، استفاده می‌کند. در این روش با استفاده از همه باندها و یک الگوریتم بهینه‌سازی، نمونه‌هایی که مرزهای کلاس‌ها را تشکیل می‌دهند به دست می‌آید و با استفاده از آن‌ها یک مرز تصمیم‌گیری خطی بهینه برای جداکردن کلاس‌ها محاسبه می‌شود. این نمونه‌ها را بردارهای پشتیبان می‌گویند. با توجه به اینکه هیچ نوع طبقه‌بندی خودکاری تا زمانی که صحت آن مورد ارزیابی قرار نگیرد تکمیل نیست (عبدالهی و نصیری، ۱۳۹۹)، برای اطمینان از صحت شکل‌های تهیه شده، بعد از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، از روش تشکیل ماتریس درهم‌ریختگی و محاسبه صحت کلی و ضریب کاپا استفاده شد.

ماتریس درهم‌ریختگی یک روش ارزیابی عملکرد طبقه‌بندی است که نشان می‌دهد که چه تعداد از پیکسل‌های تصویر به‌درستی یا به اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند. این جدول شامل چهار مقدار است:

- مثبت صحیح (TP): تعداد پیکسل‌هایی که به‌درستی به کلاس مثبت (موردنظر) طبقه‌بندی شده‌اند.
- منفی صحیح (TN): تعداد پیکسل‌هایی که به‌درستی به کلاس منفی (غیر موردنظر) طبقه‌بندی شده‌اند.
- مثبت کاذب (FP): تعداد پیکسل‌هایی که به اشتباه به کلاس مثبت طبقه‌بندی شده‌اند.
- منفی کاذب (FN): تعداد پیکسل‌هایی که به اشتباه به کلاس منفی طبقه‌بندی شده‌اند.

خطای Commission به نسبت پیکسل‌هایی است که به‌اشتباه به کلاس مثبت طبقه‌بندی شده‌اند نسبت به کل پیکسل‌های واقعی آن کلاس.

خطای Omission نسبت پیکسل‌هایی است که به‌اشتباه به کلاس منفی طبقه‌بندی شده‌اند نسبت به کل پیکسل‌های واقعی آن کلاس.

یافته‌ها

براساس نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی، صحت کلی تعیین کاربری زمین در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۹۱/۵۴ و ۹۰/۳۴ درصد و ضریب کاپا برای شکل‌های یاد شده به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۸۷ به‌دست آمد که نشان دهنده صحت مناسب شکل‌های طبقه‌بندی شده است (جداول ۱ و ۲).

جدول ۱ – ماتریس بهم ریختگی تصویر طبقه‌بندی شده (SVM) سال ۲۰۰۹ با نقاط کنترل واقعیت زمینی

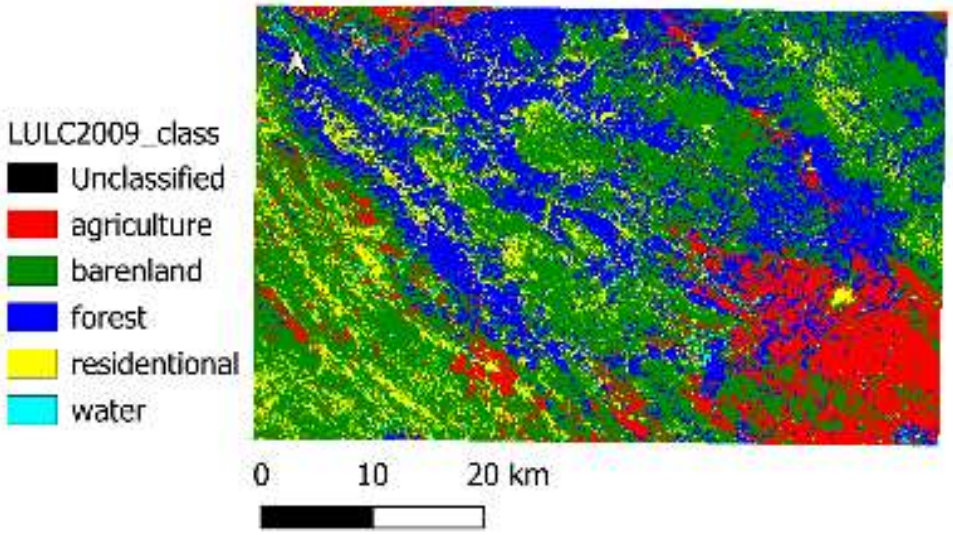
کلاس	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
کشاورزی	۱۳/۵۵	۱۳/۱۳	۴۴۴/۳۲۷۶	۴۲۸/۳۲۶۰
زمین بایر	۱۲/۴۵	۸/۹۸	۷۲۴/۵۸۱۵	۵۰۲/۵۵۹۳
جنگل	۳/۴۹	۱/۶۰	۲۵۴/۷۲۸۲	۱۱۴/۷۱۴۲
مسکونی	۶/۳۷	۸/۹۹	۲۳۰/۳۶۱۳	۳۳۴/۳۷۱۷
آب	۲۱/۸۸	۹۶/۵۹	۶۳/۲۸۸	۳۳۷/۵۶۲

جدول ۲ – ماتریس بهم ریختگی تصویر طبقه‌بندی شده (SVM) سال ۲۰۰۲ با نقاط کنترل واقعیت زمینی

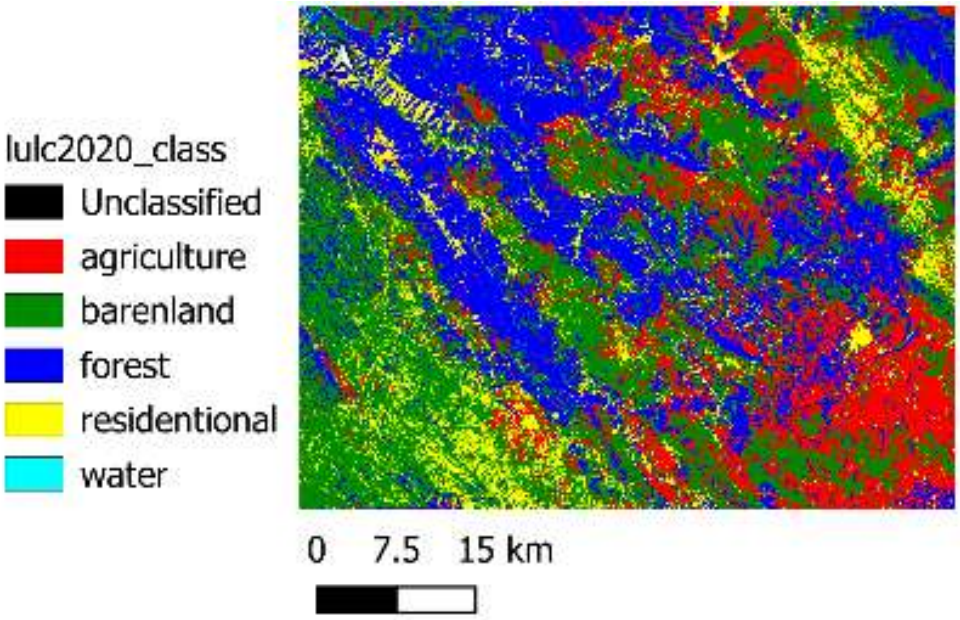
کلاس	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
کشاورزی	۱۵/۶۳	۱۴/۴۰	۶۰۸/۳۸۸۹	۵۲/۳۸۳۳
زمین بایر	۱۷/۵۶	۱۴/۷۷	۵۴۸/۳۱۲۱	۴۴۶/۳۰۱۹
جنگل	۳/۴۲	۲/۳۰	۱۵۵/۴۵۳۳	۱۰۳/۴۴۸۱
مسکونی	۳/۶۲	۶/۱۸	۱۱۵/۳۱۷۹	۲۰۲/۶۶۳۲
آب	۰/۰۰	۷۲/۷۸	۰/۴۶	۱۲۳/۱۶۹

طبق جدول به‌هم‌ریختگی میزان Commission برای طبقه جنگل سال در سال ۲۰۰۹، از ۲۸۸ پیکسل، ۶۳ پیکسل و برای سال ۲۰۲۰ از ۴۵۳۳ پیکسل، ۱۱۵ پیکسل به اشتباه در طبقه‌بندی (SVM) به کلاس جنگل اختصاص داده شده است. Omission برای طبقه جنگل سال ۲۰۰۹ از ۸۱۴۲ پیکسل، ۱۱۴ پیکسل و برای سال ۲۰۲۰ از ۴۴۸۱ پیکسل، ۱۰۳ پیکسل در طبقه‌بندی (SVM) به کلاس جنگل اختصاص داده نشده است.

طبقه‌بندی اولیه منطقه مورد مطالعه را به دلیل وجود مناطق باغی گسترده به‌عنوان جنگل شناسایی می‌کرد. برای رفع این مشکل، محدوده‌های باغی برای هر دو سال به طور جداگانه برداشت شد و طی فرآیندی در نرم‌افزار ARC GIS به شکل طبقه‌بندی شده اضافه گردید. در نتیجه، نقشه کاربری برای سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۲۰ در شش طبقه شامل کشاورزی، جنگل، زمین بایر، مسکونی، آب و باغ تهیه شد. این نقشه‌ها که در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده‌اند، امکان آشکارسازی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی را در طول دوره مطالعه فراهم آوردند.



شکل ۲- طبقه‌بندی کاربری‌ها با استفاده از ماشین بردار پشتیبان سال ۲۰۰۹



شکل ۳- طبقه‌بندی کاربری‌ها با استفاده از ماشین بردار پشتیبان سال ۲۰۲۰

نتایج حاصل از طبقه‌بندی کاربری با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان در دوره زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۰ نشان دهنده تغییرات قابل توجه در الگوی استفاده از زمین است. کاهش چشمگیر سطح جنگل‌ها به میزان ۲۸۲۸۳,۱۳ هکتار و کاهش سطوح آبی به میزان ۱۹۶۱,۷۳ هکتار، نشان‌دهنده روند نگران‌کننده تخریب منابع طبیعی در منطقه مورد مطالعه است. این در حالی است که افزایش سطح اراضی کشاورزی (۱۹۰۸۸,۳۷ هکتار)، زمین‌های بایر (۹۷۶۶,۸ هکتار) و مناطق مسکونی (۱۰۳۹,۷۷ هکتار) بیانگر تغییر کاربری از پوشش طبیعی به کاربری‌های انسان‌ساخت می‌باشد (جدول ۳).

جدول ۳- مساحت کاربری‌های طبقه‌بندی شده

مساحت (هکتار)	کشاورزی	جنگل	زمین بایر	مسکونی	آب	باغ	کل ردیف
کشاورزی	۲۳۴۶۳/۶۳	۲۰۷۹۷/۱۱	۱۰۲۱۸/۳۳	۲۲۷۴/۰۳	۲۹۷/۰۹	۰/۰۶۲۱	۵۷۰۵۶/۴
جنگل	۷۷۸۸/۶	۸۹۳۶/۶۷	۲۴۲۳/۴۳	۱۰۳۹۹/۳۲	۳۸۳/۲۲	۴/۳۲	۱۱۰۳۶۵/۶
زمین بایر	۵۲۰۶/۶۸	۱۲۸۷۸/۶۴	۶۶۹۲۲/۳۸	۴۶۳۹/۳۲	۱۳۱۷/۸۷	۳۳۰/۰۳	۹۱۲۹۴/۹۲
مسکونی	۱۴۴۸/۲۸	۱۵۳۸۳/۸۸	۱۵۴۲/۶۹	۱۲۱۶۹/۳۵	۹۱/۸۹	۱۵/۶۶	۳۰۶۵۱/۷۵
آب	۵/۵۸	۳۸/۶۱	۵۶/۱۶	۶۵/۳۴	۱۶۶/۸۶	۱/۰۸	۳۳۳/۶۳
باغ	۹/۳۶	۹/۰۹	۳۲۱/۳	۲۰/۸۸	۳۶/۱۸	۴۲۹/۶۶	۸۲۶/۴۷
کل کلاس	۰/۰۳۷۹	۱۳۸۶۴۸/۷	۱۵۲۸/۱۲	۲۹۶۱۱/۹۸	۲۲۹۵/۳۶	۷۸۷/۰۵	
تغییرات کلاس‌ها	۱۴۵۰۴/۴	۴۹۲۸۲/۰۲	۱۴۶۰۵/۷۴	۱۷۴۴۲/۶۳	۲۱۲۸/۵	۳۷۵/۳۹	
تفاوت تصویر	۱۹۰۸۸/۳۷	-۲۸۲۸۳/۱۳	۹۷۶۶/۸	۱۰۳۹/۷۷	-۱۹۶۱/۷۳	۳۹/۴۲	

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل‌ها نشان می‌دهد که این تغییرات عمدتاً ناشی از فشارهای توسعه‌ای و افزایش جمعیت است. افزایش جمعیت منجر به نیاز بیشتر به مسکن و مواد غذایی شده که این امر به نوبه خود سبب گسترش مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی شده است (Lasode et al., 2020). از سوی دیگر، عواملی همچون تغییرات اقلیمی، افزایش دما (Liu et al., 2024)، خشکسالی‌های متوالی و آتش‌سوزی‌ها (Zhai et al., 2023) نیز در تشدید این تغییرات نقش داشته‌اند. استفاده از روش‌های سنتی و غیراصولی در آبیاری و کشاورزی (Adejumobi et al., 2022)، همراه با بهره‌برداری ناپایدار از منابع طبیعی (Lobo-Moreira et al., 2023)، فشار مضاعفی بر اکوسیستم‌های طبیعی وارد کرده است.

کاهش سطح جنگل‌ها و منابع آبی پیامدهای گسترده‌ای بر محیط‌زیست و جوامع انسانی دارد. از دست رفتن تنوع زیستی، اختلال در چرخه هیدرولوژیک، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تشدید فرسایش خاک و کاهش خدمات اکوسیستمی از جمله این پیامدها هستند (Kyere-Boateng et al., 2022). اگرچه افزایش سطح باغات (۳۹,۴۲ هکتار) مشاهده شده، اما این میزان در مقایسه با سطح جنگل‌های از دست رفته بسیار ناچیز است و نمی‌تواند جبران‌کننده خدمات اکوسیستمی از دست رفته باشد.

تغییرات مشاهده شده همچنین می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی بر امنیت غذایی و آبی منطقه داشته باشد. گسترش اراضی کشاورزی اگرچه در کوتاه‌مدت می‌تواند به افزایش تولید مواد غذایی کمک کند (Yusriadi, 2024)، اما در بلندمدت باتوجه به کاهش منابع آب و تخریب خاک، می‌تواند پایداری تولید را به خطر اندازد. علاوه بر این، گسترش مناطق مسکونی و زیرساخت‌های شهری، علاوه بر افزایش مصرف منابع (Roy et al., 2022)، منجر به افزایش تولید پسماند و آلودگی‌های محیطی می‌شود (Nkurunziza and Squire, 2022).

برای مقابله با این روند نگران کننده، نیاز به رویکردی جامع و یکپارچه در مدیریت منابع طبیعی است. این رویکرد باید شامل برنامه‌های حفاظتی قوی، بهینه‌سازی روش‌های کشاورزی، توسعه شهری هوشمند و پایدار و مدیریت یکپارچه منابع آب باشد. تقویت قوانین و مقررات حفاظتی، همراه با نظارت مؤثر بر تغییر کاربری اراضی می‌تواند به کاهش سرعت تخریب منابع طبیعی کمک کند.

مشارکت جوامع محلی و آگاه‌سازی عمومی نقش مهمی در موفقیت برنامه‌های حفاظتی دارد. آموزش و ترویج شیوه‌های پایدار بهره‌برداری از منابع طبیعی، همراه با توانمندسازی جوامع محلی می‌تواند به حفظ و احیای منابع طبیعی کمک کند. همچنین استفاده از فناوری‌های نوین در پایش و مدیریت منابع طبیعی می‌تواند به بهبود کارایی برنامه‌های حفاظتی کمک نماید.

در نهایت، موفقیت در کاهش روند تخریب منابع طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار، مستلزم تغییر در نگرش‌ها و سیاست‌های توسعه‌ای است. این امر نیازمند همکاری و هماهنگی بین تمامی ذی‌نفعان، از جمله دولت، بخش خصوصی و جوامع محلی است. تنها با رویکردی جامع و مشارکتی می‌توان به حفظ و احیای منابع طبیعی و تضمین پایداری آنها برای نسل‌های آینده امیدوار بود.

منابع

عبداللهی، س.. نصیری، و.، (۱۳۹۹)، آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات سطح جنگل‌های استان گیلان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل ژئومد، پژوهش و فناوری محیط زیست، ۵: ۱۴۱-۱۵۱.

Abd El-Kawy, O. R., Rød, J. K., Ismail, H. A., and Suliman, A. S. (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. Applied geography, 31(2): 483-494.

Adejumobi, M. A., Ojediran, J. O., and Onofua, O. E. (2022). Impact of irrigation practices on soil physicochemical properties of josepdam irrigation scheme. Journal of Engineering Research and Reports, 23(2): 29-39.

Burges, C. J. (1998). A tutorial on support vector machines for pattern recognition. Data mining and knowledge discovery, 2(2): 121-167.

Chatziantoniou, A., Petropoulos, G. P., and Psomiadis, E. (2017). Co-Orbital Sentinel 1 and 2 for LULC mapping with emphasis on wetlands in a mediterranean setting based on machine learning. Remote Sensing, 9(12): 1259.

Dawson, R.A., Petropoulos, G.P., Toulios, L., and Srivastava, P.K. (2019). Mapping and monitoring of the land use/cover changes in the wider area of Itanos, Crete, using very high resolution EO imagery with specific interest in archaeological sites. Environment, Development and Sustainability, 22: 3433-3460.

Elatawneh, A., Kalaitzidis, C., Petropoulos, G.P., and Schneider, T. (2014). Evaluation of diverse classification approaches for land use/cover mapping in a Mediterranean region utilizing Hyperion data. International Journal of Digital Earth, 7: 194 - 216.

Fragou, S., Kalogeropoulos, K., Stathopoulos, N., Louka, P., Srivastava, P.K., Karpouzas, S., P. Kalivas, D., and P. Petropoulos, G. (2020). Quantifying Land Cover Changes in a Mediterranean Environment Using Landsat TM and Support Vector Machines. Forests.

Jung, M., Henkel, K., Herold, M. and Churkina, G., 2006. Exploiting synergies of global land cover products for carbon cycle modeling. Remote Sensing of Environment, 101(4): 534-553.

Hossain, M.S., Asif, M., Khan, H., Oluwajuwon, T.V., Biswas, J.K., Rubaiot, ·.S., Seikh, M.F., Tanvir, S.I., Munira, S., Naif, M., and Chowdhury, A.J. (2023). Spatiotemporal change detection of land use land cover (LULC) in Fashiakhali wildlife sanctuary (FKWS) impact area, Bangladesh, employing multispectral images and GIS. Modeling Earth Systems and Environment, 1-23.

Khatami, R., Southworth, J., Muir, C., Caughlin, T., Ayana, A.N., Brown, D.G., Liao, C., and Agrawal, A. (2020). Operational Large-Area Land-Cover Mapping: An Ethiopia Case Study. Remote. Sens., 12: 954.

Kyere-boateng, R., Marek, M.V., and Huba, M. (2022). Assessing changes in ecosystem service provision in the Bia-Tano forest reserve for sustained carbon mitigation and non-timber forest products provision. Geografický časopis - Geographical Journal.

Lasode, M.K., Esobi, I.C., Anyanwu, C.I., and Lasode, D.O. (2020). Assessing Urban Land use Change in New Braunfels, Texas from 2013 to 2020. Journal of Geoscience and Environment Protection.

Lobo-Moreira, A.B., Silva, A.G., Carvalho, R.A., and Caramori, S.S. (2023). Four decades of natural resources research in Brazil: A scientometric analysis. Revista Brasileira de Ciências Ambientais.

Liu, Y., Zhang, Y., Yu, M., and Dai, C. (2024). Impacts of Climate and Land Use/Land Cover Change on Water Yield Services in Heilongjiang Province. Water.

Markogianni, V.V., Dimitriou, E., and Kalivas, D. (2013). Land-use and vegetation change detection in Plastira artificial lake catchment (Greece) by using remote-sensing and GIS techniques. International Journal of Remote Sensing, 34: 1265 - 1281.

Rogan, J., Bumbarger, N., Kulakowski, D., Christman, Z., Runfola, D.M., and Blanchard, S.D. (2010). Improving forest type discrimination with mixed lifeform classes using fuzzy classification thresholds informed by field observations. Canadian Journal of Remote Sensing, 36: 699 - 708.

Rogan, J., Bumbarger, N., Kulakowski, D., Christman, Z., Runfola, D.M., and Blanchard, S.D. (2010). Improving forest type discrimination with mixed lifeform classes using fuzzy classification thresholds informed by field observations. Canadian Journal of Remote Sensing, 36: 699 - 708.

Squire, J.N., and Nkurunziza, J. (2021). Urban Waste Management in Post-Genocide Rwanda: An Empirical Survey of the City of Kigali. Journal of Asian and African Studies, 57: 760 - 772.

Yusriadi, Y. (2024). Food Security and Sustainable Development: Overcoming Poverty through Sustainable Agriculture. Journal of Indonesian Scholars for Social Research, 4(1): 12-18.

Zhu, Z., and Woodcock, C.E. (2014). Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data. Remote Sensing of Environment, 144: 152-171.

Zhai, J., Ning, Z., Dahal, R.P., and Yang, S. (2023). Wildfire Susceptibility of Land Use and Topographic Features in the Western United States: Implications for the Landscape Management. Forests.

Detection of Forest Changes in Javanrud County Using Landsat Satellite Image

Z. Azizi[1*] and H. Sohrabi[2]

1- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan.
2- Associate Professor, Forest Science and Engeenering Departement, Tarbiat Modares University.

Abstract

Unprecedented changes in forest cover due to natural and human activities have led to adverse effects on ecosystems; timely and accurate monitoring of these changes is essential for managing and addressing the challenges and crises threatening these forests. In this study, Javanrud County was classified in two time periods, 2009 and 2020, using Landsat 5 and 8 satellite images and the support vector machine classification into six classes (agriculture, forest, barren land, residential, water body, and garden). The kappa coefficients obtained for 2009 and 2020 were 0.88 and 0.87, respectively. The results showed that the forest and water body areas decreased by 28283.13 and 1961.73 hectares, respectively, and the agricultural, residential, barren land, and garden areas increased by 19088.37, 9766.8, 1039.77, and 39.42 hectares, respectively.

Keywords: Change Detection, Land Use/Land Cover, Landsat, Support Vector Machine Classification.

*Corresponding author Tel: +98 9184690067 Email: azizi.zeinab91@gmail.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

آمایش تنوع فنوتیپی میوه درخت زالزالک در بیشه زارهای زالزالک خیز منطقه حفاظت شده سهند با استفاده از فناوری نوین رنگ‌سنجی دیجیتالی با بکاربری مدل RGB

سیدمحمدعلی خواجه الدینی[۱*] و کیارش افتخاری[۲]

۱- عضو هیات علمی، گروه علوم باغبانی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران.
۲- عضو هیات علمی، گروه معماری، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران.

چکیده

زالزالک با نام علمی .*Crataegus* spp از تیره گلسرخیان بوده که شکل میوه کروی تا بیضوی به رنگ‌های زرد، نارنجی، قرمز، ارغوانی و سیاه می باشد. از مراکز اصلی تنوع ژنتیکی این جنس جنگل‌ها، بیشه زارها و مناطق حفاظت شده گیاهی از کشور ترکیه تا کشور ایران می باشد. از جنس زالزالک بیش از هزار گونه در دنیا، بیست و دو گونه در ایران و ۹ گونه در آذربایجان شرقی شناسائی شده است. هدف پژوهش ارزیابی و راستی آزمایی فناوری رنگ سنجی دیجیتالی مدل RGB به عنوان روشی نوین در بررسی تنوع فنوتیپی گیاه زالزالک و تعمیم این فناوری در بررسی تنوع فنوتیپی سایر جوامع گیاهی در جنگلها، بیشه زارها و مناطق حفاظت شده گیاهی در ایران و دنیا می‌باشد. روش رنگ‌سنجی دیجیتالی از روش‌های کمی و آماری برای ارزیابی اختلافات رنگی در یک گیاه می‌باشد. مطالعات کیفی و ظاهری یک تصویر، شرحی جزئی تولید می‌کند، ولی فناوری رنگ سنجی دیجیتالی جداولی با لیستی از اعداد تجزیه شده تولید می‌کند که این اعداد به قدری دقیق اند که چشم انسان قادر به تصویرسازی تفاوت‌های رنگی نیست. روش اول این پژوهش با فناوری رنگ سنجی دیجیتالی از مجموع نزدیک به ۱۰,۰۰۰ داده عددی مستخرج از ۳۰۰ عدد میوه (با ۹۰۰ نمونه تصویری) از ۶۰ جمعیت درختان زالزالک به وسیله نرم‌افزار رایانه ای Image pro plus با مدل RGB و به استناد نمودارهای پراکندگی و خوشه بندی سلسله مراتبی با تنوع فنوتیپی زیاد و قابل استناد در ۶۰ جمعیت مورد مطالعه انجام گرفت. روش دوم با بررسی صفات ظاهری و با تصویربرداری از سه بخش جانبی، گلگاه و محل اتصال دم میوه در ۹۰۰ عدد میوه (با ۲۷۰۰ نمونه تصویری) انجام گرفت. ارزیابی چشمی شکل و رنگ تصویر میوه‌های گرفته شده تنوع فنوتیپی نسبتاً کم با دقت کم نسبت به روش اول در ۶۰ جمعیت مورد مطالعه زالزالک بدست آورد. ارزیابی تنوع فنوتیپی با فناوری رنگ سنجی دیجیتالی مدل RGB در مقایسه با سایر روش‌ها مانند ارزیابی گیاهان با مارکرهای مولکولی با توجه به کم هزینه بودن و صرفه جویی در وقت توام با نتایج دقیق و قابل استناد می تواند جایگزین مناسبی باشد. این فناوری رنگ سنجی دیجیتالی را می‌توان جهت آمایش جنگل‌ها، بیشه‌زارها و مناطق حفاظت شده گیاهی برای پیش برد اهداف ارزیابی و تنوع گونه‌ها در جنگلها، بیشه زارها و مناطق حفاظت شده گیاهی در ایران و دنیا تعمیم داد و توصیه نمود.

واژگان کلیدی: تنوع فنوتیپی، میوه زالزالک، رنگ‌سنجی دیجیتالی، مدل RGB.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۹۰۶۸۳۱۴۴۲ ایمیل: makhajedini@m-iau.ac.ir

مقدمه

گیاه زالزالک با نام علمی .*Crataegus* spp از تیره گلسرخیان بوده که ارتفاع درختان یا درختچه‌ها از بسیار پاکوتاه تا بسیار پابلند متنوع بوده که دارای شاخه‌های کم و بیش خاردار و برگ‌های سبز روشن با گل‌های سفید یا صورتی رنگ معطر با گل آذین دیهم بوده که گرده افشانی عموماً توسط حشرات صورت می گیرد. میوه‌ها کروی تا بیضوی به رنگ‌های زرد، نارنجی، قرمز، ارغوانی و سیاه بوده که هر میوه بسته به گونه طبق شکل ۱ حاوی یک تا سه عدد بذر می باشد. میوه‌ها در ماه‌های مهر و آبان رسیده و آماده برداشت می‌باشند. از جنس زالزالک بیش از هزار گونه در دنیا وجود دارد که بیست و دو گونه آن در کشور ایران و ۹ گونه آن در جنگلها، بیشه زارها و مناطق حفاظت شده گیاهی استان آذربایجان شرقی شناسائی شده است از مراکز اصلی تنوع ژنتیکی این جنس طبق شکل ۲ منطقه وسیعی از کشور ترکیه تا کشور ایران می باشد (Alirezalu et al., 2018 and 2020; Jafari, 2012).

زالزالک از گیاهان وحشی کوهستانی بوده که ارزش دارویی و غذایی زیادی داشته و برای درمان بیماری‌های مختلف انسان استفاده می‌شود که از ترکیبات فیتوشیمیایی مهم زالزالک در داروسازی می توان به ترکیبات فنلی، تانني، فلاونوئیدی (مانند مانند آنتوسیانین)، ترپنی و اسیدهای آلی اشاره کرد که برای درمان اختلالات قلبی- عروقی و اختلالات سیستم عصبی مرکزی استفاده می شود. از آنتی اکسیدان‌های طبیعی موجود در میوه این گیاه به وفور در صنایع غذایی استفاده می شود (Alirezalu et al., 2018).

فناوری رنگ سنجی دیجیتالی از روش‌های کمی برای نشان دادن تفاوت‌ها و تنوع‌های رنگی بوده که همیشه مورد توجه دانشمندان می‌باشد. مطالعات کیفی یک تصویر شرحی جزئی تولید می‌کند، ولی فناوری رنگ سنجی به طور معمول جداولی با لیستی از اعداد تجزیه شده تولید می‌کند. این اعداد به قدری خلاصه شده هستند که چشم انسان قادر به تصویرسازی تفاوت‌های رنگی نیست. زبان فناوری رنگ سنجی نیز وابسته به اصول ریاضی می‌باشد. بنابراین فناوری رنگ سنجی را می توان شاخه‌ای از علوم وابسته به جنگل در نظر گرفت، همان گونه که می‌تواند آماری باشد (Mcdonald, 2009; Chit wood et al., 2014; Abdolalipour et al., 2016).

استفاده از نشانگرهای مولکولی علاوه بر هزینه بر و زمان بر بودن، نیاز به استفاده از روش‌های دیگر مانند فناوری‌های رنگ‌سنجی دیجیتالی را اجتناب ناپذیر می کند. اساس فناوری‌های رنگ‌سنجی دیجیتالی نوین آنالیز رنگ در برگ و میوه و به زبان ساده استخراج اطلاعات دیجیتالی رنگ در برگ و میوه است. در این فناوری‌ها می‌توان از انواع تکنیک‌ها جهت ارزیابی گیاه مورد نظر استفاده نمود که توسط متخصصین علوم وابسته به جنگل در تحقیقات گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فناوری‌ها قادر به ارزیابی وجود تنوع فنوتیپی در توده گیاهی در جنگلها، بیشه زارها و مناطق حفاظت شده گیاهی می‌باشد که اگر میزان تنوع فنوتیپی زیاد باشد می توان آن جنگل، بیشه زار و یا منطقه حفاظت شده گیاهی را از نظر ذخیره گاه ژنتیکی، مرکز تنوع گیاه و حتی خاستگاه گیاه مورد بررسی و تاکید بیشر قرار داد و از فرسایش و تخریب ژنتیکی آن جلوگیری نمود (Abdolalipour et al., 2016).

در مدل رنگ سنجی RGB رنگ‌ها از ترکیب سه رنگ اولیه (اصلی) به نام‌های قرمز (Red)، سبز (Green) و آبی (Blue) تشکیل شده‌اند که به طور خلاصه اسم مدل RGB می باشد. با ترکیب این سه رنگ می توان میلیون‌ها رنگ جدید ایجاد کرد. مثلاً با ترکیب دو رنگ قرمز و سبز، رنگ زرد و یا با ترکیب سه رنگ قرمز، سبز و آبی با حداکثر شدت نور، رنگ سفید را می توان پدید آورد. این سیستم به خوبی با حقیقت رنگ تطابق دارد. از لحاظ عددی این سه رنگ اولیه قرمز، سبز و آبی دارای دامنه عددی بین صفر تا ۲۵۵ می باشند. اگر عدد هر سه رنگ اولیه (اصلی) صفر باشد (۰،۰،۰)، RGB رنگ حاصله

سیاه و اگر عدد هر سه رنگ اولیه ۲۵۵ باشد (۲۵۵، ۲۵۵، ۲۵۵)، RGB رنگ حاصله سفید خواهد بود. عدد اول داخل پرانتز معادل عددی رنگ قرمز، عدد دوم داخل پرانتز معادل عددی رنگ سبز و عدد سوم داخل پرانتز معادل عددی رنگ آبی در مدل رنگ سنجی دیجیتالی RGB می باشد. از مدل فناوری رنگ سنجی دیجیتالی RGB رابطه‌هایی استخراج شده که در بخش روش انجام تحقیق بکار برده شده‌اند (Kay,1992; Wang et al., 2014).



شکل ۱- رنگ و شکل میوه گونه‌های زالزالک شناسائی شده در استان آذربایجان شرقی

رنگدانه طبیعی آنتوسیانین نوعی آنتی اکسیدان در انواع سبزیجات و میوه‌ها می باشد که انباشت این رنگدانه آنتوسیانین در گیاهان با شرایط محیطی مرتبط است. از این شرایط می توان به نور آفتاب، دما، خشکی و شوری اشاره کرد. مهم ترین عامل نور بوده، به طوری که کیفیت و شدت نور بر تولید آنتوسیانین موثر است. آنتوسیانین‌ها انواع مختلف دارند که می توانند در قسمتهای مختلف گیاه مانند برگ، گل، میوه و ... ذخیره شوند. آنتوسیانین از انواع متابولیت‌های ثانویه از دسته فلاونوئیدها بوده که رنگدانه محلول در آب است و گیاه برای مقابله با تنش‌ها و انواع شرایط نامساعد محیطی مانند تابش اشعه ماورا بنفش بالای نور خورشید، شوری زیاد، دمای پایین و خشکی زیاد این ماده را تولید می کند (Ma et al., 2021).

افزایش ارتفاع از سطح دریا (در جنگلها، بیشه زارها و مناطق حفاظت شده گیاهی) موجب زیادی شدت نور و میزان اشعه ماورای بنفش نور خورشید در روزها و کاهش دما در شب‌ها در زمان رنگ گیری شده و رسیدن میوه محتوی کلی آنتوسیانین در پوست میوه را افزایش داده و پوست میوه را پررنگ تر می کند. افزایش میزان آنتوسیانین در میوه نیز سبب افزایش مقاومت میوه در مقابل انواع آفات و امراض می گردد (Fernandes de Oliveira et al., 2015).

افزایش ارتفاع از سطح دریا (در جنگلها، بیشه زارها و مناطق حفاظت شده گیاهی) سبب افزایش شدت اشعه ماورای بنفش خورشید شده و دمای پایین رنگ آنتوسیانین پوست میوه را از رنگ زرد به نارنجی و سپس قرمز کم رنگ و بعد به قرمز پر رنگ تغییر می دهد (He et al., 2010; Ma et al., 2021).

Code	Province	Species	Height	Latitude	Longitude	Code	Province	Species	Height	Latitude	Longitude
G1	Semnan	*C. pentagyna*	1540	36° 02'N	53° 28'E	G29	East Azerbaijan	*C. sakranensis*	1694	38° 14'N	45° 42'E
G2	Golestan	*C. pseudomelanocarpa*	409	36° 50'N	54° 47'E	G30	East Azerbaijan	*C. turkestanica*	1690	38° 14'N	45° 42'E
G3	Golestan	*C. pseudomelanocarpa*	413	36° 50'N	54° 47'E	G31	East Azerbaijan	*C. pseudoheterophylla*	1427	38° 10'N	45° 42'E
G4	Mazandaran	*C. monogyna*	1081	36° 25'N	51° 52'E	G32	East Azerbaijan	*C. szovitsii*	1426	38° 10'N	45° 42'E
G5	Mazandaran	*C. monogyna*	1192	36° 26'N	51° 51'E	G33	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1265	38° 49'N	47° 03'E
G6	Mazandaran	*C. meyeri*	1541	36° 26'N	51° 51'E	G34	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1281	38° 49'N	47° 03'E
G7	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	981	36° 25'N	51° 28'E	G35	East Azerbaijan	*C. orientalis*	1277	38° 49'N	47° 03'E
G8	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	1320	36° 24'N	51° 33'E	G36	East Azerbaijan	*C. curvisepala*	1196	38° 50'N	47° 02'E
G9	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	1371	36° 23'N	51° 32'E	G37	East Azerbaijan	*C. monogyna*	1525	38° 23'N	47° 14'E
G10	Mazandaran	*C. songarica*	1389	36° 23'N	51° 32'E	G38	East Azerbaijan	*C. atrosanguinea*	1490	38° 23'N	47° 14'E
G11	Mazandaran	*C. monogyna*	1388	36° 23'N	51° 32'E	G39	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1490	38° 23'N	47° 14'E
G12	Mazandaran	*C. monogyna*	1389	36° 23'N	51° 32'E	G40	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1524	36° 50'N	54° 47'E
G13	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	1394	36° 23'N	51° 32'E	G41	Kordestan	*C. szovitsii*	1603	35° 23'N	46° 55'E
G14	Mazandaran	*C. pseudomelanocarpa*	1395	36° 23'N	51° 32'E	G42	Kordestan	*C. azarolus var. aronia*	1632	35° 23'N	46° 55'E
G15	Mazandaran	*C. songarica*	1123	36° 25'N	51° 31'E	G43	Kordestan	*C. szovitsii*	1634	35° 23'N	46° 55'E
G16	Mazandaran	*C. monogyna*	1371	36° 23'N	51° 31'E	G44	Kordestan	*C. atrosanguinea*	1633	35° 23'N	46° 55'E
G17	Kogilouye	*C. azarolus var. aronia*	1607	31° 20'N	51° 13'E	G45	Kordestan	*C. persica*	1637	35° 23'N	46° 55'E
G18	Bakhtiyari	*C. azarolus var. aronia*	1913	31° 33'N	51° 12'E	G46	Kordestan	*C. atrosanguinea*	1644	35° 23'N	46° 55'E
G19	Bakhtiyari	*C. curvisepala*	1890	31° 26'N	50° 58'E	G47	Kordestan	*C. pseudoheterophylla*	1649	35° 24'N	46° 55'E
G20	Bakhtiyari	*C. azarolus var. pontica*	1935	31° 22'N	51° 13'E	G48	Kordestan	*C. szovitsii*	1506	36° 06'N	46° 20'E
G21	Bakhtiyari	*C. curvisepala*	1853	31° 20'N	51° 13'E	G49	Kordestan	*C. szovitsii*	1506	36° 06'N	46° 20'E
G22	Qazvin	*C. pseudoheterophylla*	1330	36° 24'N	50° 33'E	G50	West Azerbaijan	*C. atrosanguinea*	1728	36° 42'N	45° 56'E
G23	Alborz	*C. monogyna*	1814	36° 10'N	50° 41'E	G51	West Azerbaijan	*C. pseudoheterophylla*	1488	37° 27'N	44° 56'E
G24	Alborz	*C. meyeri*	1850	36° 09'N	50° 42'E	G52	West Azerbaijan	*C. atrosanguinea*	1488	37° 27'N	44° 56'E
G25	Alborz	*C. azarolus var. pontica*	1846	36° 09'N	50° 42'E	G53	West Azerbaijan	*C. azarolus var. aronia*	1432	37° 18'N	45° 07'E
G26	Alborz	*C. pseudoheterophylla*	1964	36° 10'N	50° 47'E	G54	West Azerbaijan	*C. monogyna*	1440	37° 29'N	44° 58'E
G27	Alborz	*C. pseudoheterophylla*	1980	36° 11'N	50° 54'E	G55	Lorestan	*C. pseudoheterophylla*	1640	33° 56'N	48° 40'E
G28	East Azerbaijan	*C. meyeri*	1439	38° 10'N	45° 42'E	G56	Lorestan	*C. meyeri*	1643	33° 55'N	48° 41'E

شکل ۲- موقعیت جغرافیای بیست و دوگونه زالزالک شناسائی شده در کشور ایران و ۹ گونه شناسائی شده در استان آذربایجان شرقی

مواد و روش‌ها

منطقه حفاظت شده سهند به عنوان یکی از رویشگاه‌ها و ذخیره‌گاه‌های مهم ژنتیکی زالزالک در استان آذربایجان شرقی بین شهر تبریز تا شهر مراغه بوده که در ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۳۴۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این منطقه با مختصات طول

جغرافیائی ۴۶ درجه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۷ درجه شمالی به وسعت ششصد هزار هکتار قرار دارد. نمونه برداری از میوه درختان زالزالک در این پژوهش از ارتفاع ۱۵۰۰ متری تا ۲۲۰۰ متری از سطح دریا واقع در محدوده بین شهر تبریز تا شهر مراغه در منطقه حفاظت شده سهند در استان آذربایجان شرقی طبق شکل ۳ انجام شد.

ترتیب مناطق نمونه‌برداری از سه محدوده زالزالک خیز واقع در منطقه حفاظت شده سهند عبارتند از:

- اولین منطقه زالزالک خیز واقع در حوالی روستای تجرق از توابع شهرستان عجب شیر با مختصات ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ۴۶ درجه و ۰۵ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۵۰۰ متر تا ۲۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریا با نمونه‌برداری از بیست جمعیت انجام پذیرفت.

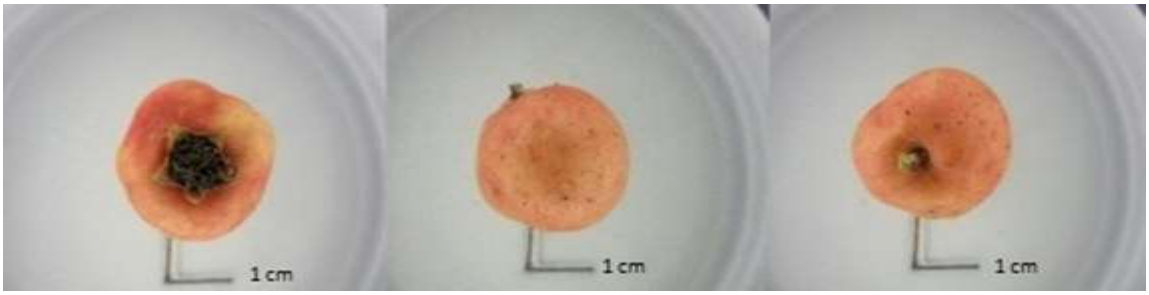
-دومین منطقه زالزالک خیز واقع در حوالی روستای چوان از توابع شهرستان مراغه با مختصات ۳۷ درجه و ۲۷ تا دقیقه شمالی و ۴۶ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۸۰۰ متر تا ۲۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریا با نمونه‌برداری از بیست و چهار جمعیت انجام پذیرفت.

- سومین منطقه زالزالک خیز واقع در حوالی روستای تازه کند از توابع شهرستان مراغه با مختصات ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ۴۶ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۷۰۰ متر تا۱۸۰۰ متر بالاتر از سطح دریا با نمونه‌برداری از شانزده جمعیت انجام گرفت.

فاصله بسیار زیاد تک تک درختان زالزالک از هم در منطقه حفاظت شده سهند و نبود تراکم مورد انتظار در درختان زالزالک موجب گردید میوه‌های هر درخت یک جمعیت مستقل در نظر گرفته شوند و از هر جمعیت پانزده نمونه میوه ای کاملاً رنگ گرفته سالم، بدون زدگی، بدون له شدگی و جمعاً ۹۰۰ نمونه میوه ای از ۶۰ جمعیت مجزا توسط GPS و قیچی باغبانی جمع آوری، انتخاب و بسته‌بندی شدند. میوه‌های برداشت شده از هر درخت جهت سالم ماندن و عدم تغیر رنگ طبیعی تا زمان تصویربرداری و آزمایشات رنگ سنجی در داخل روزنامه‌های نیمه مرطوب مجزا در داخل یخچال در دمای مثبت سه تا مثبت پنج درجه سانتیگراد نگهداری شدند. در تصویر برداری از میوه‌های زالزالک سعی بر این بود که رنگ طبیعی میوه‌ها کاملاً حفظ شده باشد. همچنین جهت مقایسه ظاهری رنگ میوه‌ها تصویربرداری از سه بخش جانبی، گلگاه و محل اتصال دم میوه در ۹۰۰ میوه از ۶۰ جمعیت مختلف طبق شکل ۴ انجام شد. در تصویربرداری میوه‌ها جهت سیستم نورپردازی از یک لامپ LED و حلقه ای شکل حرفه‌ای Ring Light که دارای تنظیم کننده شدت نور بوده طبق شکل ۵ استفاده شد. جهت مقایسه ظاهری (چشمی) اندازه، شکل و رنگ میوه، تصویربرداری از سه بخش جانبی، گلگاه و محل اتصال دم میوه در ۹۰۰ میوه و جمعاً ۲۷۰۰ نمونه تصویری از ۶۰ جمعیت مختلف انجام شد. در این مقایسه ظاهری، میوه‌ها از لحاظ شکل به دو دسته گرد و کشیده طبق شکل ۶ و از لحاظ رنگ به پنج دسته طبق شکل ۶ تقسیم شدند.



شکل ۳- نقشه جغرافیایی محدوده زالزالک خیز نمونه برداری شده در منطقه حفاظت شده سهند. موقعیت دقیق مناطق نمونه برداری شده طبق شماره بر روی نقشه عبارتند از: ۱-روستای تجرق از توابع شهر عجب شیر، ۲- روستای چوان از توابع شهر مراغه، ۳- روستای تازه کند از توابع شهر مراغه (Google map and Google earth)

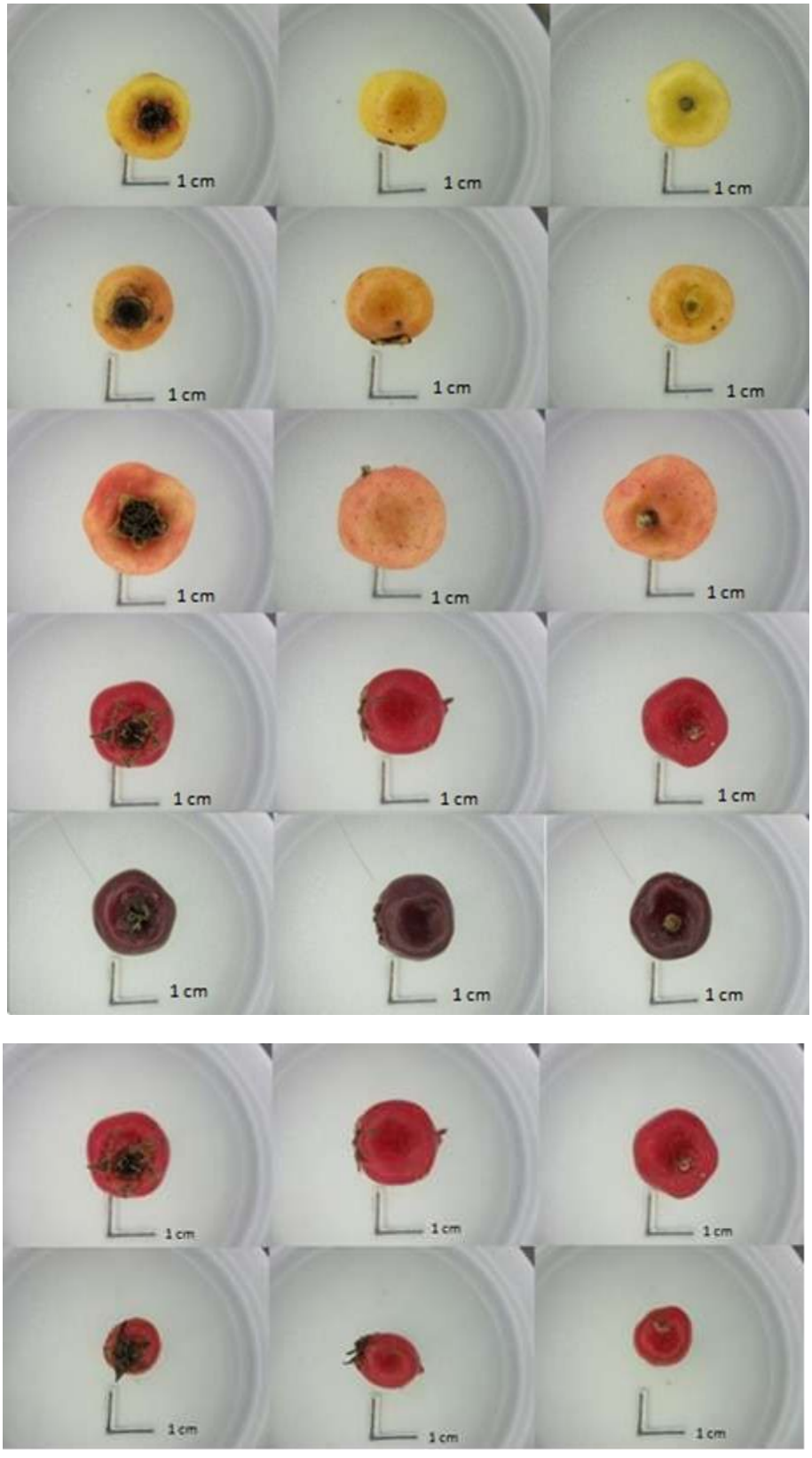


شکل ۴- تصویر از سه قسمت میوه زالزالک از راست به چپ، الف: ناحیه‌ای که دم میوه به آن متصل می‌شود، ب: قسمت جانبی میوه، ج: گلگاه میوه. هر میوه به همراه یک مقیاس یک سانتی‌متری برای مرجع قرار داده شده است.



شکل ۵- لامپ حلقه ای در نوردهی را نشان می دهد

در تصویربرداری از میوه‌های زالزالک باید رنگ طبیعی میوه‌ها کاملاً حفظ شده باشد. بعد از آزمایشات متعدد در مورد ارزیابی نحوه سیستم نوردهی جهت تصویربرداری از میوه‌ها بهترین نتیجه با یک سیستم اختصاصی و با نوردهی از پایین و تصویربرداری از بالا با فرمت JPG با دوربین عکاسی Canon مدل Power Shot SX600 HS و با درج شاخص اندازه‌گیری کنار میوه‌ها انجام شد. برای مقایسه ظاهری اندازه و شکل و رنگ میوه، تصویربرداری از سه بخش جانبی، گلگاه و محل اتصال دم میوه طبق شکل ۶ در کلیه ۹۰۰ میوه از ۶۰ جمعیت مختلف انجام شد. در تصویربرداری میوه‌ها برای سیستم نورپردازی از یک لامپ LED و حلقه ای شکل حرفه ای (Ring Light) که دارای تنظیم کننده شدت نور بوده استفاده شد. میوه زالزالک در داخل یک پتری دیش سفید مات در وسط این لامپ حلقه ای شکل با نور سفید رنگ مستقر گردید و یک فضای گنبدی شکل فلزی بالای لامپ حلقه ای ایجاد شد. این فضای گنبدی شکل توانست کل لامپ، پتری دیش و میوه را احاطه کند. در بالای این فضای گنبدی شکل یک سوراخ برای ورود و تثبیت لنز دوربین عکاسی در فاصله ۱۲ سانتیمتری میوه تعبیه شد. این فضای گنبدی شکل از هدر رفت نور جلوگیری نموده و سبب ایجاد رنگ طبیعی در میوه‌ها طبق شکل ۶ برای تصویربرداری شد.



شکل ۶- تصویربرداری از میوه‌های زالزالک در پنج رنگ در بخش بالا و دو شکل مجزا در بخش پایین در سه جهت شامل:

الف: ناحیه‌ای که دم میوه به آن متصل می‌شود، ب: سمت جانبی میوه، ج: گلگاه میوه گرفته شده است (از راست به چپ)

نرم‌افزار رایانه ای آنالیز دیجیتالی رنگی بنام Image pro plus رنگ نمونه‌های میوه انتخاب شده را به وسیله مدل RGB به داده‌های عددی تبدیل نموده و داده‌های عددی استخراج شده که حاوی میانگین عددی رنگهای قرمز با نماد (R)، سبز با نماد (G) و آبی با نماد (B) بودند به نرم‌افزار EXCEL منتقل شده و سپس داده‌های مربوط به هر میوه با رابطه‌های زیر تحت نرم‌افزار EXCEL نرمال سازی شدند که در رابطه‌ها اعداد نرمال شده میانگین عددی رنگ قرمز با نماد (r)، اعداد نرمال شده میانگین عددی رنگ سبز با نماد (g) و اعداد نرمال شده میانگین عددی رنگ آبی با نماد (b) نشان داده شدند.

$r = R/(R+G+B)$
$g = G/(R+G+B)$
$b = B/(R+G+B)$

با استفاده از پنج رابطه، پنج شاخص عددی هر میوه مربوط به رنگ‌های قرمز، سبز و آبی تحت نرم‌افزار EXCEL محاسبه شدند.

$I_1 = I_{GREEN} = g-r/g+r$ شاخص اول رنگ سبز

$I_2 = I_{RED} = r-g/r+g$ شاخص اول رنگ قرمز

$I_3 = I_{BLUE} = b-r/b+r$ شاخص اول رنگ آبی

$I_4 = I_{GREEN} = g-b/g+b$ شاخص دوم رنگ سبز

$I_5 = I_{BLUE} = b-g/b+g$ شاخص دوم رنگ آبی

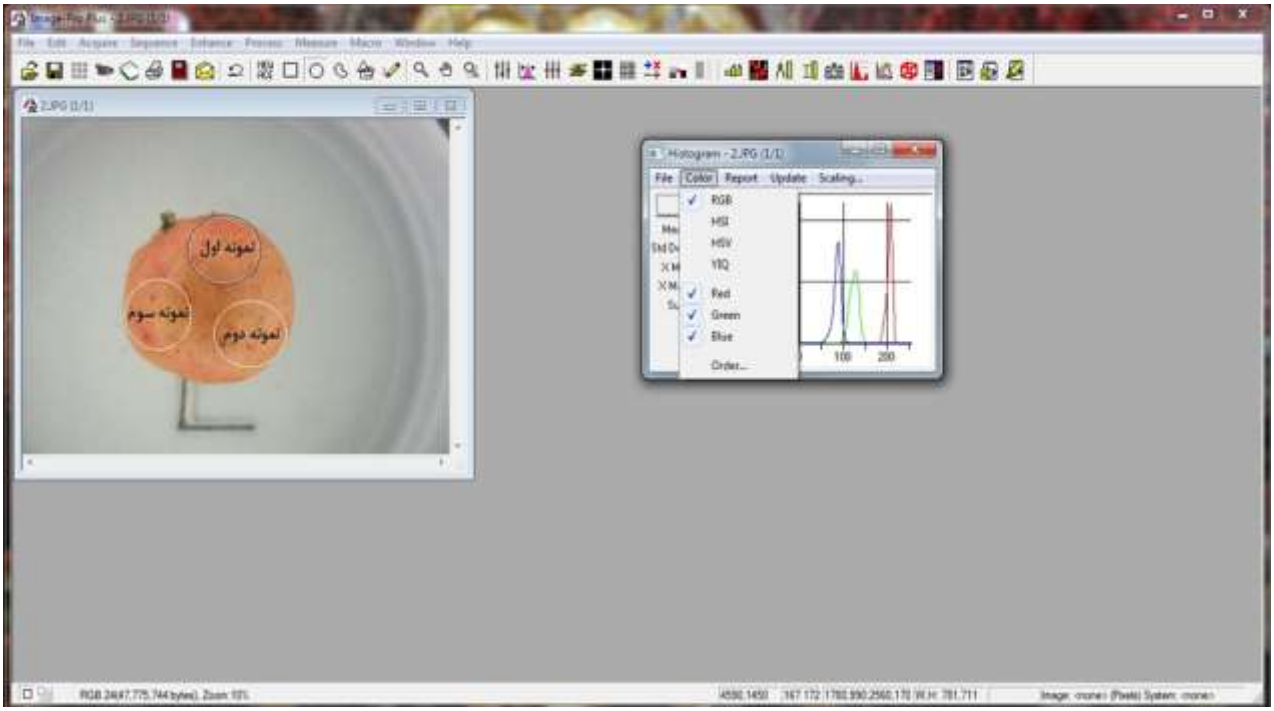
برای افزایش دقت در رنگ سنجی در مدل RGB همواره از بخش جانبی هر میوه زالزالک سه نمونه تصویری به صورت تصویر رنگی و با فرمت JPG از نقاط مختلف و مجزای هر میوه با وسعت سطح برابر با استفاده از نرم‌افزار رایانه ای آنالیز دیجیتالی رنگی Image pro plus طبق شکل ۷ گرفته شد. داده‌های خام ارسالی از نرم‌افزار Image pro plus برای محاسبات بیشتر به نرم‌افزار Excel طبق شکل ۸ منتقل و با نرم‌افزار آماری SPSS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. برای مقایسه ظاهری اندازه و شکل و رنگ میوه، تصویربرداری از سه بخش جانبی، گلگاه و محل اتصال دم میوه در ۹۰۰ میوه از ۶۰ جمعیت مختلف انجام شد. در این مقایسه ظاهری میوه‌ها از لحاظ رنگ به پنج دسته طبق شکل ۶ تقسیم شد. شکل ظاهری میوه‌ها نیز به دو دسته گرد و کشیده طبق شکل ۶ تقسیم بندی شد. برای افزایش دقت در نتایج بعدی با استفاده از فناوری رنگ سنجی مجموع نزدیک به ده هزار داده استخراجی از ۳۰۰ میوه (منتخب از ۹۰۰ میوه نمونه برداری شده برای مقایسه ظاهری) در نرم‌افزار Image pro plus، با نرم‌افزار آماری SPSS با طرح آزمایشی کاملاً تصادفی نامتعادل اقدام به تحلیل واریانس یک طرفه (One-way Anova) شد. کوهستانی بودن و وسعت زیاد منطقه و نیز فاصله بسیار زیاد درختان زالزالک از هم در محدوده زالزالک خیز منطقه حفاظت شده سهند موجب تفاوت در تعداد تکرارها در هر تیمار گردید. منطقه نمونه برداری شده به هفت ارتفاع مختلف (یا هفت تیمار) تقسیم بندی شد که این هفت تیمار جمعاً شامل ۶۰ تکرار زیر می باشند:

۱- تیمار اول (ارتفاع اول): از ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا با هفت تکرار (هفت درخت).

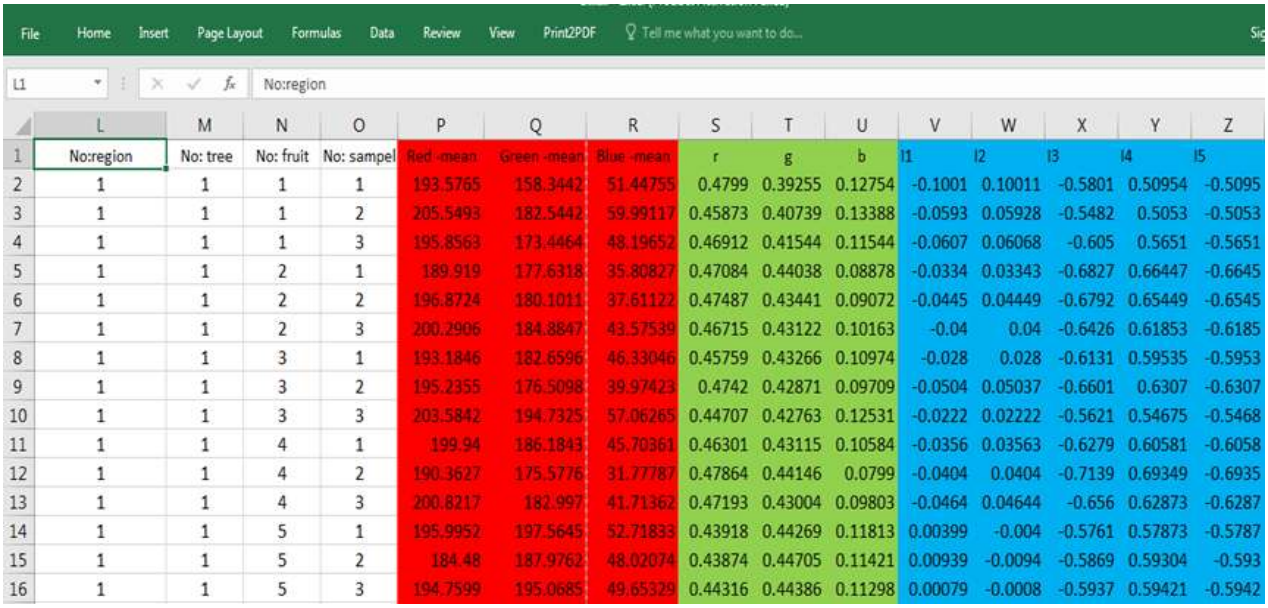
۲- تیمار دوم (ارتفاع دوم): از ارتفاع ۱۶۰۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا با چهار تکرار (چهار درخت).

۳- تیمار سوم (ارتفاع سوم): از ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا با پانزده تکرار (پانزده درخت).
۴- تیمار چهارم (ارتفاع چهارم): از ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ متر از سطح دریا با ده تکرار (ده درخت).
۵- تیمار پنجم (ارتفاع پنجم): از ارتفاع ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا با یازده تکرار (یازده درخت).
۶- تیمار ششم (ارتفاع ششم): از ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۲۱۰۰ متر از سطح دریا با نه تکرار (نه درخت).
۷- تیمار هفتم (ارتفاع هفتم): از ارتفاع ۲۱۰۰ تا ۲۲۰۰ متر از سطح دریا با چهار تکرار (چهار درخت).

تجزیه آماری برای مقایسه میانگین‌های هفت تیمار (هفت ارتفاع) با استفاده از نرم‌افزار SPSS با تحلیل واریانس یک طرفه و سپس مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن با درجه خطا ۰/۰۵ به صورت زیر انجام شد. در ارتفاع چهارم جمعیت پنجم به علت لهیدگی دو عدد از میوه‌ها در این جمعیت فقط سه میوه و نیز در ارتفاع پنجم جمعیت هفتم به علت لهیدگی یک عدد از میوه‌ها در این جمعیت فقط چهار میوه نمونه برداری شدند و در بقیه ۵۸ جمعیت دیگر پنج میوه و از هر میوه سه بخش جانبی مجزا نمونه برداری شدند.



شکل ۷- تصویری از فناوری رنگ سنجی دیجیتالی اولین بخش نمونه برداری یک میوه زالزالک با مدل RGB با نرم‌افزار Image pro plus. برای افزایش دقت از هر میوه سه نمونه با تصویر رنگی از نقاط مختلف جانبی میوه گرفته شده است.



	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	No:region	No: tree	No: fruit	No: sampel	Red -mean	Green -mean	Blue -mean	r	g	b	I1	I2	I3	I4	I5
2	1	1	1	1	193.5765	158.3442	51.44755	0.4799	0.39255	0.12754	-0.1001	0.10011	-0.5801	0.50954	-0.5095
3	1	1	1	2	205.5493	182.5442	59.99117	0.45873	0.40739	0.13388	-0.0593	0.05928	-0.5482	0.5053	-0.5053
4	1	1	1	3	195.8563	173.4464	48.19652	0.46912	0.41544	0.11544	-0.0607	0.06068	-0.605	0.5651	-0.5651
5	1	1	2	1	189.919	177.6318	35.80827	0.47084	0.44038	0.08878	-0.0334	0.03343	-0.6827	0.66447	-0.6645
6	1	1	2	2	196.8724	180.1011	37.61122	0.47487	0.43441	0.09072	-0.0445	0.04449	-0.6792	0.65449	-0.6545
7	1	1	2	3	200.2906	184.8847	43.57539	0.46715	0.43122	0.10163	-0.04	0.04	-0.6426	0.61853	-0.6185
8	1	1	3	1	193.1846	182.6596	46.33046	0.45759	0.43266	0.10974	-0.028	0.028	-0.6131	0.59535	-0.5953
9	1	1	3	2	195.2355	176.5098	39.97423	0.4742	0.42871	0.09709	-0.0504	0.05037	-0.6601	0.6307	-0.6307
10	1	1	3	3	203.5842	194.7325	57.06265	0.44707	0.42763	0.12531	-0.0222	0.02222	-0.5621	0.54675	-0.5468
11	1	1	4	1	199.94	186.1843	45.70361	0.46301	0.43115	0.10584	-0.0356	0.03563	-0.6279	0.60581	-0.6058
12	1	1	4	2	190.3627	175.5776	31.77787	0.47864	0.44146	0.0799	-0.0404	0.0404	-0.7139	0.69349	-0.6935
13	1	1	4	3	200.8217	182.997	41.71362	0.47193	0.43004	0.09803	-0.0464	0.04644	-0.656	0.62873	-0.6287
14	1	1	5	1	195.9952	197.5645	52.71833	0.43918	0.44269	0.11813	0.00399	-0.004	-0.5761	0.57873	-0.5787
15	1	1	5	2	184.48	187.9762	48.02074	0.43874	0.44705	0.11421	0.00939	-0.0094	-0.5869	0.59304	-0.593
16	1	1	5	3	194.7599	195.0685	49.65329	0.44316	0.44386	0.11298	0.00079	-0.0008	-0.5937	0.59421	-0.5942

شکل ۸- داده‌های ارسالی به نرم‌افزار EXCLE حاصل از فناوری رنگ سنجی دیجیتالی نرم‌افزار Image pro plus. این ۱۶۵ داده استخراجی فقط از یک درخت زالزالک (از کل ۶۰ درخت) شامل پنج میوه که از هر میوه نیز شامل تصویر سه قسمت جانبی یک میوه زالزالک با مدل RGB می باشند که با نرم‌افزار آماری SPSS مورد آنالیز آماری قرار گرفتند.

- اعداد چهار ستون سفید رنگ به ترتیب از چپ به راست:

الف - شماره ارتفاع نمونه برداری شده می باشد. هر ارتفاع صد متری معادل یک تیمار می باشد.

ب- شماره درخت نمونه برداری شده می باشد. هر درخت معادل یک تکرار در هر تیمار می باشد.

ج- شماره میوه نمونه برداری شده می باشد. از هر درخت پنج میوه و در کل در این قسمت از پژوهش ۳۰۰ میوه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

د- شماره تصویر بخش جانبی نمونه برداری شده از یک میوه می باشند.

- اعداد سه ستون قرمز رنگ در شکل بالا بیانگر میانگین عددی سه رنگ قرمز (Red Mean)، سبز (Green Mean) و آبی (Blue Mean) می باشند.

- اعداد سه ستون سبز رنگ در شکل بالا بیانگر داده‌های نرمال شده حاصل از میانگین عددی رنگ‌های قرمز (r)، سبز (g) و آبی (b) می باشند.

- اعداد سه ستون آبی رنگ در شکل بالا نشان دهنده شاخص‌های عددی مربوط به رنگ‌های قرمز (I_2)، سبز (I_1 and I_4) و آبی (I_3 I_5 and) می باشند.

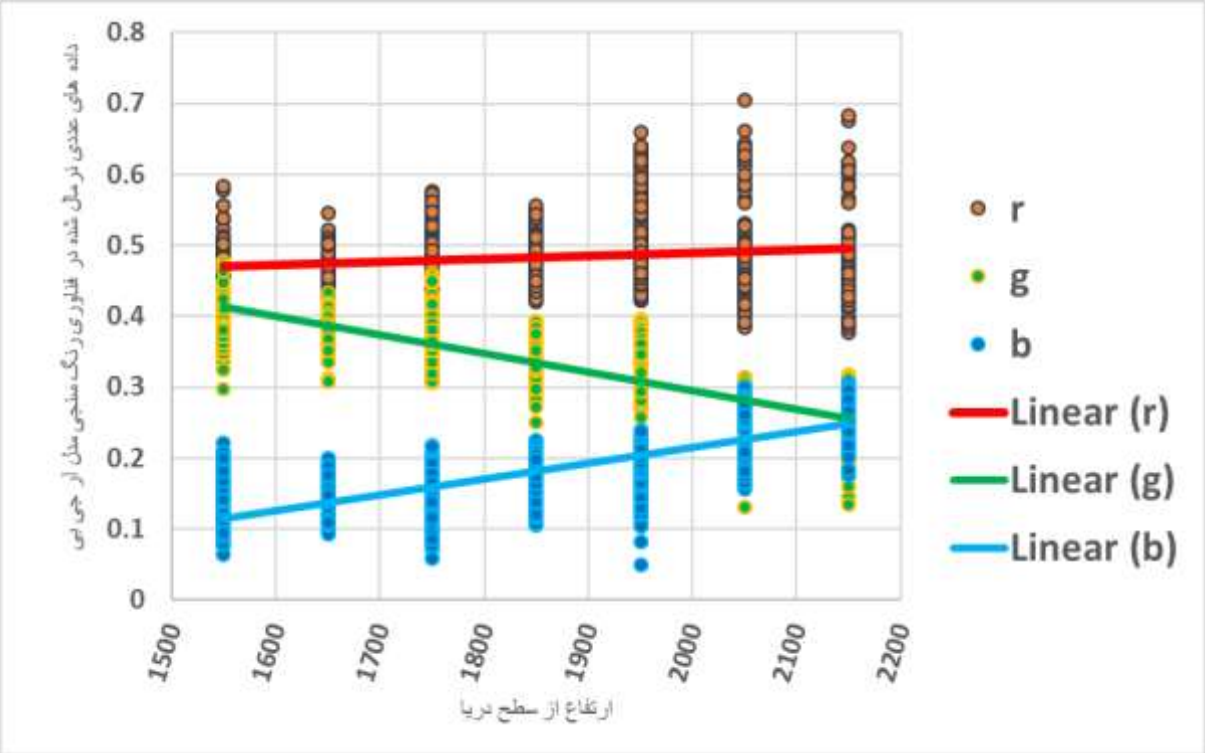
بنابراین تحقیق در مورد تنوع فنوتیپی گیاه زالزالک در بیشه زارهای زالزالک خیز منطقه حفاظت شده سهند با استفاده از دو روش زیر انجام شد:

در روش اول تحقیق در مورد تنوع فنوتیپی با بکاربری فناوری رنگ سنجی دیجیتالی میوه با مدل RGB با ۹۰۰ نمونه تصویری از ۳۰۰ عدد میوه با مجموع نزدیک به ۱۰،۰۰۰ داده عددی استخراج شده از این پژوهش انجام شد.

در روش دوم تحقیق در مورد تنوع فنوتیپی با ارزیابی صفات ظاهری میوه (رنگ و شکل میوه) و با تصویربرداری از ۲۷۰۰ نمونه تصویری از ۹۰۰ عدد میوه انجام گرفت.

یافته‌ها

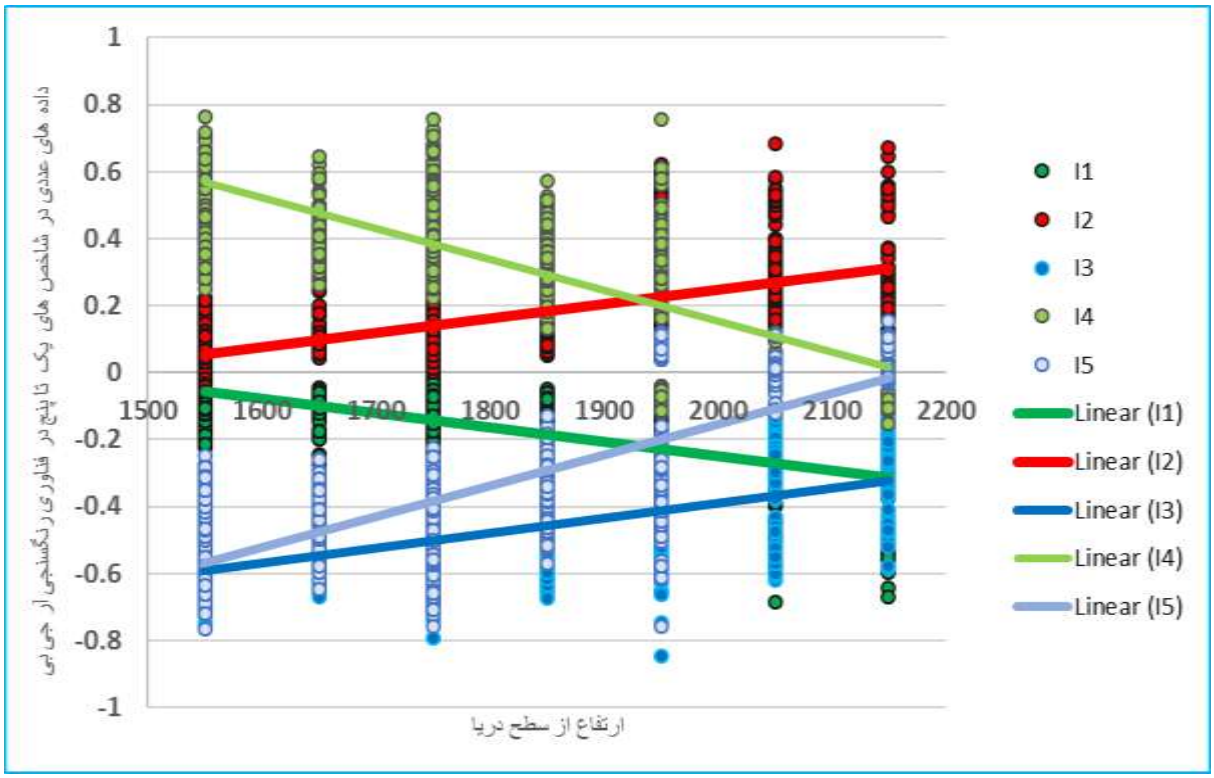
نرم‌افزار رایانه ای آنالیز دیجیتالی رنگی Image pro plus طبق شکل ۸، رنگ نمونه‌های میوه انتخاب شده را به وسیله مدل رنگ سنجی RGB به داده‌های عددی تبدیل نموده و داده‌های عددی استخراج شده که حاوی میانگین عددی رنگ‌های قرمز با نماد R، سبز با نماد G و آبی با نماد B بودند با رابطه‌های مربوطه در فصل مواد و روش‌ها نرمال‌سازی و با شکل ۹ تفسیر شدند. نمودار پراکندگی به عنوان نمودار همبستگی هم شناخته می‌شود و نموداری است که از دو متغیر تشکیل شده است: یک متغیر مستقل در محور X و یک متغیر اثر در محور Y. در صورتی که با افزایش یک متغیر دیگری نیز افزایش یابد همبستگی مثبت بین دو متغیر برقرار می گردد و در صورتی که با افزایش یکی دیگری کاهش یابد همبستگی بین دو متغیر منفی خواهد بود. طبق شکل ۹ اعداد نرمال شده میانگین عددی رنگ قرمز با نماد r، اعداد نرمال شده میانگین عددی رنگ سبز با نماد g و اعداد نرمال شده میانگین عددی رنگ آبی با نماد b نشان داده شدند. در شکل ۹ هر نقطه در هر رنگ نشان دهنده میانگین عددی نرمال شده هر رنگ در یک جمعیت از ۶۰ جمعیت میوه‌های زالزالک می باشد مثلاً یک نقطه قرمز نشان دهنده میانگین عددی نرمال شده رنگ قرمز در یک جمعیت از میوه‌های زالزالک می باشد و نیز یک خط قرمز نیز نشان دهنده مجموع چندین نقطه قرمز کنار هم می‌باشد. محور افقی نمودار ارتفاع از سطح دریای جمعیت‌های نمونه‌برداری شده و محور عمودی داده‌های عددی نرمال شده در مدل رنگ سنجی دیجیتالی RGB را نشان می دهد. در شکل ۹ میانگین عددی داده‌های نرمال شده در رنگ قرمز یا r با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده و به استناد همبستگی خطی که به رنگ قرمز کشیده شده به تدریج و با یک شیب ملایم در میوه‌ها افزایش می یابد. در شکل ۹ طبق میانگین عددی داده‌های نرمال شده رنگ سبز یا g با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده و به استناد همبستگی خطی که به رنگ سبز کشیده شده به تدریج و با یک شیب نسبتاً تند کاهش می یابد. همچنین در میوه‌های زالزالک رنگ زرد از مهم ترین رنگ‌های میوه بوده و چون رنگ زرد از اصلی ترین رنگ‌های تشکیل دهنده رنگ سبز می باشد و به استناد همبستگی خطی رنگ سبز می توان نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده زالزالک به تدریج رنگ زرد مانند رنگ سبز در میوه‌ها کاهش می یابد و چون رنگ قرمز افزایش می‌یابد به تدریج رنگ میوه‌ها به نارنجی و سپس به قرمز متمایل می شوند. در شکل ۹ میانگین عددی داده‌های نرمال شده رنگ آبی یا b با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده زالزلک و به استناد همبستگی خطی که به رنگ آبی کشیده شده به تدریج و با یک شیب نسبتاً تند در میوه‌ها افزایش می یابد و چون رنگ آبی از اصلی ترین رنگ‌های تشکیل دهنده رنگ ارغوانی می باشد (آبی+ قرمز = ارغوانی) به استناد رنگ آبی می توان نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده زالزالک تدریجاً رنگ آبی در میوه‌ها افزایش می یابد تا رنگ میوه‌ها از قرمز به قرمز بسیار پر رنگ مایل به ارغوانی تغییر یابد.



شکل ۹- همبستگی (رگرسیون) داده‌های عددی نرمال شده رنگ‌های قرمز (r)، سبز (g)، آبی (b) در نمودار پراکندگی توسط مدل رنگ سنجی RGB

طبق شکل ۱۰ بعد از نرمال سازی داده‌ها، اعداد نرمال شده میانگین عددی رنگ قرمز با نماد r، اعداد نرمال شده میانگین عددی رنگ سبز با نماد g و اعداد نرمال شده میانگین عددی رنگ آبی با نماد b نشان داده شدند. با استفاده از رابطه‌های فصل مواد و روش‌ها، شکل ۱۰ و همبستگی خطی شاخص‌های عددی که عبارتند از I_5 و I_4 و I_3 و I_2 و I_1 ترسیم شدند. در شکل ۱۰، I_1 شاخص عددی رنگ سبز، I_2 شاخص عددی رنگ قرمز، I_3 شاخص عددی رنگ آبی، I_4 شاخص عددی رنگ سبز و I_5 شاخص عددی رنگ آبی می باشند. محور افقی ارتفاع از سطح دریای ۶۰ جمعیت میوه ای نمونه برداری شده و محور عمودی داده‌های عددی شاخص‌های I_5 و I_4 و I_3 و I_2 و I_1 در مدل رنگ سنجی RGB را نشان می دهند. در شکل ۱۰ شاخص عددی رنگ سبز (I_4, I_1) با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده و به استناد همبستگی‌های خطی که به رنگ سبز کم رنگ و سبز پر رنگ کشیده شده است با یک شیب نسبتاً تند در میوه‌ها کاهش می یابد. در میوه‌ها رنگ زرد از مهم ترین رنگ‌های میوه بوده و چون رنگ زرد از اصلی ترین رنگ‌های تشکیل دهنده رنگ سبز می باشد و به استناد همبستگی خطی رنگ سبز کم رنگ و پر رنگ کشیده شده، در نتیجه با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده تدریجاً رنگ زرد مانند رنگ سبز در میوه‌ها کاهش می یابد. در شکل ۱۰ طبق شاخص عددی رنگ قرمز یا I_2 با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌ها و به استناد همبستگی خطی که به رنگ قرمز کشیده شده است به تدریج و با یک شیب نسبتاً تند در میوه‌ها افزایش می یابد. به استناد شاخص‌های رنگ سبز و قرمز با کاهش رنگ زرد و افزایش رنگ قرمز تدریجاً رنگ میوه‌ها از زرد به نارنجی و سپس به قرمز متمایل می شوند. در شکل ۱۰ طبق شاخص عددی رنگ آبی یا I_5 و I_3 با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده

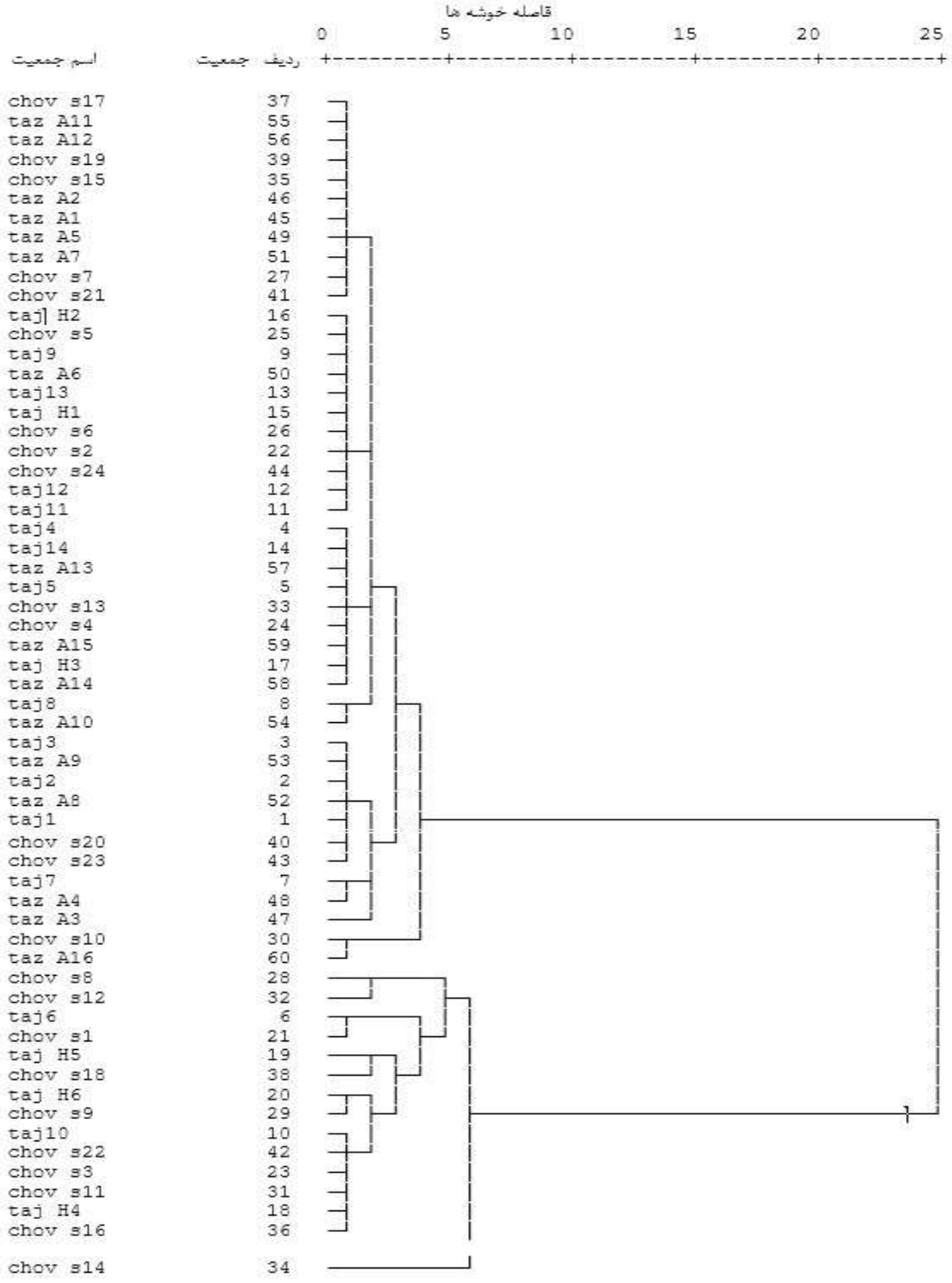
و به استناد همبستگی‌های خطی که به رنگ آبی کم رنگ و پر رنگ کشیده شده با یک شیب نسبتاً تند در میوه‌ها افزایش می یابد. رنگ آبی از اصلی ترین رنگ‌های تشکیل دهنده رنگ ارغوانی می باشد (آبی+ قرمز = ارغوانی) به استناد رنگ آبی با افزایش ارتفاع از سطح دریا در جمعیت میوه‌های زالزالک تدریجاً رنگ آبی در میوه‌ها افزایش می یابد تا رنگ میوه‌ها از قرمز به قرمز بسیار پر رنگ مایل به ارغوانی متمایل شود.



شکل ۱۰- همبستگی (رگرسیون) داده‌های عددی شاخص‌های I_5 I_4 I_3 I_2 I_1 در نمودار پراکندگی با مدل رنگ سنجی RGB

برای دسته بندی یا خوشه بندی جمعیت‌ها و تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار آماری SPSS، ابتدا با نرم‌افزار Excel از نزدیک به ۲۷۰۰ داده عددی اصلی میانگین رنگ‌های قرمز، سبز و آبی متعلق به رنگ ۹۰۰ نمونه میوه ای (مربوط به ۳۰۰ عدد میوه) از ۶۰ جمعیت زالزالک در فناوری رنگ سنجی دیجیتالی مدل RGB به طور مجزا برای میوه‌های هر ۶۰ درخت میانگین گرفته شد و در ادامه با نرم‌افزار Excel از میانگین‌های میوه ای مربوط به هر درخت یک میانگین واحد گرفته شد، به طوری که برای هر یک از ۶۰ درخت یک عدد محاسبه شد که این عدد برای خوشه بندی سلسله مراتبی به نرم‌افزار SPSS منتقل شد. سپس در نرم‌افزار SPSS از مسیر Analyze به Classify و سپس Hierarchical clustering اقدام به خوشه بندی سلسله مراتبی ۶۰ جمعیت درختان زالزالک شد که در این خوشه بندی فاصله خوشه‌ها با در نظر گرفتن فاصله اقلیدسی مشخص شد. طبق شکل ۱۱ سه ستون اول سمت چپ اسامی جمعیت‌ها و ستون دوم سمت چپ ردیف جمعیت‌ها را مشخص می کند که می توان با این خوشه بندی جمعیت‌هایی را که از لحاظ رنگ میوه شباهت بیشتری دارند در یک گروه یا گروه‌های نزدیک تر و جمعیت‌هایی که از لحاظ رنگ میوه شبیه هم نیستند یا شباهت کمتری دارند را در گروه‌های مجزا با

فاصله مشخص شده مشاهده کرد. در شکل ۱۱ در بخش اسم جمعیت، حروف انگلیسی نشان دهنده اسم منطقه چوان chov ، تجرق taj، تازه کند taz بوده و عدد چسبیده به حروف نشان دهنده شماره جمعیت است. مثلاً اگر اسم جمعیت chovs15 باشد به این معنی است که این جمعیت درخت پانزدهم از منطقه چوان می باشد و شماره ردیف جمعیت نشان دهنده شماره جمعیت از کل ۶۰ جمعیت می باشد. ارزیابی فنوتیپی به صورت مشاهده ظاهری شکل و رنگ میوه با تصویر برداری از سه بخش جانبی، گلگاه و محل اتصال دم میوه در ۹۰۰ عدد میوه از ۶۰ جمعیت مختلف انجام شد. ارزیابی ظاهری میوه‌ها با طبقه بندی از لحاظ رنگ طبق شکل ۶ منجر به تقسیم بندی گیاه زالزالک به پنج دسته مجزا و از لحاظ شکل ظاهری میوه‌ها منجر به تقسیم بندی به دو دسته گرد و کشیده طبق شکل ۶ شد.

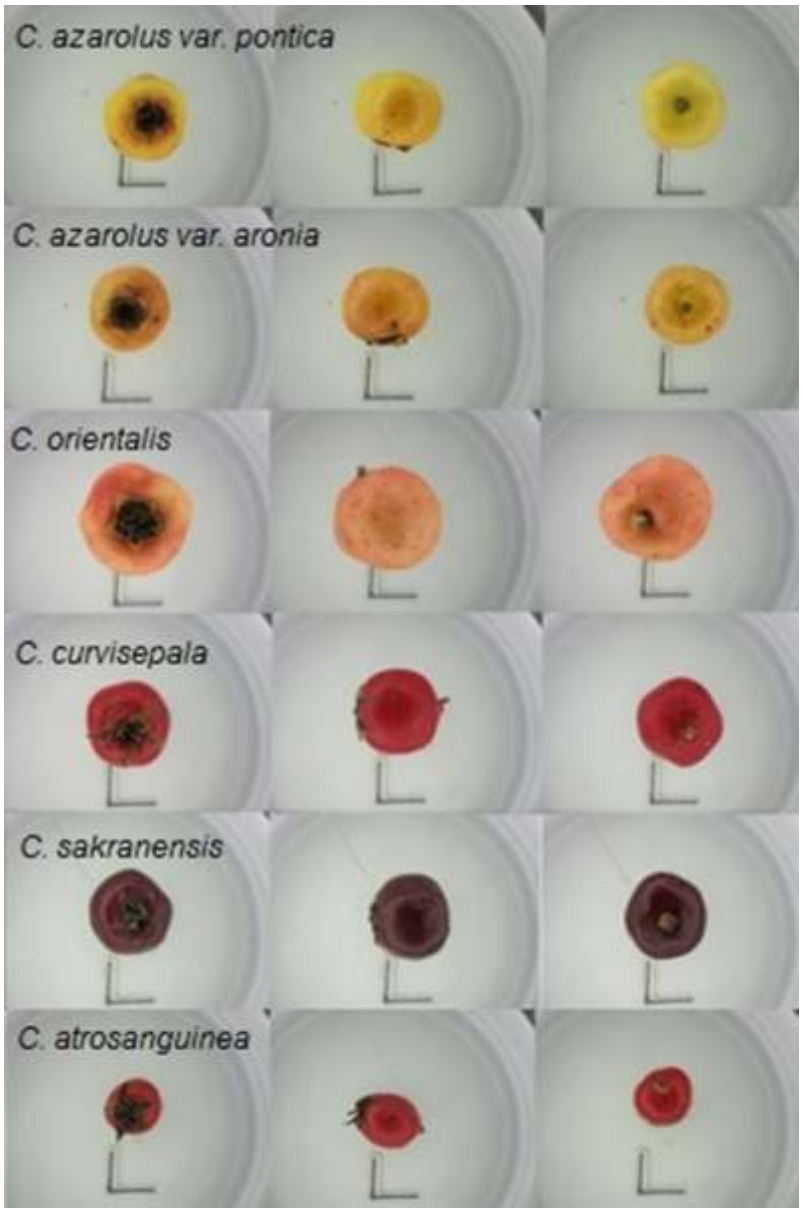


شکل ۱۱- خوشه‌بندی درختان زالزالک برحسب میانگین عددی رنگ میوه در مدل رنگ‌سنجی RGB

بحث و نتیجه‌گیری

فناوری نوین رنگ سنجی در گیاهان تنوع فنوتیپی موجود در یک توده را نشان می دهد که با این فناوری شناسایی ناهمسانی فنوتیپی یک توده گیاهی با صرف کمترین وقت و حداقل هزینه نسبت به روش‌های دیگر مانند مارکرهای مولکولی انجام می شود. به استناد پژوهش‌های انجام گرفته این فناوری نوین برای کارهای تحقیقاتی مناسب است (Alexey and Bateman, 2005; Wang et al., 2014).

با توجه به پژوهش‌های قبلی انجام گرفته برای ارزیابی گونه‌های بومی موجود در آذربایجان شرقی و به استناد رنگ و شکل ظاهری میوه و با تطبیق و مقایسه رنگ و شکل میوه‌های این پژوهش با پژوهش‌های صورت گرفته با استفاده از شکل ۱، ۲ و ۶ در این مورد می توان به استناد شکل ۱۲ به نتایجی مهمی در شناسایی گونه‌ها با توجه به رنگ میوه نائل گردید (Jafari, 2012; Alirezalu et al., 2018 and 2020).



شکل ۱۲- نام علمی گونه‌های مورد تحلیل قرار گرفته در منطقه حفاظت شده سهند با ارزیابی رنگ میوه

ارزیابی فنوتیپی به صورت مشاهده ظاهری شکل و رنگ میوه با تصویربرداری از سه بخش جانبی، گلگاه و محل اتصال دم میوه در ۹۰۰ عدد میوه از ۶۰ جمعیت مختلف طبق شکل ۳ انجام شد. این ارزیابی ظاهری میوه‌ها با طبقه بندی از لحاظ رنگ طبق شکل ۶ منجر به تقسیم بندی گیاه زالزالک به پنج دسته مجزا و از لحاظ شکل ظاهری میوه‌ها منجر به تقسیم بندی به دو دسته گرد و کشیده طبق شکل ۶ شد. به استناد شکل ۹ و با ارزیابی مجموع سه رنگ قرمز، سبز و آبی و با تحلیل مجموع نزدیک به ۲۷۰۰ داده عددی نرمال شده در مدل RGB می توان استنباط نمود که با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده زالزالک تدریجاً رنگ میوه‌ها از زرد به نارنجی و سپس به قرمز و در ادامه در ارتفاعات بالاتر به رنگ قرمز بسیار پر رنگ مایل به ارغوانی متمایل شده و با یک شیب پیوسته اشتقاق فنوتیپی ایجاد می شود. به استناد شکل ۱۰ با ارزیابی مجموع نزدیک به ۴۵۰۰ داده عددی از پنج شاخص عددی رنگ‌های قرمز، سبز و آبی یا I_5 و I_4 و I_3 و I_2 و I_1 می توان استنباط کرد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ۶۰ جمعیت میوه‌های نمونه برداری شده زالزالک تدریجاً رنگ میوه‌ها از زرد به نارنجی و سپس به قرمز و در ادامه به رنگ قرمز بسیار پر رنگ مایل به ارغوانی تغییر می یابد و طبق شکل ۶ با یک شیب پیوسته اشتقاق فنوتیپی ایجاد می شود. اگر فاصله خوشه‌ها را طبق شکل ۱۱ عدد صفر در نظر بگیریم، ۶۰ جمعیت منتخب از منطقه حفاظت شده سهند به ۱۴ خوشه مجزا و مستقل از هم تقسیم می شوند که این امر نشان دهنده تنوع فنوتیپی بسیار زیاد در این منطقه است. برای ارزیابی فنوتیپی به روش مشاهده ظاهری (چشمی) و به استناد شکل ۶ و با بررسی ۹۰۰ عدد میوه زالزالک می توان استنباط نمود که گیاه زالزالک در منطقه حفاظت شده سهند از لحاظ رنگ به پنج دسته مجزا و از لحاظ شکل به دو دسته مجزا طبعاً با تنوع فنوتیپی نسبتا کم تقسیم می شوند. این پژوهش نشان می دهد که با بررسی تنوع فنوتیپی میوه گیاه زالزالک در منطقه حفاظت شده سهند و با استفاده از روش ارزیابی رنگ میوه با فناوری رنگ سنجی دیجیتالی مدل RGB با دقت اندازه گیری بسیار زیاد و قابل استنادتر و نیز روش ارزیابی ظاهری شکل و رنگ میوه با دقت اندازه گیری نسبتاً کم در زالزالک و بررسی نتایج این دو روش می توان به نتایج قابل اطمینان در زمینه ارزیابی تنوع فنوتیپی در گیاه زالزالک دست یافت. ارزیابی فنوتیپی به صورت مشاهده ظاهری شکل و رنگ میوه با تصویر برداری از سه بخش جانبی، گلگاه و محل اتصال دم میوه در ۹۰۰ عدد میوه از ۶۰ جمعیت مختلف به استناد شکل ۴ انجام شد. این ارزیابی ظاهری میوه‌ها با طبقه بندی از لحاظ رنگ طبق شکل ۶ منجر به تقسیم بندی گیاه زالزالک به پنج دسته مجزا و از لحاظ شکل ظاهری میوه‌ها منجر به تقسیم بندی به دو دسته گرد و کشیده طبق شکل ۶ شدند. از شاخصهای I_5 و I_4 و I_3 و I_2 و I_1 محاسبه شده با پنج رابطه و سپس آنالیز آنها با شکلهای ۹، ۱۰ و ۱۱ می توان نتیجه گرفت که برای بررسی ارزیابی مرکز تنوع، خاستگاه و ذخیره گاه ژنتیکی یک گیاه در یک منطقه، فناوری رنگ سنجی دیجیتالی مدل RGB می تواند جایگزین قابل اعتمادی باشد. تجزیه آماری داده‌های استخراجی با شکلهای ۹، ۱۰ و ۱۱ در ارزیابی تنوع فنوتیپی گویای این بود که در ۶۰ جمعیت زالزالک منتخب در منطقه حفاظت شده سهند تنوع فنوتیپی بسیار زیادی وجود داشته و این منطقه می تواند برای درخت زالزالک به عنوان یکی از مراکز مهم خاستگاه این گیاه که منجر به تنوع و تکامل ژنتیکی می گردد و نیز به عنوان یکی از منابع مهم ذخیرگاه ژنتیکی در اصلاح آن در ایران تلقی شود که با شناسایی و نگهداری از این منابع ژرم پلاسم می توان از فرسایش ژنتیکی این گیاه در ایران جلوگیری کرد. براساس نتایج دقیق همراه با صرفه جویی در وقت و هزینه در استفاده از این فناوری رنگ سنجی دیجیتالی نسبت به سایر روش‌ها مانند روش مارکرهای مولکولی در محدوده منطقه حفاظت شده سهند به عنوان قطعه آزمایشی، می توان این فناوری نوین رنگ

سنجی دیجیتالی را برای آمایش سرزمینی تنوع فنوتیپی گیاه زالزالک و سایر گیاهان جنگلی برای پیش برد اهداف جنگل‌شناسی و گیاه‌شناسی در ایران تعمیم داد و توصیه نمود.

سپاسگزاری

از ایزد منان که این توفیق این پژوهش را به من عطا فرمود شکرگزارم. از استاد ارجمند جناب آقای دکتر محمد ضا دادپور (دانشیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز) و از استاد ارجمند جناب آقای دکتر علی عبادی (استاد تمام گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران) و اساتید گروه معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه که طی مدت پژوهش بنده را مورد لطف و عنایت خود قرار دادند صمیمانه سپاسگزارم.

منابع

Abdolalipour, M., Zaare Nahandi, F., Dadpour, M. R., and Sadighzadeh, Z. (2016). Identification of some citrus genotypes using leaf shape analysis based on Elliptical Fourier descriptors. Biological Forum - An International Journal, 8(1), 226-232. ISSN No. (Online): 2249-3239.

Alexey, B., and Bateman, R. M. (2005). Geometric morphometrics as a tool for understanding Dactylorhiza (Orchidaceae) diversity in European Russia. Biological Journal of the Linnean Society, 85, 1–12. https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00468.x.

Alirezalu, A., Salehi, P., Ahmadi, N., Sonboli, A., Aceto, S., Hatami Maleki, H., and Ayyari, M. (2018). Flavonoids profile and antioxidant activity in flowers and leaves of hawthorn species (*Crataegus* spp.) from different regions of Iran. International Journal of Food Properties, 21(1), 452-470. https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1446146.

Alirezalu, A., Ahmadi, N., Salehi, P., Sonboli, A., Alirezalu, K., Mousavi Khaneghah, A., Barba, F. J., Paulo, E. S. M., and Lorenzo, J. M. (2020). Physico-chemical characterization, antioxidant activity, and phenolic compound of Hawthorn (*Crataegus* spp.) fruits species for potential use in food applications. Foods, 436(9), 1-15. https://doi.org/10.3390/foods9040436.

Chitwood, D. H., Ranjan, A., Martinez, C. C., Headland, L. R., Thiem, T., Kumar, R., Covington, M. F., Hatcher, T., Naylor, D. T., Zimmerman, S., Downs, N., Raymundo, N., Buckler, E. S., Maloof, J. N., Aradhya, M., Prins, B., Li, L., Myles, S., and Sinha, N. R. (2014). A modern ampelography: a genetic basis for leaf shape and venation patterning in grape. Plant Physiology, 164(1), 259-272. https://doi.org/10.1104/pp.113.229708.

Fernandes de Oliveira, A., et al. (2015). Distinctive anthocyanin accumulation responses to temperature and natural UV radiation of two field-grown Vitis vinifera L. cultivars. Molecules, 20, 2061-2080.

Google. (2024). Google Maps. Retrieved December 16, 2024, from https://www.google.com/maps.

Google. (2024). Google Earth. Retrieved December 16, 2024, from https://earth.google.com.

He, F., Mu, L., Yan, G. L., Liang, N. N., Pan, Q. H., Wang, J., Reeves, M. J., and Duan, C. Q. (2010). Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. Molecules, 15, 9057-9091.

Jafari, M. (2012). The state of the world's forest genetic resources country report Iran. This country report is prepared as a contribution to the FAO publication. The Report on the State of the World's Forest Genetic Resources, 133p.

Kay, G.R. (1992). Color analysis and the classification of fruit [Dissertation]. Cape Town: University of Cape Town.

McDonald, J.H. (2009). Handbook of biological statistics (2nd ed.). Baltimore, Maryland, U.S.A: Sparky House Publishing.

Ma, Y., Ma, X., Gao, X., Wu, W., and Zhou, B. (2021). Light induced regulation pathway of anthocyanin. International Journal of Molecular Sciences, 22, 11116. https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00468.x.

Wang, Y., Wang, D., Shi, P., and Omasa, K. (2014). Estimating rice chlorophyll content and leaf nitrogen concentration with a digital still color camera under natural light. Plant Methods, 10, 36. https://doi.org/10.1186/1746-4811-10-36.

Assessment of phenotypic diversity of hawthorn fruit in hawthorn-rich thickets of the Sahand Protected Area using modern digital colorimetry technology with RGB model application

S. M.A. Khajeddini[1*] and K. Eftekhari[2]

1- Member of scientific board, Department of Horticultural Sciences, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran.
2- Member of scientific board, Department of Architecture, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran.

Abstract

Hawthorn, scientifically known as *Crataegus* spp., belongs to the Rosaceae family and has fruit that is spherical to oval in shape, with colors ranging from yellow, orange, red, purple, to black. The main centers of genetic diversity for this genus are forests, thickets, and protected plant areas from Turkey to Iran. There are over a thousand species of hawthorn worldwide, with twenty-two species identified in Iran and nine species in East Azerbaijan. The aim of this research is to evaluate and validate the RGB digital colorimetry technology as an innovative method for studying the phenotypic diversity of hawthorn plants and to generalize this technology for examining the phenotypic diversity of other plant communities in forests, thickets, and protected plant areas in Iran and worldwide. Digital colorimetry is a quantitative and statistical method for assessing color differences in a plant. Qualitative and visual studies of an image produce a detailed description, but digital colorimetry technology generates tables with a list of broken-down numbers that are so precise that the human eye cannot visualize color differences. The first method of this research, using digital colorimetry technology, extracted nearly ten thousand numerical data from three hundred fruits (with nine hundred image samples) from sixty populations of hawthorn trees using the Image Pro Plus software with the RGB model. This was based on scatter plots and hierarchical clustering with high and reliable phenotypic diversity in the sixty studied populations. The second method involved examining the external traits and imaging three sections: the lateral, the receptacle, and the stem attachment of nine hundred fruits (with two thousand seven hundred image samples). The visual assessment of the shape and color of the captured fruit images showed relatively low phenotypic diversity with lower accuracy compared to the first method in the sixty studied hawthorn populations. The evaluation of phenotypic diversity using RGB digital colorimetry technology, compared to other methods such as assessing plants with molecular markers, can be a suitable alternative due to its low cost and time-saving nature, combined with accurate and reliable results. This digital colorimetry technology can be generalized and recommended for the assessment of forests, thickets, and protected plant areas to advance the goals of species evaluation and diversity in forests, thickets, and protected plant areas in Iran and worldwide.

Keywords: Digital Colorimetry, Hawthorn Fruit, Phenotypic Diversity, RGB Model.

*Corresponding author Tel: +98 9906831442 Email: makhajedini@m-iau.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی ارتباط بین فنولوژی با رویش شاخه و نهال در درختان بلوط ایرانی

علیرضا فرجام فر[۱]، رقیه ذوالفقاری[۲*] و پیام فیاض[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم مهندسی جنگل، دانشگاه یاسوج.
۲- دانشیار گروه جنگلداری دانشگاه یاسوج.

چکیده

فنولوژی درختان جنگلی در مناطق معتدله می‌تواند تا حد زیادی در پیش‌بینی میزان رویش و مقاومت درختان در برابر تنش‌های محیطی موثر باشد. بنابراین در این مطالعه ارتباط بین فنولوژی درختان بلوط ایرانی با میزان رویش شاخه‌های یکساله و رویش ارتفاعی نهال‌های حاصل از آن‌ها در دو توده جنگلی اطراف شهر یاسوج با اختلاف ارتفاع حدود ۲۰۰ متر بررسی شد. نتایج نشان داد که درختان در ارتفاعات پایین‌تر زودتر برگ باز کرده و زودتر نیز خزان می‌کنند. همچنین همبستگی منفی بین زمان باز شدن برگ و رویش شاخه، اما همبستگی مثبت بین میزان خزان برگ با رویش شاخه مشاهده شد. اگرچه نهال‌های حاصل از دو منطقه تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما درختان با رویش طولی بیشتر، نهال‌های بلندتری تولید کردند. جالب توجه است که نهال‌های با رویش طولی بیشتر، تعداد برگ کمتری داشتند که می‌تواند نوعی سازگاری برای کاهش تبخیر و تعرق باشد. بنابراین بر اساس نتایج این تحقیق درختان با فنولوژی باز شدن برگ دیرتر، اما خزان زودرس می‌توانند از رویش بهتری برخوردار باشند و در جنگل‌کاریها از بذر آنها استفاده شود.

واژگان کلیدی: بازشدن برگ، خزان برگ، رویش سالیانه، زاگرس.

مقدمه

فنولوژی به مطالعه زمان‌بندی رویدادهای مهم زندگی موجودات زنده مانند گل‌دهی و جوانه‌زدن می‌پردازد. این رویدادها برای رشد گیاهان و حفظ تعادل اکوسیستم بسیار مهم هستند (Wang, 2023). همچنین تغییرات دمای هوا به دلیل ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی می‌تواند به طور مستقیم بر زمان شروع فصل رشد گیاهان تأثیرگذار باشد. پدیده فنولوژی در گیاهان، مانند بازشدن برگ، گل‌دهی و خزان می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم برای تغییرات آب و هوایی باشد. در واقع وقوع فرآیندهای فنولوژیکی زودتر یا دیرتر از معمول می‌تواند تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی قرار گیرد (Alsubhi and Alzahrani, 2024). از طرف دیگر این رویدادهای فنولوژیکی مانند زمان شروع رشد و مدت زمان فصل رشد می‌تواند بر میزان رشد درختان و تشکیل چوب تأثیر قابل‌توجهی داشته باشد. درک این تعامل‌ها برای پیش‌بینی پویایی جنگل و جذب کربن بسیار مهم است (Macphie et al., 2024). اکوسیستم‌های جنگلی تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی، نگرانی‌های جدی اکولوژیکی را به‌وجود آورده‌اند و فنولوژی به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی تأثیر تغییرات اقلیمی بر پویایی جنگل‌ها شناخته می‌شود. در تحقیقی الگوهای مکانی و زمانی فنولوژی جنگل از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ با استفاده از شاخص پوشش

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۳۳۸۴۰۷۵ ایمیل: Zolfaghari@yu.ac.ir

گیاهی تقویت‌شده (EVI) مطالعه گردید، نتایج نشان داد که فنولوژی جنگل به تغییرات ارتفاع حساس است، به‌طوری که هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، موجب تأخیر ۲/۴ روز در شروع فصل رشد (SOS)، پیشرفت ۱/۴ روز در پایان فصل رشد (EOS) و کاهش ۳/۸ روز در طول فصل رشد (LOS) می‌شود. همچنین به دلیل تغییرات اقلیمی، به‌طور متوسط SOS سالانه ۰/۱۳ روز پیشرفت و EOS سالانه ۰/۲۲ روز تأخیر داشت. همچنین افزایش یک درجه سانتی‌گراد در دمای میانگین پیش فصل به ترتیب موجب افزایش ۱/۲۳ روز در SOS و تأخیر ۰/۷۲ روز در EOS می‌شود. این مطالعه به‌طور قابل‌توجهی درک ما از تغییرات فنولوژی جنگل در اکوتون‌های کوهستانی و رابطهٔ آن با متغیرهای آب و هوایی در شرایط گرم شدن کره زمین را بهبود بخشید (Xia et al., 2019). Kafaki et al. (2009) نیز طی مطالعه‌ای به بررسی فنولوژی گونه ممرز (*Carpinus betulus*) در جنگل‌های پهن‌برگ ایران از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ پرداختند که هدف اصلی آن‌ها تعیین تغییرات فصلی در رویدادهای رشد مانند ظهور برگ، گل‌دهی و ریزش برگ بود. داده‌ها از مشاهدات زمینی و تصاویر ماهواره‌ای IRS1C/1D- جمع‌آوری شدند و شش قطعه نمونه در ارتفاعات و شکل مختلف زمین انتخاب شدند. نتایج نشان داد که ظهور برگ‌ها عمدتاً از اواسط هفته سوم فروردین آغاز می‌شود و تا اوایل هفته اول اردیبهشت ادامه دارد. ریزش برگ‌ها نیز از ابتدای هفته چهارم آبان شروع شده و تا پایان هفته اول آذر ادامه می‌یابد. تجزیه و تحلیل آماری تفاوت‌های معنی‌داری در ویژگی‌های فنولوژی براساس ویژگی‌های فیزیوگرافی نشان داد. علاوه بر این، همبستگی منفی معنی‌داری بین میانگین دما و بارش با ویژگی‌های فنولوژیک مشاهده شد. به‌طور خاص، بین میانگین دما و زمان بلوغ و پاییز برگ‌ها همبستگی منفی وجود داشت. از بین عوامل مورد بررسی، ارتفاع از سطح دریا اهمیت بیشتری داشت و تأخیر در ظهور رویدادهای فنولوژیکی فرآیند قابل توجه‌تری نسبت به سایر عوامل داشت. نتایج کلی نشان داد که طول فصل رشد در این جنگل‌ها در دوران مورد مطالعه به‌طور متوسط ۱/۸ روز در سال افزایش یافته است. سبز شدن پوشش گیاهی در بهار به‌طور متوسط ۱/۲ روز زودتر آغاز شده و خواب در پاییز به‌طور متوسط ۰/۶ روز دیرتر صورت گرفته است. بنابراین طول فصل رویش جنگل‌های پهن‌برگ ایران به‌طور قابل‌توجهی از طریق سبز شدن زودتر و خواب دیرتر افزایش یافته است. رستمی کیا و همکاران (۱۳۸۸) طی مطالعه‌ای به بررسی خصوصیات فنولوژیکی گونه پسته وحشی در دو منطقه از جنگل‌های شهرستان خلخال در دو ارتفاع ۱۴۵۰ و ۱۶۵۰ متر از سطح دریا بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ پرداختند. برای این منظور، ۳۰ اصله درخت در هر منطقه انتخاب و کدگذاری شدند. اطلاعات فنولوژیکی شامل تاریخ‌های جوانه زنی، تشکیل برگ، گل‌دهی، تشکیل میوه، رسیدن میوه و ریزش برگ، از ابتدای فروردین تا اتمام خزان هر ۷ تا ۱۰ روز یک‌بار ثبت گردید. نتایج نشان داد که تاریخ جوانه‌زنی بین هفته چهارم فروردین تا هفته اول اردیبهشت، تاریخ گل‌دهی در هفته دوم تا سوم اردیبهشت، تشکیل میوه در هفته سوم تا چهارم اردیبهشت، رسیدن میوه در هفته اول تا دوم آبان و ریزش برگ در هفته دوم تا سوم آذر ماه رخ می‌دهد. تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که مراحل مختلف فنولوژیکی تحت تأثیر سال‌های مختلف و ارتفاعات متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند.

با توجه به اینکه جنگل‌های زاگرس جزء جنگل‌های نیمه‌خشک طبقه‌بندی شده و با مساحتی بیش از پنج میلیون هکتار، ۴۰ درصد از جنگل‌های ایران را به خود اختصاص داده‌اند و بیشترین تأثیر را در تأمین آب، حفظ خاک، تعدیل آب و هوا و تعادل اقتصادی و اجتماعی منطقه دارند و از طرف دیگر گونه غالب آن بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) می‌باشد، بنابراین مطالعه تاثیر فنولوژی زمان باز شدن برگ و خزان آن می‌تواند در انتخاب پایه‌های مناسب از نظر رویش و مقاومت به تنش خشکی مهم باشد. از آنجا که تاکنون چنین تحقیقاتی بر روی این گونه با ارزش در جنگلهای زاگرس انجام نشده است،

بنابراین هدف از این مقاله ارتباط بین فنولوژی درختان بلوط ایرانی با میزان رویش شاخه‌های یکساله آنها و رویش ارتفاعی نهال‌های حاصل از آن درختان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

انتخاب درختان بلوط ایرانی و ثبت فنولوژی باز شدن برگ و خزان درختان

برای انجام این تحقیق ابتدا دو توده جنگلی اطراف شهر یاسوج (سروک و تنگ سریز) انتخاب شدند. مشخصات جغرافیایی این دو توده در جدول ۱ آمده است. سپس در هر دو منطقه حدود ۱۰۰ درخت به صورت تصادفی انتخاب شدند. این درختان با اسپری رنگ علامت‌گذاری شده‌اند تا به راحتی قابل شناسایی باشند. سپس برای ثبت فنولوژی بهار (باز شدن جوانه برگ) در تاریخ‌های ۲۰،۱۲،۵ فروردین ۱۴۰۳، از درختان دو توده جنگلی بازدید به‌عمل آمد و ثبت فنولوژی بازشدن جوانه از طریق کد دادن به هر درخت انجام شد. نحوه کد دادن فنولوژی درختان براساس شکل ۱ انجام شد (Pletsers et al., 2015).

ثبت فنولوژی خزان درختان نیز در تاریخ‌های ۱۹ مهر و ۳ و ۲۰ آذر ۱۴۰۳ انجام گردید. نحوه ثبت آن به این صورت بود که براساس درصد زرد شدن تاج درخت برآورد شد (Vitasse et al., 2009).

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی دو توده جنگلی مورد مطالعه

توده جنگلی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	درختان همراه بلوط ایرانی
سروک	۲۰۰۰	۵۱°۳۷' ۲۸"	۳۰°۳۵' ۲۴"	زالزالک، دافنه
تنگ سریز	۱۷۵۰	۵۱°۲۹' ۵۹"	۳۰°۴۳' ۵۷"	زالزالک، بادام



شکل ۱- مراحل باز شدن جوانه از کد یک تا چهار از چپ به راست (کد ۱: تورم و سبز شدن فلس‌ها – کد ۲: برگ باز شده قابل روئت در بین فلس – کد ۳: برگ باز شده – کد ۴: برگ جوان).

اندازه‌گیری رویش ارتفاعی شاخه‌های یکساله درختان بلوط ایرانی

برای انجام اندازه‌گیری رویش طولی شاخه‌های یکساله، ابتدا شاخه درختان واقع در هر دو توده از یک جهت (جنوب غربی) در دو سال ۱۴۰۲ و آذر ۱۴۰۳ بریده شدند و سپس طول آن‌ها با استفاده از خط کش اندازه‌گیری شدند. از آنجا که رویش

بلوط به صورت پیوسته نمی‌باشد و در دو مقطع زمانی انجام می‌گردد، بنابراین طول هر دو مقطع در دو سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ به صورت جداگانه محاسبه و مجموع طول دو مقطع در هر سال به عنوان رویش طولی همان سال در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری رویش ارتفاعی نهال‌های حاصل از درختان بلوط ایرانی در دو توده جنگلی مورد مطالعه

برای اندازه‌گیری میزان رویش نهال‌های هر یک از درختان مادری، ابتدا بذر درختانی که در دو منطقه انتخاب شده بودند در پاییز سال ۱۴۰۲ جمع آوری شد. سپس بذر آنها داخل گلدان‌های پلاستیکی به صورت افقی کاشته شد و نهال‌ها به میزان مورد نیاز آبیاری شدند. میزان ارتفاع نهال‌ها نیز در سه تاریخ ۲۰ خرداد سال اول (پس از جوانه‌زنی بذرها) و سال دوم در تاریخ ۶ خرداد (ابتدای فصل رویش) و ۲۴ مهر (پایان فصل رویش) با استفاده از خط کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها

مقایسه میانگین فنولوژی باز شدن برگ درختان بلوط ایرانی در دو توده جنگلی مورد مطالعه نشان داد که فنولوژی باز شدن برگ (کد ۱) در توده سروک با دو روز تاخیر نسبت به توده تنگ سریز و از تاریخ ۷ فروردین آغاز گردید. همچنین درختان واقع در تنگ سریز در زمانهای دیگر (۱۲،۲۰ و ۲۴ فروردین) هم تفاوت معنی‌داری با توده سروک نشان دادند و از نظر فنولوژی سریع‌تر بودند (جدول ۲). از نظر خزان درختان هم درختان واقع در تنگ سریز در دو تاریخ ۱۹ مهر و ۳ آبان تفاوت معنی‌داری با توده سروک داشتند و درختان آنها خزان بیشتری را نشان دادند (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین فنولوژی باز شدن برگ و خزان درختان بلوط ایرانی در دو توده جنگلی

توده جنگلی	۱۲ فروردین	۲۰ فروردین	۲۴ فروردین	۱۹ مهر	۳ آبان	۲۰ آبان
تنگ سریز	۳/۰±۱/۹a	۳/۰±۶۳/۰۷a	۰±۴/۰۰a	۷/۰±۲/۷۶a	۱۳/۱±۹۱a	۳۸/۳±۹۸/۳۶a
سروک	۲/۰±۱۸/۰۵b	۲/۰±۶۲/۰۷b	۳/۰±۲۵/۰۷b	۲/۰±۸۴/۴۸b	۹/۰±۵۹/۹۴b	۴۷/۴±۹۳/۵۶a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست

مقایسه میانگین رویش شاخه یکساله درختان بلوط نیز در دو توده نشان داد که رویش مرحله اول در سال ۱۴۰۲ دارای تفاوت معنی‌داری با هم هستند و درختان تنگ سریز از رشد طولی بیشتر برخوردارند. اما در سال ۱۴۰۳ تنها رویش در مرحله دوم معنی‌دار بود و درختان توده سروک رویش طولی بیشتری داشتند. همچنین نتایج رویش کل در دو سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین رویش شاخه یکساله درختان بلوط ایرانی در دو توده جنگلی

توده جنگلی	G1(۱۴۰۲)	G2(۱۴۰۲)	G1(۱۴۰۳)	G2(۱۴۰۳)	G total (۱۴۰۲)	G total (۱۴۰۳)
تنگ سریز	۵/۰±۶۸/۶۹a	۲/۰±۷۶/۳۹a	۴/۰±۷۹/۳۴a	۴/۰±۸/۲۸b	۷/۰±۶۷/۷۱a	۱۰/۰±۶۲/۴۵a
سروک	۳/۰±۵۴/۲۰b	۲/۰±۷۲/۱۷a	۴/۰±۹۱/۲۹a	۷/۰±۲۱/۲۱a	۶/۰±۴۷/۴۲a	۱۰/۰±۶۵/۵۱a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست

G1: رویش مرحله اول، G2: رویش مرحله دوم و G total: رویش کل

مقایسه میانگین رویش نهال‌های حاصل از درختان بلوط ایرانی در دو توده جنگلی نیز نشان داد که هیچ یک از صفات رویشی اعم از ارتفاع نهال و تعداد برگ در زمانهای مختلف با هم تفاوت معنی‌دار ندارند (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین رویش ارتفاعی و تعداد برگ نهال‌های بلوط ایرانی حاصل از درختان دو توده جنگلی

توده جنگلی	H1	Nl1	H2	Nl2	H3
تنگ سریز	۱۰/۰±۷۷/۲۴a	۶/۰±۱۵/۳۰a	۱۰/۰±۸۴/۵۲a	۵/۰±۴۴/۶۲a	۸/۱±۸۵/۹۸a
سروک	۱۰/۰±۹۶/۵۱a	۶/۰±۰۹/۳۹a	۱۱/۰±۹۳/۳۸a	۶/۰±۱۴/۵۰a	۱۰/۱±۸۱/۷۶a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست

H1: ارتفاع نهال خرداد سال اول، NL1: تعداد برگ در خرداد سال اول، H2: ارتفاع نهال در خرداد سال دوم

Nl2: تعداد برگ در خرداد سال دوم، H3: ارتفاع نهال در پایان مهر سال دوم

نتایج همبستگی بین فنولوژی با رویش در درختان و نهال‌های حاصل از آنها نشان داد که همبستگی منفی معنی‌داری بین رویش شاخه یکساله در مرحله اول سال ۱۴۰۲ با درصد باز شدن برگ در تاریخ ۱۲ فروردین (r= -0.394, p<0.01)، ۲۰ فروردین (r= -0.358, p<0.01) و ۲۴ فروردین (r= -0.374, p<0.01) وجود دارد. همچنین همبستگی مثبت معنی‌داری بین رویش شاخه یکساله مرحله دوم سال ۱۴۰۲ با میزان خزان برگ در تاریخ ۱۹ مهر (r= 0.260, p<0.01)، ۳ آبان (r= 0270, p<0.01) و ۲۰ آبان (r=0.224, p<0.05) مشاهده شد. رویش شاخه یکساله در مرحله اول سال ۱۴۰۳ نیز با ارتفاع نهال در خرداد سال دوم همبستگی مثبت معنی‌داری (r= 0.668, p<0.05) نشان داد. از طرف دیگر همبستگی منفی بین شاخه یکساله مرحله دوم ۱۴۰۳ با میزان باز شدن برگ در تاریخ ۱۲ فروردین (r= -0.267, p<0.01)، ۲۰ فروردین (r= -0.354, p<0.01)، 24 فروردین (r= -0.393, p<0.01) و خزان درخت در تاریخ ۱۹ مهر (r= -0.268, p<0.01) وجود داشت. رویش کل شاخه یکساله در سال ۱۴۰۲ نیز با میزان خزان برگ درختان در تاریخ ۳ آبان همبستگی مثبت معنی‌داری (r= 0.192, p<0.01) داشت، اما رویش کل شاخه یکساله در سال ۱۴۰۳ همبستگی منفی معنی‌داری با تعداد برگ سال دوم (r= 0.638, p<0.01) نشان داد.

بحث و نتیجه‌گیری

همان طور که نتایج این تحقیق نشان داد، فنولوژی زمان باز شدن برگ درختان واقع در توده جنگلی تنگ سریز که در ارتفاع حدود ۲۰۰ متر پایین‌تر نسبت به توده سروک قرار داشتند، دو روز زودتر آغاز شد. مطالعات نشان داده است که به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، ممکن است حدود ۱ تا ۲ روز تأخیر در زمان بازشدن برگ‌ها مشاهده شود (Xia et al., 2019). همچنین خزان برگ نیز در توده تنگ سریز سریع‌تر آغاز شد. همان‌طور که دمای بالاتر در ارتفاعات پایین می‌توانند سبب تسریع در بازشدن برگ‌ها شود، از طرف دیگر تنش کمبود آب در طول فصل رویش این ارتفاعات نیز می‌تواند سبب خزان زودرس گردد (Duan et al., 2018; Zani et al., 2020). مطالعه بر روی درخت بلوط (*Quercus leucotrichophora*) در طبقات ارتفاعی مختلف نیز نشان داد که بازشدن جوانه برگ و ریزش برگ در درختان واقع در ارتفاعات پایین زودتر آغاز می‌شود (Joshi et al., 2023).

نتایج مقایسه میانگین رویش شاخه یکساله درختان بلوط در دو توده جنگلی تفاوت معنی‌داری را در رویش کل در طول دو سال در این دو منطقه نشان نداد. اما از آنجا که همبستگی منفی نیز بین رویش طولی درختان با فنولوژی باز شدن برگ در تاریخ‌های مختلف در هر دو سال مورد مطالعه وجود داشت، می‌توان به این نتیجه رسید که هر چه درختان برگ‌شان را دیرتر باز نماید، میزان رویش طولی شاخه آنها بیشتر است. درختانی که در بهار دیرتر برگ‌هایشان را باز می‌کنند، ممکن است از نظر ژنتیکی طوری برنامه‌ریزی شده باشند که به شرایط آب و هوایی پاسخ دهند. این درختان ممکن است برای جلوگیری از آسیب به جوانه‌ها در برابر سرمای بهاری، زمان شکوفایی خود را به تأخیر بیندازند و این تأخیر می‌تواند منجر به رشد بیشتر شاخه‌ها در فصل‌های مناسب‌تر شود (Chamberlain and Wolkovich, 2018). از طرف دیگر ارتباط مثبت بین خزان برگ با رویش کل شاخه وجود داشت، در واقع هر چه درختان زودتر خزان کردند از رویش کل شاخه بیشتری در طول سال برخوردار بودند. نتایج دیگر نیز نشان داده است که تاخیر در ریزش برگ می‌تواند سبب کاهش عملکرد گیاه در سال بعد شود (Petri and Berenhauser, 2004). محافظت از سیستم فتوسنتزی گیاهان در برابر دمای پایین و تابش شدید از طریق آنتوسیانین‌ها انجام می‌شود که با خزان برگ میزان آنها افزایش می‌یابد. بنابراین خزان زودتر می‌تواند اهمیت زیادی برای درختان داشته باشد (Koike, 2004).

اگرچه نهالهای حاصل از دو منطقه ارتفاعی از نظر رویشی با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما ارتباط بین رویش طولی شاخه درختان با رویش نهال حاصل از آنها نیز نشان داد که درختان با رویش طولی بیشتر در مراحل اولیه فصل رویش، نهال‌های با ارتفاع بزرگ‌تری تولید می‌کنند که می‌تواند به دلیل ژنتیکی بودن رویش باشد که از درختان مادری به نهال‌هایشان منتقل شده است. از طرف دیگر نهال‌های با رویش طولی بیشتر در طول سال از تعداد برگ کمتری برخوردار بودند که این نتیجه می‌تواند موید این مطلب باشد که در واقع این درختان از نظر ژنتیکی با کاهش تعداد یا ابعاد برگ، تبخیر و تعرق خود را کاهش داده‌اند، اما رویش خود را در طول سال بهبود می‌دهند.

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که اگرچه به‌طور کلی درختان ارتفاع پایین سریع‌تر برگ‌های خود را باز کردند، اما میزان رویش درختان و نهال‌های آنها در بین دو منطقه معنی‌دار نبود. همچنین دیرتر باز شدن برگ درختان و یا خزان سریع‌تر سبب کاهش رویش طولی نشد، بلکه حتی در مواردی سبب افزایش آن شد. بنابراین انتخاب چنین درختانی در هر منطقه می‌تواند در مدیریت جنگل‌های بلوط برای احیای آنها مفید باشد.

منابع

رستمی کیا، ی.، ایمانی، ع. ا. (۱۳۸۸)، فنولوژی بنه *Pistacia atlantica* Desf subsp. *mutica* (F. & M.) Rech در جنگل‌های خلخال، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، سال ۱۷، شماره دوم، ۳۵۸-۳۴۸.

Alsubhi, N. H., and Alzahrani, S. M. (2024). Plant phenology: definition, history, and response to environmental factors. Egyptian Journal of Botany, 64 (4): 49-58.

Chamberlain, C. J. and Wolkovich, E. M. (2021). Late spring freezes coupled with warming winters alter temperate tree phenology and growth. New Phytologist, 231 (3): 987-995.

Duan, S., He, H. S. and Spetich, M. (2018). Effects of growing-season drought on phenology and productivity in the west region of central hardwood forests, USA. Forests, Vol. 9, No. 7, 377.

Joshi, K., Fulara, B. T., and Ram, J. (2023). Variation in Phenology of Banj Oak (*Quercus Leucotrichophora*) Tree across Different Elevations in the Kumaun Himalayas, India. Current World Environment, 18(2), 876.

Kafaki, S. B., Mataji, A. and Hashemi, S. A. (2009). Detecting hornbeam trees phenological characteristics of mountain forest. American Journal of Environmental Sciences, 5 (5): 669-677.

Koike, T. (2004). Autumn coloration, carbon acquisition and leaf senescence. In Plant cell death processes. Academic Press, pp. 245-258.

Macphie, K. H. and Phillimore, A. B. (2024). Phenology. Current Biology, 34 (5): 183-188.

Petri, J. L., Berenhauser, L. G. (2004) Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break. Acta Hortic, 662: 53–60.

Pletsers, A., Caffarra, A., Kelleher, C. T. and Donnelly, A. (2015). Chilling temperature and photoperiod influence the timing of bud burst in juvenile *Betula pubescens* Ehrh. and *Populus tremula* L. trees. Annals of forest science, 72: 941-953.

Vitasse, Y., Porté, A. J., Kremer, A., Michalet, R. and Delzon, S. (2009) Responses of canopy duration to temperature changes in four temperate tree species: relative contributions of spring and autumn leaf phenology. Oecologia, 161: 187-198

Wang, J., Meng, S., Zhu, W. and Xu, Z. (2023). Phenological Changes and Their Influencing Factors under the Joint Action of Water and Temperature in Northeast Asia. Remote Sensing, 15 (22), 5298.

Xia, H., Qin, Y., Feng, G., Meng, Q., Cui, Y., Song, H., and Liu, G. (2019). Forest phenology dynamics to climate change and topography in a geographic and climate transition zone: the Qinling Mountains in Central China. Forests, 10 (11), 1007.

Zani, D., Crowther, T. W., Mo, L., Renner, S. S., and Zohner, C. M. (2020). Increased growing-season productivity drives earlier autumn leaf senescence in temperate trees. Science, 370 (6520): 1066-1071.

Relationship between phenology and shoot branch and seedling growth in *Quercus brantii*

A. Farjamfar[1], R. Zolfaghari[2*] and P. Fayyaz[2]

1- M.Sc. student of forestry, Yasouj University.
2- Associate Prof., Yasouj University.

Abstract

In temperate climates, forest tree phenology can predict a tree's growth rate and ability to withstand environmental stressors. Thus, in this study, two forest stands around Yasuj city with an altitudinal difference of about 200 meters were selected to examine the relationship between the phenology of *Quercus brantii* Lindl. trees with the growth rate of one-year shoot branches and the height growth of seedlings obtained from them. The findings demonstrated that bud burst and leaf senescence occurred earlier in trees at lower elevations. Additionally, a negative correlation was observed between bud burst and shoot branch growth, but leaf senescence and shoot branch growth of trees were found to be positively correlated. Although the seedlings obtained from the two regions did not differ significantly, trees with higher shoot branch growth produced taller seedlings. Interestingly, seedlings that grew faster had fewer leaves, which might be an adaptation to reduce evapotranspiration. Therefore, based on the results of this study, trees with a later bud burst but earlier leaf senescence phenology may develop more successfully, and their seeds may be used for afforestation.

Keywords: Bud burst, Leaf senescence, Annual growth, Zagros.

*Corresponding author Tel: +98 9113384075 Email: Zolfaghari@yu.ac.ir

موانع توسعه گردشگری طبیعت در منطقه دالامپر (استان آذربایجان غربی)

مرضیه حجاریان*[۱]، امید حسین‌زاده[۱] و هانیه یوسفی ولندر[۲]

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.

چکیده

منطقه دالامپر به دلیل ظرفیت‌های طبیعی و فرهنگی منحصربه‌فرد، ظرفیت زیادی برای توسعه گردشگری دارد؛ بااین‌حال، تحقق این هدف با موانع متعددی در ابعاد مختلف اقتصادی، محیط زیستی، مدیریتی و اجتماعی مواجه است. این پژوهش باهدف شناسایی و اولویت‌بندی این موانع، به‌صورت نظام‌مند و با بهره‌گیری از روش گلوله غلطان و پرسش‌نامه مبتنی بر طیف لیکرت انجام شد. نتایج نشان داد در بعد اقتصادی، رقابت با سایر مقاصد گردشگری و توزیع نامتوازن درآمد، چالش‌های اصلی هستند. در بعد محیط زیستی، مدیریت ناکافی پسماند و تغییرات اقلیمی مهم‌ترین موانع شناخته شدند. همچنین ضعف هماهنگی مدیریتی و نظارت ناکافی از جمله عوامل کلیدی در بعد مدیریتی هستند. در بعد اجتماعی، تضعیف هویت محلی و کاهش تعاملات اجتماعی به‌عنوان چالش‌های اصلی مطرح شده‌اند. تحلیل داده‌ها با استفاده از روش میانگین وزنی انجام شد و یافته‌ها راهکارهایی برای بهبود وضعیت موجود و تقویت توسعه پایدار گردشگری در این منطقه ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: گردشگری پایدار، دالامپر، تحلیل موانع، مدیریت گردشگری، توسعه منطقه‌ای.

مقدمه

گردشگری طبیعت به‌عنوان یکی از ابزارهای کلیدی برای تحقق توسعه پایدار، بر حفظ محیط‌زیست، ارتقای آگاهی زیست‌محیطی و حمایت از جوامع محلی تأکید دارد. این نوع گردشگری می‌تواند به کاهش فشار بر منابع طبیعی و کاهش اثرات منفی توسعه اقتصادی کمک کند، اما در بسیاری از مناطق، نبود زیرساخت‌های مناسب و مدیریت ناپایدار، مانع از دستیابی به این اهداف شده است (Hall and Page, 2014). یکی از چالش‌های اصلی، عدم توانایی در ادغام اهداف حفاظت محیط‌زیست و نیازهای اقتصادی گردشگری است که منجر به تعارضاتی میان حفاظت از منابع طبیعی و بهره‌برداری اقتصادی می‌شود. همچنین ضعف در سیاست‌گذاری‌های حمایتی و نبود برنامه‌های آموزشی برای جوامع محلی و گردشگران، موجب بروز مشکلات زیست‌محیطی مانند تخریب اکوسیستم‌ها و آلودگی شده است (Gössling and Hall, 2006). تجربه‌های جهانی نشان می‌دهد که موفقیت گردشگری مستلزم مشارکت جوامع محلی و ایجاد یک چارچوب هماهنگ مدیریتی است که بتواند منابع طبیعی را حفظ کرده و در عین حال نیازهای اقتصادی منطقه را تأمین کند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۶).

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۴۴۳۲۷۵۲۷۴۰ ایمیل: m.hajjarian@urmia.ac.ir

منطقه دالامپر به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی و فرهنگی منحصربه‌فرد، ظرفیت زیادی برای تبدیل‌شدن به یکی از قطب‌های گردشگری طبیعت در ایران دارد. کوه‌های سرسبز، دریاچه‌های زیبا و تنوع زیستی قابل‌توجه این منطقه، فرصت‌های ارزشمندی را برای جذب گردشگران داخلی و بین‌المللی فراهم می‌کند. این ظرفیت نه‌تنها از منظر اقتصادی، بلکه از نظر حفاظت منابع طبیعی و فرهنگ بومی نیز بسیار اهمیت دارد (رضوانی، ۱۳۹۷). سرمایه‌گذاری در این بخش می‌تواند به ارتقای معیشت جوامع محلی، اشتغال‌زایی و جلوگیری از مهاجرت از مناطق روستایی کمک کند.

ضرورت بررسی موانع توسعه گردشگری در این منطقه، به دلیل اهمیت استراتژیک آن در مدیریت منابع طبیعی و توسعه پایدار، انکارناپذیر است. ایجاد یک چارچوب مناسب برای شناسایی و حل موانع موجود، می‌تواند به ارتقای کیفیت خدمات گردشگری و تقویت نقش دالامپر به‌عنوان یک مقصد گردشگری پایدار منجر شود. پژوهش‌های بیشتر در این زمینه می‌تواند به تدوین سیاست‌های کارآمد و استراتژی‌های توسعه مبتنی بر پایداری کمک کند.

مواد و روش‌ها

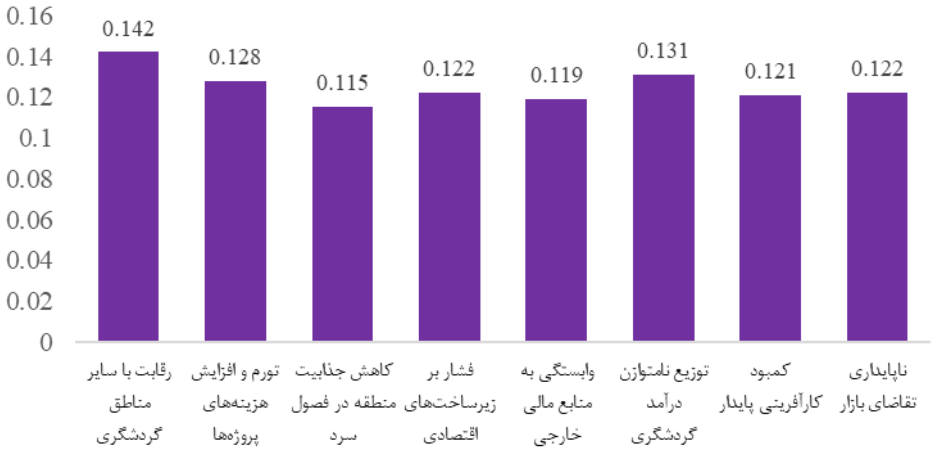
این پژوهش به‌منظور شناسایی موانع توسعه گردشگری طبیعت از ترکیب روش‌های مطالعات کتابخانه‌ای، روش گلوله غلطان، طراحی پرسش‌نامه و تحلیل آماری استفاده کرده است. در مرحله نخست، مطالعات کتابخانه‌ای به‌عنوان ابزاری برای شناسایی چارچوب نظری و استخراج عوامل کلیدی مؤثر بر توسعه پایدار گردشگری طبیعت انجام شد. برای این منظور، پایگاه‌های علمی معتبر و همچنین منابع داخلی و ملی مورد بررسی قرار گرفتند. این روش که به‌عنوان تحقیق کتابخانه‌ای شناخته می‌شود، امکان تحلیل داده‌های متنی و بررسی شکاف‌های پژوهشی را فراهم و مبنایی برای مراحل بعدی تحقیق ایجاد می‌کند. برای گردآوری اطلاعات تخصصی‌تر، از روش گلوله غلطان بهره گرفته شد. این روش کیفی با شناسایی اولیه ۵ متخصص کلیدی در حوزه گردشگری و محیط‌زیست آغاز شد. این متخصصان، علاوه بر ارائه دیدگاه‌های خود، سایر خبرگان مرتبط را معرفی کردند و فرآیند تا زمانی ادامه یافت که مشارکت‌کنندگان جدید دیدگاه متفاوتی نسبت به عوامل شناسایی شده نداشتند. در مجموع، تعداد ۲۳ نفر از متخصصین و مدیران حوزه گردشگری به‌عنوان جامعه آماری تحقیق انتخاب شدند. این روش به دلیل ایجاد شبکه‌ای از اطلاعات معتبر و قابل اعتماد، یکی از کارآمدترین رویکردها در تحقیقات اجتماعی و مدیریتی است.

پس از شناسایی عوامل کلیدی، پرسش‌نامه‌ای طراحی شد که شامل سؤالات بسته با طیف لیکرت پنج درجه‌ای بود (۱= بسیار کم‌اهمیت تا ۵= بسیار پراهمیت). این پرسشنامه برای جامعه آماری هدف توزیع شد و توسط ۲۳ نفر از متخصصین تکمیل گردید. روایی محتوای پرسشنامه با استفاده از نظرات متخصصان تأیید شد.

داده‌های گردآوری شده به کمک نرم‌افزار SPSS و روش تحلیل میانگین وزنی مورد بررسی قرار گرفتند. این رویکرد امکان اولویت‌بندی عوامل شناسایی شده را براساس اهمیت آن‌ها از دیدگاه پاسخ‌دهندگان فراهم کرد. علاوه بر تحلیل توصیفی، از تحلیل استنباطی نیز برای تفسیر نتایج و ارائه چارچوبی دقیق‌تر برای شناسایی موانع توسعه استفاده شد. روش‌های آماری به‌کار رفته در این تحقیق، دقت و جامعیت نتایج را تضمین کردند و مبنایی علمی برای مطالعات آتی و سیاست‌گذاری‌های اجرایی فراهم ساختند (Pallant, 2020).

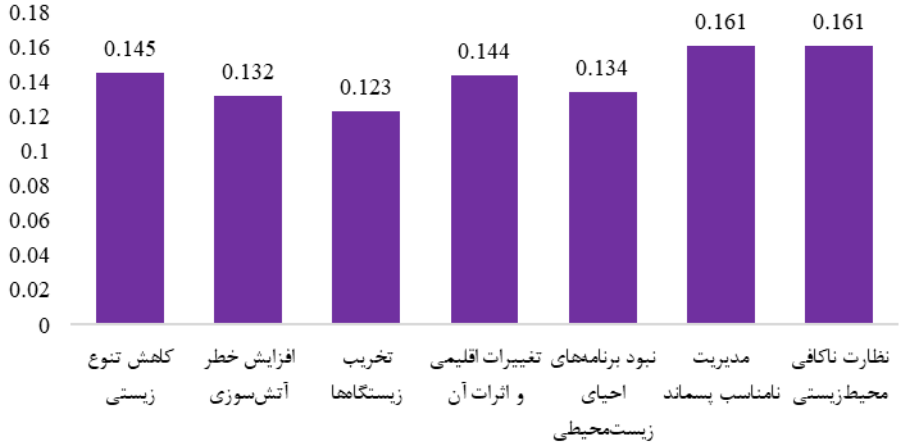
یافته‌ها

نتایج به‌دست‌آمده در چهار گروه موانع اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و مدیریتی به‌تفصیل در ادامه ارائه می‌شوند.



شکل ۱- موانع اقتصادی توسعه گردشگری طبیعت

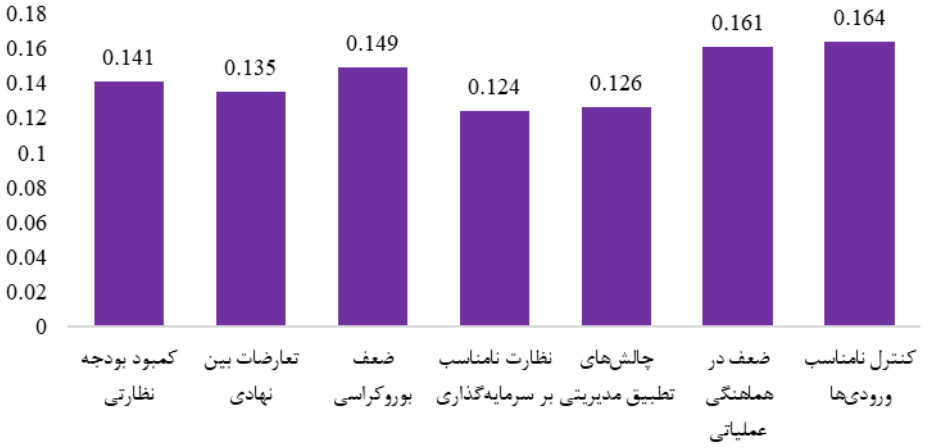
تحلیل نتایج نشان داد که عوامل اقتصادی متعددی مانع توسعه گردشگری طبیعت در منطقه دالامپر هستند. رقابت با سایر مناطق گردشگری (وزن: ۰,۱۴۲) به‌عنوان مهم‌ترین مانع اقتصادی شناسایی شده است که نشان‌دهنده نیاز به تقویت مزیت‌های رقابتی منطقه است. همچنین توزیع نامتوازن درآمد گردشگری (۰,۱۳۱) و تورم و افزایش هزینه‌های پروژه‌ها (۰,۱۲۸) به‌عنوان چالش‌های کلیدی در برنامه‌ریزی و مدیریت اقتصادی مطرح شده‌اند. کمبود کارآفرینی پایدار (۰,۱۲۱) و ناپایداری تقاضای بازار (۰,۱۲۲) نیز پایداری فعالیت‌های اقتصادی مرتبط با گردشگری را تهدید می‌کنند. این نتایج بیانگر ضرورت تدوین سیاست‌های حمایتی و توسعه ظرفیت‌های اقتصادی محلی هستند (شکل ۱).



شکل ۲- موانع محیط زیستی توسعه گردشگری طبیعت

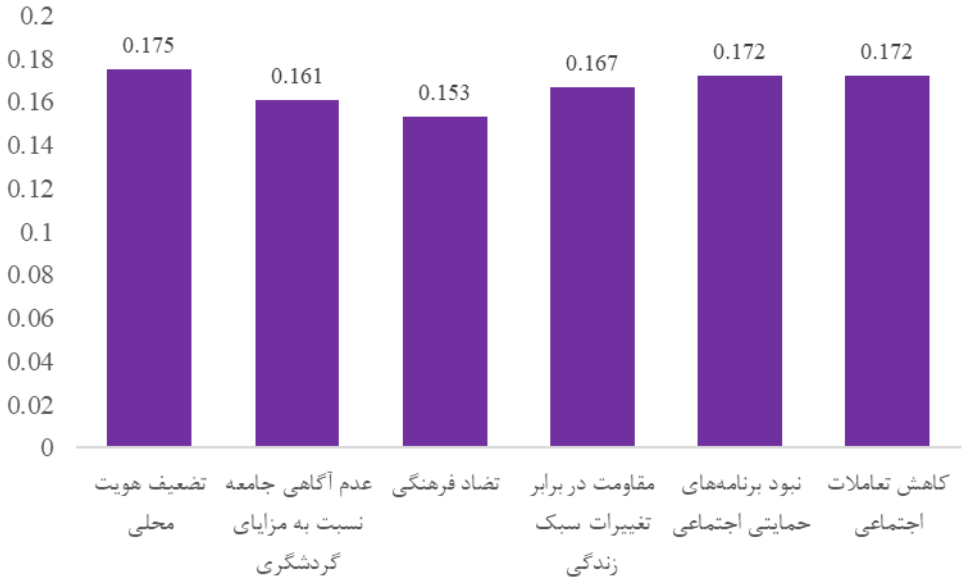
موانع محیط‌زیستی توسعه گردشگری در دالامپر شامل عوامل مهمی مانند مدیریت نامناسب پسماند و نظارت ناکافی محیط‌زیستی (هر دو با وزن: ۰,۱۶۱) و کاهش تنوع زیستی (۰,۱۴۵) است. تغییرات اقلیمی و اثرات آن (۰,۱۴۴) و نبود برنامه‌های احیای زیست‌محیطی (۰,۱۳۴) نیز تهدیدهای قابل‌توجهی برای پایداری اکوسیستم منطقه محسوب می‌شوند. این

نتایج بر ضرورت ایجاد برنامه‌های جامع مدیریت زیست‌محیطی و بهبود زیرساخت‌های نظارتی برای کاهش اثرات منفی بر محیط‌زیست تأکید دارند (شکل ۲).



شکل ۳- موانع مدیریتی توسعه گردشگری طبیعت

در بعد مدیریتی، کنترل نامناسب ورودی‌ها (۰,۱۶۴) و ضعف در هماهنگی عملیاتی (۰,۱۶۱) به‌عنوان موانع کلیدی شناسایی شده‌اند. ضعف بوروکراسی (۰,۱۴۹) و کمبود بودجه نظارتی (۰,۱۴۱) نیز تأثیر منفی قابل‌توجهی بر عملکرد سیستم مدیریتی منطقه دارند. تعارضات بین نهادی (۰,۱۳۵) و چالش‌های تطبیق مدیریتی (۰,۱۲۶) نشان می‌دهند که هماهنگی ناکافی میان ذینفعان می‌تواند مانعی جدی برای توسعه گردشگری باشد. این یافته‌ها ضرورت بازنگری در ساختارهای مدیریتی و تقویت نظارت مالی و اجرایی را نشان می‌دهند (شکل ۳).



شکل ۴- موانع اجتماعی توسعه گردشگری طبیعت

در بعد اجتماعی، تضعیف هویت محلی (۰,۱۷۵) و مقاومت در برابر تغییرات سبک زندگی (۰,۱۶۷) به‌عنوان مهم‌ترین موانع شناخته شده‌اند. این عوامل نشان‌دهنده شکاف فرهنگی و نگرانی‌های جامعه محلی در مواجهه با تغییرات ناشی از توسعه گردشگری هستند. کاهش تعاملات اجتماعی و نبود برنامه‌های حمایتی اجتماعی (هر دو با وزن: ۰,۱۷۲) نیز چالش‌های اساسی هستند که می‌توانند موجب کاهش انسجام اجتماعی و مشارکت فعال جامعه در فرآیندهای گردشگری شوند. این یافته‌ها لزوم اجرای برنامه‌های آموزشی و آگاهی‌بخشی برای تقویت تعاملات اجتماعی و پذیرش فرهنگی را برجسته می‌کنند (شکل ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه موانع توسعه گردشگری طبیعت در منطقه دالامپر را در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و مدیریتی تحلیل و اولویت‌بندی کرده است. مقایسه یافته‌های این تحقیق با سایر مطالعات معتبر، شباهت‌ها و تفاوت‌های مهمی را آشکار می‌کند که می‌تواند در تدوین سیاست‌ها و راهبردهای بهینه برای توسعه پایدار گردشگری مفید باشد.

در بعد اقتصادی، یافته‌ها نشان می‌دهد که رقابت با سایر مناطق گردشگری (وزن ۰,۱۴۲) به‌عنوان مهم‌ترین مانع شناسایی شده است. این یافته با نتایج جمشیدی و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد که تأکید کرده‌اند نبود مزیت‌های رقابتی منحصربه‌فرد از دلایل کاهش جذابیت مناطق طبیعی ایران است. همچنین تورم و افزایش هزینه‌های پروژه‌ها به‌عنوان چالشی شناخته شده‌اند، جایی که افزایش هزینه‌ها به‌عنوان یکی از موانع اصلی توسعه گردشگری پایدار در مناطق روستایی ذکر شده است (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۹).

از منظر اجتماعی، تضعیف هویت محلی (وزن: ۰,۱۷۵) و کاهش تعاملات اجتماعی (۰,۱۷۲) از مهم‌ترین موانع شناسایی شده‌اند. این نتایج با مطالعه محبی و همکاران (۱۴۰۰) هم‌راستا است که نشان داده‌اند توسعه گردشگری بدون مشارکت فعال جامعه محلی می‌تواند موجب تضادهای فرهنگی و کاهش انسجام اجتماعی شود. مطالعات دیگری مانند Smith and Johnson (2021) نیز بر لزوم آگاهی‌بخشی و ارتقای تعاملات اجتماعی برای کاهش مقاومت در برابر تغییرات سبک زندگی تأکید دارند.

در بعد محیط‌زیستی، مدیریت نامناسب پسماند و نظارت ناکافی محیط‌زیستی (هر دو با وزن: ۰,۱۶۱) چالش‌های کلیدی هستند. تغییرات اقلیمی و تخریب زیستگاه‌ها، که در این پژوهش به‌عنوان تهدیدهای جدی شناسایی شده‌اند، در گزارش‌های سازمان محیط زیست جهانی (۲۰۲۱) نیز به‌عنوان مسائل مهم جهانی مورد اشاره قرار گرفته‌اند (UNEP, 2021).

در بعد مدیریتی، ضعف در هماهنگی عملیاتی (وزن: ۰,۱۶۱) و کنترل نامناسب ورودی‌ها (۰,۱۶۴) از اصلی‌ترین موانع مدیریتی هستند. این یافته‌ها با تحقیق حسینی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد که نشان داده‌اند ضعف هماهنگی و تعارضات نهادی مانع اصلی توسعه گردشگری در ایران است. پژوهش Lopez et al. (2020) نیز ضعف در ساختارهای مدیریتی و بوروکراسی ناکارآمد را به‌عنوان چالش‌های مشابه در مناطق طبیعی بین‌المللی شناسایی کرده است.

این مطالعه نشان می‌دهد که توسعه پایدار گردشگری طبیعت در منطقه دالامپر نیازمند رویکردی جامع است که بتواند به‌صورت یکپارچه به حل چالش‌های اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و مدیریتی بپردازد. نتایج پژوهش بر ضرورت تقویت هماهنگی میان ذی‌نفعان، تدوین سیاست‌های حمایتی- اقتصادی، اجرای برنامه‌های آگاهی‌بخشی اجتماعی و ایجاد زیرساخت‌های مناسب زیست‌محیطی تأکید دارند. بهبود این عوامل می‌تواند زمینه‌ساز توسعه‌ای پایدار و هماهنگ در منطقه شود.

منابع

جمشیدی، م.، و همکاران. (۱۳۹۹). تحلیل موانع اقتصادی گردشگری در مناطق طبیعی. مجله توسعه گردشگری ایران، ۱۴: ۲۳-۴۱.

حسینی، م.، و همکاران. (۱۳۹۷). بررسی چالش‌های مدیریتی در توسعه گردشگری. فصلنامه مطالعات مدیریت گردشگری، ۱۰: ۱۹-۳۴.

رضوانی، م.ر. (۱۳۹۷). پتانسیل‌ها و موانع توسعه اکوتوریسم در مناطق روستایی ایران. مجله تحقیقات روستایی، ۹(۴): ۴۵-۶۸.

کرمی، ع.، آزادی، ح.، و قلی‌زاده، ز. (۱۳۹۶). چالش‌های زیست محیطی توسعه پایدار در مناطق کوهستانی. مجله تحقیق و توسعه کوهستان، ۳۷(۲): ۱۵۵-۱۶۲.

محبی، س.، و همکاران. (۱۴۰۰). تأثیر گردشگری بر انسجام اجتماعی جوامع محلی. مجله پژوهش‌های گردشگری و توسعه پایدار، ۸: ۴۵-۶۰.

Gössling, S. and Hall, C.M. (2006). Tourism and Global Environmental Change: Ecological, Social, Economic and Political Interrelationships. Routledge.

Hall, C.M., and Page, S.J. (2014). The Geography of Tourism and Recreation: Environment, Place and Space. Routledge.

Lopez, M. Ruiz, I. Oteros, E. March, H. Kaller, R. Cabrian, M.A. Andrade, R. (2020). Governance issues in natural tourism development. Ecology and Society, 25(3): 12-27.

Pallant, J. (2020). SPSS Survival Manual: A Step-by-Step Guide to Data Analysis Using IBM SPSS. McGraw-Hill Education.

Smith, R. and Johnson, K. (2021). Cultural conflicts in ecotourism development. Tourism Management Perspectives, 39, pp. 101854.

UNEP (2021). Global Environmental Challenges in Tourism. UNEP Annual Report, pp. 123-140.

Obstacles to the Development of Nature-Based Tourism in Dalamper Region (West Azerbaijan province)

M. Hajjarian[1*], O. Hossein Zadeh[1] and H. Yousefi Valandar[2]

1- Associate Prof., Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University.
2- M.Sc. Student of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University.

Abstract

The Dalamper region, endowed with distinctive natural and cultural assets, holds significant potential for nature-based tourism development. However, achieving sustainable nature-based tourism in this area is hindered by a range of barriers spanning economic, environmental, managerial, and social dimensions. This study systematically identifies and ranks these barriers using the rolling snowball sampling method and a Likert-scale-based questionnaire. The findings reveal that, economically, competition with other tourism destinations and unequal distribution of tourism revenues are the most critical challenges. In the environmental dimension, inadequate waste management and the adverse impacts of climate change are key obstacles. Managerial issues, such as poor coordination and insufficient regulatory oversight, also emerge as significant impediments. Socially, the erosion of local identity and diminished community engagement are highlighted as primary concerns. Data were analyzed using the weighted mean method, providing actionable recommendations and strategic solutions to enhance the region's ecotourism potential and support sustainable development goals.

Keywords: Dalamper, Tourism management, Regional sustainability, Sustainable nature tourism.

*Corresponding author Tel: +984432752740 Email: m.hajjarian@urmia.ac.ir

بررسی دیدگاه متخصصین در خصوص عوامل کلیدی توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران

مرضیه حجاریان*[۱]، فاطمه سادات قمری[۲] و مژگان هناره خلیانی[۲]

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.

چکیده

این پژوهش باهدف بررسی دیدگاه متخصصین درباره عوامل کلیدی توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران انجام شد. فرآیند شناسایی عوامل کلیدی در دو مرحله شامل مطالعات کتابخانه‌ای و روش گلوله غلطان صورت گرفت. سپس پرسش‌نامه‌ای طراحی شد که ارزیابی اهمیت عوامل شناسایی شده براساس طیف لیکرت را در بر می‌گرفت. داده‌های گردآوری شده با استفاده از روش تحلیل میانگین وزنی در نرم‌افزار SPSS تحلیل شدند. نتایج نشان داد که در بُعد محیط زیستی، حفاظت از تنوع زیستی (۶,۷۸۵) و کاهش تخریب جنگل‌ها (۶,۶۵۲) دارای بیشترین اهمیت بودند. در بُعد اقتصادی، سیاست‌های حمایتی (۶,۴۹۸) و پرداخت برای خدمات اکوسیستمی (۶,۳۲۵) کلیدی‌ترین عوامل شناسایی شدند. همچنین در بُعد اجتماعی، مدیریت مشارکتی (۶,۳۲۱) و مشارکت جوامع محلی (۶,۱۵۲) به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مطرح شدند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران بدون در نظر گرفتن سه بُعد محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی به‌صورت یکپارچه ممکن نیست. یافته‌های این پژوهش بر ضرورت تدوین چارچوب‌هایی تأکید دارد که این سه بُعد را به‌طور هم‌زمان مورد توجه قرار داده و راهکارهای مؤثر برای حفاظت از جنگل‌های ارسباران به‌عنوان یک میراث ملی و ذخیره‌گاه جهانی ارائه دهد.

واژگان کلیدی: عوامل اجتماعی، عوامل اقتصادی، عوامل محیط زیستی، ذخیره‌گاه زیست‌کره.

مقدمه

ایجاد تعادل میان توسعه و محیط‌زیست چالشی را پیش می‌آورد که امروزه با نام توسعه پایدار، جهانی شده است. تقاطعی که محل تلاقی جامعه، اقتصاد و محیط‌زیست محسوب می‌شود. جنبه‌های متعددی بر این فرآیند می‌تواند تأثیرگذار باشد که مهم‌ترین آن پایداری در منابع طبیعی است (الوانی و همکاران، ۱۳۹۸). جنگل‌ها به عنوان منابع بی بدلیل طبیعی، نقش حیاتی در تضمین حیات بشری و پایداری اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند. این منابع ارزشمند با ارائه خدمات اکوسیستمی متنوع از جمله تنظیم چرخه کربن، حفاظت از تنوع زیستی و تامین معیشت جوامع محلی، جایگاهی استراتژیک در توسعه پایدار دارند. اهمیت مدیریت پایدار جنگل به قدری می‌باشد که جامعه محققین مهم‌ترین راهکار را برای حفظ ذخایر جنگلی،

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۴۴۳۲۷۵۲۷۴۰ ایمیل: m.hajjarian@urmia.ac.ir

مدیریت پایدار جنگل عنوان می‌کند (شوهانی و همکاران، ۱۴۰۱). توسعه پایدار جنگل‌ها به معنای مدیریت منابع جنگلی به‌گونه‌ای است که بهره‌برداری از آن‌ها ضمن حفظ تنوع زیستی و اکوسیستم‌ها، نیازهای نسل‌های آینده را نیز تامین می‌کند (ایمانی، ۱۳۹۶). عامل جدی که امروزه این توسعه را با مشکل مواجه کرده کاهش کمی و کیفی جنگل‌ها، بیابان‌زایی، آلودگی‌های زیست محیطی و مدیریت ناکار آمد اکوسیستم‌های کوهستانی است. در این میان منابع جنگلی سهم بسزایی در موفقیت توسعه پایدار ایفا می‌کنند. مدیریت پایدار جنگل با حفظ و افزایش قابلیت جنگل‌ها در جذب کربن، ضمن کمک به بقای انرژی، مزایای فراوان برای اجتماع و محیط زیست به همراه محیط زیست به همراه دارد. نگرشی فراگیر به مدیریت جنگل می‌تواند ضمن تامین نیازهای انرژیک انسانی، تعادل تغییرات آب و هوایی، حفظ تنوع زیستی و ترویج توسعه پایدار را به ارمغان آورد. توسعه پایدار و مدیریت جنگل به عنوان یک هشدار در مقابل مدیریت‌هایی می‌باشد که صرفا به بهره‌برداری مستمر فکر می‌کنند (احمدیان و همکاران، ۱۳۹۷).

ایمانی (۱۳۹۶) در پژوهشی با استفاده از روش مطالعات کتابخانه‌ای و روش تحلیل اسنادی به موضوع " اهمیت و نقش اقتصادی جنگل‌های ارسباران در توسعهٔ پایدار" پرداخت. طبق نتایج به‌دست‌آمده، جنگل‌ها با جذب گردشگر نقش مهمی در اقتصاد کشور دارند و با تنوع زیستی سبب پایداری اکوسیستم‌های جنگلی می‌شوند؛ بنابراین تخریب جنگل‌ها می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری وارد آورد. جنگل‌های ارسباران به دلیل ویژگی‌های اکولوژیکی و منطقه‌ای خود نقش بسیار زیادی در توسعهٔ پایدار ایفا می‌کنند.

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی، نقش کلیدی در حفظ تنوع زیستی، تنظیم اقلیم و تأمین معیشت جوامع محلی ایفا می‌کنند. جنگل‌های ارسباران که یکی از ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره یونسکو به شمار می‌روند، به دلیل تنوع زیستی غنی و ارزش اکولوژیکی زیاد نیازمند مدیریت پایدار و برنامه‌ریزی دقیق هستند. یکی از عوامل مهم در توسعه پایدار این جنگل‌ها، تقویت مشارکت جوامع محلی در حفاظت و بهره‌برداری مسئولانه از منابع جنگلی است. تحقیقات مهرابی و همکاران نشان می‌دهند که ترکیب دانش بومی با رویکردهای مدرن می‌تواند اثرات مثبتی بر پایداری این منابع داشته باشد (Mehrabi et al., 2022). همچنین، آموزش جوامع محلی درباره ارزش اکولوژیکی جنگل‌ها و ترویج کشاورزی پایدار در مناطق حاشیه‌ای، از عوامل مؤثر در کاهش تخریب جنگل‌ها محسوب می‌شود (FAO, 2021).

از سوی دیگر، تدوین سیاست‌های ملی مبتنی بر ارزیابی خدمات اکوسیستمی جنگل‌ها و اجرای برنامه‌های بازسازی زیستگاه‌ها، از اقدامات ضروری در راستای توسعه پایدار جنگل‌ها است. نتیجه پژوهش کرمی و جلیلی نشان می‌دهد که ارزیابی جامع خدمات اکوسیستمی، مانند ذخیره کربن و تنظیم منابع آب می‌تواند ابزاری کارآمد برای تصمیم‌گیری‌های سیاسی و اقتصادی باشد (Karami and Jalali, 2021). در این راستا، تأمین مالی بلندمدت برای پروژه‌های بازسازی جنگل‌ها از طریق مکانیزم‌هایی مانند بازارهای کربن نیز اهمیت دارد (UNEP, 2020). علاوه بر این، به‌کارگیری فناوری‌های نوین می‌تواند به نظارت و مدیریت بهتر جنگل‌ها کمک کند (Smith et al., 2019).

جنگل‌های ارسباران، به‌عنوان یکی از زیست‌بوم‌های منحصربه‌فرد و ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره در ایران، از اهمیت جهانی و ملی برخورد دارند. این جنگل‌ها خدمات اکوسیستمی متعددی از جمله جلوگیری از فرسایش خاک، تنظیم منابع آب و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ارائه می‌دهند. با این‌حال، این منابع طبیعی ارزشمند در سال‌های اخیر به دلیل عواملی مانند تغییرات کاربری اراضی، بهره‌برداری غیر پایدار و تأثیرات تغییرات اقلیمی با چالش‌های جدی مواجه شده‌اند. توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران نیازمند شناسایی و تحلیل عوامل کلیدی مؤثر در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی است. در این میان، بهره‌گیری از دیدگاه متخصصین که دارای دانش و تجربه کافی هستند می‌تواند به تدوین چارچوب‌های عملیاتی و

سیاست‌گذاری‌های مؤثر کمک کند. اتخاذ رویکردی جامع براساس دیدگاه‌های کارشناسی برای شناسایی و اولویت‌بندی این عوامل، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است (ایمانی، ۱۳۹۶). این تحقیق می‌تواند نقشی اساسی در ارائه راهکارهایی هدفمند برای مدیریت پایدار جنگل‌های ارسباران، مشارکت جوامع محلی و حفاظت از این زیست‌بوم ارزشمند ایفا کند. نتایج این پژوهش می‌تواند به طراحی سیاست‌های دقیق و اجرای برنامه‌های موثر برای حفظ و احیای جنگل‌های ارسباران، به‌عنوان یک میراث طبیعی جهانی و سرمایه ملی، منجر شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

جنگل‌های ارسباران در شمال غربی ایران و در استان آذربایجان شرقی قرار دارند. این منطقه به دلیل ویژگی‌های خاص اکولوژیکی، تنوع زیستی و میراث‌فرهنگی خود، به‌عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره توسط یونسکو ثبت شده است. وسعت جنگل‌های ارسباران حدود ۱۶۴ هزار هکتار برآورد شده است. این منطقه شامل جنگل‌های متراکم، مراتع و زیستگاه‌های طبیعی گسترده‌ای است که در شمال استان آذربایجان شرقی، در محدوده‌ای کوهستانی و مجاور رود ارس، قرار دارد. جنگلهای ارسباران دارای تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری و زیستگاه‌های جنگلی منحصر به‌فرد بوده و در حدود ۱۰۷۳ گونه گیاهی و ۳۲۰ گونه جانوری شامل ۲۱۵ گونه پرنده، ۲۹ گونه خزنده، ۵ گونه دوزیست، ۴۸ گونه پستاندار و ۱۷ گونه ماهی در آن وجود دارد. گونه‌های مثمر اقتصادی همچون زغال‌اخته در این منطقه وجود دارند که در اقتصاد مردم محلی موثر هستند (خالدی کوره و همکاران، ۱۳۹۵).

مواد و روش‌ها

شناسایی عوامل در دو مرحله انجام شد:

مطالعات کتابخانه‌ای

از مرور پژوهش‌های پیشین و منابع معتبر برای استخراج عوامل کلیدی مؤثر بر توسعه پایدار جنگل استفاده شد. پایگاه‌های اطلاعاتی مانند Scopus، Springer و ScienceDirect و همچنین منابع محلی و ملی بررسی شدند. روش پژوهشی مطالعات کتابخانه‌ای (Library Research Method) یکی از روش‌های رایج در تحقیقات علمی و پژوهش‌های دانشگاهی است که به جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات از منابع موجود در کتابخانه‌ها و منابع دیجیتال می‌پردازد. این روش معمولاً در مراحل اولیه پژوهش برای شناسایی و بررسی ادبیات موجود، تئوری‌ها و داده‌های مرتبط با موضوع تحقیق استفاده می‌شود (Cirillo, 2006).

روش گلوله غلطان

این روش با انتخاب اولیه چند متخصص کلیدی آغاز می‌شود. این افراد علاوه بر مشارکت در تحقیق، دیگر متخصصین معتبر را برای شرکت در پژوهش معرفی می‌کنند. فرآیند تا زمانی ادامه می‌یابد که مشارکت‌کنندگان جدید دیدگاه متفاوتی نسبت به عوامل شناسایی شده نداشته باشند. روش مطالعاتی "گلولهٔ غلطان" یک تکنیک یادگیری است که براساس مفهوم حرکت

مداوم و پیشرفت در یادگیری طراحی شده است. این روش به یادگیرندگان کمک می‌کند تا با تقسیم‌بندی مطالب و تنظیم زمان‌های مشخص، تمرکز و بهره‌وری خود را افزایش دهند (Hart, 1998).

طراحی پرسش‌نامه

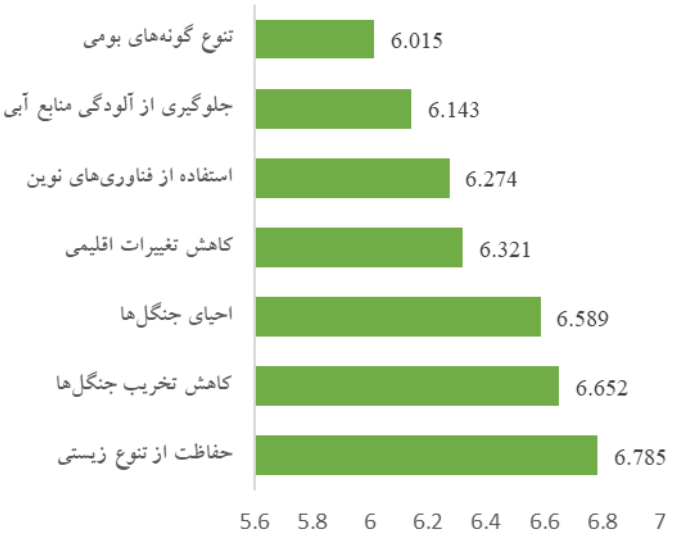
پرسش‌نامه تحقیق شامل سؤالات مبتنی بر طیف لیکرت برای ارزیابی اهمیت هر یک از عوامل شناسایی شده بود (۱= خیلی کم‌اهمیت تا ۷= خیلی پراهمیت).

وزن‌دهی عوامل

پاسخ‌های جمع‌آوری شده به کمک روش تحلیل میانگین وزنی در نرم‌افزار SPSS تحلیل و عوامل با بیشترین امتیازات به‌عنوان اولویت‌های اصلی تعیین شدند.

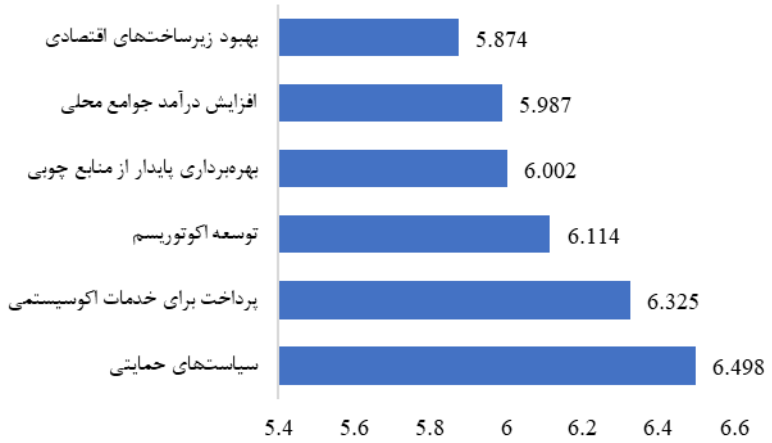
یافته‌ها

نتایج حاصل از تحلیل میانگین وزنی در ادامه ارائه می‌شوند.



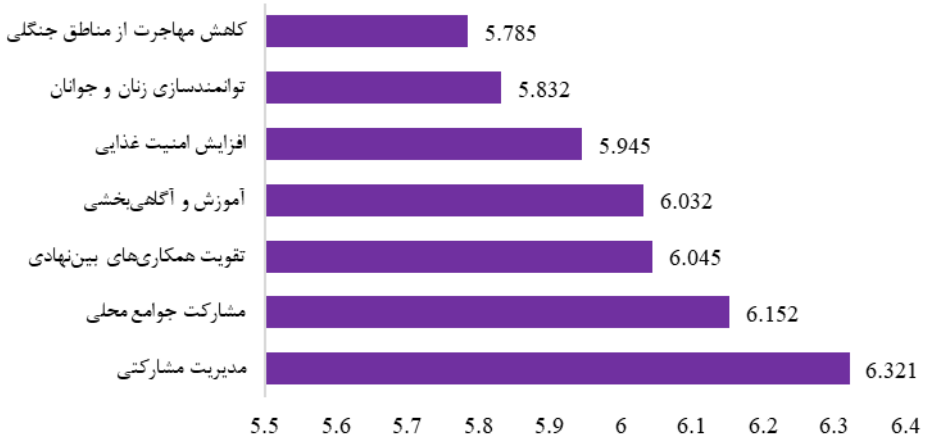
شکل ۱- اولویت‌بندی عوامل محیط زیستی توسعه پایدار جنگل

شکل ۱ اهمیت زیاد عواملی مانند حفاظت از تنوع زیستی (وزن: ۶,۷۸۵) و کاهش تخریب جنگل‌ها (۶. ۶۵۲) را نشان می‌دهد که در صدر اولویت‌های متخصصین قرار دارند. این نتایج اهمیت بی‌چون و چرای حفظ اکوسیستم‌ها برای دستیابی به پایداری را برجسته می‌کند. عواملی همچون استفاده از فناوری‌های نوین (۶,۲۷۴) و جلوگیری از آلودگی منابع آبی (۶,۱۴۳) نیز وزن قابل‌توجهی دارند، اما در مقایسه با سایر عوامل، اندکی در اولویت پایین‌تر قرار گرفته‌اند. به طور کلی، عوامل محیط زیستی به دلیل تاثیر مستقیم بر سلامت اکوسیستم و جلوگیری از تغییرات اقلیمی، از بیشترین وزن در میان سایر بخش‌ها برخوردارند.



شکل ۲ - اولویت‌بندی عوامل اقتصادی توسعه پایدار جنگل

شکل ۲ اولویت معیارهای اقتصادی را نشان می‌دهد که سیاست‌های حمایتی (۶,۴۹۸) و پرداخت برای خدمات اکوسیستمی (۶,۳۲۵) از دیدگاه متخصصین، کلیدی‌ترین عوامل اقتصادی برای پایداری جنگل‌ها هستند. این یافته‌ها اهمیت سیاست‌گذاری دقیق و ایجاد سازوکارهای اقتصادی انگیزشی را تاکید می‌کنند. همچنین عواملی مانند توسعه اکوتوریسم (۶,۱۱۴) و بهره‌برداری پایدار از منابع چوبی (۶,۰۰۲) نشان دهنده اهمیت ترکیب حفاظت و بهره‌برداری مسئولانه است. هرچند عواملی مانند افزایش درآمد جوامع محلی و بهبود زیر ساخت‌های اقتصادی با وزن‌های پایین‌تر (کم‌تر از ۶) نشان دهنده ضرورت توجه بیشتر به تامین معیشت پایدار در سیاست‌گذاری‌های آتی است.



شکل ۳- اولویت‌بندی عوامل اجتماعی توسعه پایدار جنگل

شکل ۳ اولویت عوامل اجتماعی را نشان می‌دهد که مدیریت مشارکتی (۶,۳۲۱) و مشارکت جوامع محلی (۶,۱۵۲) از بیشترین اهمیت برخوردارند. این یافته‌ها بر نقش جوامع محلی در حفاظت از جنگل‌ها تاکید می‌کند. همچنین آموزش و آگاهی‌بخشی (۶,۰۳۲) و تقویت همکاری‌های بین‌نهادی (۶,۰۴۵) نشان‌دهنده اهمیت اقدامات آموزشی و هماهنگی نهادی هستند. عواملی مانند توانمندسازی زنان و جوانان (۵,۸۳۲) و کاهش مهاجرت از مناطق جنگلی (۵,۷۸۵) گرچه وزن کم‌تری

دارند، اما برای تقویت پایداری اجتماعی در مناطق جنگلی، اهمیت استراتژیک دارند. در مجموع، اولویت‌های عوامل اجتماعی نشان دهنده لزوم تقویت ظرفیت‌های انسانی و نهادی برای دستیابی به مدیریت پایدار است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران نیازمند توجه هم‌زمان به عوامل محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی است. از بعد محیط‌زیستی، حفاظت از تنوع زیستی و کاهش تخریب جنگل‌ها از مهم‌ترین اولویت‌ها بودند که این یافته‌ها با مطالعات متعددی مطابقت دارد. به‌عنوان مثال، در پژوهشی در زمینه مدیریت مناطق حفاظت شده تأکید شده که حفاظت از تنوع زیستی برای حفظ عملکردهای اکولوژیکی و جلوگیری از تخریب زیستگاه‌ها ضروری است (پاداش و همکاران، ۱۳۸۹) و در تحلیل پویایی‌های زیست‌کره ارسباران نیز بر اهمیت این موضوع تأکید شده است (درویشی و همکاران، ۱۳۹۳). در بعد اقتصادی، سیاست‌های حمایتی مانند پرداخت برای خدمات اکوسیستمی و توسعه اکوتوریسم، نقشی کلیدی در ایجاد انگیزه‌های مالی برای جوامع محلی ایفا می‌کنند. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که اکوتوریسم، علاوه بر تقویت معیشت محلی، به‌عنوان ابزاری مؤثر در جهت حفظ منابع طبیعی عمل می‌کند (جلیلیان، ۱۴۰۰). عوامل اجتماعی مانند مدیریت مشارکتی و مشارکت فعال جوامع محلی نیز به‌طور مؤثر در افزایش مسئولیت‌پذیری اجتماعی و کاهش فشار بر منابع جنگلی مؤثر هستند. مشابه این نتایج، پژوهشی براساس مدل DPSIR نیز نشان داد که آموزش و مشارکت جامعه محلی نقش مهمی در موفقیت برنامه‌های حفاظتی دارد (باهری و دشتی، ۱۴۰۱).

به‌طورکلی، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عوامل کلیدی توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران در سه بُعد محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی اهمیت متفاوتی دارند، اما در مجموع هم‌افزایی این عوامل برای مدیریت پایدار ضروری است. این یافته‌ها نشان می‌دهند که بدون توجه به این سه بُعد به‌صورت یکپارچه، دستیابی به توسعه پایدار جنگل‌های ارسباران ممکن نیست. پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران با تدوین چارچوب‌های جامع و مشارکتی که هم‌زمان به حفاظت محیط زیستی، تقویت معیشت جوامع محلی و بهره‌برداری پایدار اقتصادی توجه دارند، زمینه مدیریت بلندمدت این منابع ارزشمند را فراهم کنند. این پژوهش می‌تواند مبنایی برای تحقیقات آینده و تدوین برنامه‌های عملیاتی به‌منظور حفاظت از جنگل‌های ارسباران به‌عنوان میراثی ملی و ذخیره‌گاهی جهانی باشد.

منابع

الوانی، سید مهدی.، سید وکیلی، ریحانه.، کوثر، زهرا.، اصلی بیگی، فرزانه. (۱۳۹۸). طراحی نظام مدیریت یکپارچه توسعه پایدار کشور. فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران در گروه علوم انسانی، ۲(۱): ۱-۳.

ایمانی، مهدی. (۱۳۹۶). اهمیت و نقش اقتصادی جنگل‌های ارسباران در توسعه پایدار. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، ۱(۱): ۱-۹.

باهری، بیتا.، دشتی، سولماز. (۱۴۰۱). ارزیابی آسیب‌پذیری پارک ملی گلستان در جهت توسعه پایدار با استفاده از مدل DPSIR. نشریه محیط‌زیست طبیعی، ۱: ۲۷-۳۷.

پاداش، امین.، نبوی، محمدباقر.، دهزاد، بهروز.، جوزی، سیدعلی.، مرادی، نبی‌الله. (۱۳۸۹). برنامه‌ریزی راهبردی توسعهٔ حفاظت محیط‌زیست در مناطق حفاظت‌شده. پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱(۱): ۶۶-۵۳.

جلیلیان، شادی. (۱۴۰۰). اهمیت عرصه‌های جنگلی در حفاظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار اکوتوریسم. نشریه زیست سپهر، ۱۴(۱): ۷۷-۸۲.

خالدی کوره، فرانگیز.، حجاریان، مرضیه.، حسین زاده، امید.، علیچانپور، احمد. (۱۳۹۵). شاخص‌های راهبردی موثر بر توسعه اکوتوریسم جامعه محور در جنگل‌های ارسباران. مجله پژوهش و توسعه جنگل، ۲(۲): ۱۲۶-۱۲۷.

درویشی، آصف.، فاخران، سیما.، سفیانیان، علی رضا.، قربانی، مهدی. (۱۳۹۳). بارزسازی تغییرات و پویایی کاربری‌ها و پوشش اراضی در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران. محیط‌زیست طبیعی، ۴: ۵۷۲-۵۵۹.

شوهانی، نادر.، فراهانی، حسین.، نیک سرشت، مهدی.، حسینی، احمد. (۱۴۰۱). سنجش و ارزیابی مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس میانی (مورد مطالعه: استان ایلام). فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، ۳(۱): ۱۱۹-۱۲۰.

Ahmadiyan, Z., Gholami, S., Sayad, E., Taseh, M. (2017). Spatial evaluation of forest structural features in Zagros forests (Gahvareh forests, Kermanshah). Ecology of Iranian Forests, 3(6): 55-62. (in Persian)

Cirillo, F. (2006) .The pomodoro Technique: The acclaimed time-management system that has transformed how we work.Currency.

FAO. (2021). Forests and Sustainable Development Goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from https://www.fao.org

Hart, C. (1998). Doing a literature review: Releasing the social science research imagination. Sage Publications.

Karami, H., and Jalali, Z. (2021). Economic Valuation and Policy Implications for Arasbaran Forests. Forest Ecology and Management, 483, 118933. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118933.

Mehrabi, A., Rezaei, S., and Ahmadi, M. (2022). Sustainable Forest Management: The Case of Arasbaran Forests. Journal of Environmental Sustainability, 14(3): 123-135.

Smith, J., Brown, P., and Wilson, A. (2019). Remote Sensing for Sustainable Forest Management. Journal of Applied Ecology, 56(7): 1501-1512. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13321.

UNEP. (2020). Restoration for Resilience: Financing Forest Ecosystem Recovery. United Nations Environment Program. Retrieved from https://www.unep.org.

Analyzing Experts' Perspectives on the Critical Factors for the Sustainable Development of Arasbaran Forests

M. Hajjarian[1*], F. Sadat Ghamari[2] and M. Henareh Khalyani[2]

1- Associate Prof., Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University.
2- M.Sc. Student of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University.

Abstract

This study investigates experts' perspectives on the critical factors driving the sustainable development of the Arasbaran forests. The identification process was conducted in two stages: a comprehensive literature review and the snowball sampling method. A structured questionnaire was then developed, an assessment of the importance of the identified factors using a Likert scale. The collected data were analyzed using the weighted mean method via SPSS software. The findings revealed that, in the environmental dimension, biodiversity conservation (6.785) and forest degradation mitigation (6.652) held the highest significance. In the economic dimension, supportive policies (6.498) and payments for ecosystem services (6.325) were identified as the most crucial factors. In the social dimension, participatory management (6.321) and community engagement (6.152) emerged as the most critical factors. The results underscore that achieving sustainable development for the Arasbaran forests requires an integrated approach that simultaneously addresses environmental, economic, and social dimensions. Biodiversity conservation and forest protection in the environmental domain, supportive policies and incentivization through ecosystem service payments in the economic domain, and participatory management alongside community involvement in the social domain are pivotal. These findings emphasize the need for comprehensive frameworks that harmonize these dimensions, offering effective strategies to safeguard the Arasbaran forests as a national treasure and a global biodiversity reserve.

Keywords: Biosphere reserve, Economic factors, Environmental factors, Social factors.

*Corresponding author Tel: +984432752740 Email: m.hajjarian@urmia.ac.ir

آیا اجرای مدیریت مبتنی بر شیوه تک‌گزینی منجر به کاهش تنوع درختی و علفی و تغییرات در ویژگیهای خاک می‌شود؟

جواد اسحاقی راد[1*]، آمنه خانعلیزاده[2] و حبیب زارع[3]

۱- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.
۲- دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.
۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی جامع قابلیت شیوه تک‌گزینی در مدیریت پایدار تنوع گونه‌ای گیاهی و ویژگیهای خاک در توده‌های جنگلی مختلف با پراکنش ارتفاعی متفاوت در جنگل‌های راش مدیریت‌شده با این شیوه (سه پارسل) و جنگل‌های راش مدیریت‌نشده (سه پارسل) در بخش مرکزی جنگلهای هیرکانی در شمال ایران انجام شد. تعداد ۱۲۰ قطعه نمونه با روش آماربرداری منظم- تصادفی در جنگل‌های مورد مطالعه پیاده شد. برای بررسی پوشش درختی و درختچه‌ای قطعات نمونه ۴۰۰ مترمربعی، برای پوشش علفی در مرکز هر قطعه نمونه اصلی یک قطعه نمونه ۱۰۰ مترمربعی و برای بررسی کمی، قطعات نمونه دایره‌ای شکل ۱۰ آری پیاده شد. نوع و درصد پوشش گونه‌های گیاهی براساس مقیاس براون بلانکه ثبت شد. برای بررسی متغیرهای خاک، از دو عمق ۱۰-۰ و ۳۰-۱۰ سانتی‌متر، نمونه خاک برداشت شد. پس از بررسی فلورستیک مناطق مورد مطالعه، ۷۷ گونه گیاهی شامل ۱۴ گونه درختی، ۷ گونه درختچه‌ای و ۵۶ گونه علفی شناسایی شد. جنگل‌های مدیریت‌نشده دارای مقادیر بیشتری از متغیرهای کمّی مانند تعداد درختان و حجم در هکتار بودند. هیچ اختلاف معنی‌داری بین ویژگی‌های خاک در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده مشاهده نشد. براساس نتایج آنالیزهای رسته‌بندی NMS در تمام سری‌ها ترکیب پوشش گیاهی در پارسل‌های مدیریت‌شده و شاهد مشابه است. تنوع گونه‌ای آلفا در اشکوب علفی و درختی در جنگل‌های مدیریت‌شده بیشتر بود، در حالی که تنوع بتا و گاما تفاوت معنی‌داری نداشتند. براساس نتایج تحقیق حاضر، اجرای شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی در جنگل‌های راش ایران، منجر به کاهش معنی‌دار سطح تنوع زیستی و همچنین اثرات منفی معنی‌دار بر مشخصات شیمیایی و به ویژه حاصلخیزی خاک نشد. بنابراین لازم است مقایسه‌ای دقیق و علمی بین وضعیت تنوع زیستی و ویژگیهای خاک در طرح‌های جنگلداری قبل و بعد از اجرای طرح تنفس انجام شود که آیا واقعاً طرح تنفس اثرات مثبتی بر وضعیت کمی و کیفی توده‌های جنگلهای شمال داشته است یا خیر.

واژگان کلیدی: شیوه تک‌گزینی، تنوع گونه‌ای، راش، ویژگی‌های خاک، جنگل‌های هیرکانی.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۳۴۶۶۳۷۸ ایمیل: j.eshagh@urmia.ac.ir

مقدمه

جنگل‌ها از جمله محیط‌های زیستی با بیشترین غنای گونه‌ای بر روی کره زمین هستند، اما شیوه مدیریتی اثرات زیادی در کاهش جهانی تنوع زیستی در آنها داشته است. مدیریت هوشمندانه جنگل‌ها یک اولویت عمده زیست‌محیطی است و اولین گام اساسی در مدیریت صحیح و اصولی جنگل‌ها، بهره‌گیری از اطلاعات مربوط به اصول رشد، تکامل و چگونگی ساختار طبیعی توده‌های جنگلی است. حفظ تنوع زیستی یکی از اهداف کلیدی مدیریت و لازمه جنگلداری پایدار است و برای درک پویایی و ناهمگنی جنگل‌های طبیعی ضروری است تا خط مشی‌هایی برای مدیریت جنگل فراهم شود (Lindenmayer et al., 2000). از طرف دیگر شناخت ویژگی‌های خاک نیز یکی از پایه‌های مدیریت اصولی جنگل است که بسیاری از گزینه‌های اکولوژی و جنگل‌شناسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. فرآیند خاکسازی در اکوسیستم‌های جنگلی تحت کنترل عوامل مستقل متعددی از قبیل آب و هوا، توپوگرافی، ارگانیسم‌ها، سنگ بستر و زمان قرار دارد و در کنار این عوامل، گروهی از کنترل کننده‌های طبیعی و مصنوعی دیگری هم وجود دارد (فعالیت‌های انسانی، بی نظمی و آشفتگی‌های طبیعی) که می‌توانند مؤثر واقع شوند (Gömöryová et al., 2008). خاک به عنوان یک عامل مهم اکولوژیکی در نظر گرفته می‌شود و عوامل زنده و غیره زنده بر روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تأثیر می‌گذارند. به طور مثال در اکوسیستم‌های جنگل‌های معتدله با توجه به گونه‌های درختی و علفی خصوصیات خاک جنگل متغیر است (Rhoades, 1997). مدیریت جنگل اغلب زیستگاه‌های خاکی و لاشبرگی را تغییر می‌دهد و منجر به تغییر در اجتماعات موجودات خاکزی می‌شود، در نتیجه پویایی چرخه عناصر غذایی خاک و تجزیه لاشبرگ‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Knapp et al., 2005). بین درختان و خاک تأثیر متقابل وجود دارد و همان‌طور که رشد و تولید درختان به حاصلخیزی خاک ارتباط دارد، میزان و نوع برگشت مواد آلی به خاک در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر است. ترکیب گونه‌ها و تولید بیوماس در جنگل ارتباط زیادی با بافت خاک دارد (Pastor et al., 1984). اسیدیته خاک شاخص مناسبی برای تخمین میزان تجمع کاتیون‌هایی مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم است که این کاتیون‌ها برای رشد گیاهان ضروری می‌باشند (Ulrey, 2002). همچنین میزان اسیدیته می‌تواند ویژگی‌های شیمیایی، بیولوژیکی، هیدرولوژیکی و در نهایت ترکیب خاک جنگل را تغییر دهد (Agoumé and Birang, 2009). ممکن است که تغییرات خصوصیات فیزیکی خاک با تغییر و تأثیر گونه‌ها بر فون خاک مرتبط باشد، همچنین میزان معدنی شدن و نیتریفیکاسیون مواد آلی در خاک با گونه‌ها در ارتباط است (Augusto et al., 2002). ترکیب گونه‌ای اشکوب بالا در جنگل یکی از عوامل مؤثر در خصوصیات خاک جنگل و تکامل آن (حداقل در افق‌های سطحی خاک) محسوب می‌شود (Binkley, 1996). به طور کلی شیوه‌های مدیریتی سبب ایجاد تغییراتی در ساختار سنی درختان، اشکوب‌بندی و ترکیب گونه‌های درختی می‌شوند که این تغییرات بر نور، رطوبت، دما، مواد آلی و شرایط خاک جنگل اثرگذار است و در نتیجه تنوع گونه‌ای زیراشکوب را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sebastia et al., 2005). پوشش گیاهی زیر اشکوب بخش قابل توجه‌ای از بیوماس و مواد غذایی خاک را تأمین می‌کنند و عوامل مختلفی بر آنها مؤثر است. تنوع گونه‌های زیراشکوب به‌طور غیر مستقیم تحت تأثیر نوع گونه‌های درختی اشکوب فوقانی است که از طریق تغییر اسیدیته خاک و ضخامت لایه لاشبرگ صورت می‌پذیرد. همچنین ترکیب شیمیایی لاشبرگ گونه‌های اشکوب درختی به‌عنوان یک پارامتر مهم در اسیدیته خاک و منابع غذایی خاک تأثیرگذار هستند (Molder et al., 2008). همان طور که ذکر شد عملیات مدیریتی جنگل می‌تواند به عنوان یک اختلال در نظر گرفته شود که ممکن است بر روی ترکیب، ساختار و تنوع زیستی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی جنگل تأثیر به‌سزایی داشته باشد (Bengtsson et al., 2000). امروزه جنگلبانان باید کارکردهای چندگانه جنگل را به هنگام تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، مانند کارکردهای اکولوژیکی، تنوع زیستی، عملکردهای

حفاظتی (گونه‌های در معرض خطر، حفاظت منابع آب) و مسائل اجتماعی- اقتصادی (درآمد، اشتغال، پژوهش و تفریح و تفرج) که هر روزه اهمیت بیشتری می‌یابند، در نظر بگیرند (Teuffel et al., 2006). جنگل‌های مدیریت‌شده و جنگل‌های دست نخورده از نظر ساختار درختی و تنوع گونه‌ای می‌توانند متفاوت باشند (Merino et al., 2007). به طور کلی در جنگل‌های مدیریت‌نشده ساختار جوامع درختی اغلب حتی در توده‌های همسال هم به طور قابل ملاحظه‌ای متغیر است (Crow et al., 2002). مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی از راه اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی باید به نحوی باشد که علاوه بر تولید چوب و حفاظت از تنوع زیستی، پایداری اکوسیستم را نیز حفظ نموده و ارتقاء دهد (Bengtsson et al., 2000). شیوه‌های جنگل‌شناسی کلاسیک، اغلب به شکل‌گیری جنگل همگن منجر می‌شوند، در حالی که فرض بر این است که تخریب‌های طبیعی با ایجاد ناهمگنی سبب تنوع گونه‌های جنگلی می‌شوند، اما شیوه گزینشی از نظر تئوری بر ترکیب همزمان بهره‌برداری چوب و حفظ تنوع زیستی تأکید دارد (Mitchell et al., 2002). شیوه گزینشی به عنوان یکی از شیوه‌های مناسب همگام با طبیعت به شمار می‌آید و با ایجاد فضای باز و پیروی از الگوی تخریب طبیعی در مقیاس کوچک منجر به ناهمگنی ساختاری، همانند جنگل‌های طبیعی می‌شود (Deal and Tappeiner, 2002). با توجه به ترکیب جنگل و اهداف، در این شیوه می‌توان به برداشت تک درخت (تک‌گزینی) و یا گروهی از درختان (گروه‌گزینی) و یا ترکیبی از هر دو اقدام نمود. در نتیجه تک‌گزینی فضای باز کوچکتری را نسبت به گروه‌گزینی در جنگل ایجاد می‌کند (Falk et al., 2008). برخی از پژوهشهای گذشته نشان دادند که غنای گونه‌های گیاهی (به‌ویژه غنای گونه‌های زیرپوشش) معمولاً در جنگل‌های مدیریت‌شده نسبت به جنگل‌های مدیریت‌نشده بیشتر است (Paillet et al., 2010). اما مطالعات انجام‌شده در مورد تفاوت بین جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده سیگنال روشنی را نشان ندادند (Heinrichs and Schmidt, 2017). به طور کلی شیوه تک‌گزینی از شرایط تخریبی طبیعی در مقیاس کوچک الگو گرفته و به عنوان شیوه‌ای مناسب برای حفظ تنوع گونه‌ای در کنار بهره‌برداری از جنگل پیشنهاد شده است (Schall et al., 2018). بر همین اساس در دهه‌های گذشته در جنگلهای طبیعی شمال کشور شیوه تک‌گزینی به عنوان یک شیوه نزدیک به طبیعت اجرا می‌شده است و با تغییر سیاستهای سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور برداشت درختان با این شیوه با ایده "تنفس جنگل" متوقف شد. ضروری است تا بدون سوگیری‌های سیاسی و وجود تضاد منافع، اثرات مثبت و یا منفی احتمالی اجرای شیوه تک‌گزینی با روشهای علمی دقیق مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی جامع قابلیت شیوه تک‌گزینی در مدیریت پایدار تنوع گونه‌ای گیاهی و ویژگیهای خاک در توده‌های جنگلی مختلف با پراکنش ارتفاعی متفاوت در بخش مرکزی جنگلهای هیرکانی انجام شد تا به این سوال اساسی پاسخ داده شود که آیا اجرای مدیریت مبتنی بر شیوه تک‌گزینی منجر به کاهش تنوع درختی و علفی (آلفا، بتا و گاما) و تغییرات در ویژگیهای خاک می‌شود؟

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در پارسل‌های ۲۹ (مدیریت‌شده) و ۲۶ (شاهد) از سری ۱۰ لالیس، پارسل‌های ۱۳۴ (مدیریت‌شده) و ۱۳۵ (شاهد) از سری ۱ شیراکنس، پارسل‌های ۵۳۰ (مدیریت‌شده) و ۵۴۱ (شاهد) از سری ۵ لاکوبن، پارسل‌های ۷۲۵ (مدیریت‌شده) و ۷۲۴ (شاهد) از سری ۷ واشمرد واقع در حوزه استحفاظی اداره کل منابع طبیعی نوشهر استان مازندران انجام شد. به منظور تعیین مراکز قطعات نمونه جهت جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از روش منظم- تصادفی با ابعاد شبکه ۲۰۰×۱۰۰ استفاده شد. پس از تعیین مرکز قطعه نمونه بر روی نقشه و سپس در عرصه، به وسیله GPS طول و عرض جغرافیایی مرکز قطعه نمونه و ارتفاع از سطح دریا ثبت شد. همچنین به وسیله شیب‌سنج و قطب نما شیب و جهت عمومی

قطعات نمونه تعیین شد. در مرکز هر قطعه نمونه، قطعات نمونه ۱۰۰ مترمربعی (۱۰ متر × ۱۰ متر) برای بررسی پوشش علفی، ۴۰۰ مترمربعی (۲۰ متر × ۲۰ متر) برای بررسی پوشش درختی و درختچه‌ای و قطعات نمونه دایره‌ای شکل ۱۰۰۰ مترمربعی برای بررسی و مقایسه خصوصیات کمّی پیاده شد. در نتیجه، در هر یک از پارسل‌های مدیریت‌شده و پارسل‌های مدیریت‌نشده حداقل ۱۰ قطعه نمونه و در مجموع ۱۲۰ قطعه نمونه برداشت شد.

همزمان با برداشت فلورستیک، به منظور کاهش خطا و افزایش دقت از سه نقطه از هر پلات از دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۳۰ سانتی‌متری افق معدنی نمونه‌های خاک برداشت و با مخلوط نمودن ۳ نمونه خاک یک نمونه ترکیبی از هر عمق تهیه شد. سپس نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک شده و پس از خرد شدن کامل از الک‌های ۲ میلی‌متری عبور داده و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. در بررسی پارامترهای خاک مجموعه‌ای از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک برای هر دو عمق مورد بررسی، اندازه‌گیری شد که عبارتند از pH خاک با دستگاه pH متر الکتریکی، درصد کربن آلی به وسیله روش والکلی و بلک، درصد ازت کل به روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش السون و پتاسیم تبادلی از روش فلیم فتومتری.

بعد از جمع‌آوری پارامترهای مورد نیاز، شاخص‌های تنوع گونه‌ای به تفکیک اشکوب‌های درختی و علفی در هر قطعه نمونه محاسبه شد. برای ارزیابی تنوع گونه‌ای شاخص‌های گوناگونی وجود دارد. در این تحقیق از شاخص‌های غنای گونه‌ای، یکنواختی شانون- وینر، عکس شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون (Inverse Simpson index) و مدل نمایی تنوع گونه‌ای شانون- وینر (Exponential of Shannon Wiener (entropy (eH) برای محاسبه تنوع گونه‌ای آلفا (معرف تنوع در سطح قطعات نمونه‌برداری) استفاده شد (Jost, 2006). مشکل استفاده از شاخص‌های معمول تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون- وینر که به طور گسترده در پژوهش‌ها استفاده می‌شود، این است که شاخص‌های مذکور در بردارنده دو ویژگی غنای گونه‌ای و یکنواختی گونه‌ای هستند که در یک عدد شاخص تنوع منعکس می‌شود. به عنوان مثال، در بعضی از جوامع با میزان یکنواختی و غنای گونه‌ای متفاوت، ترکیبات یکسانی را ایجاد می‌کنند. به عبارت دیگر، ممکن است جامعه‌ای با غنای بیشتر و یکنواختی کمتر، با جامعه دیگری که غنای گونه‌ای کمتر، اما یکنواختی بیشتری دارد، دارای تنوع یکسانی شوند. به همین علت در تحقیق حاضر به منظور جلوگیری از اشتباهات تفسیری این چنینی و دستیابی به نتیجه‌گیری دقیق‌تر، از مدل نمایی آنتروپی شانون و عکس تنوع سیمپسون استفاده شد که مبین تعداد گونه موثر هستند (Jost, 2006). تعداد موثر گونه، کمیتی است که درجه توزیع فراوانی افراد را بین گونه‌های موجود در جامعه نشان می‌دهد (Jost, 2006). از بسته Vegan در نرم‌افزار R برای محاسبه شاخص‌های تنوع در سطح آلفا استفاده شد. همچنین به منظور بررسی اثر مدیریت بر شاخص‌های تنوع آلفا و سایر پارامترهای کمی محاسبه شده (میانگین متغیرهای تعداد در هکتار، میانگین قطر برابرسینه، حجم در هکتار و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک) از مدل‌های آمیخته خطی Linear mixed effect models (LME) در بسته nlme استفاده شد. در مدل‌های آمیخته خطی، مدیریت به عنوان یک عامل با اثر ثابت (Fixed factor) و رویشگاه به عنوان یک عامل با اثر تصادفی (Random factor) در نظر گرفته شد. نرمال بودن داده‌ها نیز با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk's بررسی شد.

همچنین برای بررسی تنوع بتا (معرف میزان تغییر در ترکیب گونه‌ای جامعه یا درجه تمایز جوامع در ارتباط با تغییرات محیطی) سه شاخص Bray-Curtis dissimilarity، Abundance gradients و Balanced variation در نظر گرفته شد (Baselga, 2013). برای محاسبه شاخص‌های مذکور از بسته 'betapart' در نرم‌افزار R استفاده شد. مقایسه تنوع بتا و اجزای آن بین جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده به تفکیک اشکوب‌های درختی و علفی با استفاده از آزمون آماری t جفتی (Paired t-test) انجام شده است.

محاسبه و مقایسه تنوع گاما (معرف تنوع در منطقه، شامل مجموعه‌ای از جوامع) با استفاده از روش پیشنهادی Colwell et al. (2012) انجام شد. در این روش از منحنی‌های ریرفکشن و برون‌یابی (Rarefaction and Extrapolation curves) با استفاده از اعداد هیل استفاده می‌شود (Jost, 2006). منحنی‌های تنوع گونه‌ای برای اعداد هیل صفر، ۱ و ۲ تخمین زده شده است که عدد هیل صفر معرف غنای گونه‌ای، عدد هیل ۱ معرف مدل نمایی تنوع شانون- وینر و عدد هیل ۳ معرف عکس تنوع گونه‌ای سیمپسون است. کلیه محاسبات در رابطه با تنوع گاما با استفاده از بسته iNEX انجام شد.

در این مطالعه برای بررسی تغییرات ترکیب پوشش گیاهی، از روش رسته‌بندی سنجش چند بعدی غیرمتریک (NMS) استفاده شد.

یافته‌ها

مشخصه‌های کمی جنگل‌های مورد مطالعه

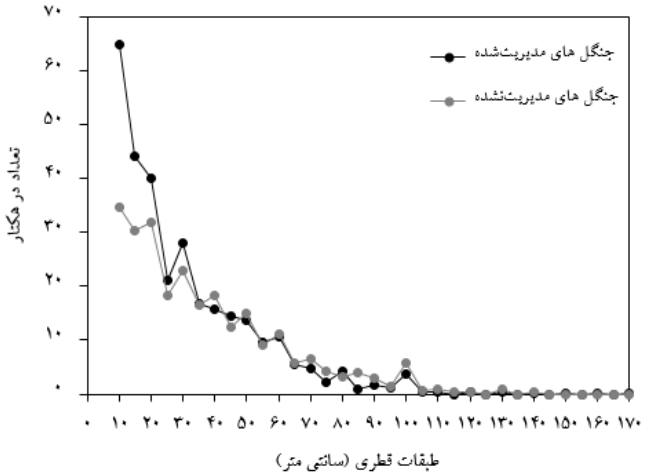
میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های کمی جنگل‌های مورد بررسی و نتایج مقایسه آماری مشخصه‌های مذکور بین جنگل‌های مدیریت‌نشده و مدیریت‌شده در جدول ۱ ارائه شده که نشان می‌دهد همه مقادیر متغیرهای کمّی به طور معنی‌داری در جنگلهای مدیریت‌نشده بیشتر است.

جدول ۱- میانگین، انحراف معیار و نتایج مقایسه آماری مشخصه‌های کمّی جنگل‌های مورد مطالعه

مشخصه	جنگل‌های مدیریت‌شده	جنگل‌های شاهد	معنی‌داری
تعداد در هکتار	۳۰۵/۸۳ ± ۱۴۰/۴۷	± ۱۴۳/۰۶ ۲۵۸/۶۷	۰/۰۰*
تعداد در هکتار درختان با DBH≤ ۸۰ سانتی‌متر	۲۹۳/۵۰ ± ۱۸/۳۸	۲۳۸/۳۳ ± ۱۹/۲۲	۰/۰۰*
تعداد درهکتار درختان با DBH ≥ ۸۰ سانتی‌متر	۱۲/۱۷ ± ۱/۶۸	۲۰/۱۷ ± ۲/۲۰	۰/۰۰*
سطح مقطع برابرسینه (مترمربع در هکتار)	۳۴/۴۹ ± ۱۱/۱۱	۴۰/۱۸ ± ۱۱/۶۱	۰/۰۰*
حجم (متر مکعب در هکتار)	۴۰۳/۳۶ ± ۱۷۵/۲۵	± ۲۰۰/۸۰ ۵۰۹/۲۸	۰/۰۰*

* معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد

منحنی‌های پراکنش قطری در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده به شکل کاهنده و J معکوس می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- پراکنش قطری درختان در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده

مشخصه‌های خاک

مقادیر میانگین مشخصه‌های خاک در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول ۲).

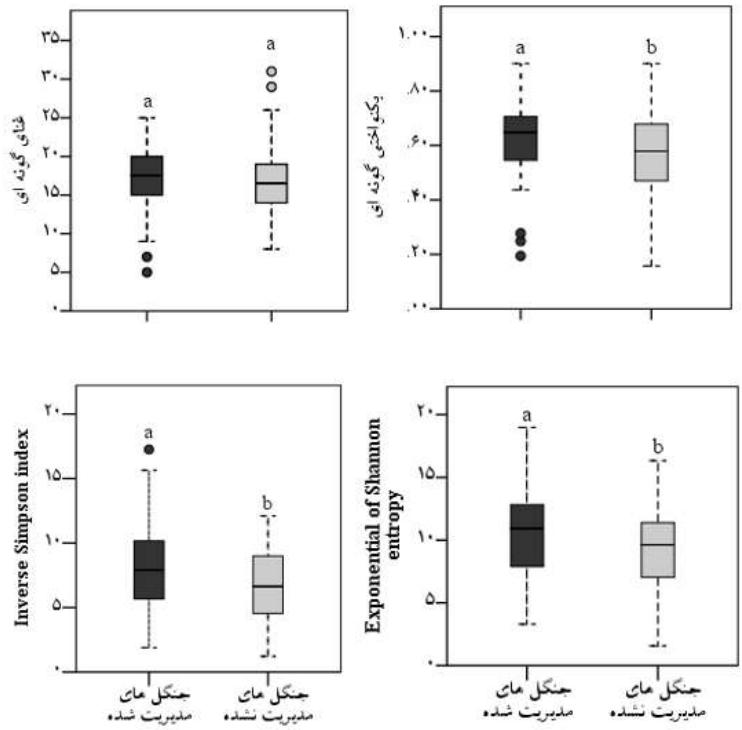
جدول۲- میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های خاک در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده

مشخصه	جنگل‌های مدیریت‌شده	جنگل‌های مدیریت‌نشده	معنی‌داری
اسیدیته (۱)	۵/۵۰ ±۰/۳۸	۵/۵۰ ±۰/۵۷	۰/۹۸
اسیدیته (۲)	۵/۶۷ ±۰/۳۸	۵/۸۱ ±۰/۶۰	۰/۱۱
کربن آلی (۱)	۳/۹۷ ±۱/۶۹	۴/۱۳ ±۲/۱۴	۰/۶۰
کربن آلی (۲)	۱/۸۶ ±۱/۰۷	۱/۹۷ ±۱/۳۰	۰/۶۱
ازت کل (۱)	۰/۳۹ ±۰/۱۷	۰/۴۱ ±۰/۲۲	۰/۴۶
ازت کل (۲)	۰/۱۸ ±۰/۱۰	۰/۲۰ ±۰/۱۳	۰/۳۴
پتاسیم (۱)	۲۴۷/۸۸ ± ۱۱۲/۵۶	۲۱۵/۶۲ ± ۸۲/۶۳	۰/۰۶
پتاسیم (۲)	۱۸۲/۷۷ ± ۷۶/۱۰	۱۶۲/۰۳ ± ۷۲/۶۵	۰/۱۱
فسفر قابل جذب (۱)	۶/۷۷ ±۷/۸۳	۶/۰۴ ±۵/۰۴	۰/۴۱
فسفر قابل جذب (۲)	۴/۱۷ ±۴/۹۳	۳/۳۵ ±۲/۴۶	۰/۱۷

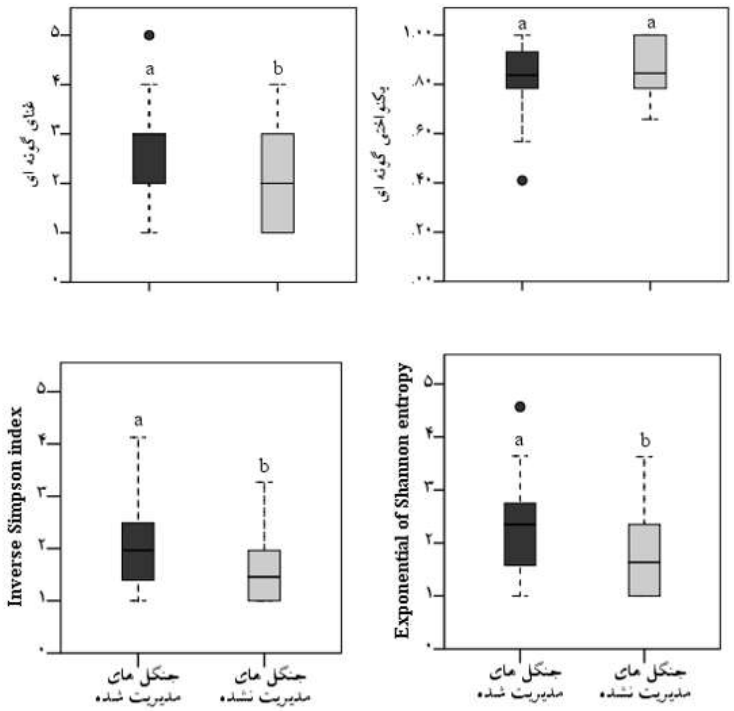
*معرف معنی‌دار بودن در سطح خطای ۵ درصد است. (۱) عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر، (۲) عمق ۳۰-۱۰ سانتی‌متر خاک

تنوع گونه‌ای آلفا

میانگین‌های یکنواختی گونه‌ای و تنوع گونه‌ای در اشکوب علفی و اشکوب درختی در جنگل‌های مدیریت‌شده به طور معنی‌داری بیشتر از میانگین‌های شاخص‌های مذکور در جنگل‌های مدیریت‌نشده است (شکلهای ۲ و ۳).



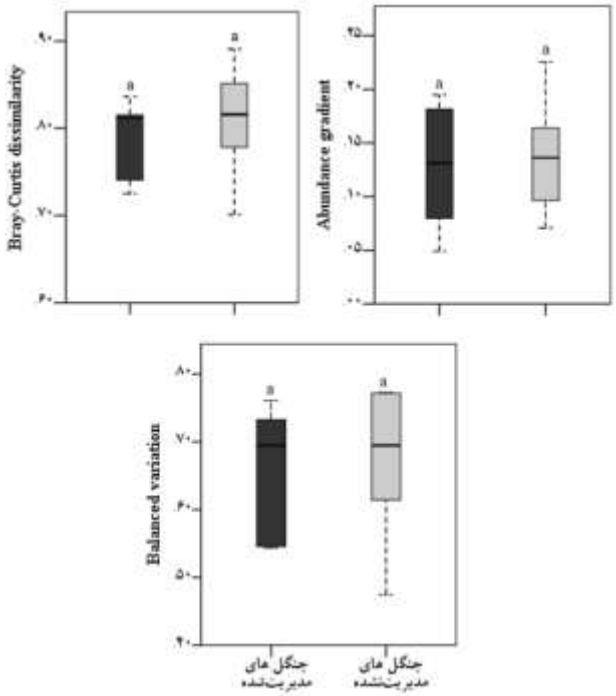
شکل ۲- شاخص‌های تنوع گونه‌ای آلفا اشکوب علفی در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده
(حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد می‌باشد)



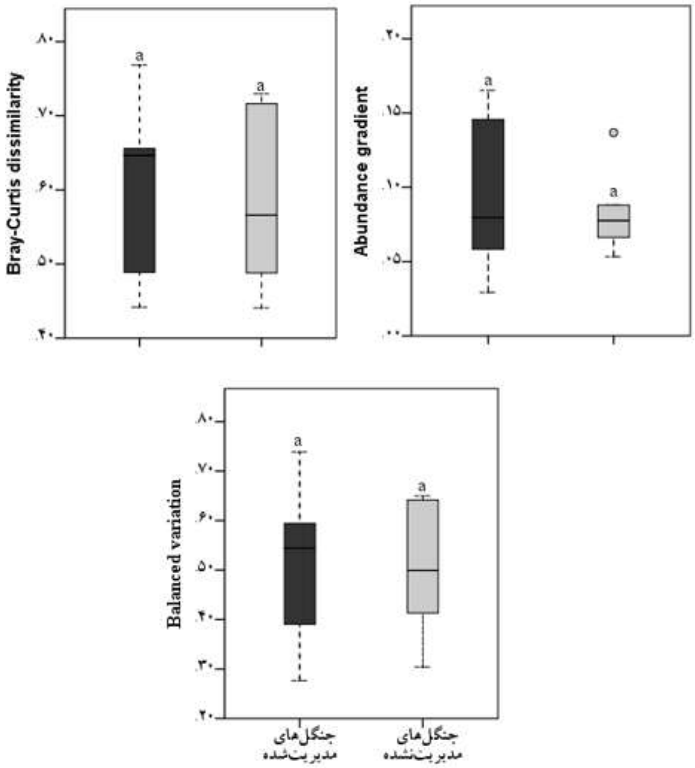
شکل ۳- شاخص‌های تنوع گونه‌ای آلفا اشکوب درختی در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده
(حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد می‌باشد)

تنوع بتا

اختلاف معنی‌داری بین شاخصهای مختلف بتا بین جنگل مدیریت‌شده و شاهد مشاهده نشد (شکل ۴ و ۵).



شکل ۴- شاخص‌های تنوع بتا اشکوب علفی در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده



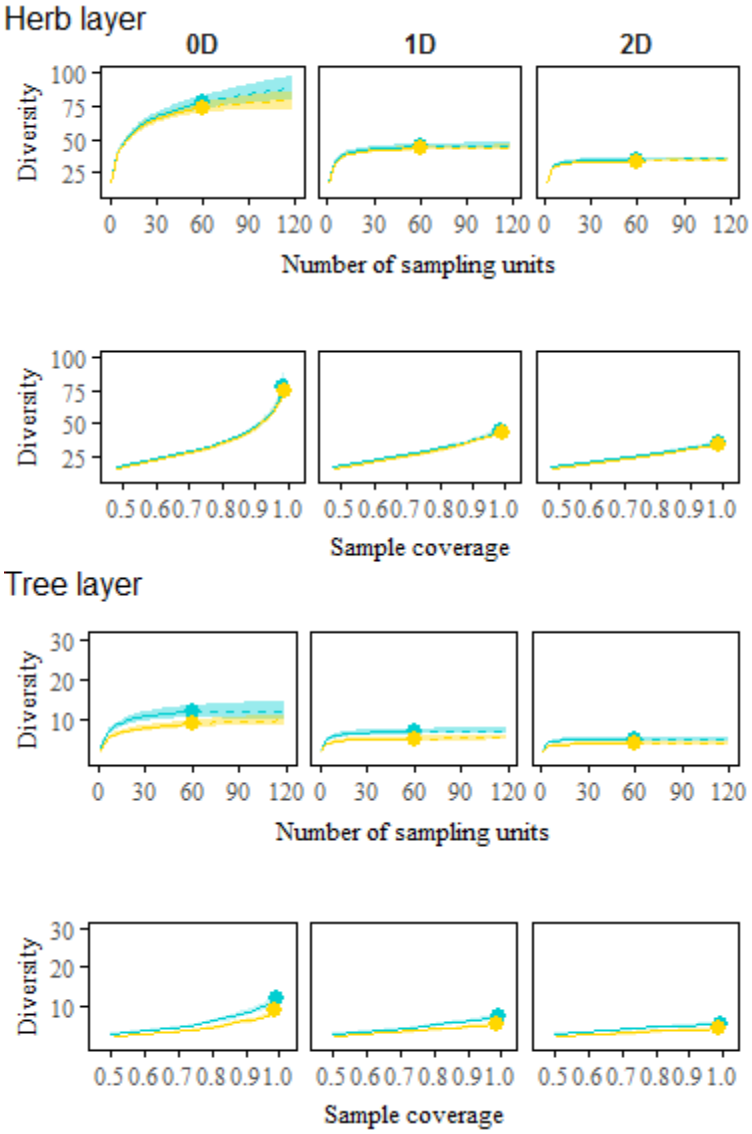
شکل ۵- شاخص‌های تنوع بتا اشکوب درختی در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده

تنوع گاما

جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده از لحاظ تنوع گاما اشکوب علفی در سطوح مختلف اعداد هیل (صفر، ۱ و ۲) با توجه به همپوشانی فواصل اطمینان نمودارها، اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول ۳ و شکل ۶). نتایج اعداد هیل نشان می‌دهد که ترکیب گونه‌ای صرف نظر از نادر و یا فراوان بودن گونه‌های علفی در بین دو جنگل متفاوت نیست. در حالی‌که با توجه به نتایج آنالیزها، مقدار تنوع گاما مربوط به اشکوب درختی در سطوح مختلف اعداد هیل به طور معنی‌داری در جنگل‌های مدیریت‌شده بیشتر است (جدول ۳ و شکل ۶).

جدول ۳- تنوع گاما براساس اعداد هیل در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده

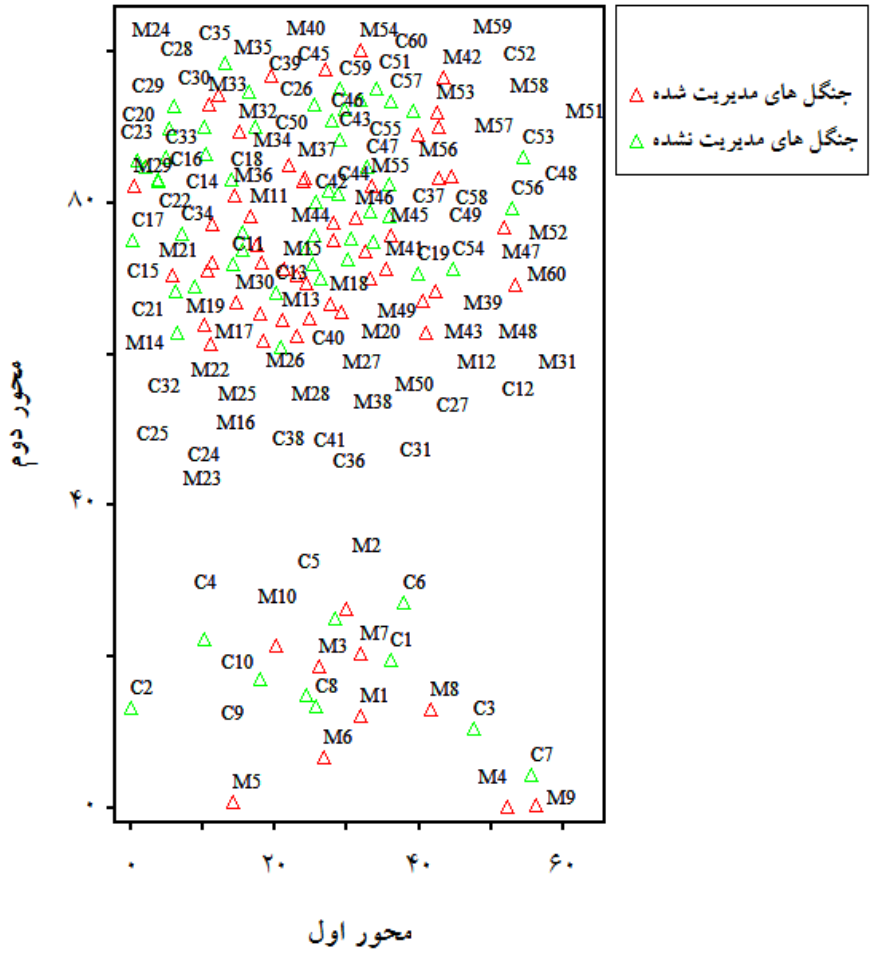
سطوح تنوع	جنگل	تنوع گونه‌ای مشاهده شده			تنوع Asymptotic (Chao 2)		
		میانگین	کمینه	بیشینه	برآورد	کمینه	بیشینه
		اشکوب علفی					
0D: غنای گونه‌ای	مدیریت‌شده	۷۸	۷۲/۳۰	۸۳/۷۰	۹۸/۹۸	۸۵/۶۰	۱۳۵/۹۳
	مدیریت‌نشده	۷۴	۶۹/۹۳	۷۸/۰۷	۸۱/۴۴	۷۶/۳۷	۹۷/۳۶
1D: تنوع شانون وینر	مدیریت‌شده	۴۴/۸۳	۴۳/۰۰	۴۶/۶۶	۴۶/۷۸	۴۴/۸۳	۴۸/۸۹
	مدیریت‌نشده	۴۳/۳۶	۴۱/۵۵	۴۵/۱۶	۴۴/۹۲	۴۳/۳۶	۴۶/۷۶
2D: تنوع سیمپسون	مدیریت‌شده	۳۵/۲۶	۳۳/۸۴	۳۶/۶۷	۳۵/۸۸	۳۵/۲۶	۳۷/۳۵
	مدیریت‌نشده	۳۳/۸۸	۳۲/۵۵	۳۵/۲۱	۳۴/۴۷	۳۳/۸۸	۳۵/۸۲
		اشکوب درختی					
0D: غنای گونه‌ای	مدیریت‌شده	۱۲	۱۰/۴۴	۱۳/۵۶	۱۲/۲۵	۱۲/۰۲	۱۴/۹۱
	مدیریت‌نشده	۹	۸/۰۸	۹/۹۲	۹/۹۸	۹/۱۱	۱۷/۹۹
1D: تنوع شانون وینر	مدیریت‌شده	۷/۰۷	۶/۳۵	۷/۷۹	۷/۳۰	۷/۰۷	۸/۰۹
	مدیریت‌نشده	۵/۳۳	۴/۷۹۰	۵/۸۷	۵/۵۲	۵/۳۳	۶/۰۸
2D: تنوع سیمپسون	مدیریت‌شده	۵/۲۴	۴/۶۷	۵/۸۲	۵/۳۱	۵/۲۴	۵/۹۱
	مدیریت‌نشده	۴/۰۵	۳/۵۴	۴/۵۶	۴/۱۰	۴/۰۵	۴/۶۳



شکل ۶- نمودار ریرفکشن در جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده
(منحنی آبی: جنگل مدیریت‌شده و منحنی زرد: جنگل مدیریت‌نشده)

تغییرات ترکیب پوشش گیاهی

نتایج آنالیز رسته‌بندی NMS نشان داد که قطعات نمونه برداشت شده براساس گرادیان مدیریتی قابل تفکیک نیستند. بنابراین در مناطق مورد مطالعه عوامل دیگری علاوه بر مدیریت بر تغییرات ترکیب پوشش گیاهی تاثیرگذار هستند (شکل ۷).



شکل ۷- نمودار رسته‌بندی قطعات نمونه پوشش گیاهی حاصل از آنالیز NMS
(M: قطعات نمونه جنگل‌های مدیریت‌شده، C: قطعات نمونه جنگل‌های مدیریت‌نشده)

بحث و نتیجه‌گیری

اجرای عملیات مدیریتی مشخصه‌ها و فرآیندهای طبیعی جنگل‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به طوری‌که تحقیقات مختلف در این زمینه مبین متفاوت بودن جنگل‌های مدیریت‌شده و جنگل‌های طبیعی مدیریت‌نشده است (Dieler et al., 2017; Gunn et al., 2019) که این تفاوت‌ها با توجه به شدت و شیوه مدیریت متغیر است (Baran et al., 2020). در مطالعه حاضر میانگین متغیرهای تعداد در هکتار درختان با قطر بیشتر از ۸۰ سانتی‌متر (۲۰/۱۷ در مقابل ۱۲/۱۷ اصله درخت)، سطح مقطع برابرسینه (۴۰/۱۸ در مقابل ۳۴/۴۹ مترمربع) و حجم در هکتار (۵۰۹/۲۸ در مقابل ۴۰۳/۳۶ متر مکعب) در

جنگل‌های مدیریت‌نشده به طور معنی‌داری در مقایسه با جنگل‌های مدیریت‌شده بیشتر بود (جدول ۱). این نتایج با یافته‌های بررسی انجام شده در جنگل‌های آمیخته فرانسه مطابقت دارد که تعداد درختان قطور (۳/۹ در مقابل ۸/۴ اصله درخت در هکتار) و سطح مقطع (۲۸ در مقابل ۲۳/۹ مترمربع در هکتار) در جنگل‌های شاهد و مدیریت‌نشده نسبت به جنگل‌های مدیریت‌شده با شیوه گزینشی بیشتر است (Paillet et al., 2017). سطح مقطع برابرسینه و حجم درختان رابطه مستقیمی با قطر برابرسینه دارد (Bettinger et al., 2017)، بنابراین بیشتر بودن متغیرهای مذکور در جنگل‌های مدیریت‌نشده می‌تواند ناشی از بیشتر بودن تعداد درختان قطور در جنگل‌های مدیریت‌نشده و برداشت درختان قطور در جنگل‌های مدیریت‌شده باشد. همچنین بیشتر بودن تعداد در هکتار درختان قطور یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های ساختاری جنگل‌های مدیریت‌نشده طبیعی می‌باشد (Merino et al., 2007). براساس نتایج مطالعه‌ای در جنگل‌های راش اروپا با هدف بررسی اثر مدیریت بر مشخصه‌های ساختاری، جنگل‌های مدیریت‌نشده دارای سطح مقطع و حجم در هکتار بیشتر و تعداد در هکتار کمتر نسبت به جنگل‌های مدیریت‌شده بودند (Paffetti et al., 2012). نمودار پراکنش درختان در طبقات قطری در هر دو نوع جنگل حالت کاهنده و J معکوس جنگل‌های ناهمسال را دارد (شکل ۱). همچنین به علت سطح مقطع کمتر و در نتیجه افزایش نور در اشکوب‌های پایینی، تعداد در هکتار درختان کم قطر و کوچک و میان‌قطر (۲۹۳/۵ در مقابل ۲۳۸/۳۳ اصله) در جنگل‌های مدیریت‌شده بیشتر است (جدول ۱). با افزایش تاج پوشش و گسترش بیشتر درختان کم قطر و میان قطر و همچنین با توسعه زادآوری گونه‌های درختی و ورود به مراحل رویشی بالاتر این پایه‌های درختی، نور رسیده به کف جنگل محدود می‌شود در نتیجه درصد پوشش گونه‌های علفی در جنگل‌های مدیریت‌شده در مقایسه با جنگل‌های مدیریت‌نشده کمتر است. اما به دلیل شدت برداشت کم و فواصل بهره‌برداری زیاد، جنگل‌های مدیریت‌شده و جنگل‌های مدیریت‌نشده از لحاظ درصد تاج پوشش درختی تفاوت معنی‌داری ندارند. مطابق با بررسی Petzold et al. (2018) درصد پوشش اشکوب علفی جنگل‌های مدیریت‌شده آلمان کمتر از جنگل‌های مدیریت‌نشده بوده است که علت را کاهش نور در دسترس در کف جنگل در نتیجه توسعه اشکوب درختچه‌ای و زادآوری گونه‌های درختی در جنگل‌های مدیریت‌شده بیان کردند. اجرای شیوه تک‌گزینی تاثیر معنی‌داری بر خصوصیات خاک نداشته است. این یافته‌ها با نتایج مطالعه Elliott and Knoepp (2005) مطابقت دارد که نشان دادند تاثیر شیوه گزینشی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بسیار ناچیز است و یا تاثیر معنی‌داری در جنگل‌های معتدله آمریکا ندارد. همچنین von Oheimb and Härdtle (2009) با بررسی در جنگل‌های معتدله آلمان، عدم تفاوت معنی‌دار بین جنگل‌های مدیریت‌شده با شیوه گزینشی و مدیریت‌نشده از لحاظ خصوصیات شیمیایی خاک را گزارش داده‌اند.

ارزیابی اثرات تخریب و بهره‌برداری انسانی بر روی کارکردهای اکوسیستم جنگل و تنوع زیستی به منظور حفاظت و مدیریت هر چه بهتر تنوع زیستی جنگل‌ها ضروری است (Kaufman et al., 2017). غنای گونه‌ای و ترکیب گونه‌ای شاخص‌های مهمی برای ارزیابی تنوع هستند که ممکن است تحت تاثیر مدیریت جنگل قرار گیرند (Schall et al. 2018). اگرچه فرض می‌شود که جنگل‌های مدیریت‌شده دارای غنای گونه‌ای بیشتری هستند (Paillet et al., 2010)، اما مطالعات با هدف مقایسه جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده نتایج مختلفی را نشان می‌دهند.

در مطالعه حاضر تنوع گونه‌ای آلفا و یکنواختی اشکوب علفی در جنگل‌های مدیریت‌شده بیشتر است (شکل ۲). در حالی‌که غنای گونه‌ای، تنوع گونه‌ای بتا و اجزای آن و تنوع گاما مربوط به اشکوب علفی در بین جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده تفاوت معنی‌داری ندارند (شکل‌های ۴ و ۵). برخی از تحقیقات انجام شده بیشتر بودن غنای گونه‌ای علفی را در جنگل‌های مدیریت‌شده در مقایسه با جنگل‌های مدیریت‌نشده نشان داده‌اند؛ برای مثال جنگل‌های مدیریت‌شده با تاریخچه

مدیریتی مختلف (شیوه‌های پناهی، گروه گزینی و تک گزینی) در اسپانیا (Horvat et al., 2017) و جنگل‌های مدیریت‌شده راش با شیوه گزینشی در شمال آلمان (von Oheimb and Haerdtle, 2009) دارای غنای گونه‌ای بیشتری در اشکوب علفی نسبت به جنگل‌های مدیریت‌نشده بودند. در مقابل Sitzia et al. (2012) عدم تفاوت معنی‌دار غنای گونه‌ای اشکوب علفی را در بین جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده ایتالیا نشان داده اند.

براساس نتایج به دست آمده در این تحقیق، غنای گونه‌ای، تنوع گونه‌ای آلفا و تنوع گاما مربوط به اشکوب درختی در جنگل‌های مدیریت‌شده بیشتر است (شکل‌های ۳ و ۶). تاثیر مثبت شیوه گزینشی بر غنا و تنوع گونه‌ای اشکوب درختی در جنگل‌های اسپانیا توسط Torras and Saura (2008) گزارش شده است. به طور کلی پاسخ تنوع گونه‌ای گیاهی به مدیریت جنگل در مناطق مختلف به متغیرهایی از قبیل شدت مدیریت، توپوگرافی، سن توده، نوع گونه (Paillet et al., 2010) شرایط ریزاقلیم و خصوصیات خاک (Sebastia et al., 2005) وابسته است. این نکته نیز حائز اهمیت است که تناقض در نتایج تحقیقات مختلف می‌تواند در نتیجه روش‌های متفاوت برای توصیف و تعریف جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده در مناطق مختلف باشد (Horvat et al., 2017). همچنین مدت زمان توقف بهره‌برداری در جنگل‌های مدیریت‌نشده عامل تاثیرگذار دیگری است، چرا که احیا و تغییر ساختار جنگل یک فرآیند تدریجی در طول زمان است (Fenton and Bergeron, 2008). مکانیسم مهم بعدی تاثیر میزان دسترسی نور در کف جنگل می‌باشد که می‌تواند با اعمال مدیریت جنگل دستخوش تغییرات قرار گیرد و به دنبال آن رویش و تنوع پوشش گیاهی زیر اشکوب جنگل تحت تاثیر قرار گیرد (Barbier et al., 2008). با توجه به منابع موجود، نور در دسترس در کف جنگل به طور عمده با افزایش تاج پوشش درختی کاهش می‌یابد (Sonohat et al., 2004). بسیاری از مطالعات ارتباط مثبت بین میزان نور در دسترس و تنوع گونه‌ای علفی را اثبات کرده‌اند (Dormann et al., 2020). افزایش میزان نور در دسترس در کف جنگل منجر به تغییر ریزاقلیم، افزایش ناهمگنی شرایط محیطی و در نهایت افزایش تنوع گونه‌ای علفی می‌شود (Falk et al., 2008). در مطالعه حاضر، تعداد در هکتار بیشتر درختان کم قطر با سطح مقطع کمتر در جنگل مدیریت‌شده می‌تواند مبین مقدار نور بیشتر در زیر اشکوب این جنگل‌ها در مقایسه با جنگل‌های مدیریت‌نشده باشد. به عبارت دیگر سطح مقطع برابرسینه می‌تواند به عنوان نماینده‌ای از مقدار نور رسیده به کف جنگل در نظر گرفته شود (Sonohat et al., 2004) که در جنگل‌های مدیریت‌نشده به طور معنی‌داری بیشتر است (جدول ۱). همچنین حضور گونه‌های شاخص نورپسند Fragaria vesca، Tamus communis و Diospyrus lotus در جنگل‌های مدیریت شده نیز به نوبه خود نشان دهنده نور بیشتر در کف جنگل‌های مدیریت‌شده است. بنابراین بیشتر بودن تنوع گونه‌ای آلفا مربوط به اشکوب علفی در جنگل‌های مدیریت‌شده ممکن است به علت افزایش نور در دسترس در کف جنگل ناشی از بهره‌برداری در مقایسه با جنگل‌های مدیریت‌نشده باشد.

گونه درختی راش شرقی که به طور طبیعی گونه غالب در جنگل‌های مورد مطالعه است، به عنوان یک گونه سایه‌پسند دارای پتانسیل زادآوری و توانایی رقابت بالا در نظر گرفته می‌شود (Nasiri et al., 2018). بنابراین باز شدن تاج پوشش به وسیله بهره‌برداری ممکن است حفره‌هایی بزرگ‌تر از حفره‌های ناشی از پویایی‌های طبیعی ایجاد کند که می‌تواند منجر به افزایش نور در دسترس در کف جنگل‌های مدیریت‌شده شود. افزایش و ناهمگنی میزان نور در دسترس می‌تواند سبب استقرار و توسعه زادآوری گونه‌های درختی دیگر نیز شود که در نتیجه آن تنوع گونه‌ای اشکوب درختی در جنگل‌های مدیریت‌شده بیشتر می‌شود. به طور کلی مطالعه حاضر نشان داد که در جنگل‌های معتدله مورد بررسی ایجاد و افزایش ناهمگنی در سطح توده به وسیله برداشت درختان، به عنوان یک متغیر و محرک برای تنوع گونه‌ای آلفا در اشکوب علفی و درختی و همچنین

برای تنوع گونه‌ای گاما در اشکوب درختی در نظر گرفته می‌شود، در حالی‌که تنوع گونه‌ای بتا و اجزای آن تغییر معنی‌داری را نشان ندادند.

جنگل‌های مدیریت‌شده و جنگل‌های مدیریت‌نشده از لحاظ ترکیب پوشش گیاهی قابل تفکیک براساس معیار مدیریت نیستند (شکل ۷) که این نتیجه مطابق با یافته‌های Falk et al. (2008) و Kaufmann et al. (2017) است که بیان نمودند ترکیب پوشش گیاهی هیچ تغییر معنی‌داری را در اثر مدیریت جنگل نشان نداد. مطالعه‌ای در جنگل‌های راش شمال غربی فرانسه نشان داد که مواد غذایی خاک بخش زیادی از تغییرات ترکیب فلورستیکی این جنگل‌ها را توجیه می‌کند (Lalanne et al., 2010). مواد آلی خاک از طریق تأثیر بر روی تأمین عناصر غذایی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، بر حاصل‌خیزی آن اثرگذارند (Russel et al, 2007). همچنین Haerdtle et al. (2005) ارتباط معنی‌دار بین مقدار ازت خاک و الگوی پراکنش پوشش گیاهی را در جنگل‌های راش آلمان اثبات کردند.

براساس نتایج تحقیق حاضر، اجرای شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی در جنگل‌های راش ایران، منجر به کاهش معنی‌دار سطح تنوع زیستی و همچنین اثرات منفی معنی‌دار بر مشخصات شیمیایی و به ویژه حاصلخیزی خاک نشد. بنابراین لازم است مقایسه‌ای دقیق و علمی بین وضعیت تنوع زیستی و ویژگی‌های خاک در طرح‌های جنگلداری قبل و بعد از اجرای طرح تنفس انجام شود که آیا واقعاً طرح تنفس اثرات مثبتی بر وضعیت کمی و کیفی توده‌های جنگلهای شمال داشته است یا خیر.

سپاسگزاری

از حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و نوآوران کشور (کد طرح ۹۳۰۴۳۷۸۷) برای انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Agoumé, A., and Birang, A. (2009). The effects of soil acidity on forest ecosystems and biodiversity. Annals of Forest Science, 66(1): 1-8.

Augusto, L., Ranger, L., Binkley, D., and Rothe, A. (2002). Impact of several common tree species of European temperate forest on soil fertility. Annals of Forest Science, 59: 233-253.

Baselga, A., (2013). Separating the two components of abundance-based dissimilarity: balanced changes in abundance vs. abundance gradients. Methods in Ecology and Evolution, 4(6): 552–557.

Baran, J., Pielech, R., Kauzal, P., Kukla, W. and Bodziarczyk, J. (2020). Influence of forest management on stand structure in ravine forests. Forest ecology and management, 463.

Barbier, S., Balandier, P., and Gosselin, F. (2009). Influence of several tree traits on rainfall partitioning in temperate and boreal forests: a review. Annals of Forest Science, 66: 602-614.

Binkley, D. (1996). The influence of tree species on soil properties. Forest Ecology and Management, 85(1-3): 1-8.

Bengtsson, J., Nilsson, S.G., Franc, A., and Menozzi, P. (2000). Biodiversity in managed forests: The role of tree species diversity. Forest Ecology and Management, 132(1): 1-16.

Bettinger, P., Boston, K., Siry, J. and Grebner, D.,(2017). Valuing and Characterizing Forest Conditions. Forest management and planning, 2: 21-63.

Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S.-Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L. and Longino, J. T., (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. Plant

Ecology, 5(1): 3–21.

Crow, T.R., and Hargrove, W.W. (2002). The role of tree species composition in forest dynamics. Forest Ecology and Management, 155(1-3): 1-9.

Deal, R.L., and Tappeiner, J.C. (2002). The effects of selective logging on forest structure and biodiversity. Forest Ecology and Management, 165(1-3): 1-16.

Dieler, J., Uhl, E., Biber, P., Müller, J., Rotzer, T., and Pretzsch, H. (2017). Effect of forest stand management on species composition, structural diversity, and productivity in the temperate zone of Europe. European Journal of Forest Research, 136, 739–766.

Dormann, CF., Bagnara, M., Boch, S., Hinderling, J., Janeiro-Otero, A., Schäfer, D., Schall, P. and Hartig, F., (2020). Plant species richness increases with light availability, but not variability, in temperate forests understory. BMC Ecology, 20 (1): 43-50.

Elliott, K.J., and Knoepp, J.D. (2005). The effects of three regeneration harvest methods on plant diversity and soil characteristics in the southern Appalachians. Forest Ecology and Management, 211(3): 296-317.

Falk, K. J., Burke, D.M., Elliott, K.A., and Holmes, S.B. (2008). Effects of single-tree and group selection harvesting on the diversity and abundance of spring forest herbs in deciduous forests in southwestern Ontario. Forest Ecology and Management, 255: 2486–2494.

Gömöryová, E., and Križan, J. (2008). Soil formation and its ecological implications in forest ecosystems. Journal of Ecology, 96(2): 201-210

Gunn, J.S., Ducey, M.J., Belair, E., (2019). Evaluating degradation in a North American temperate forest. Forest Ecology and Management, 432: 415–426.

Heinrichs, J., and Schmidt, M. (2017). A comparison of biodiversity in managed and unmanaged forests. Journal of Forest Research, 22(3): 1-12.

Horvat, V., Biurrun, I. and Garcia- Mijangos, I., (2017). Herb layer in silver fir- beech forests in the western Pyrenees: Does management affect species diversity? Forest Ecology and Management, 385: 87-96.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. Oikos, 113(2): 363-375.

Kaufman, S., Hauck, M., and Leuschner, C. (2017). Comparing the plant diversity of paired beech primeval and production forests: Management reduces cryptogam, but not vascular plant species richness. Forest Ecology and Management, 400,: 58-67.

Lindenmayer, D.B., and Franklin, J.F. (2000). Towards a more sustainable forestry. Australian Forestry, 63(1): 1-10.

Merino, A., and Gutiérrez, J. (2007). Tree species diversity in managed and unmanaged forests: A case study. Forest Ecology and Management, 248 (2): 1-10.

Mitchell, R.J., Palik, B.J., and Hunter Jr, M.L. (2002). Natural disturbance as a guide to silviculture. Forest Ecology and Management 155: 315 – 317.

Molder, A., Bernhardt-Romermann, M., and Schmidt, W. (2008). Herb-layer diversity in deciduous forests: Raise by tree richness or beaten by beech?. Forest Ecology and Management 256: 272–281.

Nasiri, N., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V., Sefidi, K., Mohammadi, L. and Gharehaghaji, M., (2018). Natural regeneration of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) trees in canopy gaps and under closed canopy in a forest in northern Iran. Journal of Forestry Research, 29: 1075–1081.

Paffetti, D., Travaglini, D., Buonamici, A., Nocentini, S., Vendramin, G.G., Giannini, R. and Vettori, C., (2012). The influence of forest management on beech (*Fagus sylvatica* L.) stands structure and genetic diversity. Forest Ecology and Management, 284: 34–44.

Petzold, J., Dittrich, S., Fichtner, A., Härdtle, W., Naumann, B., and von Oheimb, G. (2018). Effects of forest management intensity on herb layer plant diversity and composition of deciduous forest communities in Northern Germany. Tuexenia 38: 79-96.

Pastor, J., and Post, W.M. (1984). Influence of tree species on soil properties and nutrient cycling. Forest Ecology and

Management, 10(1): 1-10.

Paillet, Y., Archaux, F., and Boulanger, V. (2010). Biodiversity in managed forests: A meta-analysis of species richness in Europe. Conservation Biology, 24(1): 101-112.

Rhoades, C.C. (1997). The role of soil properties in forest management. Forest Ecology and Management, 93(2): 115-124.

Schall, P., and Gossner, M.M. (2018). The impact of forest management on biodiversity: A review. Forest Ecology and Management, 400: 58-67.

Sebastia, M.T., and Casals, P. (2005). Plant diversity and soil properties in pristine and managed stands from Bosnian mixed forests. Forestry, 78(3): 297-303.

Sitzia, T., Trentanori, G., Dainese, M., Gobbo, G., Lingua, E. and Sommacal, M., (2012). Stand structure and plant species diversity in managed and abandoned silver fir mature woodlands. Forest Ecology and Management, 270: 230-238.

Sonohat, G., Balandier, P. and Ruchard, F., (2004). Predicting solar radiation transmittance in the understorey of even-aged coniferous stands in temperate forests. Annals of Forests Science, 61 (7): 629-641.

Teuffel, K., and Scherer-Lorenzen, M. (2006). The role of biodiversity in forest management. Forest Ecology and Management, 232(1-3): 1-10.

Torras, o. and Saura, S., (2008). Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. Forest Ecology and Management, 255: 3322-3330.

Ulrey, R., and Morrow, C. (2002). Soil acidity as an indicator of forest health. Journal of Forest Research, 7(3): 1-8.

Knapp, B.O., and Binkley, D. (2005). Soil properties and tree growth in managed forests. Forest Ecology and Management, 218(3): 319-328.

von Oheimb, G., and Härdtle, W. (2009). The effects of forest management on biodiversity in temperate forests. Forest Ecology and Management, 257(1): 1-10.

Does the implementation of management based on selective methods lead to a reduction in tree and herb diversity and changes in soil characteristics?

J. Es'haghi Rad[1*], A. Khanalizadeh[2] and H. Zare[3]

1- Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Ph.D. of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
3- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

This research aimed to comprehensively evaluate the capability of the selective logging method in the sustainable management of plant species diversity and soil characteristics in various forest stands with different altitudinal distributions. The study was conducted in managed beech forests (3 parcels) and unmanaged beech forests (3 parcels) in the central part of the Hyrcanian forests in northern Iran. A total of 120 sample plots were established using a systematic random sampling method in the studied forests. To assess tree and shrub cover, 400 square meter sample plots were used, while for the herbaceous layer, a 100 square meter sample plot was placed in the center of each main sample plot. For quantitative assessment, circular sample plots of 10 acres were established. The type and percentage of plant species cover were recorded based on the Braun-Blanquet scale. To investigate soil variables, soil samples were collected from two depths: 0-10 cm and 10-30 cm. After recording the floristic composition of the studied areas, 77 plant species were identified, including 14 tree species, 7 shrub species, and 56 herbaceous species. The unmanaged forests exhibited higher values for quantitative variables such as the number of trees and volume per hectare. No significant differences were observed between soil characteristics in managed and unmanaged forests. According to the results of NMS ordination method, the composition of vegetation cover in managed and control parcels was similar across all series. Alpha species diversity in the herbaceous and tree layers was higher in managed forests, while beta and gamma diversity did not show significant differences. Based on the findings of this study, the implementation of the selective logging method in Iranian beech forests did not lead to a significant reduction in biodiversity levels nor did it have significant negative effects on chemical properties, especially soil fertility. Therefore, a thorough and scientific comparison of biodiversity status and soil characteristics in forestry plans before and after the implementation of the breathing plan is necessary to determine whether the breathing plan has had positive effects on the quantitative and qualitative status of forest stands in the north.

Keywords: Selective logging method, species diversity, beech, soil characteristics, Hyrcanian forests.

* Corresponding author Tel: +98 9143466378 Email: j.eshagh@urmia.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

اثر جهت شیب بر تراکم و ارتفاع درخت بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی

مسلم رستم پور*

- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

چکیده

پژوهش حاضر به بررسی اثر جهت شیب بر تراکم و ارتفاع درخت بنه در جنگل‌های خشک منطقه حفاظت شده شاسکوه در استان خراسان جنوبی می‌پردازد. نمونه‌برداری در چهار جهت شمالی، جنوبی، شرقی و غربی هر کدام با ۱۰ تکرار در کوادرات‌های ۱۰۰ متر مربع انجام شد. در داخل هر کوادرات، تراکم و ارتفاع درخت بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) به روش شمارشی و اندازه‌گیری با متر محاسبه شد. به منظور بررسی اثر جهت بر تراکم و ارتفاع درخت بنه از تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح ۰/۰۵ انجام شد. به منظور تعیین اندازه اثر از مربع اتای جزئی (Partial η^2) استفاده شد. یافته‌های آزمون تجزیه واریانس نشان داد که اثر جهت بر تراکم بنه معنی‌دار است (p=0.003). نتایج آزمون توکی نیز نشان داد که جهت‌های شرقی، جنوبی و غربی از نظر تراکم گیاهی تفاوت معنی‌داری با هم دارند. بیشترین میزان تراکم در جهت شرقی (۲۲۵/۵ پایه در هکتار) و کمترین میزان تراکم در جهت غربی (۹۸/۸ پایه در هکتار) مشاهده شد. یافته‌های آزمون تجزیه واریانس نشان داد اثر جهت بر ارتفاع درخت بنه معنی‌دار نیست (p=0.199). توصیه می‌شود، جهت حفاظت بیشتر از درخت ارزشمند بنه، ایجاد ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی واقع در شیب‌های شرقی منطقه حفاظت شده شاسکوه در اولویت بخش جنگل مدیریت منابع طبیعی قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پسته وحشی، تراکم گیاهی، توپوگرافی، جنگل‌های خشک.

مقدمه

بنه (*Pistacia atlantica* Des) متعلق به خانواده Anacardiceae از جمله درختان با ارزش جنگل‌های مناطق خشک و نیمه خشک کشور است که سطحی معادل ۲/۴ تا ۳/۸ میلیون هکتار از جنگلهای کشور را به خود اختصاص داده است (ایران‌منش و همکاران، ۱۳۹۸)

درخت بنه در سخت‌ترین شرایط محیطی و بوم شناختی مستقر شده، نور پسند است و در اراضی سنگلاخی با شیب زیاد به خوبی مستقر می‌شود. بنه به شکل‌های مختلفی مثل توده‌های خالص تک درخت و همراه با سایر گونه‌های جنگلی پراکنش دارد (رستمی‌زاد و همکاران، ۱۳۹۷).

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۵۱۶۳۷۸۶۹ ایمیل: rostampour@birjand.ac.ir

مدیریت جنگل با در نظر گرفتن وضعیت طبیعی جنگل و داشتن دانش کافی در رابطه با ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه‌های جنگلی و وضعیت فعلی ساختار جنگل و پایش تغییرات ناشی از فعالیت‌های مدیریتی می‌تواند به اهداف مدیریتی خود دست یابد (طهماسبی و همکاران ، ۱۴۰۲). در جوامع جنگلی عواملی مانند اقلیم، ساختار توده، ترکیب توده، ژئومورفولوژی و فیزیوگرافی بر تراکم و تنوع زیستی تأثیرگذارند (حسینی، ۱۳۹۳).

جهت شیب نیز به‌عنوان یک عامل مؤثر در ایجاد تنوع گونه‌ای در بسیاری از اکوسیستم‌های مرتعی مشجر عنوان شده است. به‌طوری که با تأثیر بر رطوبت، حاصلخیزی و عمق خاک تأثیر زیادی در ترکیب و تنوع گیاهی دارد (احسانی و همکاران، ۱۳۹۹).

در مورد اثر عوامل فیزیوگرافیک، به‌ویژه جهت بر تراکم و تنوع گونه‌ای جوامع جنگلی تحقیقات متعددی انجام شده است. به عنوان نمونه، نتایج پژوهش سالاریان و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که جهت جغرافیایی به‌عنوان عامل بسیار مهم در پراکنش بادامک می‌باشد، به‌طوری‌که میانگین ارتفاع، تعداد جست، قطر یقه، قطر تاج و درصد تاج‌پوشش این گونه در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بوده است.

حسینی (۱۳۹۳) در مطالعه تاثیر عوامل توپوگرافی بر تنوع و غنای گونه‌ای جنگلهای بلوط استان ایلام به این نتیجه دست یافت که جهت دامنه بر تنوع، غنا و یکنواختی اشکوب درختی تاثیر معنی‌داری دارد. همچنین جهت شرقی با جهت‌های شمالی و جنوبی اختلاف معنی‌دار داشته و جهت‌های جنوبی و شمالی بیشترین تنوع، غنا و یکنواختی دارند.

نتایج پژوهش کیوان بهجو و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که جهت جغرافیایی شمال نسبت به جهت‌های دیگر در همه مناطق در زیراشکوب درختان و مرتع باز دارای بیشترین درصد پوشش گیاهی و تولید می‌باشد.

علاوه بر تاثیر جهت دامنه بر خصوصیات پوشش گیاهی جوامع جنگلی، حتی جهت جغرافیایی بر درصد جوانه‌زنی بذور بنه نیز تاثیر گذار است. نتیجه پژوهش زهره‌وندی و خداکرمی (۱۳۹۸) نشان داد که در رویشگاه پیرکاشان استان کرمانشاه، در جهت‌های متفاوت جغرافیایی، کرت‌های جهت شمالی با ۲۷ درصد بیشترین جوانه‌زنی را داشتند.

درخت بنه به دلیل ویژگی‌های همچون مقاومت به تنش های خشکی و سرما در طرح‌های جنگل‌کاری و حفاظت استفاده می‌شود (قلاسی مود و همکاران، ۱۴۰۱). با این وجود پژوهش‌ها درباره نیازهای رویشگاهی این گونه در مناطق خشک محدود است. همچنین نتایج در مورد تاثیر خصوصیات توپوگرافی بر تراکم این گونه نیز متناقض است. ایران‌منش و همکاران (۱۳۹۸) اشاره می‌کنند که این گونه کاملاً نورپسند بوده که این موضوع سبب شده بیشتر در شیب‌های جنوبی دیده شود. اما در پژوهش‌های اشاره شده در بالا، شیب‌های شمالی برای این گونه مناسب‌تر بوده است. از این‌رو پژوهش حاضر به بررسی اثر جهت شیب بر تراکم و ارتفاع درخت بنه در جنگل‌های خشک منطقه حفاظت شده شاسکوه در استان خراسان جنوبی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در ارتفاعات منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی انجام شد. منطقه حفاظت شده شاسکوه با مساحت ۷۰۳۰۰ هکتار بین ۵۹۳۰ و ۶۰۰۰ درجه طول شرقی و ۳۳۳۵ و ۳۳۵۵ درجه عرض شمالی واقع شده است. از شمال به شهرستان خواف در استان خراسان رضوی، از شرق به کشور افغانستان و در قسمت های غربی و جنوبی به شهرستان‌های زیرکوه و قاینات در استان خراسان جنوبی منتهی می شود (شکل ۱).

این منطقه در تقسیم‌بندی حوزه های آبخیز ایران بخشی از حوزه آبخیز شرق کشور و به طور اخص بخشی از حوزه آبخیز دریاچه هامون محسوب می‌شود. بالاترین ارتفاع منطقه ۲۸۵۰ متر از سطح دریا است. بخش کوهستانی، بیشترین مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است. رشته کوه شاسکوه بطول ۳۳ کیلومتر در جهت شمال غربی- جنوب شرقی و در سمت شرق منطقه کشیده شده و مهمترین بخش منطقه از نظر تنوع زیستی می‌باشد. وجود جنگلهای تنک بنه و بادام وحشی به‌عنوان ذخیره‌گاهی است که از تنوع گونه‌ای قابل ملاحظه ای برخوردار می باشد (رستم‌پور، ۱۳۸۷).

نمونه برداری از پوشش گیاهی

نمونه‌برداری در خرداد ۱۴۰۳ انجام شد. پس از شناسایی تیپ‌های گیاهی غالب منطقه که گونه بنه به عنوان گونه غالب یا همراه بود، در منطقه معرف هر تیپ گیاهی اقدام به نمونه‌برداری شد. برای تعیین دقیق‌ترین اندازه کوادرات از روش کین استفاده شد. بهترین و بهینه‌ترین اندازه با توجه به نوع و پراکنش گونه‌ها، کوادرات ۱۰×۱۰متر (m^2 ۱۰۰) انتخاب شد. نمونه‌برداری در چهار جهت شمالی، جنوبی، شرقی و غربی هر کدام با ۱۰ تکرار انجام شد. در داخل هر کوادرات، تراکم و ارتفاع درخت بنه به روش شمارشی و اندازه گیری با متر محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا آمار توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار (SD)، حداقل، حداکثر، دامنه تغییرات، ضریب چولگی، ضریب کشیدگی و اشتباه معیار از میانگین (SE) صفات مورد اندازه گیری در چهار جهت جغرافیایی محاسبه شد. قبل از تحلیل‌های آماری، نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون های شاپیرو-ویلک و بارتلت بررسی شد.

به منظور بررسی اثر جهت بر تراکم گونه‌ای و ارتفاع درخت بنه از تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح ۰/۰۵ انجام شد. به منظور تعیین اندازه اثر از مربع اتای جزئی (Partial η^2) (رابطه ۱) استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از R انجام شد.

رابطه ۱

$$\text{Partial } \eta^2 = \frac{SS_b}{SS_b + SS_e}$$

که در آن:

SS_b: مجموع مربعات تیمار

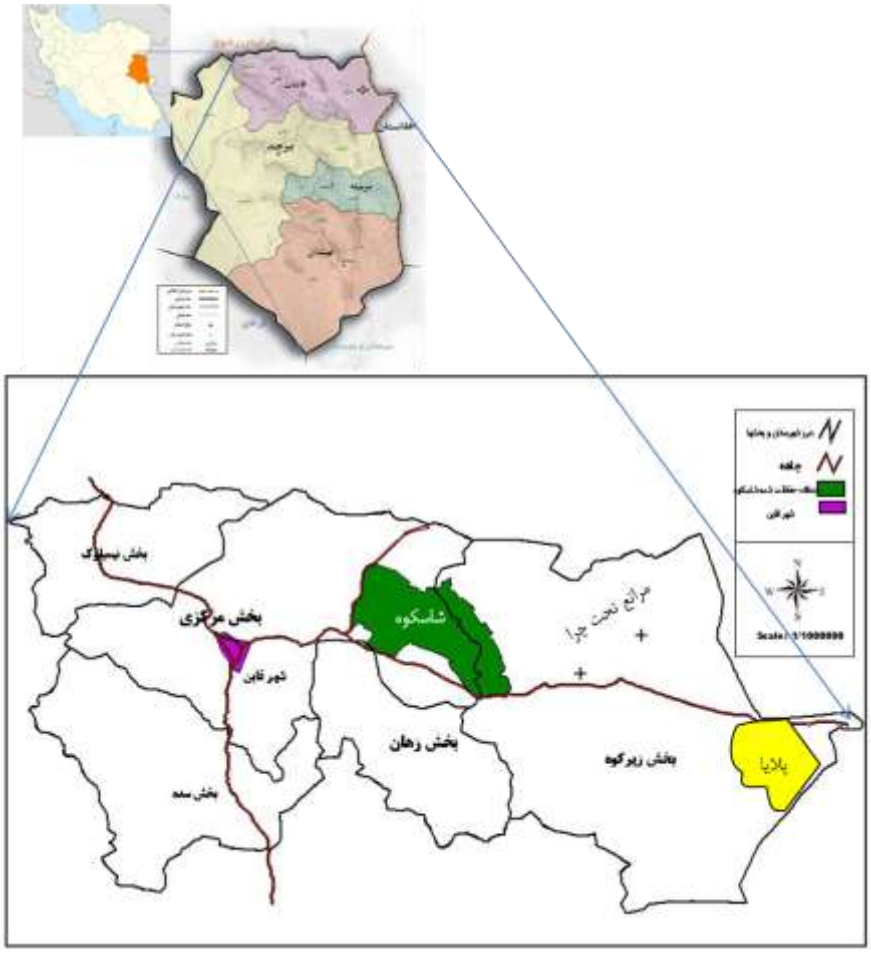
SS_e: مجموع مربعات خطا

حدود مورد نظر برای Partial η^2 که به صورت زیر تفسیر می‌شود:

اثر کم: زمانی که مقدار اتا حدود ۰/۰۱ است.

اثر متوسط: زمانی که مقدار اتا حدود ۰/۰۶ است.

اثر زیاد: زمانی که مقدار اتا حدود ۰/۱۴ است.



شکل ۱- موقعیت منطقه حفاظت شده شاسکوه نسبت به نقشه کشور و استان خراسان جنوبی

یافته‌ها

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین تغییرات تراکم درخت بنه متعلق به جهت‌های شمالی (انحراف معیار: ۷۴/۹۳ و اشتباه معیار از میانگین: ۳۰/۵۹) و کمترین تغییرات مربوط به جهت شرقی (انحراف معیار: ۴۰/۶۷ و اشتباه معیار از میانگین: ۱۶/۶۰) است. سایر آماره‌های توصیفی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- آماره های توصیفی تراکم گونه بنه در منطقه حفاظت شده شاسکوه

جهت	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	دامنه تغییرات	چولگی	کشیدگی	اشتباه معیار از میانگین
شمالی	۱۴۶/۵	۷۴/۹۳	۶۴	۲۳۲	۱۶۸	۰/۰۸	-۲/۱۳	۳۰/۵۹
جنوبی	۱۰۴/۵	۶۲/۵۷	۵	۱۷۵	۱۷۰	-۰/۴۱	-۱/۵۷	۲۵/۵۴
شرقی	۲۲۵/۵	۴۰/۶۷	۱۹۰	۳۰۴	۱۱۴	۱/۰۵	-۰/۵۷	۱۶/۶
غربی	۹۸/۸۳	۴۲/۵۸	۴۶	۱۴۸	۱۰۲	-۰/۰۶	-۲/۰۶	۱۷/۳۸

یافته ها نشان داد که نرمالیتی و همگنی واریانس‌ها معنی‌دار نبوده (جدول ۲) و این دو پیش شرط برای انجام تحلیل واریانس تامین است.

جدول ۲- نتایج آزمون های نرمال بودن داده‌ها (شاپیرو-ویلک) و همگنی واریانس‌ها (بارتلت) مربوط به تراکم بنه در منطقه حفاظت شده شاسکوه

آزمون	آماره	p.value
شاپیرو-ویلک	۰/۹۷	۰/۶۲
بارتلت	۲/۴۲	۰/۴۹

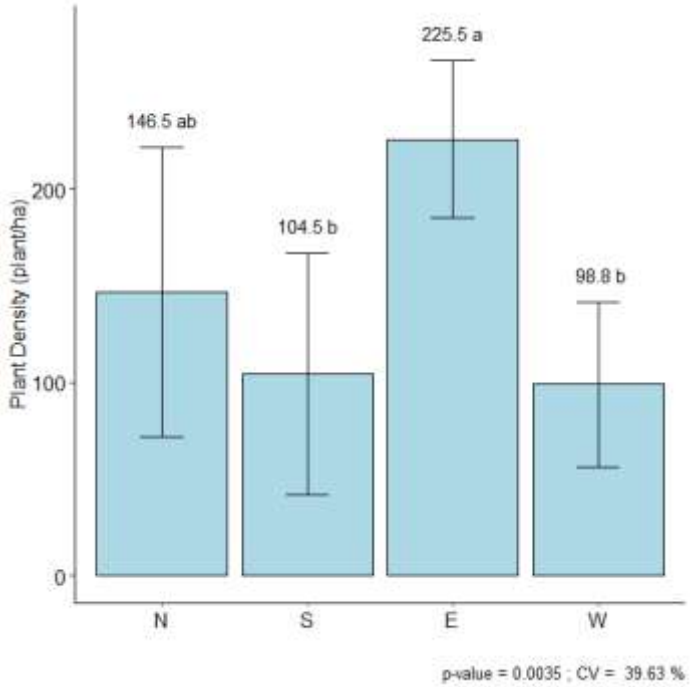
یافته‌های آزمون تجزیه واریانس نشان داد که اثر جهت بر تراکم بنه معنی‌دار است ($F(3,20)= 6.31، p= 0.003$). براساس مربع اتای جزئی، در گروه اندازه اثر بالا قرار می‌گیرد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر جهت بر تراکم گونه بنه در منطقه حفاظت شده شاسکوه

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig.	partial η^2	partial η^2 90% CI [LL، UL]
جهت	۳	۶۱۴۹۲	۲۰۴۹۷/۳۳	۶/۳۱	۰/۰۰۳	۰/۴۹	[۰/۱۳ و ۰/۶۱]
خطا	۲۰	۶۴۹۸۳/۳۳	۳۲۴۹/۱۷				

نکته: LL و UL به ترتیب حدود پایین و بالای فاصله اطمینان جزئی $\eta 2$ را نشان می‌دهند.

نتایج آزمون توکی نشان داد که جهت‌های شرقی، جنوبی و غربی از نظر تراکم تفاوت معنی‌داری با هم دارند. بیشترین میزان تراکم در جهت شرقی (۲۲۵/۵ پایه در هکتار) و کمترین میزان تراکم در جهت غربی (۹۸/۸ پایه در هکتار) مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های تراکم بنه در چهار جهت جغرافیایی در منطقه حفاظت شده شاسکوه

در مورد ارتفاع درخت بنه نتایج آماره‌های توصیفی برخلاف تراکم درخت بنه است. کمترین تغییرات ارتفاع درخت بنه متعلق به جهت‌های شمالی (انحراف معیار: ۱۰/۷۵ و اشتباه معیار از میانگین: ۴/۳۹) و بیشترین تغییرات مربوط به جهت شرقی (انحراف معیار: ۱۴/۶۸ و اشتباه معیار از میانگین: ۵/۹۹) است. سایر آماره‌های توصیفی در جدول ۴ ارائه شده است.
در اینجا نیز نتایج آزمون‌های نرمالیتی و همگنی واریانس‌ها معنی‌دار نشده (جدول ۵) و این دو پیش شرط برای انجام تحلیل واریانس تامین است.

جدول ۴- آماره‌های توصیفی ارتفاع درخت بنه در منطقه حفاظت شده شاسکوه

جهت	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	دامنه تغییرات	چولگی	کشیدگی	اشتباه معیار از میانگین
شمالی	۱۹۴/۳۳	۱۰/۷۵	۱۸۲	۲۰۹	۲۷	۰/۱۸	-۱/۹۴	۴/۳۹
جنوبی	۱۹۸/۵	۱۰/۹۷	۱۸۳	۲۱۶	۳۳	۰/۲۰	-۱/۲۴	۴/۴۸
شرقی	۱۸۳/۸۳	۱۴/۶۸	۱۶۵	۱۹۸	۳۳	-۰/۳۹	-۱/۹۵	۵/۹۹
غربی	۱۸۸/۸۳	۱۱/۲۳	۱۷۳	۱۹۹	۲۶	-۰/۴۰	-۱/۹۲	۴/۵۹

جدول ۵- نتایج آزمون‌های نرمال بودن داده‌ها (شاپیرو-ویلک) و همگنی واریانس‌ها (بارتلت) مربوط به ارتفاع بنه در منطقه حفاظت شده شاسکوه

آزمون	آماره	p.value
شاپیرو-ویلک	۰/۹۴	۰/۲۰
بارتلت	۰/۶۴	۰/۸۹

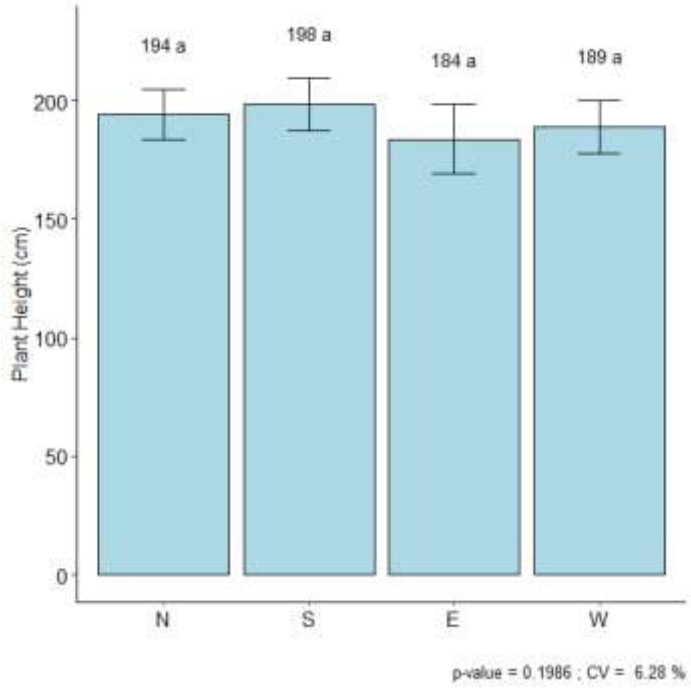
یافته‌های آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر جهت بر ارتفاع درخت بنه معنی‌دار نیست ($F(3,20)= 1.70، p= 0.199$). با وجود عدم معنی‌داری اثر جهت بر ارتفاع درخت مورد مطالعه، براساس مربع اتای جزئی، در گروه اندازه اثر بالا قرار می‌گیرد (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر جهت بر ارتفاع درخت بنه در منطقه حفاظت شده شاسکوه

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig.	partial η^2	partial η^2 90% CI [LL، UL]
جهت	۳	۷۳۷/۱۲	۲۴۵/۷۱	۱/۷۰	۰/۱۹۹	۰/۲۰	[۰/۰۰ و ۰/۳۵]
خطا	۲۰	۲۸۸۶/۵۰	۱۴۴/۳۲				

نکته: LL و UL به ترتیب حدود پایین و بالای فاصله اطمینان جزئی η2 را نشان می‌دهند.

از این‌رو نتایج آزمون توکی نیز نشان می‌دهد که بین جهت‌های شیب از نظر ارتفاع درخت بنه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های ارتفاع درخت بنه در چهار جهت جغرافیایی در منطقه حفاظت شده شاسکوه

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین تراکم درخت بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی در جهت شرقی مشاهده شد، جهت‌های شمالی، جنوبی و غربی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در مورد بررسی اثر جهت شیب بر تراکم درختان اطلاعات محدود است؛ با این وجود، جهت شیب بر سایر خصوصیات جوامع گیاهی همچون غنا و تنوع گونه‌ای بررسی شده است. یافته‌های سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که جهت جنوبی نسبت به جهت شمالی، از غنا و تنوع گونه‌ای بیشتری برخوردار است (Badano et al., 2005؛ حسینی، ۱۳۹۳). سالاریان و همکاران (۱۳۸۷) بیشترین ارتفاع کل و قطر برابر سینه بادام کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach.) و طهماسبی و همکاران (۱۴۰۲) بیشترین میانگین قطر در ارتفاع نیم‌متری و قطر برابرسینه درختان بلوط (*Quercus brantii* Lindl.) را در توده جنوبی جنگل های زاگرس مشاهده کردند. حسینی (۱۳۹۳) سرشت نورپسندی بیشتر گونه‌های درختی و درختچه‌ای موجود در منطقه مورد مطالعه را جزء دلایل احتمالی غنای بیشتر در این جهت دامنه می‌داند. در حالی که طهماسبی و همکاران (۱۴۰۲) یکی از دلایل احتمالی این موضوع را به دخالت کمتر انسان و دام در توده جنوبی مربوط می‌دانند. برعکس، نتایج احسانی و همکاران (۱۳۹۹)، صادقی راد و ارزانی (۱۳۹۴) نشان داد که غنا و تنوع گونه‌ای در جهت‌های شمالی البرز (کیاسر) و زاگرس (ایلام) بیشتر از جهت‌های جنوبی است. با این وجود نتیجه برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بین جهت‌های شمالی و جنوبی، تفاوت معنی‌داری از نظر تنوع گونه‌ای وجود ندارد (خزاعی و همکاران، ۱۴۰۱).

اگرچه در پژوهش حاضر بین جهت‌های شمالی و جنوبی تفاوت آماری معنی‌داری از لحاظ تراکم درخت بنه مشاهده نشد، اما تراکم در جهت شمالی با ۱۴۶ پایه در هکتار بیشتر از جهت جنوبی با ۱۰۴ پایه در هکتار است. همچنین نتیجه پژوهش حاضر نشان داد که جهت شیب اثر معنی‌داری بر ارتفاع درخت بنه ندارد. ساغری و همکاران (۱۳۹۸) در منطقه نهبندان خراسان جنوبی به این نتیجه دست یافتند که بین پراکنش گونه بادام کوهی و جهت جغرافیایی در منطقه مورد مطالعه رابطه معنی‌دار آماری وجود ندارد؛ اما داده‌های عددی تحقیق و نیز مشاهدات میدانی آنها بیانگر آن بود که تراکم گیاه در شیب شمالی بیشتر از سایر جهات بوده و سپس جهت‌های غربی، شرقی و جنوبی قرار دارند. کیوان بهجو و همکاران (۱۳۹۷) در اکوسیستم‌های نیمه متراکم اردبیل اذعان کردند که شیب‌های شمالی نسبت به سایر جهات به ویژه جهت جنوبی، به دلیل دسترسی بیشتر به منابع آبی برای گیاهان و به عبارتی ماندگاری بیشتر رطوبت در خاک، به علت کمبود تابش مستقیم خورشید، شرایط مناسب‌تری را برای رشد گیاهان فراهم نموده است، از این‌رو پراکنش درخت بنه بیشتر در جهت‌های شمالی مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد در منطقه حفاظت شده شاسکوه، این شرایط در جهت‌های شرقی و شمالی بیشتر فراهم است. از این‌رو توصیه می‌شود، جهت حفاظت بیشتر از درخت ارزشمند بنه، ایجاد ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی در منطقه آبیز واقع در شیب‌های شرقی منطقه حفاظت شده شاسکوه در اولویت بخش جنگل مدیریت منابع طبیعی قرار گیرد.

منابع

احسانی، س. م.، تمرتاش، ر.، حشمتی، غ.ع. و شیدای کرکج، ا.، (۱۳۹۹). انتخاب سایت‌های حفاظتی به منظور برنامه‌ریزی مدیریتی بر اساس ارزیابی فلورستیکی و تنوع گونه‌ای (مطالعه موردی: ولویه کیاسر، مازندران). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۳ (۲): ۴۷۶-۴۶۵.

امیری، ا.، کیانی، ب.، جعفری، ع.ا.، (۱۳۹۹). اندازه‌گیری و مدل‌سازی نمایه نسبت تاج برای گونه بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در جنگل حفاظت شده باغ شادی استان یزد. خشک بوم، ۱۰ (۲): ۷۷-۶۶.

ایران‌منش، ی.، جهانبازی، ح.، طالبی، م.، مهین پور، ح.، (۱۳۹۸). مقایسه اثر متغیرهای مورفولوژیکی، ارتفاع از سطح دریا و جنس درخت بر تولید سقز بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در جنگل‌های استان چهار محال و بختیاری .پژوهش و توسعه جنگل، ۵ (۲): ۲۰۷-۱۹۵.

حسینی، ا.، (۱۳۹۳). تنوع گونه های درختی و درختچه ای در رابطه با عوامل توپوگرافیک و ویژگیهای توده درجنگلهای بلوط استان ایلام (مطالعه موردی: جنگلهای میان تنگ شیروان چرداول، مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۲۷ (۲): ۲۰۳-۱۹۴.

خزانی، م.ع.، علیجانپور، ا.، معتمدی، ج.، شیدای کرکج، ا.، (۱۴۰۱). تاثیر تاج پوشش درختان جنگلی بر پوشش گونه‌های مرتعی زیرآشکوب (مطالعه موردی: ذخیرگاه نژدره، ارومیه، آذربایجان غربی). مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۵ (۲): ۴۳۳-۴۱۸.

رستمی زاد، پ.، حسینی، و.، محمدی سمانی، ک.، (۱۳۹۷). اثر تاج تک درختان بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) بر میزان عناصر مغذی خاک جنگل (منطقه سروآباد استان کردستان)، علوم آب و خاک، ۲۲ (۲): ۳۹۳-۳۸۳.

زهره وندی، ع.ا.، خداکرمی، ی.، (۱۳۹۸). تأثیر روش‌های مختلف کاشت بر جوانه‌زنی و زنده‌مانی بذر بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در جنگل پیرکاشان استان کرمانشاه، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۷ (۴): ۳۹۸-۳۸۹.

ساغری، م.، رستم پور، م.، محمدی، م. ع.، (۱۳۹۸). تأثیر برخی عوامل فیزیوگرافیک بر ویژگی‌های رویشی و زایشی درختچه بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*) در زیست‌بوم‌های مرتعی خراسان جنوبی. حفاظت زیست بوم گیاهان، ۷ (۱۵): ۲۱۵-۱۹۷.

سالاریان ، ع.، متاجی، ا.، ایران منش، ی.، (۱۳۸۷). بررسی نیاز رویشگاهی گونه بادامک (*Amydgdalus scoparia* spach) در جنگل های زاگرس (مطالعه موردی رویشگاه کره بس، استان چهارمحال و بختیاری)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۴): ۵۴۲-۵۲۸.

صادقی‌راد، ا.، ارزانی، ح.، (۱۳۹۴). بررسی تنوع گیاهی زیرآشکوب جنگل‌های بلوط در ارتباط با برخی عوامل بوم‌شناختی (مطالعه موردی: استان ایلام). نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان، ۳ (۶): ۱۴-۱.

طهماسبی، م.، بردبار، س.ک.، پورهاشمی، م.، نجفی فر، ع.، (۱۴۰۲). تأثیر جهت جغرافیایی بر ویژگی‌های ساختاری جنگل در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های تنگ‌دالاب استان ایلام)، بوم شناسی جنگل های ایران، ۱۱ (۲): ۴۷-۳۵.

قلاسی مود، ش.، رستم پور، م.، اسا، ح.ر.، (۱۴۰۱). بررسی تنوع مورفولوژیکی و برخی از ریز مغذی های میوه بنه (*Piatacia atlantica*) در شرق و مرکز ایران، علوم و تحقیقات بذر ایران، ۹ (۲): ۷۷-۶۱.

کیوان بهجو، ف.، ملازاده اصل، ح. و شریفی نیارق، ج.، (۱۳۹۷). بررسی و مقایسه تولید و تنوع گونه‌های علفی مراتع مشجر با مراتع باز در اکوسیستم‌های نیمه متراکم فندقلوی اردبیل، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، ۲۵ (۱): ۲۸-۱۳.

Badano، E. I.، Cavieres، L. A.، Molinga- Montenegro، M. A. and Quiroz، C. L. (2005). Slope aspect influences plant association patterns in the Mediterranean matural of central Chile .Journal of Arid Environments، 62 (1): 93-108.

The effect of slope aspect on the density and height of *Pistacia atlantica* desf. in the Shaskouh Protected Area, South Khorasan

M. Rostampour*

- Associate Prof., Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand.

Abstract

The present study examines the effect of solpe aspect on the density and height of *Pistacia atlantica* in the arid forests of the Shaskouh Protected Area in South Khorasan Province. The sampling was performed in the north, southern, east and west directions, each with 10 replications in 100 square meters of quadrats. Inside each quadrats, density and height of the *Pistacia atlantica* calculated by counting and measuring meters. In order to investigate the effect of solpe aspect on the density and height of the *Pistacia atlantica* in the study area, it was used to analyze variance (ANOVA). The mean comparison was performed using the Tukey test at 0.05. Partial η2 was used to determine the effect size. The results of the ANOVA showed that the effect of solpe aspect on the density of the *Pistacia atlantica* was significant ($f(3,20) = 6.31$, $p = 0.003$). The results of the Tukey HSD test showed that the eastern, southern and western directions are significantly different in plant density. The highest density was observed in the eastern direction (225.5 individuals per hectare), and the lowest density in the western direction (98.8 individuals per hectare) was observed. The results of the ANOVA showed that the effect of solpe aspect on the plant height was not significant ($F(3,20) = 1.70$, $P = 0.199$). It is recommended that in order to protect *Pistacia* atlantica, the creation of genetic storage located on the eastern slopes of the Shaskouh Protected Area be prioritized by the forestry of natural resources management.

Keywords: Dry Forests, Plant Density, Topography, Wild Pistachio.

*Corresponding author Tel: +98 9151637869 Email: rostampour@birjand.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

آنالیز رگرسیون بین شوری خاک و درصد ماده آلی در برخی از رویشگاه‌های جنگلی استان خراسان جنوبی

مسلم رستم پور*

- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

چکیده

در پژوهش‌های متعددی، روابط بین هدایت الکتریکی و ماده آلی خاک در گیاهان زراعی و مرتعی بررسی شده است. اما در مورد درختان و درختچه‌های مناطق بیابانی، اطلاعات بسیار محدود است. پژوهش حاضر در طول یک گرادیان شوری از ۰/۱ تا ۲۱ دسی زیمنس بر متر از رویشگاه‌های جنگلی شن‌زار تا شوره‌زار شهرستان زیرکوه در استان خراسان جنوبی انجام شد. در منطقه معرف هر رویشگاه اقدام به نمونه برداری از خاک شد. در هر رویشگاه حدود ۴۰ نقطه انتخاب و از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری نمونه خاک برداشته شد. ماده آلی خاک به روش والکلی و بلاک و هدایت الکتریکی خاک (EC) با استفاده از ECمتر تعیین شد. به‌منظور تحلیل رگرسیون، از رگرسیون lm (درجه ۱) و رگرسیون‌های غیرخطی شامل Quadratic (درجه ۲) و Cubic (درجه ۳) استفاده شد. در نهایت به منظور انتخاب بهترین مدل، از معیارهای نکویی برازش شامل معیار اطلاعات آکائیک (AIC) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد. نتایج نشان داد بیشترین درصد ماده آلی و EC خاک در رویشگاه *Salsola* (به ترتیب ۲/۷۲ درصد و ۱۶/۷۴ دسیزیمنس بر متر) و کمترین درصد ماده آلی و EC خاک در رویشگاه *Ammodendron* (به ترتیب ۰/۸۶ درصد و ۰/۱۶ دسی زیمنس بر متر) مشاهده می‌شود. نمودار پراکنش نشان داد که رابطه خطی معنی‌داری بین این دو متغیر وجود دارد. ضریب همبستگی حدود ۰/۴۹ است که در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار است، به طوری که با افزایش شوری خاک، ماده آلی خاک نیز افزایش پیدا کرده است. نتایج آنالیز رگرسیون نشان داد که از بین سه مدل، فقط تمامی ضرایب مدل خطی (درجه ۱) معنی‌دار شده است ($P\leq$ ۰/۰۱). نتایج بیانگر این است که احتمالاً در اثر ریزش لاشبرگ درختچه *Salsola*، ماده آلی افزایش یافته و از این طریق یون‌های آزاد شده از ماده آلی، EC خاک را نیز افزایش داده است.

واژگان کلیدی: جنگل‌های خشک، خاک شور، کربن آلی، هدایت الکتریکی.

مقدمه

ماده آلی خاک علاوه بر اینکه نشان‌دهنده سلامت و کیفیت خاک است، شاخص مناسبی برای باروری خاک به شمار می‌رود که حاصل برهمکنش فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی است (جعفری و رستم‌پور، ۱۳۹۸؛ Jaskulska et al., 2023). مواد آلی به همراه عناصر غذایی در خاک برای رشد گیاه مهم است، زیرا به مولکول های کوچکتر تجزیه می‌شود و عناصر معدنی جذب گیاهان می‌شوند (Kim and Park, 2024).

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۵۱۶۳۷۸۶۹ ایمیل: rostampour@birjand.ac.ir

شوری خاک که از عوامل محدود کننده رشد گیاهان به حساب می‌آید، بر اثر تجمع املاح خاک است. شوری خاک از طریق افزایش فشار اسمزی، افزایش غلظت بعضی از یون‌ها در محلول خاک و ایجاد خشکی فیزیولوژیک، بر عملکرد گیاهان اثر می‌گذارد (جعفری و طویلی، ۱۳۹۴). به طورکلی شوری سبب افزایش پتانسیل آب خاک و به هم خوردن تعادل یونی شده و در نتیجه بر میکروب‌ها تاثیر سوء می‌گذارند، بنابراین شوری خاک با اثر منفی بر رشد ریزجانداران مرتبط سبب کاهش معدنی شدن می‌شود (خسروی، ۱۴۰۱). ماده آلی خاک علاوه بر اینکه تأمین‌کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و جانداران خاک مانند نیتروژن، فسفر و گوگرد است، در نگه‌داری مواد غذایی خاک از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و آنیونی خاک نیز موثر است (میرزا شاهی و بازرگان، ۱۳۹۴).

یکی از آثار شوری خاک بروز «عدم تعادل تغذیه‌ای» است. بدین معنی که وجود یون‌هایی سدیم، کلر و مانند آن به مقدار زیاد منجر به بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی موجود در محلول خاک شده و در نهایت جذب و انتقال سایر عناصر غذایی ضروری مانند Ca^{2+}، K^{+} و Mg^{2+} از خاک به گیاه مختل می‌شود (جعفری و رستم پور، ۱۳۹۸). از طرفی زندگی موجودات ریز خاک بستگی کامل به وجود مواد آلی، انرژی و عناصر غذایی خاک دارد. خواص فیزیکی و شیمیایی خاک نیز به شدت تحت تأثیر مواد آلی است. منبع اصلی و اولیه مواد آلی بافت‌های گیاهی است. در شرایط طبیعی شاخ و برگ و ریشه درختان، بوته‌ها، علفی‌ها و سایر گیاهان مقدار زیادی بقایای آلی به خاک اضافه می‌کنند (واروی پور، ۱۳۸۹). از این‌رو تعادل بین ماده آلی و هدایت الکتریکی در خاک های مناطق خشک که متاثر از نمک هستند، موضوع بحث برانگیز در برخی از پژوهش هاست.

در پژوهش‌های متعددی، روابط بین هدایت الکتریکی و ماده آلی خاک در گیاهان زراعی و مرتعی بررسی شده است. اما در مورد درختان و درختچه های مناطق بیابانی، اطلاعات بسیار محدود است.

نتیجه پژوهش کشاورز و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که رابطه قوی‌تری بین کربن آلی خاک و عملکرد گندم در خاک‌هایی با میزان شوری بیش‌تر از ۶ دسی زیمنس بر متر نسبت به خاک‌هایی با شوری کمتر از ۶ دسی زیمنس بر متر وجود دارد. این نتایج نشان داد که محدودیت خاک‌های شور و سبک را می‌توان با افزایش کربن آلی خاک تا حدود زیادی برطرف نمود.

چراغی و همکاران (۱۳۹۹) در اراضی شور به این نتیجه دست یافتند که مواد آلی از منابع مختلف در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک در شرایط شور موثر بود و به کاربردن مواد آلی موجب حفظ رطوبت بیشتر در خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد. Okoror and Amanze (2024) در پژوهش خود بیان کردند که ماده آلی و سدیم رابطه منفی اما غیر معنی‌دار با هدایت الکتریکی دارند.

با وجود این که نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مواد آلی خاک می‌تواند هدایت الکتریکی خاک (EC)را به دلیل مواد غذایی و نمک موجود در مواد آلی افزایش دهد، با این حال، اثر ماده آلی خاک بر EC به طور کامل مطالعه نشده است (Kim and Park, 2024). از این‌رو هدف از پژوهش حاضر بررسی رابطه بین هدایت الکتریکی خاک (EC) و ماده آلی خاک در برخی از رویشگاه‌های جنگلی استان خراسان جنوبی است.

مواد و روش ها

نمونه‌برداری از خاک

این پژوهش در طول یک گرادیان شوری از ۰/۱ تا ۲۱ دسی زیمنس بر متر از رویشگاه‌های جنگلی شن زار تا شوره‌زار شهرستان زیرکوه در استان خراسان جنوبی انجام شد. ابتدا پس از بازدید از رویشگاه‌های مورد نظر، بر حسب نام گونه غالب، چهار رویشگاه انتخاب شد:

Ammodendron persicum Bunge ex Boiss (ساموفیت) (شکل ۱)

Haloxylon ammodendron (C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl (ساموفیت)

Zygophyllum eurypterum Boiss. & Buhse (پتروفیت)

Salsola arbuscula Pall. (هالوفیت)

سپس در منطقه معرف هر رویشگاه اقدام به نمونه برداری از خاک شد. در هر رویشگاه حدود ۴۰ نقطه انتخاب و از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری نمونه خاک برداشته شد. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن و الک کردن، به آزمایشگاه خاک-شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند منتقل و ماده آلی خاک به روش والکلی و بلاک و درصد شوری خاک با استفاده از ECمتر تعیین شد.



شکل ۱- *Ammodendron persicum* از گونه‌های شاخص منطقه مورد مطالعه

تجزیه و تحلیل آماری

پس از ثبت داده‌های ماده آلی و شوری، ابتدا آمار توصیفی داده‌ها شامل میانگین، میانه، انحراف معیار، مقادیر حداقل، حداکثر و چارک‌های اول و سوم محاسبه شد. همچنین نمودار ستونی به همراه اشتباه معیار نیز رسم شد. با توجه به خطی بودن رابطه بین ماده آلی و شوری خاک، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. به علت نرمال نبودن داده‌ها، ابتدا از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد. چون مقدار هر دو ضریب نزدیک به یکدیگر بود و توان آزمون ضریب اسپیرمن پایین بود، ضریب همبستگی پیرسون گزارش شد. به منظور تحلیل رگرسیون، از رگرسیون lm (درجه ۱) و رگرسیون‌های غیرخطی شامل Quadratic (درجه ۲) و Cubic (درجه ۳) استفاده و معنی‌داری ضرایب بدست آمده از هر مدل تعیین شد.

در نهایت به منظور انتخاب بهترین مدل، از معیارهای نکویی برازش شامل معیار اطلاعات آکائیک (AIC)، معیار اطلاعات بیزی (BIC)، ضریب تبیین (R^2) و ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. کلیه آزمون‌های آماری با استفاده از برنامه R انجام شد.

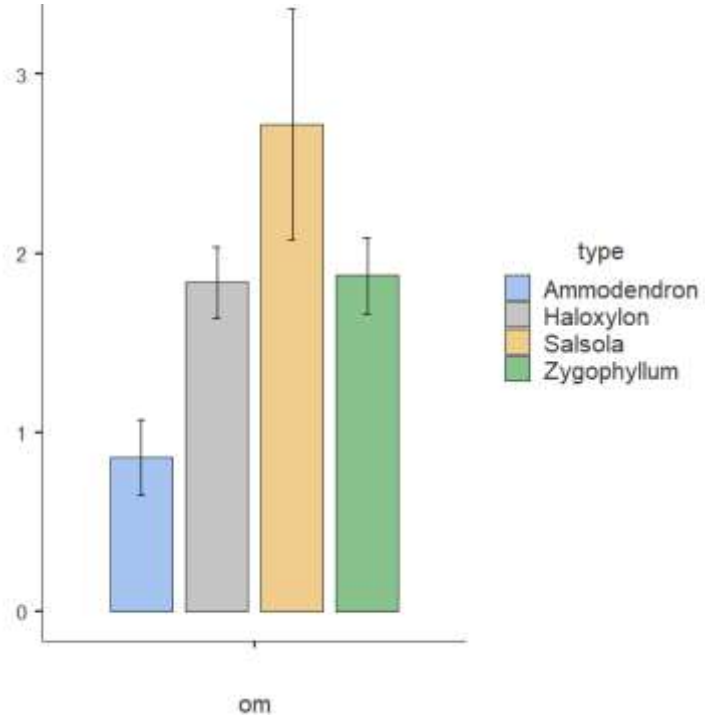
یافته‌ها

نتایج آمار توصیفی نشان می‌دهد که بیشترین میزان و تغییرات ماده آلی در رویشگاه *Salsola* (هالوفیت)، با میانگین ۰/۸۶درصد و حداقل ۰/۰۸ و حداکثر ۶/۵۰ درصد مشاهده شد. کمترین میزان و تغییرات ماده آلی در رویشگاه *Ammodendron* (ساموفیت)، با میانگین ۲/۷۲ درصد و حداقل ۰/۲۸ و حداکثر ۲/۰۵ درصد مشاهده شد. به لحاظ تغییرات ماده آلی خاک، تفاوتی در بین رویشگاه‌های *Ammodendron* ، *Haloxylon* و *Zygophyllum* (به ترتیب با انحراف معیار ۰/۶۶، ۰/۶۴ و ۰/۶۷) وجود نداشت.

جدول ۱- آمار توصیفی مقدار ماده آلی خاک در چهار رویشگاه جنگلی مورد مطالعه

رویشگاه جنگلی	میانگین	انحراف معیار	حداقل	چارک اول	میانه	چارک سوم	حداکثر
Ammodendron	۰/۸۶	۰/۶۶	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۴۸	۱/۳۶	۲/۰۵
Haloxylon	۱/۸۴	۰/۶۴	۰/۶۵	۱/۹۱	۱/۹۱	۲/۱۶	۲/۸۴
Salsola	۲/۷۲	۲/۰۳	۰/۰۸	۱/۴۰	۲/۰۳	۳/۸۹	۶/۵۰
Zygophyllum	۱/۸۸	۰/۶۷	۱/۰۲	۱/۲۲	۲/۰۴	۲/۳۴	۲/۹۹

تغییرات ماده آلی خاک در چهار رویشگاه مورد مطالعه در شکل ۲ ارائه شده است. براساس نمودار ستونی، بیشترین درصد ماده آلی خاک در رویشگاه *Salsola* و کمترین درصد ماده آلی خاک در رویشگاه *Ammodendron* مشاهده می شود.



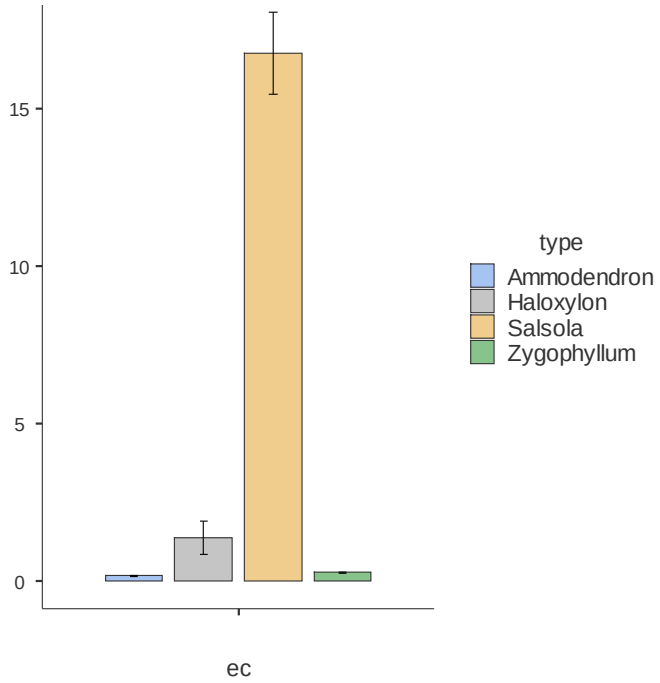
شکل ۲- تغییرات ماده آلی خاک در چهار رویشگاه جنگلی مورد مطالعه

همچنین در مورد هدایت الکتریکی (EC) نتایج آمار توصیفی نشان می‌دهد که بیشترین میزان و تغییرات شوری خاک در رویشگاه *Salsola* با میانگین ۱۶/۷۴ دسی زیمنس بر متر و حداقل ۹/۵۰ و حداکثر ۲۱/۴۰ دسی زیمنس بر متر مشاهده می‌شود. کمترین میزان و تغییرات شوری خاک در رویشگاه *Ammodendron* با میانگین ۰/۱۶ دسی زیمنس بر متر و حداقل ۰/۱۰ ۰ و حداکثر ۰/۲۶ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد. به لحاظ تغییرات ماده آلی خاک، تفاوتی بین رویشگاه‌های *Ammodendron* و *Zygophyllum* (به ترتیب با انحراف معیار ۰/۰۴ و ۰/۰۶) وجود نداشت.

جدول ۲- آمار توصیفی هدایت الکتریکی (EC) خاک در چهار رویشگاه مورد مطالعه

رویشگاه جنگلی	میانگین	انحراف معیار	حداقل	چارک اول	میانه	چارک سوم	حداکثر
Ammodendron	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲۶
Haloxylon	۱/۳۸	۱/۶۷	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۴۰	۲/۶۰	۴/۵۰
Salsola	۱۶/۷۴	۴/۱۴	۹/۵۰	۱۴/۳۷	۱۶/۵۰	۲۰/۶۸	۲۱/۴۰
Zygophyllum	۰/۲۶	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۳۵

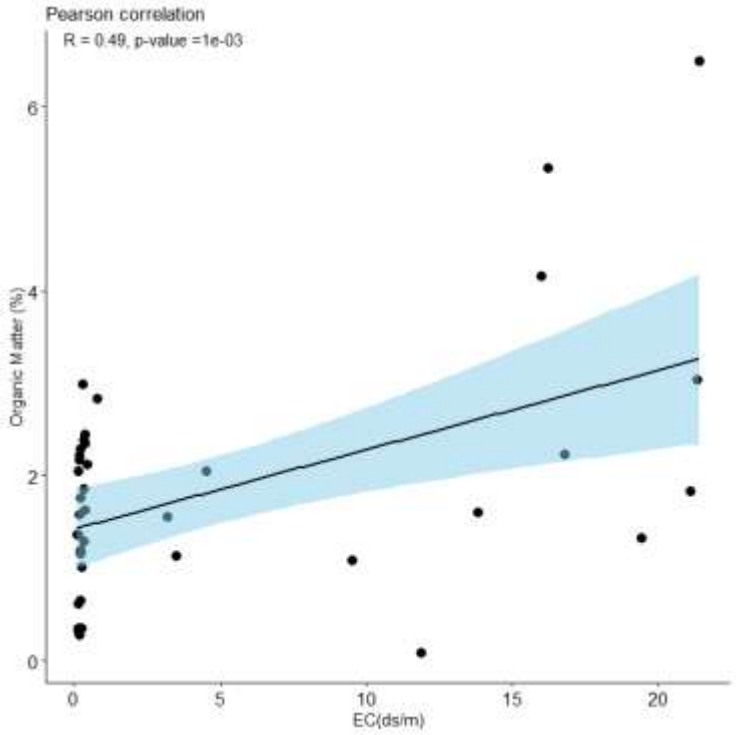
تغییرات هدایت الکتریکی (EC) در چهار رویشگاه مورد مطالعه در شکل ۳ ارائه شده است. براساس نمودار ستونی، بیشترین میزان شوری خاک در رویشگاه *Salsola* و کمترین آن در رویشگاه *Ammodendron* مشاهده می شود.



شکل ۳- تغییرات هدایت الکتریکی (EC) خاک در چهار رویشگاه جنگلی مورد مطالعه

نمودار پراکنش داده های ماده آلی و شوری خاک (شکل ۴) نشان می‌دهد که رابطه خطی معنی‌داری بین این دو متغیر وجود دارد. ضریب همبستگی حدود ۰/۴۹ است که در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار می‌باشد. به طوری که با افزایش شوری خاک، ماده آلی خاک نیز افزایش پیدا کرده است.

نتایج آنالیز رگرسیون (جدول ۳) نشان می‌دهد که از بین سه مدل فقط تمامی ضرایب مدل خطی (درجه ۱) معنی‌دار شده است ($Pr\leq$ ۰/۰۱) و از این رو این مدل اعتبار دارد. در مدل های درجه ۲ و ۳ فقط مقدار عرض از مبدا (مقدار ثابت) معنی‌دار شده است و هیچ کدام از ضرایب رگرسیون معنی دار نشده است ($Pr\geq$ ۰/۰۵). بر روی نمودار شکل ۵، معادلات مربوطه و مقادیر R^2 نمایش داده شده است.

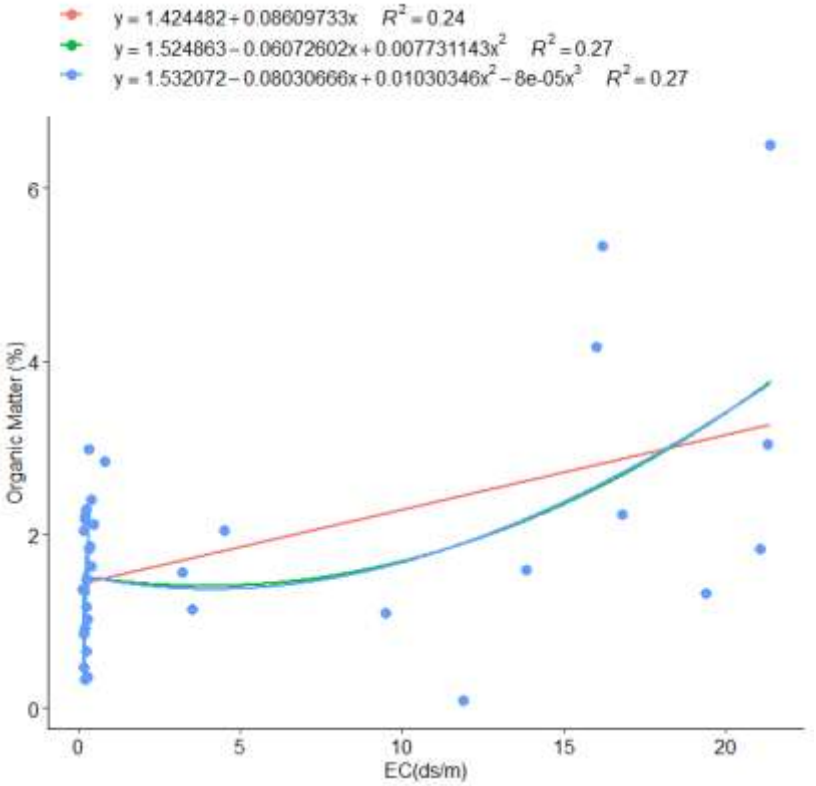


شکل ۴- نمودار پراکنش مقادیر ماده آلی و شوری خاک در رویشگاه های جنگلی مورد مطالعه

جدول ۳- ضرایب مدلهای رگرسیونی بین ماده آلی و شوری خاک

مدل درجه ۱	ضریب	اشتباه معیار	t value	Pr(>|t|)
مقدار ثابت	۱/۴۲	۰/۲۱	۶/۶۱	۰/۰۰۰***
EC	۰/۰۸۶	۰/۰۲۵	۳/۴۶	۰/۰۰۰***
مدل درجه ۲				
مقدار ثابت	۱/۵۲	۰/۲۳	۶/۷۲	۰/۰۰۰***
EC	-۰/۰۶۱	۰/۱۱	-۰/۵۳	۰/۶۰
I(EC^2)	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۱/۳۰	۰/۲۰
مدل درجه ۳				
مقدار ثابت	۱/۵۳	۰/۲۵	۶۰/۱۱	۰/۰۰۰***
EC	-/۰۸۰	۰/۲۹	-۰/۲۷	۰/۷۸
I(EC^2)	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۲۸	۰/۷۷
I(EC^3)	۰/۰۰	۰/۰۰۱	-۰/۰۷	۰/۹۴

0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1



شکل ۵- معادله و مقادیر ضریب تبیین (R^2) هر سه مدل رگرسیونی

به منظور بررسی معناداری مدل (خطی بودن رابطه) از تجزیه واریانس استفاده شد. نتایج نشان داد کـه رگرسـیون در سـطح ۰/۰۱ معنی دار شده است (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس آنالیز رگرسیون درجه ۱

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F value	Pr(>F)
شوری	۱	۱۵/۸۸	۱۵/۸۸	۱۱/۹۹	**۰/۰۰۱
خطا	۳۸	۵۰/۳۳	۱/۳۲		

0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

به منظور انتخاب بهترین مدل، از معیارهای مختلفی استفاده شد (جدول ۵). براساس این معیارها، هر چه ضریب تبیین (R^2) بیشتر و مقادیر AIC، BIC و RMSE کمتر باشد، مدل عملکردی بهتری دارد. بر این اساس، مدل خطی به علـت معنـی‌داری تمام ضرایب و AIC و BIC کمتر مدل مناسب‌تری است، اگر چه ضریب تبیین آن کمتر از مدل‌های درجه ۲ و ۳ است.

جدول ۵- معیارهای ارزیابی عملکرد مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده

نوع مدل	AIC	BIC	R^2	RMSE
خطی	۱۲۸/۷	۱۳۳/۷۷	۰/۲۴	۱/۱۲
درجه دو	۱۲۸/۹	۱۳۵/۶۶	۰/۲۷	۱/۰۹
درجه سه	۱۳۰/۹	۱۳۹/۳۵	۰/۲۷	۱/۰۹

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که در طول گرادیان شوری خاک، ماده آلی نیز افزایش پیدا کرد. نتایج آزمون‌های همبستگی و رگرسیون نشان داد که رابطه خطی معنی‌داری بین دو متغیر ماده آلی و هدایت الکتریکی خاک وجود دارد. ضریب همبستگی حدود ۰/۴۹ و ضریب تبیین حدود ۰/۲۴ و معنی‌دار است. به طوری که با افزایش شوری خاک، ماده آلی خاک نیز افزایش پیدا کرده است.

هدایت الکتریکی خاک (EC) مربوط به مواد مغذی موجود در محلول خاک است که می‌تواند تحت تأثیر مواد آلی خاک، بافت خاک، دما و میزان آب باشد. نتیجه پژوهش Kim and Park (2024) نشان داد که هنگامی که ماده آلی به خاک اضافه شد، به واسطه یون‌های آزاد شده از ماده آلی مقدار EC نیز افزایش یافت.

پژوهش‌های متعددی دیگری نیز به این نتیجه اذعان کرده اند که ماده آلی خاک سبب افزایش محتوای مواد غذایی و در نهایت افزایش EC خاک می‌شود (Adak et al., 2014؛ Gondek et al., 2020؛ Sung et al., 2023).

بخشی از جوامع جنگلی مورد مطالعه در اراضی شنزار پراکنش دارند. نتایج بیانگر آن بود که در کل، میزان ماده آلی خاک در این اراضی کم است. در بسیاری از مناطق، خاک‌های شنی حاوی ماده آلی اندکی هستند که معمولاً بین ۱۰ تا ۲۰ گرم بر کیلوگرم متغیر است (Šimanský et al., 2019). علت این موضوع اکسایش شدیدتر بقایای گیاهی در نتیجه بهتر بودن وضع تهویه این خاک‌هاست. به علاوه این خاک‌ها معمولاً رطوبت کمتری را در خود نگه می‌دارند و سبب تولید بقایای گیاهی کمتری می‌شوند (واروی پور، ۱۳۸۹). مواد آلی می‌تواند عامل موثری در اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل ساختمان خاک باشند. همچنین این مواد که مورد تغذیه میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد، از طریق تولید مواد هوموسی می‌توانند به خاک دانه سازی کمک کنند. در حقیقت تأثیر مواد آلی در پایداری ساختمان خاک غیر قابل انکار است. اثر مواد آلی در خاک دانه سازی به ویژه در خاک‌های حاوی بیش از دو درصد مواد آلی محسوس بوده و تخریب ساختمان خاک در مقادیر کمتر از یک درصد مواد آلی قطعی به نظر می‌رسد (بایبوردی، ۱۳۹۳).

شوری بیشتر در مناطق خشک و نیمه‌خشک رخ می‌دهد؛ زیرا در این مناطق به دلیل عدم بارندگی کافی امکان شستشوی نمک‌ها و املاح اضافی از منطقه ریشه وجود ندارد. افزون بر این، به دلیل تبخیر شدید در این مناطق، افزایش غلظت نمک ها در سطح خاک آشکار است. مسئله شوری تنها ریشه طبیعی نداشته، بلکه عوامل انسانی چون بوته‌کنی، تخریب و تبدیل غیراصولی کاربری جنگل‌ها و مراتع و عدم تعادل بین تعداد دام و ظرفیت مرتع این امر را تشدید کرده است. بنابراین برای جلوگیری از افزایش بیابان‌زایی و احیاء این اراضی و همچنین تأمین علوفه مورد نیاز دام در مراتع مشجر، توجه به گونه‌های گیاهی مقاوم و سازگار به تنش‌های محیطی مانند شوری می‌تواند مفید واقع شود.

منابع

بای‌بوردی، م.، (۱۳۹۳). فیزیک خاک. چاپ دهم. تهران: مؤسسهٔ انتشارات دانشگاه تهران. ۷۰۲ صفحه.

جعفری، م.، رستم پور، م.، (۱۳۹۸). روابط خاک و گیاه، اکولوژی، آمار و آنالیز (جلد ۱)، تهران: مؤسسهٔ انتشارات دانشگاه تهران، ۴۶۴ صفحه.

جعفری، م.، طویلی، ع.، (۱۳۹۴). احیای مناطق خشک و بیابانی، تهران: مؤسسهٔ انتشارات دانشگاه تهران، ۲۴۷ صفحه.

چراغی، س.ع.م.، روستا، م. ج.، شجری، ش.، (۱۳۹۹). تأثیر کاربرد مواد آلی بر برخی ویژگی های فیزیکی خاک در شرایط شور، پژوهش های آبخیزداری، ۳۳ (۳): ۱۲۱-۱۰۸.

خسروی، ه.، (۱۴۰۱). نقش معدنی شدن زیستی نیتروژن مواد آلی در تجزیه بقایای محصولات کشاورزی، مجله زیست شناسی ایران، ۶: ۹۱-۸۴.

کشاورز، پ.، زنگی‌آبادی، م.، عباس‌زاده، م.، (۱۳۹۲). تأثیر میزان رس و شوری خاک بر رابطه کربن آلی خاک با عملکرد گندم، پژوهش های خاک، ۲۷ (۳): ۳۷۱-۳۵۹.

میرزاشاهی، ک.، بازرگان، ک.، (۱۳۹۴). مدیریت ماده آلی خاک، تهران: انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۵۳۵، ۱۹ صفحه.

واروی پور، م.، (۱۳۸۹). خاکشناسی عمومی، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۳۶ صفحه.

Adak, T., Singha, A., Kumar, K., Shukla, S.K., Singh, A., Kumar, and Singh, V., (2014). Soil organic carbon, dehydrogenase activity, nutrient availability and leaf nutrient content as affected by organic and inorganic source of nutrient in mango orchard soil. J Soil Sci Plant Nutr, 14 (2): 394–406.

Gondek, M., Weindorf, D.C., Thiel, C., and Kleinheinz, G. (2020). Soluble salts in compost and their effects on soil and plants: a review. Compost Sci Utiliz, 28 (2): 59–75.

Jaskulska, I., Lemanowicz, J., Dębska, B., Jaskulski, D., and Breza-Boruta, B. (2023). Changes in Soil Organic Matter and Biological Parameters as a Result of Long-Term Strip-Till Cultivation. Agriculture, Vol. 13. No. 12, 2188; https://doi.org/10.3390/agriculture13122188.

Kim, H.N., and Park, J.H. (2024). Monitoring of soil EC for the prediction of soil nutrient regime under different soil water and organic matter contents. Appl Biol Chem, Vol. 67. No. 1. https://doi.org/10.1186/s13765-023-00849-4.

Okoror, P. I., and Amanze, C. T., (2024). Electrical Conductivity, Basic Cations and Organic Matter content of Soils under different Land use Practices in AkwaIbom State, African Journal of Environment and Natural Science Research, 7 (2): 74-83.

Šimanský, V., Juriga, M., Jonczak, J., Uzarowicz, Ł., and Stępień, W. (2019). How relationships between soil organic matter parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil. Geoderma, 342: 75–84.

Sung, J., Kim, W., Oh, T.K., and So, Y.S. (2023). Nitrogen (N) use efficiency and yield in rice under varying types and rates of N source: chemical fertilizer, livestock manure compost and food waste-livestock manure compost. Appl Biol Chem Vol. 66. No. 1, 4.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

Regression analysis between soil salinity and organic matter percentage in some forest habitats of South Khorasan Province

M. Rostampour*

- Associate Prof., Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand.

Abstract

In several studies, the relationship between electrical conductivity and soil organic matter in crop and rangeland plants has been investigated. However, information is very limited regarding trees and shrubs in desert areas. The present study was conducted along a salinity gradient from 0.1 to 21 dS/m from sandy forest habitats to saline habitats in Zirkouh in South Khorasan Province. Soil sampling was carried out in the representative area of each habitat; about 40 cores were selected in each habitat, and soil samples were taken from a depth of 0 to 60 cm. Soil organic matter was determined by the Walkely-Black method and soil electrical conductivity (EC) using an EC meter. For regression analysis, linear model regression (first order) and nonlinear regressions, including quadratic (second order) and cubic (third order), were used. Finally, in order to select the best model, goodness of fit criteria, including Akaike Information Criterion (AIC) and coefficient of determination (R2), were used. The results showed that the highest percentage of organic matter and soil EC was observed in *Salsola* habitat (2.72 % and 16.74 dS/m, respectively) and the lowest percentage of organic matter and soil EC was observed in *Ammodendron* habitat (0.86 % and 0.16 dS/m, respectively). The scatter diagram shows that there is a significant linear relationship between these two variables. The correlation coefficient is about 0.49, which is significant at the 0.001 level. So that with increasing soil salinity, soil organic matter also increased. The results of regression analysis showed that among the three models, only the linear model has all its coefficients significant ($P \leq 0.01$). The results indicate that organic matter probably increased due to the fall of *Salsola* litter, and through this, ions released from organic matter also increased soil EC.

Keywords: Dry Forests, Electrical Conductivity, Organic Carbon, Saline Soil.

*Corresponding author Tel: +98 9151637869 Email: rostampour@birjand.ac.ir

بررسی روند تغییرات تراکم بادامشک (*Amygdalus scoparia* Spach) در طول گرادیان ارتفاعی منطقه حفاظت شده شاسکوه خراسان جنوبی

مسلم رستم پور[1]* و رضا یاری[2]

۱-دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

چکیده

آگاهی از شرایط رویشگاهی و تاثیر عوامل فیزیوگرافی به‌ویژه ارتفاع از سطح دریا بر درصد رویش، تراکم و موفقیت نهالکاری درختچه بادامشک ضروری است. بدین منظور، تاثیر ارتفاع از سطح دریا در چهار طبقه ارتفاعی شامل ۱۷۰۰-۱۵۰۰، ۱۹۰۰-۱۷۰۰، ۲۱۰۰-۱۹۰۰ و ۲۳۰۰-۲۱۰۰ متر از سطح دریا بر تراکم بادامشک در مراتع مشجر دامنه‌های جنوبی منطقه حفاظت شده شاسکوه استان‌خراسان جنوبی بررسی شد. نتایج پژوهش نشان داد بیشترین تغییرات تراکم بادامشک مربوط به ارتفاع ۱۶۰۰ و ۱۸۰۰ و کمترین تغییرات مربوط به ارتفاع ۲۲۰۰ متر است. آزمون تجزیه واریانس نشان داد که اثر ارتفاع از سطح دریا بر تراکم بادامشک معنی‌دار نیست ($F_{(3,101)}=1.42, p=0.24$). نتایج تحلیل رگرسیون خطی و غیرخطی نیز نشان داد که رابطه معنی‌داری بین ارتفاع از سطح دریا و تراکم بادامشک وجود ندارد. با این وجود، با افزایش ارتفاع از سطح دریا، ابتدا بر تراکم بادامشک افزوده شده و سپس کاهش پیدا کرد. بیشترین تراکم بادامشک در ارتفاعات میانی (۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ متر) مشاهده شد. احتمالاً دلیل تراکم زیاد را می‌بایست در شرایط آب و هوایی بهینه در ارتفاعات میانی (دمای معتدل و رطوبت بالا) جستجو کرد.

واژگان کلیدی: ارتفاع، بادام کوهی، تراکم گیاهی، دما، مناطق کوهستانی.

مقدمه

عوامل پستی و بلندی از جمله ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی بر مقدار بارندگی، شدت تابش دما و ویژگی‌های خاک تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم دارد و این مورد به نوبه خود خصوصیات پوشش گیاهی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (آذرنیوند و زارع‌چاهوکی، ۱۳۹۸). تغییرات ارتفاع از سطح دریا سبب تغییر در عوامل اقلیمی و اکولوژیکی در یک زمان مشخص شده و به لحاظ ایجاد تغییر در خصوصیات مورفولوژیکی، گیاهشناختی، فیزیولوژیکی و نیز تنوع ژنتیکی، نقش مهمی ایفا می‌کند (Ohsawa and Ide, 2018).

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۵۱۶۳۷۸۶۹ ایمیل: rostampour@birjand.ac.ir

یکی از گونه‌های جنگلی ناحیه ایران و تورانی که برای احیاء، توسعه و افزایش پوشش گیاهی بکار می‌رود گونه بادامشک است. آگاهی از شرایط رویشگاهی و تاثیر عوامل فیزیوگرافی به‌ویژه ارتفاع از سطح دریا بر درصد رویش، تراکم و موفقیت نهالکاری با این گونه ضروری است. بادامشک (*Amygdalus scoparia* Spach.) درختچه‌ای از خانواده گل‌سرخیان (Rosaceae) با ارتفاع شش متر، شاخه‌های متعدد، ایستاده و بدون کرک، سبزرنگ و استوانه‌ای، برگ‌ها خطی و خزان‌کننده و میوه شفت کروی یا تخم‌مرغی است که این گونه در مناطق مختلفی از کشور از قبیل جنگل‌های زاگرس و نواحی ایران و تورانی رویش دارد (مظفریان، ۱۳۸۲). بادامشک در اراضی آبرفتی، سنگلاخی، صخره‌ای و واریزهای ارتفاعات کوهستانی نیمه‌خشک رشد می‌کند. افزون براین به‌عنوان یکی از گونه‌های شاخص استپ-جنگل نواحی مرکزی ایرانی-تورانی شناخته می‌شود که مهم‌ترین درختچه بومی این ناحیه رویشی به‌شمارمی‌آید (بتولی، ۱۳۹۹).

محدوده پراکنش ارتفاعی بادامشک در سطح کشور، بین حداقل ۶۰۰ متر از سطح دریا (بندرعباس) تا حداکثر ۲۷۰۰ متر از سطح دریا (ارتفاعات شیرکوه یزد) است. پیرامون میزان ریزش‌های آسمانی رویشگاه‌های طبیعی بادام‌کوهی، نتایج نشان داده که متوسط بارندگی سالیانه اغلب رویشگاه‌های بادامشک در ارتفاعات کرکس کاشان، بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر متغیر است (بتولی، ۱۳۹۹). به دلیل سازگاری زیاد این گیاه نسبت به تنش‌های محیطی مانند گرما، خشکی و کم آبی، از این گونه درختچه‌ای می‌توان برای منظرسازی اراضی آبرفتی پارک‌های جنگلی، در اطراف مسیر جاده‌های ورودی و خروجی شهرها و دامنه‌های صخره‌ای و سنگلاخی ارتفاعات کوهستانی استفاده نمود (ثاقب‌طالبی و همکاران، ۱۳۹۱).

یاری و همکاران (۱۴۰۳) بیان داشتند که محدوده پراکنش بادامشک در مناطق مورد مطالعه در حدود ارتفاعی ۱۴۸۰ تا ۱۷۰۰ متر عموماً در جهت‌های جنوبی و شیب ۱۰ تا حداکثر ۶۶ درصد و بارندگی ۱۳۰ تا ۱۸۷ میلی‌متر بود. بافت خاک رویشگاه ها لومی تا شنی- لوم و خاک رویشگاه‌ها غیرشور است. از بین عوامل مورد مطالعه، چهار عامل کلسیم خاک، درصد شن، درصد کربن آلی و درصد شیب بیشترین تأثیر مثبت و درصد رس و درجه حرارت حداکثر بیشترین تأثیر منفی بر پراکنش گونه بادامشک را در مناطق مورد مطالعه داشتند. کشت این گونه در مناطق تخریب شده کوهستانی متناسب با شرایط اکولوژیکی گونه از لحاظ دامنه ارتفاعی، درصد شیب و متوسط بارندگی مشابه توصیه می‌شود.

سالاریان و همکاران (۱۳۸۷) نیاز رویشگاهی گونه بادامشک را در جنگل های زاگرس بررسی نموده و گزارش نمودند که جهت جغرافیایی به عنوان عامل بسیار مهم در پراکنش بادامک مطرح می باشد، به‌طوری که میانگین ارتفاع، تعداد جست، قطر یقه، قطر تاج و درصد تاج پوشش این گونه در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بوده است. حضور گونه بادامشک بر روی سازند های آهکی و زیاد بودن میزان آهک در جهت جغرافیایی جنوبی نسبت به شمالی و محدوده ارتفاعی ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ حاکی از آهک دوست بودن این گونه می باشد. در بررسی دیگری گسترشگاه و مناطق اکولوژیک ۱۱ گونه بادامشک در استان آذربایجان غربی مورد مطالعه قرار گرفت. این بررسی نشان داد که جنس بادامشک بیشتر در دامنه ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۲۳۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا با خاک با بافت سبک و متوسط رشد می کنند و بیان شده که بر اثر بهره برداری غیر اصولی، این جنس در معرض خطر می باشد (Gortappeh et al., 2016).

در پژوهش های متعددی، اثر ارتفاع از سطح دریا بر تراکم درختان و درختچه ها در نواحی جنگلی مورد مطالعه قرار گرفته است. به عنوان نمونه Garcia-Aguirr et al. (2007) بیان داشتند که پراکنش، تنوع و تراکم گیاهی با دما، جهت و ارتفاع از سطح دریا همبستگی دارد.

علیزاده و همکاران (۱۳۹۷) تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر اندازه بذر بادامشک در جنگل‌های ایرانی –تورانی، دامنه شمالی رشته کوه باقران بیرجند- استان خراسان جنوبی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مشخصه‌های

وزن هزاردانه و طول بذر در طبقات مختلف ارتفاعی وجود داشته، ولی طبقات مختلف ارتفاعی تأثیری بر روی عرض بذر در منطقه مورد مطالعه ندارد.

با توجه به اهمیت گونه بادامشک در جنگلکاری و احیاء و افزایش پوشش گیاهی، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر تراکم گونه بادامشک در مراتع مشجر استان خراسان جنوبی است.

مواد و روش ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در ارتفاعات منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی انجام شد. منطقه حفاظت شده شاسکوه با مساحت ۷۰۳۰۰ هکتار بین ۵۹۳۰ و ۶۰۰۰ طول شرقی و ۳۳۳۵ و ۳۳۵۵ عرض شمالی واقع شده است. از شمال به شهرستان خواف در استان خراسان رضوی، از شرق به کشور افغانستان و در قسمت های غربی و جنوبی در شهرستان‌های زیرکوه و قاینات در استان خراسان جنوبی قرار دارد. این منطقه در تقسیم‌بندی حوزه های آبخیز ایران بخشی از حوزه آبخیز شرق کشور و به طور اخص بخشی از حوزه آبخیز دریاچه هامون محسوب می‌شود. بالاترین ارتفاع منطقه ۲۸۵۰ متر از سطح دریا است. بخش کوهستانی، بیشترین مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است. رشته کوه شاسکوه به‌طول ۳۳ کیلومتر در جهت شمال غربی- جنوب شرقی و در سمت شرق منطقه کشیده شده و مهمترین بخش منطقه از نظر تنوع زیستی می‌باشد. وجود جنگلهای تنک بنه و بادامشک به‌عنوان ذخیره‌گاهی است که از تنوع گونه‌ای قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشد (رستم پور، ۱۳۹۲).

نمونه‌برداری از پوشش گیاهی

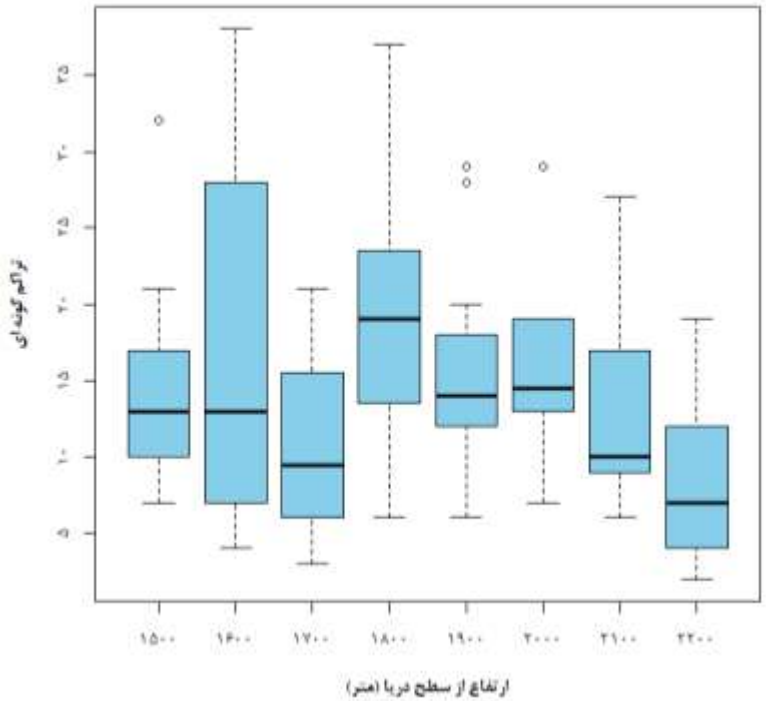
پژوهش حاضر در دامنه‌های جنوبی منطقه حفاظت شده شاسکوه، در شیب‌های منتهی به دشت اسفدن واقع در ۴۵ کیلومتری شهر قاین، استان خراسان جنوبی انجام شد. بدین منظور، پس از پیمایش صحرایی و حضور گونه بادامشک (*Amygdalus scoparia* Spach) در منطقه مورد مطالعه، چهار طبقه ارتفاعی شامل ۱۷۰۰-۱۵۰۰، ۱۹۰۰-۱۷۰۰، ۲۱۰۰-۱۹۰۰ و ۲۳۰۰-۲۱۰۰ متر از سطح دریا فقط در دامنه های جنوبی انتخاب شد و در هر طبقه حدود ۲۶ کوادرات ۱۰×۱۰ متر (جمعاً ۱۰۵ کوادرات) مستقر و تعداد پایه‌های بادامشک شمارش شد.

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی تغییرات داده‌های تراکم و وجود داده پرت، از نمودار جعبه‌ای و آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. به علت نرمال نبودن داده‌ها، ابتدا تبدیل داده ها انجام و سپس از تحلیل واریانس یکطرفه به منظور بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا بر تراکم بادامشک استفاده شد. از آنجایی که داده‌های تراکم از ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۲۲۵۰ متر برداشت شد، از تحلیل رگرسیون خطی و غیرخطی برای بررسی رابطه بین ارتفاع از سطح دریا و تراکم بادامشک استفاده شد. کلیه آزمون‌های آماری با برنامه R انجام شد.

یافته‌ها

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مقادیر تراکم بادامشک در ارتفاعات ۱۵۰۰، ۱۹۰۰ و ۲۱۰۰ متر دارای داده پرت هستند. بیشترین تغییرات تراکم بادامشک مربوط به ارتفاع ۱۶۰۰ و ۱۸۰۰ و کمترین تغییرات مربوط به ارتفاع ۲۲۰۰ متر است (شکل ۱). در کل نتیجه آزمون نرمالیتی شاپیرو-ویلک مربوط به داده‌های تراکم بادامشک در ارتفاعات مختلف منطقه مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد که داده‌های تراکم نرمال نیستند ($p\leq0.05$) (جدول ۱).



شکل ۱- نمودار جعبه‌ای مقادیر تراکم بادامشک در ارتفاعات مختلف منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- نتیجه آزمون نرمالیتی شاپیرو-ویلک مربوط به داده‌های تراکم بادامشک در ارتفاعات مختلف منطقه مورد مطالعه

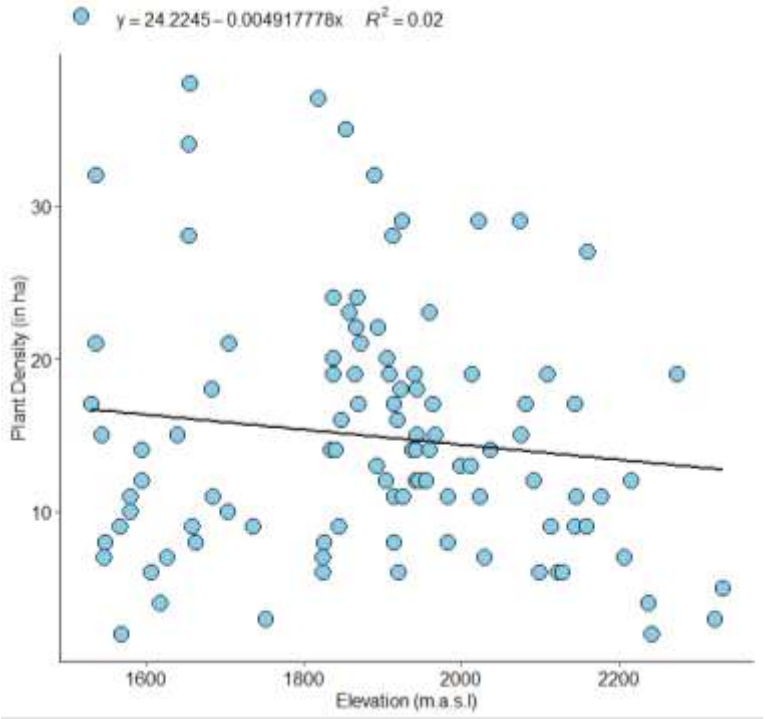
آزمون	آماره	p.value
شاپیرو-ویلک	۰/۹۴	۰/۰۰

یافته‌های آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ارتفاع از سطح دریا بر تراکم بادامشک معنی‌دار نیست ($F_{(3,101)}=1.42, p=0.24$).

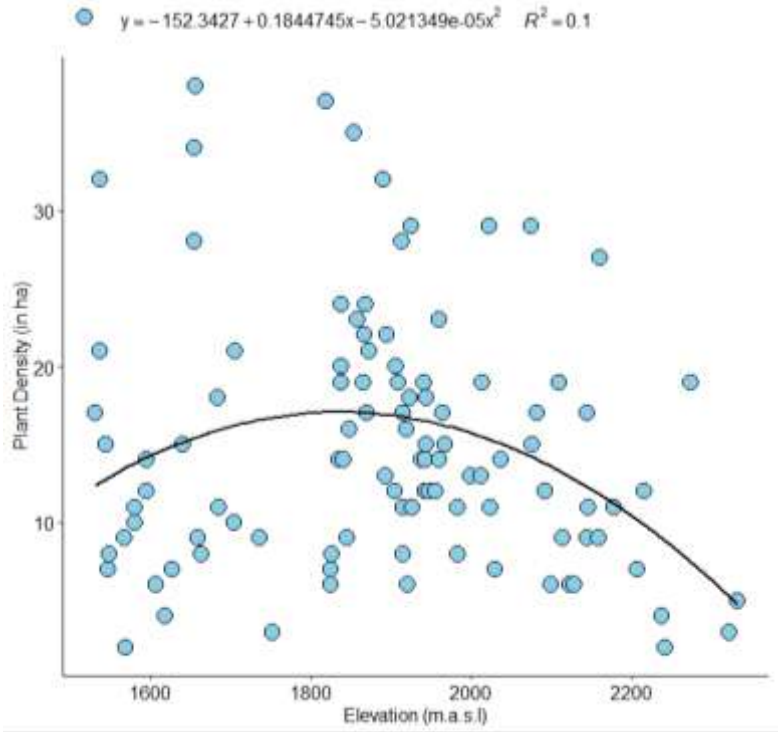
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر ارتفاع بر تراکم گونه بادامشک در منطقه حفاظت شده شاسکوه

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig.
ارتفاع	۳	۷۱۲/۳۴	۹۰/۶۱	۱/۴۲	۰/۲۴
خطا	۱۰۱	۶۴۴۸/۲۹	۶۳/۸۴		
کل	۱۰۴				

نتایج تحلیل رگرسیون خطی (شکل ۲) و غیرخطی (شکل ۳) نشان می‌دهد که رابطه معنی‌داری بین ارتفاع از سطح دریا و تراکم بادامشک وجود ندارد. ضریب تبیین (R^2) هر دو مدل بسیار پایین است (به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۱۰). ضریب متغیر مستقل (ارتفاع از سطح دریا) منفی است و این نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع، تراکم بادامشک کاهش پیدا می‌کند. بیشترین تراکم بادامشک در ارتفاعات میانی (۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ متر) مشاهده می‌شود.



شکل ۳- نمودار پراکنش به همراه معادله رگرسیون خطی بین ارتفاع از سطح دریا و تراکم بادامشک در طول گرادیان ارتفاعی منطقه مورد مطالعه



شکل ۴- نمودار پراکنش به همراه معادله رگرسیون غیر خطی بین ارتفاع از سطح دریا و تراکم بادامشک در طول گرادیان ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به بررسی تغییرات تراکم گونه بادامشک در طول گرادیان ارتفاعی منطقه حفاظت شده شاسکوه پرداخت. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که اگرچه ارتفاع تأثیر معنی‌داری بر تراکم گونه‌ای ندارد، اما با افزایش ارتفاع از سطح دریا بر تراکم بادامشک ابتدا افزوده شده و سپس کاهش پیدا می یابد. نتایج نشان می‌دهد که رابطه بین تراکم و ارتفاع به صورت خطی و غیر خطی معنی‌دار نیست. احتمالاً وجود داده‌های پرت و عدم پیروی داده‌های تراکم از توزیع نرمال منجر به این نتیجه شده است. در پژوهش‌های متعددی تراکم و غنای گونه‌ای کم در ارتفاعات پایین گزارش شده است (Colwell and Lees, 2000؛ Reynolds et al., 2022؛ He et al., 2023). در مناطق کوهستانی، احتمالاً اختلالات جدی انسانی (مانند جنگل‌زدایی، چرای دام و تبدیل کاربری زمین) اثرات منفی بر تنوع زیستی در مناطق کم ارتفاع دارد (Xu et al., 2021). همچنین رشد و عمکرد گیاهان در ارتفاعات پایین به دلیل افزایش خشکی ناشی از نرخ تبخیر زیاد و بارندگی کم محدود می‌شود (Macek et al., 2021). از طرفی در ارتفاعات پایین، به دلیل محدودیت آب قابل دسترس و نرخ تبخیر و تعرق بالقوه زیاد، فعالیت زیستی کاهش می‌یابد و از این رو منجر به تراکم گونه‌ای پایین می‌شود (Sun et al., 2020).

نتایج پژوهش Xu et al. (2021) نشان داد که خانواده گونه‌های درختچه‌ای بیشترین پراکنش را در ارتفاعات میانی و خانواده گونه‌های درختی بیشترین توزیع را در ارتفاعات پایین‌تر دارند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کمترین تراکم گونه‌ای در ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر مشاهده شد. در مناطق مرتفع، آب و هوای سرد، رشد گیاهان و توسعه خاک را کند کرد. کاهش مطلق غنای گونه‌ها به سمت ارتفاعات بالا احتمالاً توسط دمای

پایین تعیین می‌شود (Dvorský, 2016). کاهش یکنواخت غنای گونه‌ای با افزایش ارتفاع، یک الگوی عمومی پذیرفته شده و جهانی بود که به کاهش عمومی دما با ارتفاع نسبت داده می‌شد (Macek et al., 2021). به طور کلی، به دلیل کاهش فشار اتمسفر، با هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، دما تقریباً ۰/۶ درجه سانتیگراد کاهش می‌یابد. فراتحلیل Dani et al. (2023) نشان داد که بیش از نیمی از مطالعات (۵۷٪)، الگوهای غنای کوهان شکل تک نمایی را گزارش کرده‌اند و حدود ۲۶ درصد پژوهش‌ها کاهش یکنواخت تراکم در طول گرادیان ارتفاعی را اشاره کرده‌اند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین تراکم بادامشک در ارتفاعات میانی (۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ متر) مشاهده می‌شود. احتمالاً دلیل تراکم زیاد در ارتفاعات میانی را می‌بایست در شرایط آب و هوایی بهینه (دمای معتدل و رطوبت زیاد) جستجو کرد. بیشترین پراکنش بادامشک را سالاریان و همکاران (۱۳۸۷) در محدوده ارتفاعی ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ و Gorttapeh et al. (2005) در دامنه ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۲۳۰۰ متر گزارش کردند. به طور کلی نتایج بیانگر این است که اگرچه رابطه معنی‌داری بین ارتفاع و تراکم بادامشک مشاهده نشد، اما بادامشک ارتفاعات میانی را بیشتر می‌پسندد.

منابع

آذرنیوند، ح.، زارع‌چاهوکی، م.، (۱۳۹۸). اصلاح مراتع. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۴ صفحه.

بتولی، ح.، (۱۳۹۹). دستورالعمل فنی استفاده از چندین گونه گیاه بومی در پهنه رویشی ایران تورانی برای کشت در فضای سبز مناطق گرم و خشک کشور. پژوهشکده جنگل‌ها و مراتع. ۵۹ صفحه.

ثاقب‌طالبی، خ.، رمضانی، م.ف.، مومنی، ت.، خسروجردی، ع.، (۱۳۹۱). بررسی الزامات زیستگاهی برخی از درختان جنگلی ایران (*Amygdalus scoparia*) در استان خراسان رضوی. گزارش نهایی، فرم ثبت ۵۳۱۷-۴۹، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. ۴۵ صفحه.

رستم‌پور، م.، (۱۳۹۲). بررسی اثر گرادیان‌های محیطی و چرا بر ساختار بانک بذر خاک مراتع مناطق خشک (مطالعه موردی: مراتع قاینات، خراسان جنوبی). رساله دکتری مرتعداری، دانشگاه تهران. ۲۶۹ صفحه.

سالاریان، ع.، متاجی، الف. و ایران‌منش، ی.، (۱۳۸۷). بررسی نیازرویشگاهی گونه بادامک (*Amygdalus scoparia*) در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: رویشگاه کره‌بس، استان چهارمحال و بختیاری). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶ (۴): ۵۲۸-۵۴۲.

علیزاده، م.، کریمی‌افین، م.، مرادی، ا.، چکشی، ب.، (۱۳۹۷). تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر اندازه بذر بادامشک در جنگل‌های ایرانی-تورانی (مطالعه موردی: دامنه شمالی رشته کوه باقران بیرجند- استان خراسان جنوبی. هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران.

مظفریان، و.، (۱۳۸۲). درختان و درختچه‌های ایران. فرهنگ معاصر، تهران، ایران، ۸۷۷ صفحه.

یاری، ر.، ستم‌پور، م. و میرمیران، م.، (۱۴۰۳). مهم‌ترین عوامل موثر بر رشد و پراکنش درختچه بادامشک (*Amygdalus scoparia* Spach.) در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۳۲ (۲): ۱۳۳-۱۴۷.

Dani, R.S., Divakar, P.K. and Baniya, C.B., (2023). Diversity and composition of plants species along elevational gradient: research trends. Biodivers Conserv, Vol. 32, 2961–2980.

Dvorský, M., (2016). Gardening in the zone of death: an experimental assessment of the absolute elevation limit of vascular plants. – Sci. Rep. Vol. 6: 24440.

Gorttapeh, A.H., Hasani, M.H., and Ranji, H., (2005). Recognition and ecological investigation of almond species (*Amygdalus* spp.) in West Azerbaijan province. In: Abstract of the 4th international symposium on pistachios and almonds. Tehran (IRAN). 22–25 May 2005.

He, X., Arif, M., Zheng, J., Ni, X., Yuan, Z., Zhu, Q., Wang, J., Ding, D., and Li, C., (2023). Plant diversity patterns along an elevation gradient: the relative impact of environmental and spatial variation on plant diversity and assembly in arid and semi-arid regions. Front. Environ. Sci. Vol. 11:1021157.

Macek, M., Dvorsky, M., Klimes, A., Wild, J., Dolezal, J., and Kopecký, M., (2021). Midpoint attractor models resolve the mid-elevation peak in Himalayan plant species richness. Ecography, Vol. 44, No. 11. 10.1111/ecog.05901.

Ohsawa, T. and Ide, Y., (2018). Global patterns of genetic variation in plant species along vertical and horizontal gradients on mountains. Global Ecology and Biogeography, Vol.17: 152-163.

Reynolds, J.N., Swanson, H.K., and Rooney, R.C., (2022). Habitat area and environmental filters determine avian richness along an elevation gradient in mountain peatlands. J. Avian Biol. 2, e02797.

Sun, L., Luo, J., Qian, L., Deng, T., and Sun, H., (2020). The relationship between elevation and seed-plant species richness in the Mt. Namjagbarwa region (Eastern Himalayas) and its underlying determinants.Glob. Ecol. Conserv. Vol. 23:e01053.

Xu, M., Du, R., Li, X. (2021). The mid-domain effect of mountainous plants is determined by community life form and family flora on the Loess Plateau of China. Sci Rep. Vol. 11, 10974.

Trend analysis of *Amygdalus scoparia* Spach density along the elevation gradient of Shaskouh Protected Area, South Khorasan Province

M. Rostampour[1*] and R. Yari[2]

1- Associate Prof., Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand.
2- Assistant Prof., Khorasan-e-razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

Abstract

Understanding the environment and how elevation affects the growth, density, and success of *Amygdalus scoparia* seedlings is very important. For this purpose, the effect of elevation, including 1500-1700, 1700-1900, 1900-2100 and 2100-2300 meters above sea level, on *Amygdalus* density in the southern shrublands of the Shaskouh Protected Area, Khorasan Province, was investigated. The results showed that the highest variation was found at 1600 and 1800 and the lowest variation was found at 2200 meters. The analysis of variance (ANOVA) showed that the effect of elevation on plant density is not significant ($F(3,101) = 1.42$, $p = 0.24$). The results of linear and nonlinear regression analysis showed that there is no significant relationship between elevation and plant density. However, as the elevation increased, plant density increased first and then decreased. The highest density was observed in the middle elevations (1700 to 1900 meters). Probably the reason for the high density in the middle elevations should be found in optimal weather conditions (moderate temperature and high humidity).

Keywords: *Amygdalus Scoparia*, Elevation, Mountainous Areas, Plant Density, Temperature.

*Corresponding author Tel: +98 9151637869 Email: rostampour@birjand.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

وضعیت کمی جست‌گروه‌ها در توده‌های جنگلی ارسباران

راهله استادهاشمی[1*]، رضا اخوان[2] و نگار ولی‌زاده[1]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.
۲- دانشیار پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

جنگل‌های شاخه‌زاد نتیجه تعاملات بین طبیعت و انسان در دراز مدت است که نشان دهنده استفاده به شیوه‌های سنتی از جنگل‌هاست. مهمترین عناصر این جنگل‌ها کنده‌های جست‌زا و درختان چند شاخه‌ای هستند. با توجه به اهمیت و تاثیر توده‌های شاخه‌زاد در ساختار، تنوع و ترکیب گونه‌ای جنگل‌ها، این مطالعه به بررسی میزان فراوانی جست‌گروه‌ها و تعداد و قطر جست‌ها به‌تفکیک گونه‌های مختلف و در توده‌های جنگلی مختلف ارسباران پرداخته است. بدین منظور، اندازه‌گیری متغیرهای قطر در ارتفاع برابر سینه کل جست‌ها در هر جست‌گروه و تعداد جست‌های هر پایه در ۲۰۴ قطعه نمونه ثابت دایره‌ای شکل (سه آر) که به روش منظم- تصادفی پیاده شده بودند در هفت منطقه ارسباران انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده متوسط تراکم جست‌گروه در هکتار ۸۳۰ به‌دست آمد که پایه‌های با دو جست با ۴۴/۵ درصد بیشترین فراوانی را داشتند. همچنین بیشترین میانگین تعداد جست مربوط به گونه بارانک (۴/۸) و پس از آن ممرز (۳/۴) و کمترین آن مربوط به گونه گیلاس وحشی و نارون (۲/۲) بود. بررسی قطر جست‌گروه‌ها نیز نشان داد که بیشترین میانگین قطر جست مربوط به گونه گیلاس وحشی (۱۱/۴ سانتی‌متر) و پس از آن بلوط (۹/۴ سانتی‌متر) بوده و کمترین آن مربوط به درختچه‌ها (۷ سانتی‌متر) و پس از آن سرخدار (۷/۳ سانتی‌متر) بوده است. طبق نتایج، بیشترین قطر جست‌ها مربوط به مناطق با شرایط رویشگاهی مطلوب‌تر و کمتر تخریب یافته در ارسباران می‌باشد. اگرچه پایه‌های شاخه‌زاد بخش مهمی از ساختار جنگل‌ها محسوب می‌شوند و تاثیر زیادی در ایجاد خرد زیستگاه‌ها و افزایش اشکال مختلف تنوع در جنگل دارند، اما در ارسباران فراوانی زیاد پایه‌های شاخه‌زاد باعث ارتفاع کمتر پایه‌ها، تراکم بسیار زیاد درختان، قطر و رویه‌زمینی کم درختان، کاهش تنوع گونه درختی و کاهش قدرت بذردهی پایه‌ها شده است. به‌منظور افزایش پایداری تودها و تغییر تدریجی به سمت ساختار دانه‌زاد در جنگل‌های ارسباران، می‌توان علاوه بر حفاظت صحیح، برش‌های اصلاحی و پرورشی برای حذف جست‌های ضعیف و حفظ بهترین و قطورین جست‌ها برای بذردهی بهتر و در عین حال اجرای برنامه غنی‌سازی به‌منظور افزایش پایه‌های دانه زاد را توصیه کرد.

واژگان کلیدی: توده جنگلی شاخه‌زاد، جست‌زایی، ارسباران.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۵۷۰۱۴۳۲ ایمیل: ra.oh.fo@gmail.com

مقدمه

یکی از مشخصه‌های ساختار توده‌های جنگلی، منشا زادآوری درختان به صورت دانه یا شاخه‌زاد است. یعنی اگر تجدید حیات درختان و تکثیر آنها بر پایه بذر باشد دانه‌زاد و اگر بر پایه تکثیر غیرجنسی (جست و ریشه‌جوش) باشد شاخه‌زاد نامیده می‌شود. جنگل‌های شاخه‌زاد نتیجه تعاملات بین طبیعت و انسان در دراز مدت است که نشان دهنده کاربری زمین با استفاده از شیوه‌های سنتی را نشان می‌دهد. Brown and Oosterhuist (1981) اصطلاح جنگل‌های شاخه‌زاد کهن را برای جنگل‌هایی که به طور مداوم و بیش از دو قرن به صورت جست رویش کرده‌اند، استفاده کرده است. اجزای اصلی این جنگل‌ها، کنده‌های قدیمی جست‌زا و درختان چند شاخه‌ای هستند (Rackham, 2008). اوج بهره‌برداری انسان از جنگل‌ها به شیوه شاخه‌زاد و جست‌آوری در طول اولین انقلاب صنعتی رخ داد و با توسعه سوخت‌های فسیلی از اواسط دهه ۱۹۰۰ کاهش یافت (Fabbio, 2016). استفاده عمده آنها به عنوان سوخت، تغذیه دام و تهیه زغال با برداشت و جمع‌آوری شاخه‌های خشک و برگ‌های افتاده، قطع سرشاخه‌های پر برگ، قطع جست‌ها و غیره است. از موارد مهمی که شیوه مدیریت جنگل به صورت شاخه‌زاد کمرنگ شد، شامل کاهش اهمیت اقتصادی محصولات سوخت چوبی، تغییر عملکرد سازمان‌های مرتبط با جنگل‌ها به دلیل تغییر نیازهای اجتماعی و استفاده چوب برای محصولاتی غیر از سوخت و همچنین شناخت شیوه شاخه‌زاد به عنوان روشی منسوخ و از نظر اکولوژیکی روشی نادرست برای مدیریت جنگل‌ها می‌باشد (Amorini and Fabbio, 1994).

جنگل‌های ارسباران در شمال غرب کشور و در ارتفاعات قره‌داغ در شمال استان آذربایجان شرقی واقع گردیده است و جزء زیر ناحیه هیرکانی از ناحیه اصلی اروپ- سیبری می‌باشد (Sagheb Talebi, 2014). این جنگل‌ها به شکل نواری نسبتاً باریک در نیمرخ شمالی رشته کوه‌های قره‌داغ از کناره رود مرزی ارس تا بیش از ۲۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا ادامه دارند و در عرض جغرافیایی " ۵۹ '۲۵ °۳۸ تا "۷ '۲۰ °۳۹ شمالی و طول جغرافیایی "۹'۱۸ °۴۶ تا "۵ '۱۶ °۴۷ شرقی قرار گرفته است. این منطقه متاثر از جریانات آب و هوایی مختلف است و از خصوصیات آن، تنوع زیستی بالا، گونه‌های گیاهی و جانوری کمیاب و دارای عناصر گیاهی مربوط به اقلیم‌های مختلف است. این منطقه دارای ۱۳۳۴ گونه گیاهی و ۹۷ گونه درختی و درختچه‌ای است (بیرنگ و همکاران، ۱۳۷۳) که از نظر اکولوژیکی جزو ۹ ذخیره‌گاه بیوسفر ایران تحت برنامه (Man and Biosphere) یونسکو قرار گرفته است. چنین تنوع گونه‌ای و ژنتیکی زیادی، جایگاه ویژه‌ای را به این اکوسیستم مهم کشور بخشیده است.

در جنگل‌های ارسباران عمدتاً درختان ممرز (*Carpinus betulus* L.) گونه غالب را در شرایط مناسب اقلیمی و خاکی در دامنه‌ها تشکیل می‌دهد که به احتمال زیاد در گذشته تمامی بسترهای پرتوان اکولوژیک منطقه را پوشانده بوده است (قنبری شرفه، ۱۳۸۴). درختان دو گونه جنس بلوط (*Quercus petraea* L., *Quercus macranthera* Fisch. And C.A. Mey.) گونه‌های Sub climax بوده و زمانی که شرایط نامناسب از نظر اقلیمی و خاکی به وجود می‌آید، مثل دامنه‌های گرم رو به جنوب و شرق با خاک‌های نسبتاً فقیر از نظر رطوبت و مواد آلی، به صورت Edaphic climax ظاهر می‌گردند (حبیبی کاسب،۱۳۷۱). ساختار تجدید حیات طبیعی جنگل‌های ارسباران نشان داده است که ساختار غالب توده‌های جوان، دانه و شاخه‌زاد با فراوانی شاخه‌زادهاست و بیشترین تجدید حیات در دامنه‌های شمال غربی و شمالی صورت می‌گیرد و به‌ترتیب بیشترین تجدید حیات مربوط به ممرز، بلوط، افرا (*Acer campestre* L., *Acer monspessulanum* L.)، گیلاس وحشی (*Cerasus avium* L. Moench)و سایر گونه‌هاست (امیرقاسمی و همکاران، ۱۳۸۰). بر اساس آخرین پژوهش انجام شده در جنگل‌های ارسباران، فراوانی پایه‌های شاخه‌زاد ۵۳/۵ درصد و دانه‌زاد ۴۶/۵ درصد به‌دست آمده است (طرح پایش جنگل‌های

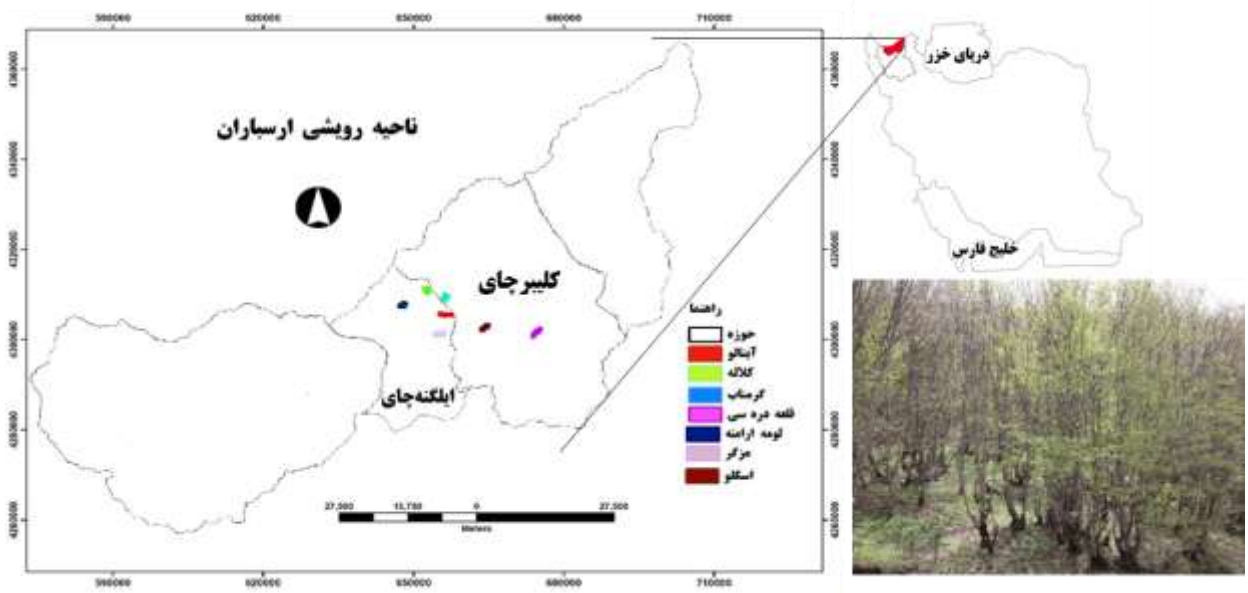
ارسباران، ۱۴۰۲). فعالیت‌های شدید انسانی در چند قرن گذشته، سیمای ظاهری، ترکیب و ساختار جنگل‌های ارسباران را به شدت تغییر داده است و منطقه دچار از هم‌گسیختگی زیست‌محیطی می‌باشد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). عمده منطقه پوشش گیاهی خود را در اثر تبدیل به زمین‌های زراعی، زغال‌گیری و با چرای شدید از دست داده و آماده فرسایش شده است. جنگل‌های واقع در مرزهای شرقی، جنوبی و غربی این منطقه به‌علت توسعه جمعیت به شدت مورد تجاوز و بهره‌برداری بی‌رویه قرار گرفته و پوشش جنگلی خود را به استثناء آثاری به صورت لکه‌های بسیار کوچک و پراکنده از دست داده است (قنبری شرفه، ۱۳۸۴). مطالعات متعددی در مورد توده‌های شاخه‌زاد، ساختار آنها و تاثیر آنها بر ترکیب و تنوع جنگل‌ها انجام شده که به برخی از آنها پرداخته می‌شود. پورهاشمی و همکاران (۱۳۹۳) ویژگی‌های ساختار توده شاخه‌زاد بلوط را در مریوان بررسی کردند و تراکم در هکتار جست‌گروه‌ها را ۱۴۴ به‌دست آوردند و نشان دادند، جست‌گروه‌های با تعداد جست کمتر از ۱۰ به مراتب بیشتر از سایر طبقات بوده است. همچنین بیشترین قطر جست در ارتفاع نیم متر به طبقه کمتر از ۶ سانتی‌متر تعلق داشت. آقابراتی و همکاران (۱۳۹۷) نیز به مطالعه توده‌های شاخه‌زاد در جنگل فندق‌لوی اردبیل پرداخته و نشان دادند که در تمام مناطق مطالعه، فراوانی درصد درختان شاخه‌زاد بیش از ۸۵ درصد می‌باشد. میانگین قطر برابر سینه در رویشگاه‌های مختلف بین ۹/۲۵ تا ۱۹/۶ سانتی‌متر بوده که در رویشگاه‌های با تخریب بیشتر درصد درختان شاخه‌زاد بیشتر و قطر درختان کمتر بوده است. همچنین قنبری و اسماعیلی (۱۴۰۲) به مطالعه جنگل‌های شاخه‌زاد ارسباران پرداخته و تعداد جست‌گروه در هکتار را ۴۲۰ پایه به‌دست آوردند و متوسط قطر جست در ارتفاع برابر سینه را ۱۲/۴ سانتی‌متر محاسبه کردند و امیرقاسمی و همکاران (۱۳۸۰) میانگین تعداد جست هر کنده را در حوزه ستن‌چای ارسباران شش جست به‌دست آوردند. در پژوهش‌های انجام شده در خارج از ایران نیز Matula et al. (2012) قدرت جست‌زنی سه گونه اصلی اروپا (ممرز، سفیدمازو و نمدار) را بررسی کردند و نشان دادند که کنده‌های با قطرهای مختلف در گونه نمدار و ممرز جست‌زنی خوبی دارند اما در مورد سفیدمازو با افزایش قطر کنده، جست‌زنی کاهش پیدا می‌کند. بیشترین تعداد جست و قطورترین‌ها مربوط به گونه نمدار بود. در کل با افزایش قطر کنده، تعداد جست‌ها افزایشی بود. همچنین با افزایش تراکم درختان، جست‌زنی ممرز افزایش و جست‌زنی بلوط کاهش پیدا کرد. مطالعه دیگری توسط Maděra et al. (2017) انجام شد که به بررسی شکل و فرم کنده‌های درختان شاخه‌زاد کهن در کشور چک پرداخته و نشان دادند که بیشترین تعداد جست مربوط به گونه راش با ۴۲ جست و ممرز با ۳۱ جست بود. همچنین بزرگترین محیط کنده جست‌زا مربوط به بلوط با ۱۴ متر و ممرز با ۹ متر به‌دست آمد.

از آنجا که شاخه‌زاد بودن توده‌های جنگلی از نشانه‌های تخریب در جنگل است و باعث کاهش کیفیت، تنوع گیاهی و پتانسیل تولید یک جنگل می‌شود، ضروریست تا مطالعات بیشتری در جنگل‌های با فراوانی زیاد پایه‌های شاخه‌زاد انجام گیرد و به بررسی علل آن و راه‌های مقابله با آن برای مدیریت پایدار جنگل‌ها پرداخته شود. به‌نظر می‌رسد ایجاد دگرگونی و دخالت در جنگل‌های ارسباران منجر به اختلال یا وقفه‌هایی در سیر طبیعی جنگل‌ها شده و باعث کاهش ظرفیت تولید پایه‌های بذری گردیده که گاهی این امر موجب کاهش ظرفیت جنگل و در درازمدت منجر به تخریب بیشتر رویشگاه‌های جنگلی می‌شود. بدین منظور این تحقیق به بررسی میزان فراوانی جست‌گروه‌ها، تعداد و قطر جست‌ها به‌تفکیک گونه‌های مختلف و در مناطق مختلف جنگلی ارسباران پرداخته است. با داشتن این اطلاعات، امکان تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و اجرای برنامه‌های پرورشی در توده‌های جنگلی و تغییر در ساختار توده‌ها به منظور نزدیک کردن توده‌ها به حالت طبیعی آسان‌تر، موثرتر و اصولی‌تر می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در هفت منطقه جنگلی ارسباران واقع در حوزه‌های کلیبرچای و ایلگنه‌چای که دارای پوشش جنگلی بیشتری هستند، انجام شد (شکل ۱). این توده‌ها از نظر موقعیت مکانی، دامنه ارتفاعی و توپوگرافی متفاوت هستند. ترکیب گونه‌های غالب در جنگل‌های ارسباران به ترتیب ممرز (*Carpinus betulus*)، اوری (*Quercus macranthera*)، سفیدمازو (*Quercus petraea*) و کرب (*Acer monspessulanum*) است که حدود ۸۶٪ ترکیب گونه‌ای را تشکیل می‌دهند و علاوه بر آن گونه‌هایی چون گیلاس وحشی (*Cerasus avium*)، ون (*Fraxinus excelsior* L.)، نارون (*Ulmus glabra* Hudson & *U. minor* Miller)، سرخدار (*Taxus baccata* L.)، ارس (*Juniperus foetidissima* Willd. & *J. excelsa* M. Bieb.)، بنه (*Pistacia atlantica* Desf. Subsp. Mutica (Fisch & C.A.Mey.)Rech. F.) و بارانک (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *S. graeca* (Spach) Loddiges ex Schaver, *S. aucuparia* L.) و همچنین درختچه‌های شفت (*Cornus australis* C.A.Mey.)، زغال اخته (*Cornus mas* L.)، گلابی وحشی (*Pyrus* sp L.)، زالزالک (*Crataegus* sp L.)، ازگیل (*Mespilus germanica* L.)، سیاه تنگرس (*Rhamnus* sp L.) و هفت کول (*Viburnum lantana* L.) وجود دارد (طرح پایش جنگل‌های ارسباران، ۱۴۰۲).



شکل ۱- مناطق جنگلی مورد مطالعه در ارسباران و نمونه‌ای از توده شاخه‌زاد در منطقه

روش تحقیق

در این تحقیق از اطلاعات آماربرداری طرح پایش جنگل‌های ارسباران استفاده شد. در این طرح، آماربرداری هفت توده جنگلی که بر اساس روش نمونه‌برداری دو مرحله‌ای (Two- Stage Sampling) انتخاب شدند، انجام شد. در داخل هر توده،۳۰ قطعه نمونه ثابت دایره‌ای شکل سه آری (۳۰۰ مترمربع) (علیجانپور و همکاران، ۱۳۹۶) به روش منظم- تصادفی پیاده شد. در داخل هر قطعه نمونه متغیرهای نوع گونه درختی، تعداد درختان، مبدا (دانه‌زاد، شاخه‌زاد)، قطر در ارتفاع برابر

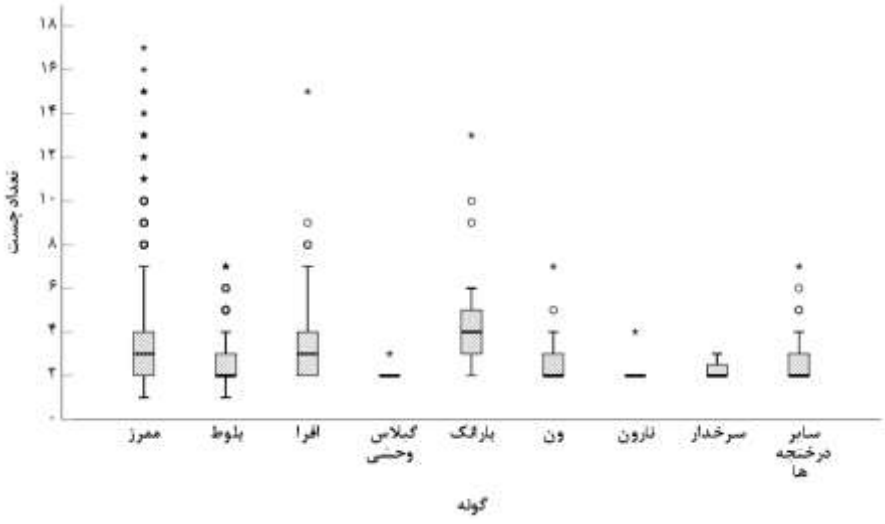
سینه کل جست‌گروه‌ها با قطر بیشتر از ۵ سانتی‌متر (DBH ≥ ۵) و تعداد جست‌های هر پایه جست‌گروه اندازه‌گیری شد. به منظور محاسبه قطر هر جست گروه از رابطه زیر استفاده شد.

$$\bar{d}\bar{b}\bar{h} = QMD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} DBH_i^2}{n}}$$ Curtis and Marshall (2000)

به‌طوری که $\bar{d}\bar{b}\bar{h}$ متوسط قطر برابرسینه، DBH_i قطر هر جست و n تعداد جست‌های هر جست‌گروه می‌باشد. برای انجام محاسبات آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد و سپس با استفاده از آزمون تجزیه واریانس به بررسی تفاوت‌های آماری بین مناطق مختلف و گونه‌های مختلف از نظر تعداد و قطر جست‌ها پرداخته شد. محاسبات و تجزیه و تحلیل‌ها در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS25 انجام شد.

یافته‌ها

بر اساس نتایج به‌دست آمده تعداد ۵۰۸۱ جست‌گروه از گونه‌های مختلف اندازه‌گیری شد و متوسط تراکم جست‌گروه در هکتار ۸۳۰ به‌دست آمد. کمترین تعداد جست در جست‌گروه‌ها، یک و بیشترین آن ۱۷ بود که توزیع تعداد جست برای گونه‌های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. پایه‌های با دو جست ۴۴/۵ درصد، پایه‌های با سه جست ۲۵ درصد و پایه‌های با چهار جست حدود ۱۴درصد کل جست‌گروه‌ها را تشکیل داده بودند. بیشترین پایه‌های شاخه‌زاد به ترتیب مربوط به ممرز با ۶۱ درصد، گونه‌های درختچه‌ای با ۵۰ درصد، بلوط با ۴۵ درصد و بارانک با ۴۱ درصد و کمترین آنها مربوط به گیلاس وحشی با ۸ درصد و سرخدار با ۱۹ درصد بود. همچنین بیشترین میانگین تعداد جست مربوط به گونه بارانک و پس از آن ممرز و کمترین آن مربوط به گونه گیلاس وحشی و نارون بود (جدول ۱).

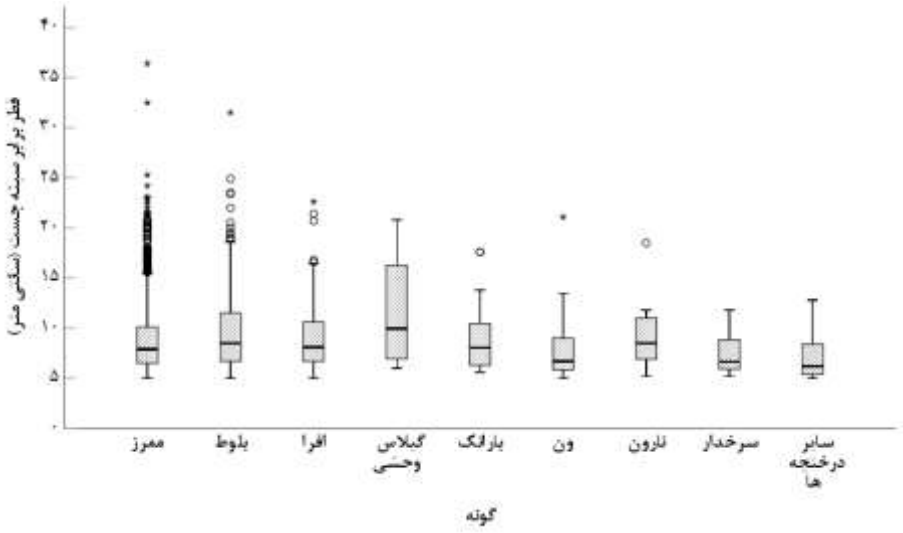


شکل ۲- توزیع تعداد جست در جست‌گروه‌ها به تفکیک گونه‌های مختلف

جدول ۱- میانگین تعداد جست به تفکیک گونه‌های مختلف

گونه	تعداد پایه دانه‌زاد	تعداد جست گروه	میانگین تعداد جست	اشتباه معیار
ممرز	۲۳۳۲	۳۶۰۷	۳/۴	۱/۸۵
بلوط	۱۲۲۳	۹۹۴	۲/۶	۱
افرا	۴۵۰	۲۸۷	۳/۲	۱/۷۴
گیلاس وحشی	۱۳۶	۱۲	۲/۲	۰/۴۴
بارانک	۳۵	۲۴	۴/۸	۳/۱۳
ون	۱۳۱	۷۵	۲/۵	۱/۰۲
نارون	۲۸	۱۷	۲/۲	۰/۷
سرخدار	۵۳	۱۲	۲/۳	۰/۴۸
سایر درختچه‌ها	۵۳	۵۳	۲/۸	۱/۲۴

همچنین نتایج اندازه‌گیری قطر جست‌گروه‌ها نشان داد، بیشترین قطر برابر سینه جست اندازه‌گیری شده ۳۶/۴ سانتی‌متر و کمترین آن ۵ سانتی‌متر بوده است که توزیع قطر جست‌ها برای گونه‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. بیشترین میانگین قطر جست مربوط به گونه گیلاس وحشی و پس از آن بلوط بوده و کمترین آن مربوط به درختچه‌ها و پس از آن سرخدار بوده است (جدول ۲).

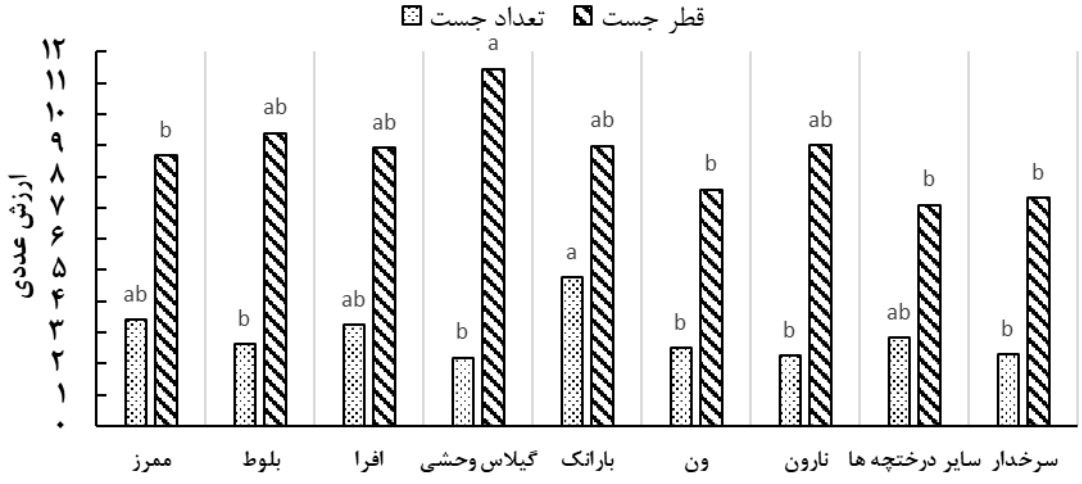


شکل ۳ - توزیع قطر برابر سینه جست‌ها به تفکیک گونه‌های مختلف

جدول ۲- میانگین قطر جست به تفکیک گونه‌های مختلف

گونه	میانگین قطر جست (سانتی‌متر)	اشتباه معیار
ممرز	۸/۷	۳/۰۸
بلوط	۹/۴	۳/۴۳
افرا	۸/۹	۳/۰۲
گیلاس وحشی	۱۱/۴	۵/۰۵
بارانک	۹	۳/۴
ون	۷/۶	۲/۵۶
نارون	۹	۳/۳
سرخدار	۷/۳	۱/۹۷
سایر درختچه‌ها	۷	۲/۰۷

نتایج مقایسه میانگین تعداد و قطر جست‌ها برای گونه‌های مختلف نشان داد که میانگین تعداد جست در گونه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری ندارند و فقط گونه بارانک نسبت به بقیه گونه‌ها میانگین تعداد جست بیشتر و با چهار گونه بلوط، گیلاس وحشی، ون و نارون تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان داد. از نظر میانگین قطر برابر سینه جست، گونه گیلاس وحشی نسبت به بقیه گونه‌ها میانگین قطر جست بیشتر و با نیمی از گونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان داد (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد و قطر برابر سینه جست (سانتی‌متر) به تفکیک گونه‌های مختلف

میانگین تعداد و قطر جست‌ها در توده‌های مختلف جنگلی نیز بررسی شدند و نتایج مقایسه آن‌ها نشان داد که میانگین تعداد جست در منطقه لومه ارامنه با منطقه قلعه دره‌سی در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشت و بقیه مناطق تفاوت

آماری نشان ندادند. از نظر میانگین قطر جست، تقریبا تمام توده‌های جنگلی در سطح پنج درصد با هم تفاوت معنی‌دار داشته (به غیر از مزگر و قلعه دره‌سی) که لومه ارامنه بیشترین و اسکلو کمترین میانگین را به خود اختصاص دادند (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد و قطر برابر سینه جست (سانتی‌متر) برای توده‌های مختلف جنگلی

بحث و نتیجه‌گیری

فراوانی پایه‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد گونه‌های اصلی در جنگل‌های ارسباران نشان داده که بیش از نیمی از پایه‌های درختی شاخه‌زاد هستند و ساختار غالب توده‌ها، دانه و شاخه‌زاد با فراوانی شاخه‌زاد است (امیرقاسمی و همکاران، ۱۳۸۰؛ طرح ملی پایش ارسباران). طبق نتایج این تحقیق تراکم جست‌گروه در هکتار ۸۳۰ برآورد گردید در صورتیکه طبق نتیجه تحقیق قنبری و اسماعیلی (۱۴۰۲) تراکم جست‌گروه در هکتار در منطقه مورد مطالعه آنها در ارسباران ۴۲۰ به‌دست آمد که دلیل آن می‌تواند تفاوت در موقعیت و شرایط رویشگاه‌ها و همچنین مساحت و پراکنش مناطق مورد مطالعه باشد. پورهاشمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز تراکم در هکتار جست‌گروه‌ها را در جنگل زاگرس۱۴۴ به‌دست آوردند که دلیل آن تراکم کم جنگل‌های زاگرس است. در تحقیق حاضر پایه‌های شاخه‌زاد با دو جست بیشترین فراوانی را داشتند که دلیل آن را می‌توان جوان بودن این جنگل‌ها دانست که علت آن قطع یکسره درختان در گذشته به منظور زغال‌گیری بوده است. طبق مطالعه علیجانپور و همکاران (۱۳۹۰) میانگین سنی بیشتر درختان قطورتر از ۲۰ سانتی‌متر، حداکثر ۴۸ سال است. اگرچه تمامی گونه‌های مورد مطالعه، پایه‌های شاخه‌زاد داشتند، اما بیشترین پایه‌های شاخه‌زاد مربوط به گونه ممرز، بلوط، بارانک و گونه‌های درختچه‌ای بودند که بیش از ۴۰ درصد پایه‌های آنها شاخه‌زاد بود و به همین دلیل نیز میانگین تعداد جست در دو گونه بارانک و ممرز از بقیه گونه‌ها بیشتر به‌دست آمد. نتایج مطالعات متعددی به قدرت جست‌دهی زیاد ممرز اشاره کرده‌اند (امیرقاسمی و همکاران، ۱۳۸۰؛ علیجانپور و همکاران،۱۳۹۰، استادهاشمی و همکاران، ۱۴۰۳) و Matula et al. (2012) نیز بیان کردند که با افزایش تراکم درختان، جست‌زنی ممرز افزایش می‌یابد. همچنین ابراهیمی گجوتی و همکاران (۱۳۹۸) با مطالعه گونه بارانک در ارسباران بیان کردند که بیشتر پایه‌های بارانک در منطقه مورد مطالعه شاخه‌زاد بودند. در مقابل گونه

گیلاس وحشی، نارون و سرخدار کمترین میانگین تعداد جست را داشتند که با توجه به تعداد کم پایه‌های شاخه‌زاد این گونه‌ها منطقی به‌نظر می‌رسد. توده سرخدار مورد مطالعه در منطقه کلاله که یکی از مناطق با شرایط مناسب رویشگاهی و حفاظتی در ارسباران است، قرار دارد و همین امر سبب افزایش پایه‌های دانه‌زاد این گونه شده است. قنبری شرفه (۱۳۸۴) تعداد پایه دانه‌زاد و شاخه‌زاد سرخدار در همین منطقه را به‌ترتیب ۵۲ و ۴۸ درصد به‌دست آورده که تحقیق حاضر نشان می‌دهد شرایط رویشگاه کلاله برای استقرار پایه‌های دانه‌زاد بهتر شده است. رستمی شاهراجی و یوسف‌پور رشتی (۱۳۸۱) فراوانی پایه‌های شاخه‌زاد نسبت به دانه‌زاد سرخدار را نتیجه شرایط سخت و موانع طبیعی متعدد که مانع سبز شدن بذور می‌شود، دانستند. میانگین تعداد جست برای کل گونه‌ها در این مطالعه ۲/۸ به‌دست آمد، در صورتیکه قنبری و اسماعیلی (۱۴۰۲) آن را برای مناطقی از ارسباران ۵/۷ و امیرقاسمی (۱۳۸۰) آن را در ستن‌چای ارسباران ۶ برآورد کرد که دلیل آن می‌تواند تفاوت در موقعیت و شرایط رویشگاه‌ها و همچنین مساحت و پراکنش مناطق مورد مطالعه باشد. طبق بررسی آماری انجام شده بین گونه‌ها از نظر میانگین تعداد جست، فقط گونه بارانک با برخی گونه‌ها تفاوت معنی‌دار داشت و بین هشت گونه دیگر تفاوت آماری وجود نداشت.

میانگین قطر جست‌ها نیز نشان داد که گونه گیلاس وحشی و بلوط بیشترین میانگین قطری را داشته و از آنجا که این گونه‌ها متوسط تعداد جست کمتری داشتند، شرایط برای رشد قطری جست‌ها فراهم شده است. در مقابل کمترین میانگین قطر جست مربوط به گونه سرخدار و درختچه‌ها بوده که در مورد درختچه‌ها به دلیل کوچک بودن ابعاد درختچه‌ها، کم قطر بودن جست‌ها منطقی به نظر می‌رسد و در مورد سرخدار نیز دلیل آن جوان بودن پایه‌های سرخدار می‌باشد. قنبری شرفه و همکاران (۱۳۸۹) توده‌های سرخدار ارسباران را از نظر ساختار سنی، جوان و ناهمسال می‌دانند. همچنین میانگین قطر جست برای کل گونه‌های مورد مطالعه ۸/۷ سانتی‌متر به‌دست آمد، در حالیکه قنبری و اسماعیلی (۱۴۰۲) آن را برای مناطقی از ارسباران، ۱۲ سانتی‌متر و آقابراتی و همکاران (۱۳۹۷) آن را برای جنگل فندق‌لوی اردبیل بین ۹/۲۵ تا ۱۹/۶ سانتی‌متر به‌دست آوردند. بررسی آماری انجام شده بین گونه‌ها از نظر میانگین قطر جست نشان داد که گونه گیلاس وحشی با ممرز، ون، سرخدار و درختچه‌ها تفاوت معنی‌دار دارد و بقیه گونه‌ها با هم تفاوت آماری ندارند.

بررسی آماری مناطق مورد مطالعه از نظر میانگین تعداد و قطر جست نشان داد که میانگین تعداد جست در مناطق مختلف، تفاوت بسیار اندک داشته و فقط منطقه لومه ارامنه با منطقه قلعه دره‌سی تفاوت آماری نشان داده که به‌ترتیب مربوط به بیشترین و کمترین میانگین تعداد جست می‌باشند. نکته قابل توجه اینکه منطقه لومه ارامنه یکی از رویشگاه‌های مطلوب و کمتر تخریب یافته است که تعداد پایه‌های جست‌گروه آن از بقیه مناطق کمتر است، اما شاید به دلیل شرایط بهتر رویشگاهی، تنوع گونه‌ای بیشتر و تراکم مناسب‌تر درختان، باعث شده که میانگین تعداد جست در این منطقه بیشتر باشد که البته این تفاوت بسیار اندک است. از نظر میانگین قطر جست، بررسی آماری نشان داد که تمام مناطق با هم تفاوت معنی‌دار داشته و فقط دو منطقه قلعه دره‌سی و مزگر تفاوت آماری نشان ندادند. بیشترین قطر جست‌ها مربوط به دو منطقه لومه ارامنه و کلاله است که طبق تحقیقی در ارسباران این دو منطقه از رویشگاه‌های مطلوب و کمتر تخریب یافته ارسباران محسوب می‌شوند (استادهاشمی و همکاران، ۱۳۹۹) که شرایط بهتر رویشگاهی باعث رشد قطری جست‌ها شده است. بر اساس پژوهش استادهاشمی و همکاران (۱۳۹۹) بیشترین پایه‌های شاخه‌زاد با کمترین میانگین قطری درختان در شیب‌های کم تا متوسط و مناطق پر تردد، توریستی و قابل دسترس قرار دارند که به دلیل قطع درخت، تغییر کاربری اراضی و حضور بیشتر انسان و دام در این مناطق، درختان فرصت بذردهی و رشد قطری را از دست داده و از آنجا که ۴۵ درصد درختان در جنگل‌های ارسباران از گونه ممرز تشکیل شده و این گونه‌ها قدرت جست‌دهی خوبی دارند، در نتیجه ساختار توده‌های

جنگلی ارسباران به دانه و شاخه‌زاد با فراوانی شاخه‌زاد تبدیل شده است که این امر منجر به ارتفاع کمتر پایه‌ها، تراکم بسیار زیاد درختان، قطر و رویه‌زمینی کم درختان، کاهش تنوع گونه درختی و کاهش قدرت بذردهی پایه‌ها و قوه نامیه بذرهای تولید شده گردیده است.

اگرچه پایه‌های شاخه‌زاد بخش مهمی از ساختار جنگل‌ها محسوب می‌شوند و تاثیر زیادی در ایجاد خرد زیستگاه‌ها و افزایش اشکال مختلف تنوع در جنگل دارند (Vacik et al., 2009)، اما فراوانی زیاد این پایه‌ها در ترکیب توده‌های جنگلی باعث کاهش پایداری، زادآوری و تنوع درختی می‌شود. طبق مطالعات انجام شده، عدم مدیریت و دخالت مناسب در توده‌های با غالبیت پایه‌های شاخه‌زاد ممکن است باعث عدم زادآوری بذری درختان، تک گونه‌ای شدن و حذف برخی گونه‌های جنگلی، رکود رشد و آتش‌سوزی در اثر جست‌های فراوان در این مناطق شود (Serrada et al., 1992; Cañellas et al., 2004).

اگرچه پژوهش‌های بیشتری در این زمینه ضروریست، اما اطلاعات این پژوهش و مطالعات مشابه می‌توانند ابزار مهمی در مدیریت جنگل‌ها و انتخاب سیستم‌های مدیریتی در جنگل‌ها محسوب شوند. به‌منظور بهبود شرایط ساختاری و افزایش پایداری تودها و تغییر تدریجی ساختار دانه و شاخه‌زاد به ساختار دانه‌زاد در جنگل‌های ارسباران، می‌توان علاوه بر حفاظت صحیح و استفاده از تجارب موجود از اجرای عملیات‌های پرورشی در جنگل‌های مشابه، برش‌های اصلاحی و پرورشی برای حذف جست‌های ضعیف و حفظ بهترین و قطورین جست‌ها برای بذردهی بهتر و در عین حال اجرای برنامه غنی‌سازی به‌منظور افزایش پایه‌های دانه زاد را توصیه کرد.

منابع

آقابراتی، ا.، مروی مهاجر، م. ر.، اعتماد، و.، سفیدی، ک.، (۱۳۹۷). ویژگی‌های ساختاری توده های جنگلی شاخه زاد در جنگل فندقلوی اردبیل، پژوهش و توسعه جنگل، ۴(۲): ۲۳۹-۲۲۳.

ابراهیمی گجوتی، ت.، بالائی، ژ.، ایمانی دیزج یکان، ی.، عبدی قاضی جهانی، ا.، (۱۳۹۸). بررسی نیاز رویشگاهی گونه بارانک *Sorbus torminalis* (L.) Crantz. در جنگلهای ارسباران، آذربایجان شرقی (ایران)، مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۱۱(۳۶): ۵۲-۴۳.

استادهاشمی، ر.، اخوان، ر.، عباسلو، ع.، صفاپور، ق.، پورخاکی، م.، (۱۳۹۹). طبقه بندی درجات تخریب بر اساس ویژگیهای کمی در جنگلهای ارسباران (حوضه کلیبرچای و ایلگنه چای)، حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۸(۲): ۲۹۹-۲۸۷.

استادهاشمی، ر.، اخوان، ر.، عابدی، ر.، (۱۴۰۳). سنجش تنوع زیستی و طبقه‌بندی گونه‌های درختی و درختچه‌ای در جنگل‌های ارسباران، پژوهش و توسعه جنگل،۱۰(۱): ۵۶-۳۹.

امیرقاسمی، ف.، ثاقب‌طالبی، خ.، درگاهی، د.، (۱۳۸۰). بررسی ساختار تجدید حیات طبیعی جنگل‌های ارسباران در حوضه مطالعاتی ستن‌چای، جنگل و صنوبر، ۶ (۱): ۶۲-۱.

بیرنگ، ن.، جوانشیر، ع.، و مجتهدی، ی.، (۱۳۷۳). گزارش طرح فلور آذربایجان، دانشگاه تبریز، ۳۰۰ ص.

پورهاشمی، م.، زندبصیری، م.، پناهی، پ.، (۱۳۹۳). بررسی ویژگی های ساختاری توده های شاخه زاد بلوط جنگلهای مریوان، مجله پژوهشهای گیاهی، ۲۷(۵): ۷۷۶-۷۶۶.

حبیبی کاسب، ح.، (۱۳۷۱). مبانی خاک شناسی جنگل، دانشگاه تهران، ۴۲۴ صفحه.

رستمی شاهراجی، ت، یوسف‌پور رشتی، م.، (۱۳۸۱). مطالعه زادآوری طبیعی سرخدار (*Taxus baccata* L.) در منطقه جنگلی درفک – گیلان، پژوهش و سازندگی، ۱۵(۴-۳ (پی آیند ۵۷-۵۶) در منابع طبیعی)، ۱۵-۱۹.

طرح پایش رویش حجمی و موجودی جنگل‌های ارسباران با استفاده از شبکه قطعه نمونه‌های دائمی (حوضه‌های ایلگنه‌چای و حاجلرچای)، (۱۴۰۲). موسسه موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.

علیجانپور، ا .، اسحاقی راد، ج.، بانج شفیعی، ع.، (۱۳۹۰). تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر خصوصیات کمی و کیفی ذغال‌اخته (*Cornus mas* L.) در جنگل‌های ارسباران، جنگل و صنوبر، ۱۹(۳): ۴۰۷-۳۹۶.

علیجانپور، ا. فتح الهی قره چبوق، ا.، اسحاقی راد، ج.، محامد شبانلو، ع.، (۱۳۹۶). تاثیر جهت دامنه و خاک بر خصوصیات کمی و کیفی گونه ممرز در جنگل‌های ارسباران. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۳۰(۴): ۸۹۸-۸۸۷.

قنبری، س.، اسماعیلی، ع.، (۱۴۰۲). بررسی ترکیب و تنوع گونهای توده های شاخه و دانه زاد جنگلهای ارسباران. پژوهش و توسعه جنگل، ۹(۳): ۳۴۷-۳۳۵.

قنبری شرفه، ع.، (۱۳۸۴). بررسی توالی اکولوژیکی توده های سرخدار در جنگلهای ارسباران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

قنبری شرفه، ع.، مروی مهاجر، م.ر.، زبیری، م.، (۱۳۸۹). بررسی وضعیت زادآوری طبیعی سرخدار در جنگل‌های ارسباران، جنگل و صنوبر، ۱۸(۳): ۳۸۹-۳۸۰.

مرادی، ش.، رمضانی، ا.، علیجانپور،۱.، و بانج شفیعی، ع.، (۱۳۹۵). بررسی کمی و کیفی و پهنه‌بندی ارتفاعی تود های جنگلی منطقه حفاظت شده ارسباران، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۴(۳)،۵۴۰-۵۲۹.

Amorini E., Fabbio G. (1994). The coppice area in Italy. General aspects, cultivation trends and state of knowledge. In: Proceedings Workshop Improvement of coppice forests in the Med region. Arezzo, september 24-25 1992 Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, Arezzo 23: 292-298.

Brown, A.H.F., Oosterhuist, L. (1981). The role of buried seed in coppice woods. Biological Conservation, 21 (1): 19–38.

Cañellas, I., Del Rio, M., Roig, S., Montero, G. (2004). Growth response to thinning in Quercus pyrenaica Willd. coppice stands in Spanish central mountain. Ann. For. Sci, 61: 243–250.

Curtis, R. O., Marshall, D. D. (2000). Why quadratic mean diameter? West. J. Appl. For., 15: 137–139.

Fabbio, G. (2016). Coppice forests, or the changeable aspect of things, a review. Annals of Silvicultural Research, 40 (2): 108-132.

Maděra, P., Slach, T., Úradníček, L., Lacina, J., Černušáková, L., Friedl, M., Řepka, R., Buček, A. (2017). Tree shape and form in ancient coppice woodlands. Journal of Landscape Ecology, 10(2): 49-62.

Matula, R., Sva´tek, M., Ku°rova´, J., U´ radnı´cˇek, L., Kadavy´, J., Kneifl,M. (2012). The sprouting ability of the main tree species in Central European coppices: implications for coppice restoration. European Journal of Forest Research, 131(5):1-12.

Rackham, O. (2008). Ancient woodlands: modern threats. New Phytologist, 180: 571–586.

Sagheb Talebi, K.h., Sajedi, T., Pourhashemi, M. (2014). Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future. Springer, 152 p.

Serrada, R., Allué, M., San Miguel, A. (1992). The coppice system in Spain. Current situation, state of art and major areas to be investigated. Ann. Ist. Sper. Selvic, 23:266–275.

Vacik, H., Zlatanov, T., Trajkov, P., Dekanić, S. (2009). Role of coppice forests in maintaining forest biodiversity. Silva Balcanica, 10 (1): 35-45.

Quantification of sprout-clumps in Arasbaran forest stands

R. Ostadhashemi*[1], R. Akhavan[2] and N. Valizadeh[1]

1- Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, East Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
2- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

The coppice forests are the result of long-term interactions between nature and humans, reflecting traditional uses of forests. The most important elements of these forests are the sprout-clumps and multi-stemmed trees. According to the importance and impact of coppice stands on the structure, diversity, and species composition of forests, this study examines the frequency of sprout-clumps, as well as the number and diameter of sprouts across different species and forest areas in the Arasbaran region. To this end, diameter at breast height of all sprouts within each sprout clump and the number of sprouts per individual tree, were measured in 204 permanent circular sample plots (300 m^2) using systematic-random sampling approach in seven areas of Arasbaran. Based on the obtained results, the average density of coppice individuals was 830 per hectare, with the highest frequency observed in coppice with two sprouts (44.5%). The species with the highest average number of sprouts was Mountain ash (4.8), followed by *Hornbeam* (3.4), while the lowest averages were recorded for *Cherry tree* and *Elm* (2.2 each). The examination of sprout diameters showed that the species with the largest average sprout diameter was *Cherry tree* (11.4 cm), followed by *oak* (9.4 cm), with the smallest diameters found in shrubs (7 cm) and *Yew* (7.3 cm). According to the results, the largest sprout diameters were found in areas with more favorable site conditions and less degradation in the Arasbaran region. Although coppice individuals play an important role in the forest structure and significantly contribute to the maintenance of microhabitats and the enhancement of levels of diversity in forests, the high frequency of coppice individuals in Arasbaran has led to shorter tree heights, excessive tree density and smaller diameters and basal areas. Additionally, it has caused a decline in tree species diversity and a reduction in seed production capacity. To enhance the stability of stands and gradually shift towards a seed-origin structure in the Arasbaran forests, it is recommended to implement proper protection, as well as silvicultural thinning to eliminate weak sprouts, while preserving the best and largest sprouts for better seed production. Furthermore, enrichment programs should be executed to increase the number of seed-origin individuals.

Keywords: Arasbaran, Coppice forest stand, Sprouting.

*Corresponding author Tel: +98 9125701432 Email: ra.oh.fo@gmail.com

تأثیر جنگلکاری بر ترسیب کربن از جهات مختلف

شیدا جباری[1*] و زهرا میرآزادی[2]

۱- دانشجوی دکتری جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان.
۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان.

چکیده

تغییرات اقلیمی و افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسیدکربن (CO_2) به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی عصر حاضر تبدیل شده است. در چند دهه اخیر، ترسیب کربن در خاک به یکی از راهکارهای مهم در کاهش گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییرات اقلیمی تبدیل شده است. تغییرات کاربری اراضی، به‌ویژه از جنگل‌ها به کشاورزی یا باغ‌ها، می‌تواند به تغییرات قابل‌توجهی در ترسیب کربن در خاک منجر شود. یکی دیگر از ابعاد مهم جنگل‌کاری و ترسیب کربن، ارتباط آن با مدیریت پایدار خاک و آب است. هدف این مقاله ارائه یک دیدگاه جامع از نتایج مطالعات داخلی و خارجی در این زمینه است تا بر اساس آن، سیاست‌های بهینه برای مدیریت اراضی و افزایش ترسیب کربن خاک تدوین شود. علاوه بر این، به بررسی تأثیرات مدیریت خاک و پوشش گیاهی بر فرآیند ترسیب کربن در کاربری‌های مختلف به‌ویژه جنگل‌کاری‌ها پرداخته خواهد شد.

واژگان کلیدی: پوشش گیاهی، ترسیب کربن، جنگلکاری، کاربری اراضی، مدیریت خاک.

مقدمه

تغییرات اقلیمی و افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسیدکربن (CO_2) به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی عصر حاضر تبدیل شده است. با توجه به اینکه جنگل‌ها به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مخازن طبیعی کربن نقش حیاتی در کاهش CO_2 اتمسفر دارند، جنگل‌کاری و مدیریت پایدار اکوسیستم‌های جنگلی به‌عنوان یکی از مؤثرترین راهکارها برای مقابله با تغییرات اقلیمی پیشنهاد شده است (نادری و همکاران، ۱۴۰۰). جنگل‌ها از طریق فتوسنتز، دی‌اکسیدکربن را جذب و آن را در زی‌توده و خاک ذخیره می‌کنند. این فرآیند تحت عنوان "ترسیب کربن" شناخته شده و به‌طور مستقیم به کاهش اثرات تغییرات اقلیمی کمک می‌کند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲).

در چند دهه اخیر، ترسیب کربن در خاک به یکی از راهکارهای مهم در کاهش گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییرات اقلیمی تبدیل شده است. افزایش سطح کربن آلی در خاک نه تنها موجب کاهش دی‌اکسیدکربن جو می‌شود، بلکه به تقویت ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک کمک می‌کند و در نتیجه پایداری و حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد (Lal, 2004). به دلیل اهمیت این فرآیند، ترسیب کربن خاک به عنوان یکی از مؤثرترین روش‌ها برای کاهش اثرات تغییرات

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۹۰۵۸۵۰۷۵۱ ایمیل: shydajbary628@gmail.com

اقلیمی و حفظ منابع خاک شناخته می‌شود (Smith et al., 2008). از سوی دیگر، عواملی همچون نوع پوشش گیاهی، مدیریت زمین و نوع کاربری اراضی می‌توانند تأثیرات قابل‌توجهی بر فرآیند ترسیب کربن و ویژگی‌های خاک داشته باشند (Schlesinger, 1997).

کاربری اراضی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر در تغییرات ویژگی‌های خاک شناخته می‌شود. جنگل‌کاری، کشاورزی، مرتع‌داری و باغ‌کاری، به ویژه در مناطق مختلف جغرافیایی، می‌توانند تأثیرات مختلفی بر ویژگی‌های خاک مانند پایداری خاکدانه‌ها، ساختار خاک و ترکیب شیمیایی خاک (از جمله کربن آلی) بگذارند (Liu et al., 2011). تغییرات کاربری اراضی، به‌ویژه از جنگل‌ها به کشاورزی یا باغ‌ها، می‌تواند به تغییرات قابل‌توجهی در ترسیب کربن در خاک منجر شود. این تغییرات معمولاً به‌دلیل فرسایش خاک، از دست رفتن ماده آلی و کاهش تنوع زیستی اتفاق می‌افتد. بنابراین بررسی تأثیرات این تغییرات بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از جمله درصد شن، رس، سیلت، اسیدیته و هدایت الکتریکی، به‌ویژه در راستای کاهش دی‌اکسیدکربن جو، از اهمیت زیادی برخوردار است.

یکی از مهم‌ترین عواملی که در تعیین میزان ترسیب کربن خاک تأثیرگذار است، نوع گیاهان و پوشش گیاهی است. گونه‌های درختی، گیاهان پوششی و حتی روش‌های کشاورزی می‌توانند با تأثیرگذاری بر ساختار و عملکرد میکروبی خاک، مقدار کربن ذخیره شده را تغییر دهند. به‌عنوان مثال، درختان پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، به‌دلیل اختلاف در تجزیه مواد آلی و پایدارتر بودن برگ‌ها و شاخه‌ها، می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر میزان کربن ذخیره شده در خاک بگذارند (رحیمی، ۱۳۹۸).

تأثیرات تغییر کاربری اراضی بر ذخیره کربن به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت ویژه‌ای دارد. این مناطق به دلیل شرایط آب و هوایی خاص خود، معمولاً دارای خاک‌های کم‌بازده و تحت فشار هستند که در اثر فرسایش و کاهش پوشش گیاهی، کربن موجود در خاک کاهش می‌یابد (García-Antúnez et al., 2023) در این مناطق، جنگل‌کاری با گونه‌هایی که مقاومت بیشتری به خشکی دارند، مانند صنوبر و کاج‌های مقاوم می‌تواند موجب افزایش ترسیب کربن و بهبود ساختار خاک شود (Dixon et al., 1994).

از سوی دیگر، تغییر کاربری‌ها از جنگل به کشاورزی می‌تواند کربن خاک را کاهش دهد. این کاهش به دلیل فرآیندهایی مانند شخم زدن خاک، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و تخریب پوشش گیاهی طبیعی رخ می‌دهد که سبب کاهش ماده آلی خاک و کاهش ظرفیت خاک برای ذخیره کربن می‌شود (Foley et al., 2005).

یکی دیگر از ابعاد مهم جنگل‌کاری و ترسیب کربن، ارتباط آن با مدیریت پایدار خاک و آب است. جنگل‌ها به‌عنوان ساختارهای طبیعی، نقش کلیدی در تقویت نگهداشت رطوبت خاک، کاهش خطر سیلاب‌ها و بهبود کیفیت منابع آبی دارند. ترکیب این مزایا با ترسیب کربن، این امکان را فراهم می‌کند که جنگل‌کاری به یکی از مؤثرترین ابزارها برای ایجاد تعادل اکولوژیکی در مناطق آسیب‌پذیر تبدیل شود.

علاوه بر این، جنگل‌های متنوع و چندگونه‌ای توانایی بیشتری در جذب کربن دارند. مطالعات نشان داده‌اند که جنگل‌های طبیعی یا جنگل‌هایی که به‌صورت اصولی مدیریت می‌شوند، می‌توانند نه تنها ظرفیت کربن خود را افزایش دهند، بلکه با فراهم آوردن زیستگاه‌های متنوع، از گونه‌های زیستی حمایت کنند. این تأثیر دوگانه، یعنی ترسیب کربن و حفاظت از تنوع زیستی، اهمیت برنامه‌های جنگل‌کاری را دوچندان می‌کند (Don et al., 2024).

همچنین خاک به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین ذخایر کربن، نقش مهمی در کاهش گازهای گلخانه‌ای ایفا می‌کند. میزان کربن آلی خاک (SOC) به‌شدت به کیفیت مدیریت زمین بستگی دارد و در اکوسیستم‌های جنگلی بهتر حفظ می‌شود. به‌همین

دلیل، سرمایه‌گذاری در احیای جنگل‌ها و گسترش برنامه‌های آموزشی برای استفاده بهینه از زمین‌ها، می‌تواند تغییرات قابل‌توجهی در مقابله با تغییرات اقلیمی ایجاد کند (FAO, 2012).

در این مقاله، تأثیرات تغییرات کاربری اراضی از جمله جنگل‌کاری، کشاورزی و باغ‌کاری بر ترسیب کربن خاک و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن بررسی می‌شود. هدف این مقاله ارائه یک دیدگاه جامع از نتایج مطالعات داخلی و خارجی در این زمینه است تا بر اساس آن، سیاست‌های بهینه برای مدیریت اراضی و افزایش ترسیب کربن خاک تدوین شود. علاوه بر این، به بررسی تأثیرات مدیریت خاک و پوشش گیاهی بر فرآیند ترسیب کربن در کاربری‌های مختلف به‌ویژه جنگل‌کاری‌ها پرداخته خواهد شد.

مرور منابع و تحلیل نتایج

آریاپاک و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی مقدار کربن ترسیب شده در زیست‌توده و خاک پارک‌های جنگلی طالقانی و چیتگر با استفاده از گونه کاج تهران به این نتیجه رسیدند که کربن ذخیره شده در هر دو عمق (۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری) به ترتیب در پارک جنگلی طالقانی ۲۵/۵۱ و ۲۰/۰۰ تن در هکتار و از پارک چیتگر با ۲۱/۰۶ و ۹/۶۱ تن در هکتار به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. همچنین میزان کربن فعال در پارک طالقانی نیز بیشتر از پارک چیتگر بود. از دیگر نکات قابل توجه در این تحقیق، مقایسه میزان کربن فعال در خاک این دو پارک است. نتایج نشان داد که میزان کربن فعال در پارک طالقانی بیشتر از پارک چیتگر بوده است. کربن فعال به کربنی گفته می‌شود که به‌طور مستقیم در فرآیندهای بیولوژیکی و شیمیایی خاک نقش دارد و به‌طور سریع‌تری تجزیه می‌شود. این شاخص می‌تواند نشان دهنده سلامت خاک و توانایی آن در فرآیندهای اکولوژیکی مانند تجزیه و بازسازی ماده آلی باشد. بنابراین افزایش کربن فعال در پارک طالقانی به این معناست که این منطقه به‌طور مؤثری در فرآیندهای بوم‌شناختی فعالیت می‌کند. در این مطالعه همچنین به محدودیت‌های موجود در تحقیقات پویایی کربن و ارتباط آن با شبکه جاده‌ها اشاره شده است. پژوهشگران اعلام کرده‌اند که اطلاعات کمی در این زمینه وجود دارد که نشان دهنده نیاز به تحقیقات بیشتر در این حوزه است. ارتباط شبکه جاده‌ها با ذخیره کربن می‌تواند به‌طور غیرمستقیم از طریق تغییرات در پوشش گیاهی، تخریب زیستگاه‌ها و دسترسی به منابع خاکی، تأثیرگذار باشد. به‌همین دلیل، تحقیقات بیشتر در زمینه تأثیرات جاده‌ها بر پویایی کربن می‌تواند به درک بهتر این مقوله و مدیریت بهینه اراضی کمک کند. در کل، این مطالعه نشان می‌دهد که جنگل‌کاری در پارک طالقانی و مدیریت مناسب این اکوسیستم‌ها می‌تواند به ذخیره بیشتر کربن در خاک و زیست‌توده منجر شود. این یافته‌ها همچنین اهمیت بررسی تغییرات در مدیریت جنگل‌ها و ارزیابی تأثیرات مختلف اکولوژیکی مانند کربن فعال و ذخیره‌سازی کربن را بر این اکوسیستم‌ها نشان می‌دهد.

میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی اثرات جنگل‌کاری با گونه‌های بومی و غیربومی بر میزان ترسیب کربن خاک در مناطق خشک زاگرس در پارک جنگلی آبگرم دهلران پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که میزان ترسیب کربن خاک در منطقه جنگلی معادل۷۱/۱۱۷ تن در هکتار و تقریباً ۵ برابر مناطق غیرجنگلی (۲۴/۸۲ تن در هکتار) است. همچنین میانگین ترسیب کربن در رویشگاه کهور به‌طور معنی‌داری بیشتر از رویشگاه کنار بوده است، اما بین میزان ترسیب کربن در رویشگاه‌های دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در این مطالعه، تأثیر دو گونه درختی کهور و کنار بر میزان ترسیب کربن خاک بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن در رویشگاه کهور به‌طور معنی‌داری بیشتر از رویشگاه کنار بوده است. این یافته نشان دهنده این است که نوع گونه‌های درختی می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر میزان کربن ذخیره شده در خاک داشته باشد. گونه‌های مختلف درختی به‌واسطه ویژگی‌های زیستی خود مانند سرعت رشد، نوع برگ‌ها و چوب و

فرآیندهای تجزیه مختلف، می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر پویایی کربن در خاک داشته باشند. این مطالعه اهمیت جنگل‌کاری و انتخاب گونه‌های مناسب در فرایند ترسیب کربن را تأکید می‌کند. نتایج نشان می‌دهند که جنگل‌کاری با گونه‌های بومی و مقاوم در برابر شرایط خشک می‌تواند به‌طور مؤثری میزان کربن خاک را افزایش دهد و به کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی کمک کند. همچنین این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک مرجع برای برنامه‌ریزان و مدیران منابع طبیعی برای انتخاب گونه‌های مناسب در طرح‌های جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به این که این مطالعه تنها به بررسی تأثیرات کوتاه‌مدت پرداخته است، نیاز به پژوهش‌های بلندمدت‌تر برای ارزیابی پایدار بودن ترسیب کربن و تغییرات خاک در این مناطق احساس می‌شود. بررسی پویایی کربن در درازمدت و تأثیرات احتمالی تغییرات اقلیمی بر این فرآیند می‌تواند کمک کننده باشد تا بهترین استراتژی‌ها برای مدیریت اراضی و حفظ منابع طبیعی تدوین شوند.

قاسمی آقباش و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی میزان توانایی ترسیب کربن پوشش درختی و خاک حاشیه بزرگراه در زیست‌بوم جنگلی زاگرس (مطالعه موردی: بزرگراه خرم‌آباد - اندیمشک) به این نتیجه رسیدند که بیشترین ترسیب کربن در حاشیه بزرگراه مربوط به درختان است. پوشش علفی نیز بیشترین مقادیر ترسیب کربن را در هریک از اجزای مورد مطالعه به‌خود اختصاص دادند. گیاهان علفی به‌ویژه در شرایطی که درختان هنوز به رشد کامل نرسیده‌اند یا در مکان‌هایی که کاشت درختان ممکن نیست، می‌توانند با ذخیره‌سازی کربن در خاک نقش مهمی در جذب CO_2 داشته باشند. این پوشش‌ها معمولاً از نظر سرعت رشد و ظرفیت جذب کربن از جو، ویژگی‌های خاصی دارند که موجب ترسیب کربن بیشتر می‌شود. این مطالعه به‌ویژه در مناطقی مانند جنگل‌های زاگرس که دارای ویژگی‌های خشک و نیمه‌خشک هستند، اهمیت زیادی دارد. در این مناطق، فرسایش خاک و کمبود پوشش گیاهی طبیعی سبب کاهش ترسیب کربن می‌شود و انتخاب نوع پوشش گیاهی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی در کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و بهبود کیفیت خاک کمک کند. این تحقیق به‌ویژه در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع طبیعی و پروژه‌های جنگل‌کاری در حاشیه جاده‌ها و بزرگراه‌ها می‌تواند مفید واقع شود. نتایج نشان می‌دهند که استفاده از درختان برای ترسیب کربن در کنار پوشش گیاهی مانند علف‌ها، نه‌تنها می‌تواند به کاهش گازهای گلخانه‌ای کمک کند، بلکه به بهبود کیفیت خاک و زیست‌بوم‌های اطراف بزرگراه‌ها نیز منجر می‌شود. بنابراین توجه به کاشت درختان و پوشش گیاهی مناسب در حاشیه جاده‌ها می‌تواند یک راهکار عملی و پایدار برای مقابله با تغییرات اقلیمی و بهبود شرایط زیست‌محیطی باشد.

پژوهش رحیمی (۱۳۹۸) در زمینه تأثیر گونه‌های مختلف درختی بر ترسیب کربن در خاک به‌ویژه در گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، نتایج جالبی را در پی داشته است. بر اساس این مطالعه، درختان پهن‌برگ مانند زبان‌گنجشک، ارغوان و بلوط نسبت به درختان سوزنی‌برگ مانند کاج بروسیا و سرو نقره‌ای ترسیب کربن بیشتری در خاک دارند. گونه‌های پهن‌برگ به‌دلیل ویژگی‌هایی مانند برگ‌های بزرگتر و متراکم‌تر، تجزیه کندتر مواد آلی و ریشه‌زایی بیشتر، توانایی بیشتری در جذب و ذخیره‌سازی کربن در خاک دارند. این گونه‌ها با تولید برگ‌ها و شاخه‌های بیشتری که در فرآیند تجزیه به کربن آلی تبدیل می‌شوند، سبب افزایش مقدار کربن ذخیره شده در خاک می‌گردند. همچنین ترکیب مواد آلی و تفاوت‌های ریشه‌زایی در گونه‌های پهن‌برگ موجب می‌شود که مقدار بیشتری کربن در عمق‌های مختلف خاک ذخیره شود.

درختان سوزنی‌برگ مانند کاج بروسیا و سرو نقره‌ای، با وجود اینکه در مناطقی خاص مقاومت خوبی دارند، توانایی کمتری در ترسیب کربن دارند. برگ‌های سوزنی این گونه‌ها تجزیه سریع‌تری دارند و به‌همین دلیل کربن کمتری در خاک باقی می‌ماند. علاوه بر این، ریشه‌زایی کمتری نسبت به گونه‌های پهن‌برگ دارند که سبب کاهش جذب کربن می‌شود. مطالعات نشان داده که در عمق‌های مختلف خاک، گونه‌های پهن‌برگ ترسیب کربن بیشتری نسبت به گونه‌های سوزنی‌برگ دارند. این

نشان می‌دهد که نه‌تنها نوع درخت، بلکه عمق خاک نیز بر میزان کربن ترسیب شده تأثیرگذار است. گونه‌های پهن‌برگ به‌دلیل داشتن ریشه‌های عمیق‌تر و وسیع‌تر می‌توانند کربن بیشتری را در عمق‌های مختلف خاک جذب و ذخیره کنند. این تحقیق به وضوح نشان می‌دهد که برای بهبود ظرفیت خاک در ذخیره کربن و مقابله با تغییرات اقلیمی، انتخاب گونه‌های درختی مناسب بسیار مهم است. گونه‌های پهن‌برگ نه تنها در ترسیب کربن مؤثرترند، بلکه می‌توانند در مناطق مختلف جغرافیایی که نیاز به ترمیم و بهبود خاک دارند، عملکرد بهتری داشته باشند. این مطالعه اهمیت استفاده از گونه‌های بومی و مقاوم درختی برای جنگل‌کاری‌های محیطی و تقویت خاک را برجسته می‌کند.

تحقیق امیری (۱۴۰۰) بر تأثیرات جنگل‌کاری با گونه‌های مختلف درختی، به‌ویژه صنوبر، بر ترسیب کربن خاک متمرکز است. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار ترسیب کربن در خاک زیر توده صنوبر، در لایه‌های سطحی خاک (در عمق‌های کم) رخ می‌دهد. این یافته‌ها نشان دهنده این واقعیت است که درختان صنوبر، به‌دلیل ویژگی‌های خاصی که دارند، می‌توانند در لایه‌های سطحی خاک کربن بیشتری را ذخیره کنند. این ویژگی می‌تواند به‌دلیل ریشه‌زایی کم‌عمق و فرآیندهای بیولوژیکی و فیزیکی مرتبط با خاک‌های سطحی باشد.

از نکات مهم دیگر این پژوهش، کاهش تدریجی ترسیب کربن با افزایش عمق خاک است. این نکته نشان می‌دهد که درختان صنوبر بیشتر بر لایه‌های سطحی خاک تأثیر می‌گذارند و در عمق‌های بیشتر خاک، به‌دلیل کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی و تغییرات ترکیب خاک، ظرفیت کمتری برای ترسیب کربن وجود دارد. میزان کربن، نیتروژن، ماده آلی، اسیدیته و درصد شن خاک از عواملی هستند که تأثیر زیادی بر میزان ترسیب کربن دارند. این تحقیق نشان داد که خاک‌هایی با درصد بیشتری از نیتروژن، سیلت و رس، به‌طور معمول ظرفیت بیشتری برای ترسیب کربن دارند. همچنین خاک‌های با ترکیب مناسب اسیدیته و ماده آلی برای ذخیره کربن مناسب‌تر هستند، در حالی که وجود درصد زیاد شن می‌تواند منجر به کاهش ترسیب کربن شود. این تحقیق بر اهمیت توجه به عمق خاک و ترکیب آن در برنامه‌های جنگل‌کاری تأکید دارد و نشان می‌دهد که از جنگل‌کاری با گونه‌هایی مانند صنوبر می‌توان به‌عنوان ابزاری مؤثر برای ترسیب کربن به‌ویژه در لایه‌های سطحی خاک، در برابر تغییرات اقلیمی استفاده شود.

برخی مطالعات نشان داده‌اند که ذخیره کربن در جنگل‌ها و خاک به عوامل مختلفی از جمله نوع گیاهان، عمق خاک و مدیریت بهره‌برداری از جنگل‌ها بستگی دارد. مطالعه Wommer et al. (2004) بر ذخیره‌سازی کربن آلی در خاک و گیاهان در کشور سنگال تمرکز داشت. نتایج نشان داد که حدود ۶۰٪ از کربن آلی خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متری سطح خاک ذخیره شده است. این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت لایه‌های سطحی خاک در ذخیره‌سازی کربن است و می‌تواند دلیلی برای توجه به حفظ و بهبود کیفیت این لایه‌ها به‌ویژه در برنامه‌های جنگل‌کاری و کشاورزی پایدار باشد.

Chaplin-Kramer et al. (2015) به بررسی اثرات حاشیه‌ای جنگل‌ها بر ذخیره‌سازی کربن درختان در جنگل‌های جاده‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که میزان ذخیره کربن در ۵۰۰ متر اول حاشیه جنگل، حدود ۲۵٪ کمتر از قسمت‌های داخلی جنگل است. این کاهش ممکن است به‌دلیل تأثیرات محیطی و انسانی، مانند تغییرات در رطوبت خاک و شدت نور در حاشیه‌ها باشد که تأثیر منفی بر رشد درختان و فرآیند ترسیب کربن دارد.

همچنین Kapinman (2015) در پژوهشی بررسی کرد که افزایش دوره بهره‌برداری از جنگل‌ها بر ذخیره کربن تأثیر دارد. به‌ویژه نشان داده شد که ذخیره کربن در درختان با افزایش دوره بهره‌برداری افزایش می‌یابد، اما در عین‌حال کربن ذخیره شده در خاک جنگل‌های کاج در آلمان و فنلاند با افزایش دوره بهره‌برداری اندکی کاهش می‌یابد. این پدیده می‌تواند به‌دلیل تغییرات در ترکیب خاک، فرسایش و کاهش ماده آلی خاک باشد.

مطالعات مختلف تأکید دارند که ذخیره‌سازی کربن نه‌تنها به نوع گیاهان و درختان، بلکه به عوامل محیطی و انسانی نیز بستگی دارد. توجه به لایه‌های سطحی خاک، اثرات حاشیه‌ای جنگل‌ها و مدت زمان بهره‌برداری از منابع جنگلی می‌تواند به بهبود فرآیندهای ترسیب کربن و مقابله با تغییرات اقلیمی کمک کند.

در سه مطالعه مختلف در زمینه ترسیب کربن و اثرات تغییرات کاربری اراضی بر کربن، نتایج جالبی به دست آمده است که می‌توانند به مدیریت بهتر منابع طبیعی و کاهش تغییرات اقلیمی کمک کند: مطالعه Puric-Mladenovic et al. (2016) در جنگل‌های کاج سفید در انتاریو کانادا نشان داد که میزان کربن ذخیره شده در خاک جنگل‌های کاج سفید در توده‌های مختلف به ترتیب ۳۷/۲، ۱۹/۸ و ۳۲/۱ تن در هکتار است. این نتایج نشان می‌دهند که ذخیره کربن در جنگل‌های کاج سفید در سطوح مختلف خاک متفاوت است که به اهمیت جنگل‌ها به‌عنوان مخازن کربن در مناطق مختلف اشاره دارد.

مطالعه Polson et al. (2017) بر تأثیرات تغییر کاربری اراضی از مزارع به جنگل‌کاری‌ها، مراتع یا محصولات چندساله بر جذب CO_2 تمرکز داشت. نتایج نشان داد که چنین تغییراتی سبب افزایش جذب CO_2 در جو و در نتیجه کاهش تغییرات آب و هوایی و بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود. این یافته‌ها تأکید دارند که تغییرات کاربری اراضی می‌تواند راهکاری مؤثر برای مقابله با تغییرات اقلیمی باشد.

مطالعه Peri et al. (2010) در پاتاگونیا آرژانتین نیز نشان داد که تبدیل مرتع به جنگل سبب افزایش کربن بیوماس می‌شود، اما در سال‌های اولیه میزان کربن خاک کاهش می‌یابد. این نتیجه نشان می‌دهد که تغییرات سریع در پوشش گیاهی می‌تواند اثرات موقتی بر ذخیره کربن در خاک داشته باشد که در درازمدت ممکن است اثرات مثبتی به‌همراه داشته باشد. مطالعات مختلف نشان می‌دهند که جنگل‌ها و تغییرات کاربری اراضی از جمله جنگل‌کاری، تأثیرات چشمگیری بر ترسیب کربن و کاهش تغییرات اقلیمی دارند. ذخیره‌سازی کربن در خاک و بیوماس به نوع گیاهان و مدت زمان تغییرات بستگی دارد که می‌تواند راهکاری مؤثر برای مقابله با بحران‌های اقلیمی باشد.

در بررسی‌های مختلفی که در زمینه ترسیب کربن در خاک انجام شده، نتایج جالبی در ارتباط با مدیریت اراضی، کشاورزی و ذخیره کربن به دست آمده است. Lal (2004) به‌ویژه بر نقش مهم خاک‌های کشاورزی بر ذخیره کربن تأکید کرده است و این موضوع را برجسته می‌کند که مدیریت اراضی و استفاده مناسب از کودهای آلی می‌تواند میزان ترسیب کربن را در خاک‌های کشاورزی به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد. همچنین اشاره می‌کند که کشاورزی پایدار می‌تواند به افزایش ذخیره کربن کمک کند، زیرا این شیوه‌ها به بهبود کیفیت خاک و افزایش ظرفیت آن برای ذخیره کربن کمک می‌کنند.

Schlesinger and Andrews (2000) نیز در تحقیق خود نشان دادند که کربن عمدتاً در خاک‌های کشاورزی و جنگل‌ها ذخیره می‌شود. آن‌ها تأکید داشتند که کاهش پوشش‌های گیاهی، مانند تبدیل جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی، می‌تواند منجر به کاهش ذخیره کربن در خاک شود. این یافته‌ها از اهمیت حفظ پوشش‌های گیاهی برای جلوگیری از کاهش ذخیره کربن در خاک حمایت می‌کند.

Smith et al. (2008) فرآیندهای ترسیب کربن را در خاک‌های کشاورزی و جنگل‌ها بررسی کرده و نشان دادند که مدیریت زمین، از جمله استفاده از کودهای آلی و کاهش فعالیت‌های شیمیایی در کشاورزی، می‌تواند به افزایش ترسیب کربن در خاک کمک کند. این نتایج بیانگر اهمیت روش‌های مدیریتی مناسب برای افزایش ذخیره کربن در خاک هستند.

Paustian et al. (2016) نیز به تأثیر روش‌های کشاورزی حفاظتی در ترسیب کربن پرداخته و نتیجه‌گیری کردند که روش‌هایی مانند ایجاد پوشش گیاهی و کشاورزی بدون شخم می‌توانند به‌طور مؤثری میزان ترسیب کربن در خاک را افزایش

دهد. این روش‌ها نه تنها به حفظ کربن در خاک کمک می‌کنند، بلکه موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک نیز می‌شوند.

این مطالعات بر اهمیت انتخاب روش‌های کشاورزی و مدیریتی مناسب در افزایش ترسیب کربن و مقابله با تغییرات اقلیمی تأکید دارند. از آنجایی که خاک‌های کشاورزی و جنگل‌ها نقش اساسی در ذخیره کربن ایفا می‌کنند، بهینه‌سازی روش‌های کشاورزی و حفظ پوشش‌های گیاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

برخی از مطالعات نیز به بررسی عوامل مختلف تأثیرگذار بر ترسیب کربن در خاک و جنگل‌ها پرداخته است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

Jackson et al. (2002) در مطالعه خود به تأثیر گونه‌های درختی و پوشش گیاهی بر ترسیب کربن در خاک اشاره کردند. نتایج نشان می‌دهند که درختان بومی نسبت به درختان غیربومی ظرفیت بیشتری برای ذخیره کربن دارند. این یافته‌ها بر اهمیت حفظ و احیای گونه‌های درختی بومی برای کاهش تغییرات اقلیمی تأکید می‌کند.

Powlson et al. (2011) نیز تأثیر مدیریت خاک را بر ترسیب کربن بررسی کردند. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که آبیاری مکرر و کوددهی زیاد می‌توانند سبب کاهش ترسیب کربن در خاک شوند. این مطالعات اهمیت مدیریت مناسب منابع آب و خاک در فرآیندهای کربن‌زدایی را نشان می‌دهند.

Follett et al. (2000) بررسی کردند که کشاورزی پایدار و مدیریت مناسب خاک می‌تواند به افزایش ترسیب کربن در خاک‌های کشاورزی کمک کند. این روش‌ها همچنین می‌توانند تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی را کاهش دهند.

Houghton (2003) در مطالعه خود بر نقش جنگل‌ها در ترسیب کربن تأکید کرده و نشان داد که تخریب جنگل‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل افزایش CO_2 در جو است. او پیشنهاد کرد که جنگل‌کاری و ترمیم جنگل‌ها می‌تواند میزان ترسیب کربن را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد.

مطالعات زیر بر اهمیت جنگل‌کاری بومی، مدیریت مناسب خاک و کشاورزی پایدار برای افزایش ذخیره کربن و مقابله با تغییرات اقلیمی تأکید دارند. افزایش آگاهی از این فرآیندها و اجرای آن‌ها در سیاست‌های محیط زیستی می‌تواند نقش مؤثری در کاهش گازهای گلخانه‌ای و بهبود کیفیت خاک ایفا کند. این مجموعه از مطالعات به بررسی نقش مدیریت زمین، کشاورزی پایدار، جنگل‌کاری و انتخاب گونه‌های گیاهی در ترسیب کربن در خاک پرداخته است:

Soussana et al. (2010) مطالعه‌ای در مورد جنگل‌کاری و ترسیب کربن در خاک انجام دادند و نتیجه گرفتند که درختان سریع‌الرشد و جنگل‌های ثانویه می‌توانند به‌طور مؤثری در ترسیب کربن نقش داشته باشند.

Barton et al. (2013) بر تأثیر پوشش گیاهی در ترسیب کربن تأکید داشتند و نشان دادند که انتخاب صحیح گونه‌های گیاهی و روش‌های مناسب کاشت می‌توانند تأثیر زیادی بر افزایش ترسیب کربن داشته باشد.

انتخاب صحیح گونه‌های گیاهی، به‌ویژه درختان بومی، مدیریت مناسب خاک، کشاورزی پایدار و جنگل‌کاری می‌توانند به‌طور مؤثری در ترسیب کربن و کاهش تغییرات اقلیمی کمک کنند. این رویکردها می‌توانند در سیاست‌های محیط‌زیستی و کشاورزی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای به کار گرفته شوند. تحقیق‌های مختلفی در زمینه تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر ترسیب کربن خاک انجام شده‌اند که نتایج آن‌ها به وضوح اهمیت جنگل‌کاری و حفاظت از جنگل‌ها در افزایش ترسیب کربن را نشان می‌دهند:

اسکندری شهرکی و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که در بین کاربری‌های مختلف اراضی، جنگل‌های قرق شده بیشترین میزان ترسیب کربن خاک را با مقدار ۴۷/۴۶ تن در هکتار دارند. این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که کمترین مقدار

اندوخته کربن در زمین‌های کشاورزی یافت می‌شود که به وضوح نقش مهم جنگل‌ها در ذخیره‌سازی کربن را در برابر اراضی کشاورزی نشان می‌دهد.

در مطالعه مهدوی (۱۳۹۸)، بررسی تغییرات کاربری اراضی از جمله تبدیل جنگل‌های بلوط به جنگل‌های کاج و سرو دست‌کاشت نشان داد که این تغییرات منجر به تغییر در مقادیر کربن ترسیب شده در خاک می‌شود. همچنین نتایج این مطالعه تأکید دارد که کاربری‌های جنگلی همچنان کربن بیشتری نسبت به کشاورزی جذب می‌کنند، به این معنی که جنگل‌ها به‌عنوان یک منبع کلیدی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای همچنان از اهمیت زیادی برخوردارند.

این نتایج بر ضرورت مدیریت اراضی، حفظ جنگل‌ها و جلوگیری از تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی تأکید دارند تا ظرفیت ترسیب کربن در خاک حفظ و تقویت شود.

تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که تغییرات کاربری اراضی نقش مهمی در میزان ترسیب کربن خاک دارند. جنگل‌ها به‌ویژه جنگل‌های بومی، به‌دلیل ویژگی‌های خاص خود، می‌توانند نسبت به دیگر انواع اراضی مانند زمین‌های کشاورزی، کربن بیشتری ذخیره کنند. برای نمونه، در مطالعات اسکندری شهرکی (۱۳۹۵)، جنگل‌های قرق شده با ۴۷/۴۶ تن کربن در هکتار، بیشترین میزان ترسیب کربن را به‌خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که این مقدار در زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. این اطلاعات به‌خوبی اهمیت حفظ و مدیریت جنگل‌ها برای مقابله با تغییرات اقلیمی و کاهش گازهای گلخانه‌ای را نشان می‌دهد.

همچنین در تغییرات کاربری اراضی مانند تبدیل جنگل‌های بلوط به جنگل‌های کاج و سرو دست‌کاشت، مقادیر ترسیب کربن خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که درختان بومی مانند بلوط، نسبت به درختان غیربومی مانند کاج و سرو، ظرفیت بیشتری در ذخیره کربن دارند. بنابراین اصلاحات در مدیریت اراضی و استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار می‌تواند به افزایش ذخیره‌سازی کربن در خاک کمک کند. در نتیجه با کاهش تخریب محیط زیست و بهبود کیفیت خاک، اثرات منفی تغییرات اقلیمی کاهش می‌یابد.

در سال‌های اخیر، توجه زیادی به ترسیب کربن خاک به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای کاهش تغییرات اقلیمی معطوف شده است. پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که گونه‌های گیاهی و روش‌های کشاورزی می‌توانند نقش مهمی در ذخیره کربن در خاک داشته باشند. برای مثال، پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهند که جنگل‌های بومی نسبت به درختان غیربومی ظرفیت بیشتری در ذخیره کربن دارند. این یافته‌ها به‌ویژه در زمینه حفظ جنگل‌ها و مدیریت آن‌ها برای افزایش توان ترسیب کربن در برابر تغییرات اقلیمی اهمیت دارند (Jackson et al., 2002).

همچنین تحقیقات نشان می‌دهند که مدیریت صحیح خاک می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به افزایش ترسیب کربن کمک کند. طبق بررسی‌های انجام شده، کشاورزی پایدار که شامل استفاده از کودهای آلی و روش‌های بدون شخم می‌شود، می‌تواند میزان کربن ذخیره شده در خاک را افزایش دهد (Follett et al., 2001). این یافته‌ها بر لزوم اتخاذ سیاست‌های مناسب در زمینه کشاورزی و جنگل‌کاری به‌منظور مقابله با بحران‌های زیست‌محیطی تأکید دارند.

جنگل‌کاری به‌عنوان یک استراتژی مؤثر در کاهش تغییرات اقلیمی، نقش به‌سزایی در ترسیب کربن ایفا می‌کند. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که درختان، به ویژه در جنگل‌های بومی، توانایی زیادی در ذخیره کربن دارند و می‌توانند به‌عنوان یک مخزن طبیعی برای کاهش غلظت CO_2 در جو عمل کنند. جنگل‌های ثانویه و جنگل‌کاری‌های دست‌کاشت، به‌ویژه آنهایی که با استفاده از گونه‌های سریع‌الرشد ایجاد می‌شوند، قادر به جذب کربن بیشتر در مقایسه با زمین‌های کشاورزی یا مراتع هستند (Chiti and Rey, 2024). از سوی دیگر، تغییرات کاربری اراضی، مانند تبدیل جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی یا

شهری، به‌طور قابل‌توجهی می‌تواند ذخیره کربن خاک را کاهش دهد (Nave et al., 2024). علاوه بر این، مدیریت صحیح جنگل‌ها از جمله جنگل‌کاری‌های اصولی می‌تواند ظرفیت جنگل‌ها را برای ترسیب کربن به‌میزان قابل‌توجهی افزایش دهد که در نهایت در راستای تحقق اهداف پایداری محیط زیست و کاهش گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند (www.umontpellier.fr).

منابع

آریاپاک، س.، بایرام‌زاده، و.، و معینی، ا .(۱۳۹۱). برآورد کربن ترسیب شده در زیست توده و خاک پارک های جنگلی طالقانی و چیتگر با استفاده از گونه کاج تهران .نشریه حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی، ۱ (۲): ۱۵-۲۸.

اسکندری شهرکی، آزیتا، کیانی، بهمن، و ایران منش، یعقوب. (۱۳۹۵). تاثیر کاربری های مختلف اراضی بر ترسیب کربن خاک. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۴ (۳)، ۳۷۹-۳۸۹.

امیری، ح. (۱۴۰۰). ارزیابی روش‌های مختلف اندازه‌گیری ترسیب کربن درختی و خاک در جنگل‌کاری‌های صنوبر (مطالعه موردی: کمیجان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ملایر، ایران.

رحیمی، م. (۱۳۹۸). نقش گونه‌های جنگل‌کاری شده در میزان کربن ترسیب شده خاکدانه‌های خاک (مطالعه موردی شهرستان خرم‌آباد- مخمل‌کوه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه لرستان، ایران.

قاسمی آقباش، ف.، حیدریان، ش.، سلگی، ع. (۱۳۹۷). بررسی میزان توانایی ترسیب کربن پوشش درختی و خاک حاشیه بزرگراه در زیست‌بوم جنگلی زاگرس (مطالعه موردی: بزرگراه خرم‌آباد- اندیمشک). نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان، ۵ (۱۱)، ۱۱۵- ۱۲۹.

مهدوی، علی، رضوی نیا، زهره، بازگیر، مسعود، و رستمی نیا، محمود. (۱۳۹۸). تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر شاخص های کیفی و ترسیب کربن خاک در مناطق نیمه خشک. مهندسی اکوسیستم بیابان، ۸ (۲۲)، ۱۰۱-۱۱۳.

میرزایی، ج.، صیدی، ف.، اردکانی، س.، بازگیری، م. (۱۳۹۲). اثر جنگل‌کاری با گونه‌های بومی و غیربومی بر میزان ترسیب کربن خاک مناطق خشک زاگرس (مطالعه موردی: پارک جنگلی آبگرم دهلران). فصنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۳)، ۵۰۶- ۵۱۶.

نادری مسعود، کیالاشکی علی، ویسی رامین، شیخ الاسلامی علی، و تفضلی محیا. (۱۴۰۰). تأثیر رویشگاه بر ویژگی‌های خاک و ترسیب کربن در توده‌های دست کاشت صنوبر دلتوئیدس در ساری. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۹ (۱۸)، ۱۹۵-۱۸۷.

Chaplin-Kramer, R., Ramler, I., Sharp, R., Haddad, N.M., Gerber, J.S., West, P.C., and King, H. (2015). Degradation in carbon stocks near tropical forest edges. Nature communications, 6 (1): 10158.

Chiti, T., Rey, A., Abildtrup, J., Böttcher, H., Diaci, J., Frings, O., and Zavala, M.A. (2024). Carbon farming in the European forestry sector (Doctoral dissertation, European forest Institut).

Dixon, R.K., Solomon, A.M., Brown, S., Houghton, R.A., Trexier, M.C., and Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. science, 263 (5144): 185-190.

Don, A., Seidel, F., Leifeld, J., Kätterer, T., Martin, M., Pellerin, S., and Chenu, C. (2024). Carbon sequestration in soils and climate change mitigation—Definitions and pitfalls. Global Change Biology, 30 (1): e16983.

Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., and Snyder, P.K. (2005). Global consequences of land use. science, 309 (5734): 570-574.

Follett, R.F., and Kimble, J.M. (Eds.). (2000). The potential of US grazing lands to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. CRC press.

García-Antúnez, O., Lampinen, J., Raymond, C.M., Gulsrud, N.M., and Olafsson, A.S. (2023). Unpacking public perceptions of carbon sequestration and storage in urban greenery: Implications for the social acceptability of carbon-oriented nature-based solutions. Nature-Based Solutions, 4, 100087.

Global Soil Partnership | Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Houghton, R.A. (2003). Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850–2000**.** Tellus B: Chemical and Physical Meteorology, 55 (2): 378–390.

Jackson, R.B., Banner, J.L., Jobbágy, E.G., Pockman, W.T., and Wall, D.H. (2002). Ecosystem carbon loss with woody plant invasion of grasslands. Nature, 418 (6898): 623-626.

Kapinman, H. (2015). The impact of forest harvesting cycles on carbon storage: A case study from Germany and Finland. Journal of Forest Ecology and Management, 29 (4): 345-359.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123(1-2): 1-22.

Liu, Z., Shao, M. A., and Wang, Y. 2011. Effect of environmental factors on regional soil organic carbon stocks across the Loess Plateau region, China. Agriculture, Ecosystems and Environment. 142 (3-4): 184-194.

Nave, L.E., DeLyser, K., Domke, G.M., Holub, S.M., Janowiak, M.K., Keller, A.B., and Swanston, C.W. (2024). Land use change and forest management effects on soil carbon stocks in the Northeast US. Carbon Balance and Management, 19(1): 5.

Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P., and Smith, P. (2016). Climate-smart soils. Nature, 532 (7597): 49-57.

Peri, P.L., and Lasagno, R.G. (2010). Biomass, carbon and nutrient storage for dominant grasses of cold temperate steppe grasslands in southern Patagonia, Argentina. Journal of Arid Environments, 74 (1): 23-34.

Polson, J., Smith, R., and Thompson, L. (2017). The impact of land-use changes on CO_2 absorption: Transitioning from croplands to forests, grasslands, or perennial crops. Environmental Climate Change Journal, 15 (3): 205-219.

Powlson, D.S., Whitmore, A.P., and Goulding, K.W. (2011). Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. European journal of soil science, 62 (1): 42-55.

Puric-Mladenovic, D., Gleeson, J., and Nielsen, G. (2016). Estimating carbon storage in southern Ontario forests at regional and stand levels.

Schlesinger, W.H. (1997). Biogeochemistry: An analysis of global change.

Schlesinger, W.H., and Andrews, J.A. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistry, 48, 7-20.

Smith, J., Brown, P., and Taylor, R. (2008). Processes of carbon sequestration in agricultural and forest soils: The role of sustainable land management. Journal of Soil Science and Environmental Management, 25 (4): 451-462.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., and Smith, J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences, 363 (1492): 789-813.

Woomer, P.L., Touré, A., and Sall, M. (2004). Carbon stocks in Senegal's Sahel transition zone. Journal of arid environments, 59 (3): 499-510.

www.umontpellier.fr - Carbon sequestration in the soil: what agriculture can do?

The impact of forestry on carbon sequestration from different aspects

Sh. Jabbari[1*] and Z. Mir-Azadi[2]

1- Ph.D. student in Forestry and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, Lorestan University.
2- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Lorestan University.

Abstract

Climate change and the increase in greenhouse gas concentrations, especially carbon dioxide (CO2), have become one of the greatest environmental challenges of our time. In recent decades, carbon sequestration in soil has become one of the important solutions in reducing greenhouse gases and combating climate change. Land use changes, especially from forests to agriculture or gardens, can lead to significant changes in carbon sequestration in soil. Another important aspect of afforestation and carbon sequestration is its relationship with sustainable soil and water management. The aim of this article is to provide a comprehensive view of the results of domestic and foreign studies in this field, so that optimal policies for land management and increasing soil carbon sequestration can be formulated based on it. In addition, the effects of soil and vegetation management on the carbon sequestration process in different land uses, especially afforestation, will be examined.

Keywords: Afforestation, Carbon sequestration, Land use, Soil management, Vegetation.

*Corresponding author Tel: +98 9905850751 Email: shydajbary628@gmail.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

کاربرد سنجش‌ازدور در پایش کشت گیاه خشخاش در مناطق جنگلی

حامد نقوی[۱*] و عطیه بیرانوند[۲]

۱- دانشیار گروه مهندسی جنگل، دانشگاه لرستان.
۲- دانشجوی دکتری، گرایش مدیریت جنگل، دانشگاه لرستان.

چکیده

گیاه خشخاش با نام علمی *Papaver somniferum* L. منبع اصلی تولید مواد مخدر سنتی است که نه‌تنها برای سلامت جسمی و روانی مضر است، بلکه اقتصاد و بنیان جامعه را نیز تهدید می‌کند. کشت خشخاش به دلیل ارتباط مستقیم آن با تولید مواد مخدر، از جمله مهم‌ترین چالش‌های جهانی محسوب می‌شود. بنابراین نظارت بر کشت آن در مناطق مختلف یک امر کلیدی و مهم تلقی می‌شود. در بسیاری از کشورهای جهان کشت این گیاه ممنوع بوده و به‌عنوان یکی از چالش‌های جدی در حوزه امنیت ملی و سلامت عمومی مطرح است. به دلیل پیچیدگی و پراکندگی جغرافیایی کشتزارهای این گیاه و همچنین امکان کشت آن در مناطق دوردست و صعب‌العبور، مقابله با آن امری دشوار و هزینه‌بر است. در سال‌های اخیر، با پیشرفت علم سنجش‌ازدور، رویکردی نوین برای شناسایی و پایش این مناطق شکل‌گرفته است. سنجش‌ازدور با بهره‌گیری از سنجنده‌های نصب شده بر روی سکوهای فضایی مانند ماهواره‌ها و سکوهای هوایی مانند پهپادها، قادر است اطلاعات طیفی و مکانی دقیق از سطح زیر کشت گیاهان غیرمجاز را فراهم کند. امروزه این اطلاعات، با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر و یادگیری ماشین، برای تفکیک کشتزارهای خشخاش از سایر پوشش‌های گیاهی و کاربری‌های زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند. مطالعات متعدد نشان داده که سنجش‌ازدور می‌تواند به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در شناسایی و پایش کشت غیرمجاز خشخاش مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: خشخاش، سنجش‌ازدور، پهپاد، تصاویر فراطیفی.

مقدمه

یکی از گیاهانی که امروزه به‌صورت غیرقانونی در برخی کشورها کشت می‌شود خشخاش است. خشخاش با نام علمی *Papaver somniferum* L. گیاهی یک‌ساله از خانواده Papaveraceae است که منشأ آن مناطق جنوب شرق اروپا و آسیا می‌باشد (Fleming, 2024). این گیاه دارای رشد ارتفاعی ۵۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر بوده و اغلب در دشت‌های وسیع کشت می‌شود و به دلیل داشتن دانه‌های خوراکی و محصولات دارویی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. کپسول آن حاوی موادی مانند آلکالوئیدها (مرفین، تبائین، کدئین و غیره) است که از آن به‌عنوان مسکن برای درمان دردهای با شدت متوسط استفاده می‌کنند (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۱). برخی افراد نیز به دلیل اثرات مخدر این گیاه از آن استفاده سوء نموده

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۶۳۶۷۸۶۳۵ ایمیل: hm.naghavi@gmail.com

که این امر سبب شده کشت آن تحت قوانین بین‌المللی محدود گردد (Demir et al., 2019). کشت خشخاش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع مواد مخدر، مستلزم اخذ مجوز قانونی و نظارت دقیق بر تمامی مراحل تولید می‌باشد (Wang et al., 2021). این گیاه در مناطق صعب‌العبور و دور از دسترس مانند کوهستان‌ها و جنگل‌ها و یا به‌صورت پنهانی در مزارع کشاورزی کشت می‌شود که همین امر ریشه‌کنی آن را با چالش جدی مواجه ساخته است (He et al., 2020).

در سال‌های اخیر از سنجش‌ازدور به‌عنوان یکی از روش‌های نوین و پیشرفته برای شناسایی و پایش مناطق کشت این گیاه غیرقانونی استفاده می‌شود که این امر در برنامه‌های نظارتی و کاهش تولید مواد مخدر بسیار حائز اهمیت است (Simms et al., 2016). سنجش‌ازدور شامل تکنیک‌هایی است که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هوایی، امکان شناسایی و پایش مناطق وسیع را بدون نیاز به حضور فیزیکی فراهم می‌کند. این علم با بهره‌گیری از تحلیل طیفی و بررسی الگوهای انعکاس نور قادر است با دقت بسیار زیادی مزارع کشت خشخاش را با توجه به ویژگی‌های ظاهری منحصربه‌فرد این گیاه مانند شکل برگ‌ها، الگوی رشد و تغییرات رنگ آن در مراحل مختلف رشد شناسایی کند (Huete, 2004؛ جهانگیرپور و فدایی، ۱۴۰۰). این روش‌ها نه‌تنها کارایی زیادی دارند، بلکه امکان پایش دوره‌ای و جمع‌آوری داده‌های تاریخی را نیز فراهم می‌آورند که می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های کشوری و بین‌المللی برای مبارزه با تولید و تجارت غیرقانونی مواد مخدر مؤثر باشد (نوروزی و خزایی، ۱۳۹۶). بنابراین توسعه سریع ماهواره‌های سنجش‌ازدور آن‌ها را به یک فناوری حیاتی برای مبارزه با کشت غیرقانونی خشخاش تبدیل کرده است (Zhang et al., 2023). استفاده از این فن آوری در تشخیص کشت خشخاش، نیازمند داده‌های دقیق و تحلیل‌های پیچیده‌ای است که با توجه به تنوع اکولوژیکی و شرایط جغرافیایی مختلف، نیاز به مدل‌های خاصی دارد. این تکنولوژی به دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی این امکان را می‌دهد که به طور مؤثرتری با چالش‌های مربوط به کنترل کشت خشخاش مقابله نموده که در نهایت موجب کاهش تولید مواد مخدر و افزایش امنیت جهانی می‌شود.

روش‌های شناسایی کشت خشخاش

تشخیص کشت خشخاش به دلیل اهمیت آن در مبارزه با مواد مخدر، همواره مورد توجه بوده است. شناسایی آن به روش‌های سنتی و مدرن امکان‌پذیر است. روش‌های سنتی نقش بسیار مهمی در تأیید و تکمیل یافته‌های حاصل از سنجش‌ازدور روش‌های غیرمستقیم دارند. در این روش با انجام بازدیدهای میدانی منظم یا گاهی اوقات اتفاقی در مناطق کشت محصولات غیرمجاز، اطلاعات ارزشمندی از طریق مصاحبه با افراد محلی و منابع آگاه گردآوری می‌شود. استفاده از گشت‌های هوایی روش دیگری برای شناسایی کشت غیرمجاز خشخاش است. در این روش مناطق مشکوک از طریق تصاویر ماهواره‌ای شناسایی شده و سپس کارشناسان با هلیکوپتر به این مناطق اعزام می‌شوند. برای مشاهده دقیق کشت‌ها، پرواز در ارتفاع کم (حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر) الزامی است (نوروزی و خزایی، ۱۳۹۶). تصاویر هوایی باکیفیت زیاد به همراه مشاهدات میدانی کارشناسان، امکان تهیه نقشه دقیق از مزارع خشخاش را فراهم می‌آورند (نوروزی و خزایی، ۱۳۹۶). در ترکیه و مکزیک هنوز هم نظارت بر کشت خشخاش با هواپیما صورت می‌گیرد (Corbley, 2015). با پیشرفت تکنولوژی، از فناوری‌های پیشرفته مانند سنجش‌ازدور ماهواره‌ای، پهپادها و تحلیل داده‌های مکانی - زمانی و روش‌های بیولوژیکی پیشرفته استفاده می‌شود. فناوری سنجش‌ازدور ماهواره‌ای به دلیل مزایای فراوان، از جمله پایش پیوسته و دقیق، در حوزه‌های کاربردی گوناگون مانند کشاورزی، به ابزاری ارزشمند تبدیل شده است. تحلیل سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای امکان شناسایی الگوهای کشت خشخاش در طول دوره رشد و در سال‌های متمادی را فراهم می‌آورد (Sader, 1990؛ نوروزی

و خزایی، ۱۳۹۶). پهپادها نیز با قابلیت تصویربرداری دقیق از ارتفاع پایین، به‌ویژه در مناطق صعب‌العبور، در تشخیص مزارع خشخاش مؤثر هستند (Wang et al., 2021). داده‌های مکانی و مکانی - زمانی به دلیل پوشش گسترده و تکرارپذیری، امکان شناسایی دقیق مناطق کشت خشخاش را فراهم می‌کنند. نسبت به روش‌های سنتی، استفاده از داده‌های مکانی و مکانی - زمانی هزینه‌های عملیاتی را کاهش داده و با تحلیل این داده‌ها می‌توان عوامل مؤثر بر کشت خشخاش مانند شرایط آب‌وهوایی، نوع خاک، دسترسی به آب و عوامل اقتصادی- اجتماعی را شناسایی کرد (Nataliia et al., 2017; Zhuang et al., 2020). بااین‌حال، هر یک از این روش‌ها با چالش‌هایی مانند هزینه‌های زیاد، تنوع اقلیمی و تغییرات فصلی روبرو هستند که می‌تواند دقت و کارایی آن‌ها را تحت‌تأثیر قرار دهد. Chuinsiri et al. (1997) و نوروزی و خزایی (۱۳۹۶) در تحقیقاتی روش‌های میدانی و هوایی را برای بهبود تصاویر و تسهیل تفسیر بصری بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که استفاده از روش‌شناسی مورد بحث در این مقالات نوپا است و احتمالاً نتایج آن را می‌توان به طور کارآمد با بررسی‌های هوایی سنتی برای نظارت و نابودی جزئی مزارع خشخاش در مناطق کوهستانی دوردست ترکیب کرد.

استفاده از تصاویر فراطیفی در تشخیص کشت خشخاش

تصویر فراطیفی، تصویری با تعداد بسیار زیادی باند طیفی است که امکان اندازه‌گیری دقیق طیف بازتابی هر پیکسل را فراهم می‌کند. این تصاویر اطلاعات طیفی بسیار دقیقی را در محدوده وسیعی از طول موج‌ها جمع‌آوری می‌کنند (Amigo, 2019). داده‌های حاصل از تصاویر فراطیفی که با ثبت صدها تصویر هم‌مرجع در هر لحظه به دست می‌آیند، به طور گسترده‌ای برای بهبود دقت طبقه‌بندی‌های زمینی و شناسایی دقیق اهداف مورداستفاده قرار می‌گیرند. این تصاویر، برخلاف تصاویر رنگی و چند طیفی، اطلاعات بسیار بیشتری را در مورد مواد و پدیده‌های مختلف در اختیار کاربران قرار داده تا تحلیل‌های دقیق‌تر صورت گیرد (Chuinsiri et al., 1997؛ نوروزی و خزایی، ۱۳۹۶). تصاویر فراطیفی، با تجزیه‌وتحلیل دقیق طیف الکترومغناطیسی در صدها باند باریک، نسبت به تصاویر چند طیفی، توانایی تفکیک و شناسایی مواد مختلف زمین را با جزئیات بسیار بیشتری فراهم می‌آورند. این ویژگی، به‌ویژه در مواردی که تفاوت‌های طیفی مواد بسیار ناچیز است، امکان تشخیص دقیق‌تر بین خاک، مواد معدنی و پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد (Bagheri and Rostami, 2024). تصاویر فراطیفی، به‌عنوان یک ابزار سنجش‌ازدور با دقت زیاد، قادر به تشخیص تفاوت‌های ظریف طیفی بین گونه‌های گیاهی هستند. با ایجاد یک پایگاه داده‌مرجع از امضای طیفی گیاهان، می‌توان از این تصاویر برای شناسایی و ردیابی کشت‌های غیرمجاز خشخاش در مناطق وسیع استفاده کرد (Nakazawa et al., 2012). برای مثال He et al. (2020) در تحقیقی با عنوان شناسایی خشخاش از طریق طبقه‌بندی تطبیق طیفی در چین به بررسی استفاده از تصویربرداری فراطیفی و تکنیک طبقه‌بندی تطبیق طیفی برای شناسایی گیاه خشخاش و تمایز آن از سایر گیاهان در محیط اطراف پرداختند. نتایج به‌دست آمده نشان داد این تکنیک دارای توانایی طبقه‌بندی قوی و اثرگذاری خوبی است که می‌تواند برای تشخیص کشت غیرقانونی خشخاش به کار رود. Nakazawa et al. (2012) در تحقیقی با عنوان مطالعه‌ای بر تشخیص مزارع خشخاش با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور فراطیفی در ژاپن به تشخیص تفاوت ویژگی‌های طیفی بین خشخاش و سایر محصولات زراعی با به‌کارگیری تحلیل تشخیص خطی با استفاده از دو باند، لبه قرمز (REP)[1] و تحلیل تشخیص جزئی حداقل مربعات

1- Red edge position

(PLSDA)[1] پرداخته که نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، باند لبه قرمز برای تمایز بین خشخاش و گندم و تحلیل تشخیص جزئی حداقل مربعات برای تشخیص مزارع خشخاش در مناطق کشاورزی شامل محصولات مختلف کارایی دارد.

Wang (2013) در تحقیقی با عنوان شناسایی مزارع خشخاش به روش نظارت نشده با استفاده از تصاویر سنجنده هایپریون ماهواره EO-1 در افغانستان برای تشخیص مزارع خشخاش از تصاویر فراطیفی ماهواره EO-1 هایپریون به روش نظارت نشده (MTMF)[2] استفاده کردند و به صحت تولیدکننده، کاربر و صحت کلی ۶۱٪، ۷۳٪ و ۷۶٪ و ضریب کاپا ۰/۴۸ دست یافتند. این نتایج نشان داد این روش بیش از ۱۰ برابر سریع‌تر از روش مبتنی بر MESMA[3] با دقت‌های تشخیصی مشابه عمل کرده و یک جایگزین بالقوه برای سازمان ملل متحد و دولت افغانستان برای نظارت بر کشت خشخاش در افغانستان را فراهم می‌کند. تحقیقات حاکی از آن است که تصاویر فراطیفی با پوشش طیفی گسترده و قدرت تفکیک طیفی بسیار زیاد (در حدود ۱۰ نانومتر) به کمک الگوریتم‌های پردازش تصویر، امکان استخراج اطلاعات دقیق در سطح زیر پیکسلی را فراهم می‌آورند.

استفاده از تصاویر پهپادی برای تشخیص کشت خشخاش

پهپادها که با اصطلاح unmanned aerial vehicle یا (UAV) شناخته می‌شوند، پرنده‌های مکانیکی هستند که بدون نیاز به حضور خلبان در کابین، توسط سیستم‌های کنترل از راه دور یا خودکار هدایت می‌شوند. به همین دلیل «پرنده هدایت‌پذیر از راه دور» نامیده می‌شود. این وسایل هوایی با بهره‌گیری از نیروهای آئرودینامیکی انواع مختلف محموله‌ها را بر اساس مأموریت‌های تعیین شده حمل می‌کنند و قابلیت پرواز شبانه‌روزی و خودکار دارند (مطاعی و پریانی، ۱۳۹۷). در حال حاضر، بهره‌گیری از فناوری پهپاد مجهز به دوربین‌های با وضوح زیاد، روشی مؤثر برای مبارزه با کشت غیرقانونی خشخاش است (Wang et al., 2022). پژوهشگران مختلفی از جمله Zhou et al. (2019) و Wang et al. (2022) الگوریتم‌های تشخیص هدف را برای شناسایی خشخاش در تصاویر با وضوح زیاد به کار گرفته‌اند. بااین‌حال، در تصاویر با وضوح زیاد و مقیاس بزرگ، تشخیص دقیق خشخاش به دلیل وجود چالش‌هایی مانند تار بودن تصاویر، وجود اشیا مشابه (مانند پیازچه، گل‌های سفید و غیره)، پس‌زمینه‌های پیچیده و... بسیار دشوار است.

با توجه به اینکه روش‌های فعلی بر تفسیر بصری زمان‌بر تصاویر تکیه دارند، می‌توان از روش اسکن پنجره‌ای برای تشخیص در تصاویر کامل پهپاد استفاده کرد که تقریباً ۲/۲ ثانیه در هر تصویر زمان می‌برد که تقریباً ۱۰ برابر سریع‌تر از تفسیر بصری است. تکنیک پیشنهادی به طور قابل‌توجهی عملکرد تشخیص خشخاش در تصاویر پهپاد را بهبود بخشیده و دقت تشخیص زیادی را نیز حفظ کرده است (Zhou et al., 2019). در مقایسه با سایر روش‌های جمع‌آوری داده‌های مکانی، پهپادها با قابلیت جمع‌آوری تصاویر به‌صورت پویا و با دقت زیاد، امکان ارزیابی سریع تغییرات محیطی و شناسایی فعالیت‌های غیرقانونی در مناطق وسیع را فراهم کرده و در نتیجه عملیات مبارزه با مواد مخدر را هوشمندتر می‌سازند.

Zengcheng and Huigang (2022) از تصاویر پهپاد به‌منظور شناسایی خشخاش در دو محیط آب‌وهوایی مختلف استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که فناوری جمع‌آوری تصاویر توسط پهپاد می‌تواند نظارت بر مناطق وسیع را به‌صورت بلادرنگ انجام دهد و انعطاف‌پذیری آن می‌تواند کارایی مبارزه با مواد مخدر را بهبود بخشد. Wang et al. (2021) در تحقیقی با

1- Partial least squares discriminant analysis
2- Mixture Tuned Matched Filtering
3- Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis

عنوان تشخیص کشت خشخاش با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور در ارتفاع پایین بر اساس YOLOv3[1] اصلاح شده بیان نمودند، بازرسی از کشت غیرمجاز خشخاش در ارتفاع پایین به کمک پهپادها به دلیل سرعت و دقت زیاد بسیار مفید است.

Wang et al. (2022) در تحقیق دیگری با عنوان یک سیستم تشخیص تصویر دو مرحله‌ای از خشخاش با استفاده از سنجش‌ازدور با ارتفاع کم مبتنی بر YOLOv5s+DenseNet121 از روشی دو مرحله‌ای (تشخیص هدف و طبقه‌بندی تصویر) برای تشخیص مکان‌های کشت خشخاش استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از روش دو مرحله‌ای تعداد تصاویر کاذب تشخیص داده شده را ۷۳/۸۸ درصد کاهش داده و به طور قابل‌توجهی بار کاری برای غربالگری دستی بعدی تصاویر سنجش‌ازدور خشخاش را کاهش می‌دهد. Yang et al. (2019) در تحقیقی با بخش‌بندی دقیق گیاه خشخاش از تصویر گرفته شده توسط پهپاد روشی جدید برای تشخیص کشت غیرقانونی خشخاش با استفاده از عکس‌های هوایی پهپاد ارائه دادند.

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح زیاد برای تشخیص کشت خشخاش

تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بسیار زیاد که با اصطلاح Very High Resolution Imagery یا VHR شناخته می‌شوند، تصاویری هستند که قدرت تفکیک مکانی آن‌ها یک متر یا کمتر از یک متر است، مانند IKONOS، QuickBird و غیره که به دلیل توانایی زیاد آن‌ها در نمایش جزئیات، کاربرد بسیاری در اغلب حوزه‌ها دارند (Wang, 2013). قابلیت‌های منحصربه‌فرد این تصاویر، مانند تفکیک مکانی زیاد، سبب شده از آن‌ها به طور گسترده‌ای در تحقیقات و کاربردهای مختلف استفاده شود (Niazi et al., 2011). این تصاویر ارزیابی و پایش جامع اراضی را با صرفه‌جویی قابل توجه در هزینه‌ها نسبت به روش‌های سنتی ممکن می‌سازند. به همین دلیل به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی غنی برای مطالعه پوشش گیاهی و تخمین دقیق پارامترهای زیستی گیاهان شناخته می‌شود (Huete, 2004؛ جهانگیرپور و فدایی، ۱۴۰۰). اگرچه تصاویر ماهواره‌ای با وضوح زیاد مانند IKONOS، QuickBird و غیره قابلیت زیادی برای نظارت بر کشت غیرقانونی خشخاش دارند، اما محدودیت‌هایی مانند هزینه زیاد و نیاز به پوشش گسترده، استفاده از آن‌ها را در مناطق وسیع با چالش مواجه کرده است. به‌عنوان مثال، استفاده از این تصاویر برای پایش مزارع خشخاش، به دلیل هزینه زیاد، به یک راهکار پرهزینه تبدیل شده است (Wang, 2013).

Demir et al. (2019) در تحقیقی با عنوان تشخیص کشت خشخاش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح زیاد بیان کردند که استفاده از این تصاویر در مناطق بسیار پراکنده که کشت خشخاش در آن افزایش یافته است، هزینه را افزایش می‌دهد. به همین دلیل، هزینه تصاویر ماهواره‌ای با وضوح زیاد بزرگ‌ترین عامل محدود کننده در نظارت بر کشت خشخاش است.

Simms et al. (2016) در تحقیقی با عنوان برآورد تولید تریاک در افغانستان با استفاده از سنجش‌ازدور بیان کردند که مساحت زیر کشت خشخاش به طور معمول با تفسیر یا طبقه‌بندی رقومی تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بسیار زیاد در مکان‌های نمونه‌برداری از راه دور برآورد می‌شود. با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح زیاد و به کمک تکنیک‌های پردازش تصویر، امکان تخمین دقیق سطح زیر کشت خشخاش در مناطق مختلف فراهم شده است. این روش علاوه بر تسهیل فرایند شناسایی مزارع خشخاش، سبب کاهش قابل توجه هزینه‌ها نیز می‌شود.

1- You Look Only Once

نتیجه‌گیری

شناسایی دقیق کشت خشخاش به‌عنوان گیاه اصلی مخدر برای مبارزه با مواد مخدر امری ضروری است (Zengcheng and Huigang, 2022). روش‌های سنتی شناسایی مزارع خشخاش با محدودیت‌های جدی از جمله خطرات جانی، هزینه‌های زیاد و زمان‌بر بودن مواجه هستند. در مقابل، سنجش‌ازدور به‌عنوان یک روش نوین و کارآمد، مزایای بسیاری را ارائه می‌دهد. با استفاده از این فناوری می‌توان به طور سریع و دقیق مناطق زیر کشت خشخاش را شناسایی کرده و بدون نیاز به حضور فیزیکی در محل اطلاعات کاملی در مورد این مزارع به دست آورد. این امر مبارزه با مواد مخدر را مؤثرتر، ایمن‌تر و کم‌هزینه‌تر می‌سازد (نوروزی و خزایی، ۱۳۹۶). تکنولوژی سنجش‌ازدور، فناوری نوین و بسیار کارآمدی است که با بهره‌گیری از سنجنده‌های مختلف نصب شده بر روی ماهواره‌ها و تهیه داده‌های به‌روز به‌عنوان سریع‌ترین راه دسترسی به داده‌های علوم زمین شناخته می‌شود. داده‌های حاصل از سنجش‌ازدور و پیشرفت فناوری و دانش موجود، امکان شناسایی سریع و دقیق پدیده‌های مختلف کشاورزی از جمله نوع کشت، سطح زیر کشت و الگوهای زمانی و مکانی آن را فراهم نموده و همچنین قابلیت زیادی در شناسایی و ردیابی مزارع خشخاش دارد (جهانگیرپور و فدایی، ۱۴۰۰). امروزه با پیشرفت تکنیک‌های سنجش‌ازدور، به‌ویژه طبقه‌بندی و تفکیک‌پذیری پدیده‌های زمینی، شناسایی کشت‌های غیرقانونی در مناطق وسیع به واقعیت نزدیک‌تر شده است. این تکنیک با بهره‌گیری از تحلیل امواج بازتابیده از سطح زمین، امکان طبقه‌بندی و شناسایی دقیق انواع مختلف پوشش گیاهی، از جمله کشت‌های غیرقانونی را در مقیاس وسیع فراهم می‌آورد (علی‌خواه اصل و ناصری، ۱۳۹۶). ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها برای تفکیک در طبقه‌بندی تصاویر دارای اهمیت بسیاری است. در مقایسه با سنجش‌ازدور ماهواره‌ای، تصاویر گرفته شده توسط پهپاد دارای وضوح بیشتر و هزینه کمتری هستند که این موضوع سبب شده کارایی مناسبی در تشخیص کشت غیرقانونی خشخاش داشته باشند (Wang et al., 2021). با پیشرفت تکنولوژی و توسعه الگوریتم‌های هوشمند و استفاده از سنجنده‌های پیشرفته‌تر، دقت و سرعت شناسایی کشت‌های غیرقانونی به طور قابل‌توجهی افزایش خواهد یافت. با گسترش استفاده از ماهواره‌ها و پهپادها، هزینه‌های جمع‌آوری داده‌ها کاهش خواهد یافت. کشورهای مختلف با تبادل داده‌های ماهواره‌ای و همکاری در توسعه فناوری‌های جدید می‌توانند در مبارزه با مواد مخدر مؤثرتر عمل کنند. در نهایت می‌توان این گونه بیان کرد که سنجش‌ازدور برای شناسایی و پایش کشت‌های غیر قانونی خشخاش کارآمد بوده و با استفاده از این فناوری می‌توان به طور مؤثرتری با تهدید مواد مخدر مقابله کرد و امنیت جهانی را بهبود بخشید.

منابع

جهانگیرپور، ع.، فدایی، ه.، (۱۴۰۰). شناسایی و کشف مزارع کشت خشخاش با استفاده از بازتاب طیفی تصاویر ماهواره‌ای. پژوهش‌های اطلاعاتی و جنایی، ۱۶ (۱): ۱۸۳-۲۱۲.

علی خواه اصل، م.، ناصری، د.، (۱۳۹۶). ارزیابی روند تغییرات پوشش اراضی حوزه آبخیز کفتاره با استفاده از روش سنجش‌ازدور. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. دوره ۳ (۱۹): ۸۳-۱۱۲.

مطاعی، م.، پریانی، م.، (۱۳۹۸). به‌کارگیری پهپادهای جمع‌آوری اطلاعات در یگان‌های رزم نزاجا به‌منظور پایش تهدیدهای صحنه نبرد. ۱۹ (۱): ۱۰۶-۱۳۲.

نوروزی، ر.، خزایی، ص.، (۱۳۹۶). شناسایی مزارع غیرقانونی خشخاش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. فصلنامه کارآگاه. ۱۱ (۴۱): ۱۱۹-۱۴۰.

یزدانی، د.، رضازاده، ش.، شهنازی، س.، (۱۳۸۱). مروری بر گیاه خشخاش، گیاهان دارویی، ۲ (۱۵): ۱۲-۱.

Amigo, JM. (2019). Hyperspectral and multispectral imaging: setting the scene. Data handling in Science and Technology,Volume 32: 3-16.

Bagheri, H, Rostami, R . (2024). Evaluation of the accuracy of hyperspectral and multispectral images in classifying wetland covers using different classification methods. (Case study: Shadegan Wetland). Journal of Applied Researches in Geographical Sciences, 74 (24): 272 -292 .

Chuinsiri, S., Blasco, F., Bellan, M. F., Kergoat, L. (1997). A poppy survey using high resolution remote sensing data" International Journal of Remote Sensing. 18(2): 393-407.

Corbley K. P. (2015). Photo Mapping Deployed to Enhance Effectiveness of Drug Interdiction Efforts in Afghanistan.

Demir, S.; Ba¸sayi˘ git, L. (2019). Determination of opium poppy (Papaver somniferum) parcels using high-resolution satellite imagery. J. Indian Soc. Remote Sens. 47: 977–987.

Fleming T. (1998). PDR for Herbal Medicines. First Edition. Medical Economics Company. 1011-2.

He, Q.; Zhang, Y.; Liang, L. (2020). Identification of poppy by spectral matching classification. Optik 200, 163445.

Huete, A., (2004). Remote Sensing for Natural Resources Management and Enviromental Monitoring: Manual of remote sensing, Univercity of California, Davis, 3 edition, 4.

Liu, X. Tian, Y. Yuan, C. (2018). Opium poppy detection using deep learning. Remote Sens. 10, 1886.

Nakazawa .A, Kim,JH, Mitani, T, Odagawa, Sh. (2012). A study on detecting the poppy field using hyperspectral remote sensing techniques, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Munich, Germany.

Nataliia. K, Lavreniuk. M, Skakun. S and A. Shelestov. (2017). Deep learning classification of land cover and crop types using remote sensing data," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 14 (5): 778-782.

Niazi, Y., Ekhtesasi, M., Malekinezhad, H. and Hosseini, S.Z. (2011). Comparison between two classification methods of maximum likelihood and artificial neural network for providing land use maps case study: Ilam Dam Area. Journal of Geography and Development, 20: 119-132.

Sader, S. A. (1990). Remote Sensing of Narcotics with special Reference to techniques for detection and monitoring of Poppy Production in Afghanistan.

Simms, D., Toby W., John C. Taylor and Timothy R.Brewer (2016) Image segmentation for improved consistency in image-interpretation of opium poppy, International Journal of Remote Sensing, 37(6): 1243-1256.

Simms, D., Toby W. (2016). Opium yield estimates in Afghanistan using remote sensing. Proceedings of Seventh International Conference on Agricultural Statistics (ICAS VII), Rome, Italy.

Wang, C.;Wang, Q.;Wu, H.; Zhao, C.; Teng, G.; Li, J. (2021). Low-Altitude Remote Sensing Opium Poppy Image Detection Based on ModifiedYOLOv3. Remote Sens. 13, 2130.

Wang, J. (2013). Unsupervised Detection of Opium Poppy Fields in Afghanistan from Eo-1 Hyperion Data. M.Sc. Thesis, the University of New Brunswick.

Wang, Q.; Wang, C.;Wu, H.; Zhao, C.; Teng, G.; Yu, Y.; Zhu, H. (2022). Two-Stage Low-Altitude Remote Sensing Papaver Somniferum Image Detection System Based on YOLOv5s+DenseNet121. Remote Sens. 14, 1834.

Zengcheng. Y, and Huigang. Zh. (2022). Contrasting YOLO series and CenterNet detectors for poppy detection in different environments, Proc. SPIE 12500, Fifth International Conference on Mechatronics and Computer Technology Engineering, 125003A .

Zhang, Z.; Xia, W.; Xie, G.; Xiang, S. (2023). Fast Opium Poppy Detection in Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery Based on Deep Neural Network. Drones , 7, 559.

Zhou, J.; Tian, Y.; Yuan, C.; Yin, K.; Yang, G.; Wen, M. (2019). Improved UAV Opium Poppy Detection Using an Updated YOLOv3 Model. Sensors , 19, 4851.

Zhuang,Q. Wu,S. Feng,X and Niu, Y. (2020). Analysis and prediction of vegetation dynamics under the background of climate change in Xinjiang, China, Peer J. Computer Science, vol. 23, no. 8, Article ID: 8282.

Application of remote sensing data in monitoring of poppy cultivation in forest areas

H. Naghavi[1*] and A. Beiranvand[2]

1- Associate Prof. in Forestry Engineering, Lorestan University.
2- Ph.D. Student of Forest Management, Lorestan University.

Abstract

The poppy plant, scientifically known as *Papaver somniferum L*, is the primary source for the production of traditional narcotics, that not only is pernicious to physical and mental health, but it also threatens the economy and the foundation of society. Due to its direct relationship with the production of narcotics, poppy cultivation is considered one of the most significant global challenges. Therefore, monitoring its cultivation in different regions is crucial and vital. In many countries, the cultivation of this plant is prohibited and is considered a serious challenge in the realm of national security and public health. Because of the complexity and geographical dispersion of poppy fields, as well as the possibility of its cultivation in remote and inaccessible areas, combating it is a difficult and costly. In recent years, with remote sensing progress, a novel approach has emerged for identifying and monitoring these areas.Remote sensing by using sensors installed on space platforms such as satellites and aerial platforms like unmanned aerial vehicles (UAVs), can provide precise spectral and spatial information about the cultivated area of illegal plants.Today, this data is used with image processing algorithms and machine learning to separation poppy fields from other vegetation and land uses/land covers. Numerous studies have shown that remote sensing can used as a powerful tool for identifying and monitoring the illegal cultivation of poppies.

Keywords: Hyperspectral images, Papaver somniferum, Remote sensing, UAV.

*Corresponding author Tel: +98 9163678635 Email: hm.naghavi@gmail.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی و طغیان آفات گیاهی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی

پریسا اسحاقی*[۱]، وحید اعتماد[۲]، محمدابراهیم فرآشیانی[۳]، شهرام خلیقی سیگارودی[۴] و محمدحسین ارسلانلو[۵]

۱- کارشناس ارشد جنگلداری، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۴- دانشیار، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۵- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

تغییر اقلیم یکی از مهم ترین چالش‌های قرن جاری شناخته می‌شود. این مفهوم به تغییرات در رفتار آب و هوایی یک منطقه نسبت به مشاهدات یا ثبت‌های طولانی مدت از گذشته ارتباط دارد و از جمله چالش‌های محیطی و اقتصادی جهانی به‌شمار می‌رود. آب و هوا تاثیرات زیادی بر پراکنش و فراوانی گونه‌های حشرات زمین می‌گذارد. دماهای گرم‌تر به‌طور کلی منجر به رشد و بقای سریع حشرات در عرض‌های جغرافیایی متوسط تا بالا می‌شود. واکنش‌های فیزیولوژیکی حشرات به گرم شدن دما به‌دلیل چرخه‌های زندگی نسبتاً کوتاه، ظرفیت تولیدمثلی زیاد و درجه تحرک زیاد می‌تواند اثر بسیار بزرگ و سریعی بر پویایی جمعیت گونه‌ها ایجاد کند. آشنایی با واکنش‌های بالقوه جمعیت حشرات به تغییرات آب و هوایی، ارزیابی مدیریت آفات را ممکن می‌سازد. این مقاله سعی دارد تا اثرات کلی آب و هوا بر انتقال آفات را خلاصه کند و اینکه چطور تغییرات آب و هوایی در نهایت بر توزیع و پویایی جمعیت گونه‌ها اثر می‌گذارد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، آفات، پراکنش.

مقدمه

تغییر اقلیم یک زنجیره به‌هم پیوسته است که از فعالیت‌های توسعه‌ای به‌ویژه مصرف سوخت‌های فسیلی آغاز می‌شود و به‌دنبال خود پیامدهای متعددی مانند تولید گازهای گلخانه‌ای، گرم شدن زمین، زیر آب رفتن سکونتگاه‌ها، طوفان‌ها، سیل‌ها و خشکسالی‌ها را به‌همراه دارد (خوش‌منش و همکاران، ۱۳۹۱). دانشمندان و محققین بسیاری اعتقاد دارند که در کره زمین نشانه‌هایی از گرم شدن تدریجی هوا وجود دارد. یکی از اصلی‌ترین دلایل این موضوع میزان انرژی بیشتری است که از خورشید به زمین می‌رسد و در جو دور زمین جذب می‌شود، ولی خروج آن از جو به‌کندی صورت می‌گیرد. فرضیه‌های مختلفی به‌عنوان عوامل مؤثر در تغییرات اقلیم مطرح شده‌اند که تأثیر آنها بر مشخصه‌های درجه حرارت و بارش از جمله نتایج مطرح شده در این زمینه است (نصیری محلاتی، ۱۳۸۳). میانگین دمای هوا در سطح زمین و تغییرات آن نمایه‌ای از تغییرات اقلیمی است که تقریباً در تمامی نظریه‌های تغییر اقلیم از آن یاد می‌شود. با بررسی روند تغییرات میانگین دمای هوا

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۳۶۰۹۶۲۱۰۶ ایمیل: parisa.eshaghi@ut.ac.ir

می‌توان تغییرات اقلیمی را ردیابی نمود. برآوردها نشان می‌دهند که میزان میانگین دما در سال ۲۰۳۰ میلادی، ۰,۷ تا ۲ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از امروز خواهد بود. همچنین بر اساس مدل‌های اقلیمی پیش‌بینی می‌شود که میانگین دمای هوای کره زمین در سال ۲۱۰۰ میلادی در حد ۱ تا ۳,۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (Alley, 1984). به‌واسطه این افزایش دما، سطح پوشش برف‌ها در حال کاهش، یخچال‌ها در حال ذوب، دریاچه‌ها و تالاب‌ها در حال گرم شدن، الگوی بارندگی‌ها در حال تغییر، سطح آب دریاها در حال افزایش و دوره‌های خشکسالی با شدت و تواتر بیشتری رخ می‌دهند. پدیده‌های اقلیمی غیر عادی شامل طوفان‌های تندر، سیل‌های برق‌آسا و خشکسالی‌های پی‌درپی در بسیاری از نقاط دنیا ثبت شده‌اند. از بین رفتن توده‌های بزرگ یخ‌های قطبی و ذوب یخچال‌ها، افزایش سطح آب دریاها، پیشروی آب شور دریا و تداخل آن در سفره‌های آب شیرین از پیامدهای این تحولات است (IUCN, 2003).

مساله اصلی که در این مقاله مورد بررسی قرار دارد، تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی آفات و بیماری‌های گیاهی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی است. این موضوع اهمیت دارد زیرا تغییرات اقلیمی می‌توانند الگوهای پراکنش و جمعیت آفات و بیماری‌های گیاهی را تغییر دهند که این خود تأثیرات گسترده‌ای بر سلامت اکوسیستم‌ها و اقتصاد جوامع دارد. تحقیقات متعددی در این زمینه انجام شده‌اند که نشان می‌دهند تغییرات اقلیمی می‌توانند منجر به افزایش شدت و فراوانی آفات و بیماری‌های گیاهی شوند. این تحقیقات نتایج مختلفی ارائه داده‌اند؛ برخی از آنها نشان دهنده افزایش پراکنش آفات در عرض‌های جغرافیایی بالاتر و برخی دیگر کاهش زمان زندگی آفات را بیان کرده‌اند.

هدف اصلی این مطالعه مروری، تحلیل تأثیرات تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی آفات و بیماری‌های گیاهی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی است. سوالات اصلی تحقیق شامل موارد زیر است:

چگونه تغییرات اقلیمی بر پراکنش و جمعیت آفات گیاهی تأثیر می‌گذارند؟

چه راهکارهایی می‌توان برای مدیریت این تغییرات پیشنهاد داد؟

ما در این تحقیق به بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر الگوهای پراکنش آفات و بیماری‌های گیاهی در اکوسیستم‌های طبیعی پرداخته و تلاش خواهد شد که به سوالات مذکور پاسخ داده شود.

روش‌شناسی

این مقاله به‌عنوان یک مطالعه مروری با رویکرد تحلیل محتوای کیفی طراحی شده است. هدف از این تحقیق گردآوری و تجزیه و تحلیل پژوهش‌های قبلی در زمینه تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی آفات و بیماری‌های گیاهی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی است. این نوع مطالعه به ما این امکان را می‌دهد که الگوها و روندهای موجود را شناسایی کرده و درک بهتری از وضعیت تحقیق در این زمینه به‌دست آوریم.

برای جمع‌آوری اطلاعات، از منابع معتبر علمی و مقالات منتشر شده در پایگاه‌های معتبر علمی استفاده شده و پایگاه‌های مختلفی برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این مقاله در ادامه از تحلیل محتوا به‌عنوان یک روش کیفی برای ارزیابی اطلاعات جمع‌آوری شده استفاده شده است. در این مرحله، مطالب مرتبط با تأثیر تغییرات اقلیمی بر آفات و بیماری‌های گیاهی شناسایی و طبقه‌بندی شدند. به‌این‌ترتیب، موضوعات عمده مانند الگوهای پراکنش، تغییرات جمعیت و تأثیرات اقتصادی و محیطی تشخیص داده شدند. سپس داده‌ها با توجه به موضوعات کلیدی و سوالات تحقیق مورد تجزیه و تحلیل و تفسیر قرار گرفتند و تاثیر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی و طغیان آفات در عرصه‌های طبیعی بررسی شد.

یافته‌ها

تغییر اقلیم و حشرات

تغییرات اقلیم ممکن است تاثیرات گسترده‌ای بر تمام موجودات زنده از جمله گیاهان، حشرات و همچنین بر هم کنش‌های میان اقلیم، گیاه و گیاه خواران (آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز) داشته باشد. با توجه به تطابق و مقاومت متفاوت آفات گیاهی، تاثیر آنها نسبت به سایر گونه‌های حشرات ممکن است متغیر باشد. تغییر اقلیم می‌تواند به‌صورت مثبت یا منفی بر شیوع و تاثیرات آفات در هر منطقه اثر کند؛ از جمله افزایش گونه‌های گرمادوست و خشکی دوست و کاهش گونه‌های سرمادوست. این تغییرات می‌توانند به‌دلیل شرایط آب و هوایی نامساعد، افزایش دشمنان طبیعی و تفاوت در فنولوژی گیاه میزبان، تاثیرات مختلفی را بر رشد، نمو و پراکنش حشرات ایجاد کنند (فرامرزوش و همکاران ۱۳۹۰). از بین پارامترهای اقلیمی، دما به‌ویژه به‌عنوان یکی از عوامل اساسی اقلیمی مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین، افزایش میزان گاز CO_2 نیز تأثیراتی بر روی فراوانی جمعیت آفات و نرخ رشد محصول دارد. این تغییرات می‌توانند فراوانی حشرات را تغییر داده و یا میزان تغذیه از گیاه را افزایش داده و در نتیجه، تغییرات اقلیم ممکن است منجر به افزایش جمعیت آفات شده و درجه حرارت افزایش یافته نقش مهمی در پویایی جمعیت حشرات ایفا کند. (سر حوضکی و همکاران ۱۳۹۲). دمای حداقل به‌عنوان یک مقیاس مهم در گسترش و انتشار حشرات دارای اهمیت خاصی است. از آنجایی که آفات جزء موجودات خونسرد هستند، دماهای گرم دارای مزایایی برای آنهاست که آنها را قادر می‌سازد تا محدوده فعالیت خود را به عرض‌های بالاتر و ارتفاعات بیشتر گسترش دهند (Zhou et al., 1995). همچنین افزایش تعداد نسل‌های آفت در یک منطقه به‌دلیل تعداد فصل‌های رشد طولانی‌تر نیز امری طبیعی است؛ بنابراین شیوع آفات در جهان رو به افزایش خواهد بود (Dore et al., 2005). آفات مهاجر ممکن است به‌دلیل افزایش دما زودتر به مناطق شمال شرقی و یا به مناطقی که قادر به زمستان‌گذرانی هستند وارد شده که این امر موجب انتشار دشمنان طبیعی این آفت شده که متعاقب آن جمعیت‌های حشرات میزبان (آفت)، علاوه بر دما، تحت تاثیر پراکندگی دشمن طبیعی خود نیز قرار خواهد گرفت. همچنین دما ممکن است نسبت جنسی برخی از گونه‌های آفت مانند تریپس را تغییر دهد که این امر به‌طور بالقوه بر نرخ تولیدمثل تاثیرگذار است (Luck et al., 2011). حشراتی که بخشی از دوره زندگی خود را در خاک می‌گذرانند نسبت به حشراتی که در سطح زمین زندگی می‌کنند، به‌مرور زمان بیشتر تحت تاثیر دما قرار می‌گیرند (Bale et al., 2020). معمولاً تنوع گونه‌های حشرات در هر منطقه با عرض جغرافیایی و ارتفاع بالاتر کاهش می‌یابد، اما افزایش دما در این مناطق می‌تواند منجر به هجوم گونه‌های متعددی از حشرات به میزبان‌های مختلفی در اقلیم معتدل شود (Karolewski et al., 2007). تغییرات دما به‌همراه تغییر میزان گاز CO_2 موجب شده تا برخی آفات در طول یک فصل، ۱ تا ۵ دوره زندگی بیشتری داشته باشند که این امر موجب می‌شود تا توانایی آفات برای غلبه بر مقاومت گیاهان بیشتر شود (Furstenberg-Hagg et al., 2013). تا زمانی که دما از حد محدوده‌های بحرانی (یعنی دمایی که بیشتر از حد تحمل آفت باشد) افزایش نیابد، افزایش دما هر جنبه‌ای از چرخه زندگی حشرات را تسریع می‌کند و زمستان‌های گرم‌تر مرگ و میر زمستانه را کاهش می‌دهد. اگرچه افزایش دمای تابستانه نیز برای رشد برخی حشرات مطلوب است، اما طولانی شدن فصل رشد اثر نسبتاً بیشتری در خسارت حشرات بر گیاه میزبان دارد (Bradshaw et al., 2001).

تغییرات دما بر زندگی حشرات سبب واکنش‌های متفاوتی می‌شود، از جمله سازگاری با محیط جدید، مهاجرت به مناطق مناسب، یا حتی انقراض. پاسخ اولیه به‌دلیل سرعت بیشتر تغییرات آب و هوایی نسبت به سازگاری ژنتیکی جمعیت‌ها، به‌نظر غیرممکن می‌آید. با افزایش دما، بسیاری از گونه‌ها به‌سمت قطب‌ها یا مناطق با ارتفاع بیشتر مهاجرت می‌کنند تا با شرایط

جدید سازگار شوند. گونه‌هایی که نتوانند به‌خوبی از این راهکارها بهره‌مند شوند، در مواجه با تحدیدها ممکن است با خطر انقراض رو به رو شوند. این پدیده‌ها نشان‌دهنده تأثیرات چالش‌برانگیز تغییرات اقلیمی بر تنوع زیستی حشرات و ارتباط حساس آنها با محیط زیست است. (Coope, 1995).

قارچ‌های شکارکننده آفات به رطوبت زیاد علاقه داشته و با تغییر شرایط اقلیمی که دوره‌های رطوبت زیاد را طولانی‌تر می‌کند، افزایش یافته و هر شرایطی که محیط را خشک‌تر نماید آن‌ها را کاهش می‌دهد (Eastburn, 2010). تحت شرایط تغییر اقلیم، آستانه و حد محیطی برخی آفات که مورد بررسی قرار گرفته‌اند، نشان داده که ممکن است تعداد آفات متحمل افزایش یابد که متعاقب آن شیوع این آفات نیز امری معمول‌تر خواهد شد. تغییرات فنولوژیکی و تغییر دامنه جغرافیایی در گونه‌های جانوری ممکن است به‌صورت همزمان و یا غیر همزمان رخ دهند و پیامدها و نتایج مهمی بر جمعیت آفات بگذارند (Hance, 2007). محیطزیست حشرات می‌تواند عواملی مانند رشد و نمو، پراکنش، تولیدمثل و رفتار آنان را تحت تاثیر خود قرار دهد. تغییرات تدریجی اقلیم ممکن است، پارامترهای جمعیتی از قبیل تکامل، تولیدمثل، دیاپوز، تلفات زمستانی، پراکندگی و مهاجرت حشرات را تحت تاثیر قرار دهد (Warren, 2001).

پراکنش حشرات به‌شدت تحت تأثیر عوامل اقلیمی قرار می‌گیرد. تغییرات اقلیمی سبب افزایش شیوع آفات و مشکلات جدی در این زمینه شده است. حشره‌شناسان به‌شدت به اهمیت عوامل آب و هوایی و تأثیر آن بر پراکنش حشرات پرداخته‌اند. برخی از این عوامل از دیگران اهمیت بیشتری دارند که مورد مطالعات جامع حشره‌شناسی قرار گرفته‌اند. این مطالعات نشان می‌دهد که عوامل آب و هوایی نقش تعیین‌کننده‌ای در گسترش و پراکندگی حشرات دارند. شرایط مهم اقلیمی عبارتند از:

حرارت

رطوبت

طول دوره روشنایی

باد

در تحقیقات مختلف بر روی حشرات، نشان داده شده است که حرارت به شکلی یکسان بر تمام گونه‌های حشرات تأثیر نمی‌گذارد، بلکه با شدت متفاوتی بر آنها اثر می‌کند. مطالعات در حوزه پراکنش جغرافیایی حشرات نشان می‌دهد که پراکنش گونه‌های مختلف حشرات با حرارت منطقه انتشار آنها به‌صورت مستقیم در ارتباط است. در واقع با توجه به شرایط حرارتی هر منطقه می‌توان میزان فعالیت حشرات آن را پیش‌بینی کرد. ارتباط قابل‌توجهی بین شرایط حرارتی و فعالیت حشرات وجود دارد که این امر امکان پیش‌بینی فعالیت حشرات در تمام نقاط کشور را فراهم می‌کند.

حشرات برای زندگی و تولید نسل به شرایط مناسب از جمله رطوبت مناسب نیاز دارند. اختلافات در شرایط رطوبتی محیط زندگی حشرات با محیط اطراف می‌تواند از ناچیز تا بسیار شدید متغیر باشد. این اختلافات می‌توانند نتیجه دوران‌های طولانی تکاملی حشرات باشند که به شرایط خاص محیط، حاکم باشد.

طول روشنایی روز و تغییرات آن نیز می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای داشته باشد و حشرات را مطلع سازد که فصل نامساعد نزدیک شده است. تغییرات در روشنایی روزانه می‌تواند حشرات را به فهمیدن نزدیک شدن فصل نامساعد و نیاز به ورود به مرحله بدون فعالیت (دیاپوز) تشویق کنند (تقی زاده و ولیزادگان،۱۳۹۲). برخی از محققان بر این باورند که اثر درجه حرارت بر حشرات تا حد زیادی اثر سایر عوامل محیطی را پوشش می‌دهد (Bale et al., 2020). در مطالعات انجام شده در رابطه با اثرات درجه حرارت بر حشرات به مواردی از قبیل محدوده جغرافیایی، اثر بر زمستان‌گذرانی، نرخ رشد جمعیت، تعداد

نسل‌ها در طول یکسال، پراکنش و مهاجرت و دسترسی به گیاه میزبان و پناهگاه اشاره شده است (Porter et al., 1991). پراکندگی واقعی حشرات در اثر تغییر اقلیم وابسته به عواملی از قبیل پراکندگی میزبان (Rainey, 1989)، رقابت با سایر گونه‌های موجود در منطقه، سازگاری با شرایط جدید و دشمنان طبیعی موجود در منطقه است (DeBach, 1965).

در پویایی جمعیت، در بسیاری از آفات به‌ویژه آفاتی که وارد مرحله دیاپوز نمی شوند و فعالیت خود را در طول فصل زمستان ادامه می‌دهند، تلفات زمستانه یک عامل کلیدی به‌شمار می‌رود. درجه حرارت‌های زیاد در زمستان یا بهار احتمالاً تولیدمثل حشرات بالغ زمستان‌گذران را تحریک می‌کند که منجر به رشد سریع جمعیتی و نیز نسل‌ها در برخی آفات می‌شود (Harrington et al., 2001; Kiritani, 2006). افزایش دما برای گونه‌هایی از حشرات که برای مرحله دیاپوز نیاز به دمای پایین دارند مضر است. (Bale et al., 2020). به‌خوبی روشن است که عامل آب و هوا به‌ویژه درجه حرارت، مهم‌ترین عامل برای محدود کردن پراکنش، نرخ رشد، تعداد نسل و فراوانی جمعیت گونه‌های حشرات در یک منطقه است (فرامرزوش و همکاران، ۱۳۹۰).

باد به‌عنوان یک عامل اکولوژیک همواره تأثیرگذار بوده و نه تنها حشرات را جابجا می‌کند، بلکه در هدایت پرواز بسیاری از حشرات نیز نقش اساسی دارد. این عامل می‌تواند تغییراتی در تولید غذای تازه برای حشرات ایجاد کرده و مواد شیمیایی تولید شده توسط گیاهان و حشرات را منتقل کند. این مواد می‌توانند از حشره به حشره یا از گیاه میزبان به حشره منتقل شوند. برخی از حشرات پروازهای طولانی انجام می‌دهند و از منطقه‌ای به منطقه دیگر حرکت می‌کنند که در اینجا باد نقش حیاتی دارد. اما باد همچنان که می‌تواند برای حشرات مفید باشد، ولی می‌تواند برای برخی از آنها زیان بار هم باشد. به‌عنوان مثال، حشره‌ای که بر باد سوار شده و به طرف مقصد حرکت می‌کند، ممکن است توسط باد به مناطق دورتر یا حتی به نقاط نامناسب منتقل شده و به مرگ آن منجر شود. به‌طور کلی، در اثر تغییرات اقلیم، حشرات تک نسلی نسبت به حشرات چند نسلی بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند، زیرا حشرات چند نسلی ممکن است به‌لحاظ تکاملی با شرایط جدید تطابق یابند (تقی زاده و ولیزادگان،۱۳۹۲).

بدون شک شناخت عمیق تأثیرات عوامل اقلیمی بر حیات آفات از اهمیت زیادی برخوردار است. درک گسترده از نقش آب و هوا بر همه جنبه‌های زندگی آفات از جمله پراکنش، تغذیه و تکامل موضوعی اساسی است. این شناخت به ما کمک می‌کند تا دقیق‌ترین ابزارها و راهکارهای کنترلی را برای مدیریت جامع و مؤثر آفات تدوین کنیم. در این ساز و کار، درک گسترده از تأثیرات تغییرات اقلیمی به ما این امکان را می‌دهد که بهترین راهکارها را برای کنترل تلفیقی آفات در مواجه با چالش‌های اقلیمی ارائه دهیم.

نتیجه‌گیری

مطالعات بوم شناختی و پدیده شناسی (فنولوژیکی) زندگی حشرات نشان می‌دهد که عامل دما و رطوبت نقش زیادی در گسترش و توسعه منطقه پراکنش و تحولات زندگی آنان دارد. در اکثر مطالعات انجام شده عامل دما مورد بررسی قرار گرفته است که حاکی از شرایط بهتر برای تکثیر و تولید نتاج آنها می‌باشد. در دهه‌های گذشته پارامترهای اقلیمی دنیا تغییر نموده و منجر به گرم شدن جهان و بالاخره تغییر اقلیم جهانی شده است. تغییرات مداوم آب و هوایی، عمدتاً با افزایش میانگین دما مشهود است. در ارتباط با تغییرات اقلیمی در سطح منطقه‌ای و جهانی، هم دما و هم دامنه دماهای روزانه (DRT) بر استقرار، گسترش و تنوع گونه‌های آفات در سیستم‌های مدیریتی کشاورزی تاثیر می‌گذارند. هنگامی که جمعیتی از حشرات تحت شرایط اقلیمی متفاوت قرار می‌گیرد، فنولوژی، تکثیر و سرعت رشد آنها به‌شدت تحت تاثیر قرار خواهد گرفت.

انتظار می‌رود که این تغییرات تاثیر قابل توجهی بر زیست بوم‌های جهان از جمله اکوسیستم‌های جنگلی که در برابر این تغییرات آسیب پذیر هستند داشته باشد. حشرات از جمله گونه‌های مضر برای سلامت جنگل‌ها، بیشترین اهمیت را دارند. تاثیر تغییر اقلیم بر حشرات جنگلی ممکن است در دامنه پراکنش آنها، فنولوژی، دامنه فعالیت، تعداد نسل‌ها و به‌طور غیر مستقیم از طریق تاثیر بر دشمنان طبیعی آنها دیده شود. پارامترهای اصلی آب و هوایی، یعنی دما و رطوبت، به‌طور مستقیم و غیر مستقیم بر حیات حشرات تاثیر می‌گذارند. تاثیرات مستقیم را می‌توان از طریق محدود کردن فعالیت لاروها و یا تحریک فعالیت لاروهای بالغین مشاهده کرد. تغییرات آب و هوایی می‌تواند سبب سازگاری تکاملی سریع‌تر از حد معمول شود. تحقیقات انجام شده برای تخمین تاثیر تغییرات آب و هوا بر رشد و فعالیت حشرات نتایجی را داشته است که می‌توان به آنها اشاره نمود.

گرم شدن کره زمین شرایط زندگی و حیات را برای گونه‌های چندخوار مساعد نموده است. این وضعیت ناشی از انعطاف‌پذیری اکولوژیکی بیشتر و توانایی سازگاری موجودات است. مشاهدات کلی تاثیر گرم شدن بر حشرات گیاه‌خوار نشان می‌دهد که دامنه گسترش گونه‌های گرمادوست در حال حاضر افزایش یافته است. این امر ناشی از تغییر دامنه به جهت شمالی و ارتفاعات بالاتر است. تعداد گونه‌های زمستان‌گذران در مرحله تخم در مقایسه با گونه‌هایی که در سایر مراحل رشد زمستان‌گذرانی می‌کنند، افزایش یافته است. دلیل وجودی این شرایط به افزایش متوسط دما در زمستان مربوط می‌شود. تنش ناشی از کمبود آب یکی از پیامدهای گرمایش زمین است. این شرایط می‌تواند تاثیرات متفاوتی بر پویایی جمعیت حشرات گیاه‌خوار داشته باشد. به‌طور کلی گونه‌هایی که در چوب رشد می‌کنند، واکنش مثبتی به کاهش رطوبت نشان می‌دهند. همه این تغییرات نشان می‌دهد که گرمای بیشتری نسبت به گذشته وجود دارد که شرایط مساعد را برای زنده مانی تخم‌ها و فعالیت لاروها فراهم کرده است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای دکتر محمد ابراهیم فرآشیانی و جناب آقای دکتر وحید اعتماد که راهنمای اینجانب برای نگارش این مقاله بوده‌اند کمال تشکر را دارم. همچنین از آقای مهندس محمدحسین ارسلانلو، دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه تهران که در تهیه منابع جهت استناد به آنها اینجانب را یاری نموده تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع

تقی‌زاده، ر. و ولی‌زادگان، ا. (۱۳۹۲). نقش عوامل اقلیمی در پراکنش حشرات،دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه.

خوش‌منش، ب .، پورهاشمی، ع .، سلطانیه، م.، و هرمیداس باوند، د. (۱۳۹۱). بررسی پیامدهای تغییر اقلیم از دیدگاه حقوق بشر. علوم تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۷ (۴): ۲۴۸-۲۳۷.

سرحوضکی، م.، اکبریان، ج.، و میرفخرایی، ش. (۱۳۹۲). پیامدهای تغییر اقلیم بر جمعیت حشرات آفت، دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط‌زیست. ارومیه.

فرامرزوش، ف.، قوستا، ی، کریم‌پور. ی و رزمی. (۱۳۹۰). اثرات احتمالی تغییر اقلیم روی آفات حشره‌ای. همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط‌زیست، ارومیه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی.

نصیری محلاتی،م. (۱۳۸۳).مطالعه شاخص‌های هوا شناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم.

Alley, W.M. (1984): On the Treatment of evapotranspiration, soil moisture accounting, and aquifer rechyarge in monthly water balance models, water resource Res., Vole 20 No 8.

Bradshaw, W.E., and Holzapfel, C.M. (2001). Genetic shift in photoperiodic response correlated with global warming. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98 (25): 14509- 14511.

Bala Nayak, S., Kavadana Sankara Rao, V Ramalakshmi, (2020). Impact of Climate Change on Insect Pests and their Natural Enemies. Volume 2; Issue 4; 2020; Page No. 579-584.

Coope, G. R. (1995). Insect faunas in ice age environments: why so little extinction? In J. Lawton R. May, eds. Extinction rates, pp 55-74. Oxford, UK, Oxford Univ. Press.

DeBach, P. (1965). Some biological and ecological phenomena associated with colonizing entomophagous insects. In: The genetics of colonizing species [Baker, H. G. and Stebbins, G. L (eds.)]. Academic Press, New York, NY, pp. 287-303.

Denlinger, D. L. (1991). Relationship between cold hardiness and diapause. In: Lee, R. E. and Denlinger, D. L. (eds.), Insect at Low Temperature, Chapman and Hall, New York. 174- 198.

Dore, M.H. (2005) Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? Environ. Int., 31, 1167–1181.

Eastburn, D., Degennaro, M., Delucia, E., Dermody, O., and McElrone, A. (2010). Elevated atmospheric carbon dioxide and ozone alter soybean diseases at Soy FACE. Global Change Biology, 16: 320-30.

Furstenberg-Hagg, J., Zagrobelny, M., and Bak, S. (2013). Plant defense against insect herbivores. International Journal of Molecular Sciences, 14: 10242-10297.

Hance, T., J. van Baaren, P. Vernon, and G, Boivin. (2007). Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective, in Annual review of entomology, pp. 107-126. Annual Reviews, Palo Alto.

IUCN, International union for conservation of nature and natural resource (2003). Change, adaptation of water resources management climate to change, published by IUCN. Switzerland.

Karolewski, P., Grzebyta, J., Oleksyn, J., and Giertych, M. J. (2007). Effects of temperature on larval survival rate and duration of development of *Lymantria monacha* (L.) on needles of *Pinus silvestris* (L.) and of *L. dispar* (L.) on leaves of *Quercus robur* (L.). Polish Journal of Ecology, 55(3): 595-600

Luck, J., Spackman, M., Freeman, A., Trebicki, P., Griffiths, W., Finlay, K., and Chakraborty, S. (2011). Climate change and diseases of food crops. Plant Pathology, 60: 113-121.

Porter, J. H., Parry, M. L., Carter, T. R. (1991). The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. Agrl and Forest Meteorol, 57: 221-240.

Reiners, S and C. Petzoldt (eds). (2005). Integrated Crop and Pest Management Guidelines for Commercial Vegetable Production. Cornell Cooperative Extension publication #124VG http://www.nysaes.cornell.edu/recommends/.

Warren, M. S., Hill, J. K., Thomas, J. A., Asher, J., Fox, R., Huntley, B. (2001). Rapid responses of British Butterflies to opposing forces of climate and habitat change Nature, 414: 65-69.

Zhou, X., Harrington, R., Woiwod, I.P., Perry, J.N., Bale, J.S., Clark, S.J. (1995) Effects of temperature on aphid phenology. Glob. Chang. Biol., 1: 303–313.

The effect of climate change on the geographical distribution and outbreak of plant pests in forest and pasture areas

P. Ehaghi[1*], V. Etemad[2], M.E. Farashiani[3], S. Khaleghi Sigarodi[4] and M.H. Arslanlu[5]

1- M.Sc. of forestry. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2- Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
4- Associate Prof., Department of Arid and Mountainous Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
5- M.Sc. Student. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

Climate change is known as one of the most important challenges of the current century. This concept is related to changes in the climate behavior of a region compared to long-term observations or records from the past and is considered among global environmental and economic challenges. Climate has a great influence on the distribution and abundance of insect species. Warmer temperatures generally lead to faster growth and survival of insects in mid to high latitudes. Physiological reactions of insects to warming temperatures due to their relatively short life cycles, high reproductive capacity and high degree of mobility can have a very large and rapid effect on the population dynamics of species. Getting to know the potential responses of insect populations to climate change makes us possible to evaluate the adaptation of pest management. This article tries to summarize the general effects of weather on pest transmission and how climate change will ultimately affect the distribution and population dynamics of species.

Keywords: Climate change, Distribution, pests.

*Corresponding author Tel: +98 9360962106 Email: parisa.eshaghi@ut.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

تحلیل مکانی پراکنش قطع غیرقانونی درختان در مناطق تحت حفاظت اداره کل محیط‌زیست و اداره کل منابع طبیعی استان گلستان

سید احمد موسوی نژاد[۱*] و شعبان شتایی جویباری[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

چکیده

قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌های جنگل و قاچاق چوب در استان گلستان بنا به دلایل متعدد از قبیل افزایش جمعیت، بیکاری و فقر جوامع محلی، حضور دام در جنگل، عدم نظارت کافی به دلیل توقف طرح‌های جنگلداری، افزایش قیمت چوب‌آلات و وابستگی معیشت مردم به چوب و محصولات جنگلی ناشی از قانون توقف طرح‌های جنگلداری در سال ۱۳۹۶ می‌تواند صورت گیرد. قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها را می‌توان نقض قوانین جنگل‌ها در نظر گرفت. این تحقیق با هدف تحلیل مکانی و مقایسه نقاط قطع درختان و درختچه‌ها در مناطق تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان و اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گلستان انجام شد. تحلیل الگوی پراکنش مکانی نقاط قطع درختان انجام شد. همچنین با آماره کلی و محلی گتیس درجه خوشه‌بندی نقاط و لکه‌های داغ/ سرد استان مشخص گردید. داده‌های خام مربوط به قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌های ثبت شده طی سه سال (۱۴۰۲-۱۴۰۰) توسط ادارات کل منابع طبیعی و حفاظت محیط زیست استان گلستان دریافت گردید. نتایج تحلیل و مقایسه مکانی نقاط قطع درختان و درختچه‌ها در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست نشان داد که در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی به تعداد ۱۱۳۶ نقطه وقوع قطع با تعداد ۷۲۸۸ اصله درخت و درختچه در مساحت ۳۹۳۰۴۲ هکتار و در مناطق حفاظت شده تحت مدیریت محیط‌زیست به تعداد ۵۰ نقطه وقوع قطع با تعداد ۶۱۹ اصله درخت و درختچه در مساحت ۱۳۶۸۴۹ هکتار می‌باشد. نرخ وقوع مکانی نقاط قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی ۰/۰۰۳ نقطه به هکتار و در مناطق تحت مدیریت محیط زیست ۰/۰۰۰۳۷ نقطه به هکتار می‌باشد. همچنین مشخص گردید که الگوی پراکنش نقاط قطع درختان و درختچه‌ها در تمامی مناطق به‌صورت تصادفی است. نتایج تحلیل مکانی با آماره گتیس نشان داد که مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی در جنگل‌های شهرستان علی‌آباد و جنگل‌های زاو بالا در مناطق حفاظت شده تحت مدیریت محیط‌زیست جزو لکه داغ (Hot Spot) استان از نظر قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌های جنگلی می‌باشد.

واژگان کلیدی: الگوی پراکنش، درجه خوشه‌بندی، لکه داغ، قطع غیرقانونی، منابع طبیعی، محیط‌زیست.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۴۸۴۱۴۴۰ ایمیل: ahmadmoosavi1374@gmail.com

مقدمه

جنگل‌های شمال ایـران جـز ء جنگل‌های پهن‌بـرگ جهان محسوب می‌شوند کـه زمـان پیـدایش آنهـا دوران ســوم زمین شناسی است (Mossadegh, 2018). ایــن جنگل‌ها از نظر تعداد گونه‌های درختی و درختچه‌ای جزو جنگل‌های غنی محسوب می‌شـوند. در حـدود ۸۰ گونه درختی و ۵۰ گونه درختچه‌ای به صورت طبیعـی در ایـن جنگل‌ها یافت می‌شـوند (Mohadjer et al., 2014).

رشد و توسعه در کشورهای جهان سوم یا در حال توسعه که ایران نیز از آن جمله می باشد، بیشتر وابسته به منابع طبیعی ازجمله جنگل‌ها است. بهره‌برداری غیراصولی از این عرصه‌ها به لحاظ رشد روز افزون جمعیت و افزایش نیاز جوامع به مواد غذائی، سوختی، ساختمانی و عرصه‌ای برای زندگی و توسعه صنایع، ازجمله مسائلی است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم منجر به تخریب جنگل‌ها می‌شود. طبق بررسی‌های انجام شده علل مختلفی به‌عنوان برخی از عوامل تخریب جنگل‌های شمال ایران ازجمله حضور دام در جنگل، افزایش نرخ رشد جمعیت، عدم وجود قوانین شفاف و قابل اجرا، تغییر کاربری اراضی، عدم انجام فعالیت‌های آموزشی و ترویجی گزارش شده است (رضوانی و هاشم زاده، ۱۳۹۳). علاوه بر این، یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب جنگل‌ها، قاچاق چوب است که در واقع قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها است. با این حال، تعریف قاچاق چوب می‌تواند بسته به نوع برداشت چوب متفاوت باشد (Miller et al., 2006). درمجموع، هرگونه قطع غیرمجاز که به توسعه پایدار جنگل لطمه وارد کند، می‌تواند به‌عنوان قاچاق چوب تلقی شود. اما همین قطع غیرمجاز را می‌توان با مجوزهای قانونی انجام داد که در صورت عدم نظارت صحیح می‌تواند منجر به قطع غیرقانونی درخت شود. به‌عبارت‌دیگر، هرگونه قطع درخت و درختچه به‌طور غیرقانونی از طریق نقض قوانین و مقررات مربوطه را می‌توان قاچاق چوب نامید (Callister 1999; Contreras-Hermosilla, 2002). براساس قوانین داخل کشور خرید و فروش، حمل‌ونقل و نگهداری کالا برخلاف مقررات مربوطه را عمل قاچاق و محموله را نیز کالای قاچاق می‌گویند. چوب قاچاق چوبی است که مراحل قطع، استحصال و حمل آن بدون مجوز لازم صورت گرفته و به عبارت دیگر فاقد پروانه قطع و صورتمجلس استحصال بوده و پروانه حمل نیز نداشته باشد (مواد ۴۲ و ۴۸ قانون حفاظت و بهره برداری از جنگلها و مراتع).

با ممنوعیت قانونی قطع درختان در برنامه ششم توسعه کشور در قالب بند ف ماده ۳۸ (تحت عنوان طرح تنفس) در جنگل‌های شمال ایران و با توجه به نیاز روستائیان، جنگل‌نشینان و صنایع به چوب، به نظر می‌رسد که روند قطع غیرقانونی درختان تغییر کرده است. اشتغال یکی از مهم‌ترین مسائل زندگی بشر است که در جوامع مختلف به شکل‌های متفاوتی جلوه می‌کند. در کشورهای در حال توسعه، عواملی مانند توزیع ناعادلانه درآمدها، امکانات و فرصت‌ها در بین مردم، پدیده‌هایی مانند مهاجرت، معضل اجتماعی و فقر را به دنبال دارد. به‌کارگیری نیروی انسانی مهم‌ترین هدف برای جلوگیری از هدر رفتن توانایی‌های جامعه در هر کشوری است. از سوی دیگر بیکاری عامل بسیاری از نابسامانی‌ها ازجمله قاچاق است (نیکویی و همکاران، ۱۴۰۱). بر حسب مطالعات برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEP) و سازمان پلیس جنایی بین‌المللی (ICPO)، فعالیت‌های غیرقانونی چوب به‌طورکلی شامل روش‌های سنتی برداشت و استفاده از ابزار سنتی مانند تبر، اره و اره‌برقی برای قطع درختان است که ریشه در فقر روستایی ساکنان حاشیه جنگل دارد، درحالی‌که قاچاقچیان چوب‌آلات جنگلی به‌طورکلی از این روش برای قطع درخت استفاده نمی‌کنند (Kumar and Agarwal, 2016).

چوب‌برداری غیرقانونی به‌عنوان فرآیندی در نظر گرفته می‌شود که شامل فعالیت‌های غیرقانونی قبل از قطع درختان (دریافت مجوز)، قطع غیرقانونی درختان، حمل‌ونقل غیرقانونی و پردازش غیرقانونی است. جالب اینجاست که بیشتر تعاریف، این فعالیت‌ها را از منظر قوانین قابل اجرا در کشوری که در آن انجام می‌شود ارزیابی می‌کنند. با پیروی از این رویکرد، قطع

غیرقانونی چوب را می‌توان تمام فعالیت‌هایی در نظر گرفت که در هنگام برداشت، حمل‌ونقل یا فروش چوب برخلاف قوانین ملی انجام می‌شوند (Brack and Hayman, 2001). یک تعریف تقریباً مشابه شامل "کلیه اقدامات مربوط به برداشت، پردازش و تجارت چوب است که با قوانین ملی و داخلی مطابقت ندارد" (Kleinschmit et al., 2016). در این رابطه، رویه برداشت ممکن است غیرقانونی باشد؛ از جمله ابزارهای غیرقانونی برای دسترسی به جنگل‌ها، استخراج بدون مجوز یا از منطقه حفاظت شده، قطع گونه‌های حفاظت شده یا استخراج الوار بیش از حد توافق شده. موارد غیرقانونی نیز ممکن است در حین حمل‌ونقل رخ دهد؛ ازجمله پردازش و صادرات غیرقانونی، اظهار نادرست به گمرکات و اجتناب از مالیات و سایر موارد مرتبط با پول (Brack and Hayman, 2001).

قطع غیرقانونی درختان و تجارت مرتبط با آن را می‌توان زیرمجموعه‌ای از نقض قوانین جنگل‌ها در نظر گرفت (Tacconi et al., 2007). یکی از مهم‌ترین تهدیدهایی که متوجه جنگل‌های شمال ایران است و سبب تخریب آنها می‌شود، بهره‌برداری‌های غیرمجاز در قالب قطع و برداشت‌های غیرمجاز (Shirzadi Laskookalaye et al., 2021) و قاچاق چوب‌آلات جنگلی است (Afrand et al., 2009).

قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها و قاچاق چوب و تجارت مرتبط با این موضوع مدت‌هاست که از مسائل جدی جهانی با اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی بوده است (Gutierrez-Velez and MacDicken, 2008; Reboredo, 2013; Zhang et al., 2016). قطع غیرقانونی درختان درواقع به دلیل تأثیرات منفی آن مورد انتقاد قرار می‌گیرد، زیرا تنوع زیستی را از بین می‌برد و تأثیرات منفی اقتصادی و اجتماعی بر جمعیت فقیر دارد، چون بسیاری از جوامع فقیر ساکن در نزدیکی جنگل‌ها از محصولات جنگلی استفاده می‌کنند. با این حال، این جوامع فقیر از فعالیت شرکت‌های چوب‌بری و بازیگران قدرت رنج می‌برند. این اثرات فراتر از محدوده یک کشور خاص است. با افزایش تقاضا برای چوب، کاغذ و محصولات مشتق از آن، تجارت بین‌المللی چوب در حال رشد است که خطر قطع غیرقانونی درختان را افزایش می‌دهد. تخلفات مرتبط با قطع غیرقانونی درختان، بنا به ماهیت خود، اثرات متفاوتی بر محیط‌زیست، اقتصاد یا جامعه دارد (Tacconi, 2016; Brack, 2007). فعالیت‌های غیرقانونی منجر به اقدامات ناپایدار، کاهش ارزش توده‌های جنگلی و کاهش ارزش خدمات مختلف زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی جنگل‌ها می‌شود (MCPFE, 2007).

این مقاله با هدف تحلیل مکانی و مقایسه نقاط قطع درختان و درختچه‌ها در مناطق تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان و اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گلستان انجام و درجه خوشه‌بندی نقاط و لکه‌های داغ/ سرد مشخص شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با مساحت ۲۰۴۶۰٫۷ کیلومترمربع در محدوده جغرافیایی ۵۴ تا ۵۶ درجه طول شرقی و ۳۰٫۳۶ تا ۱۵٫۳۸ درجه عرض شمالی واقع شده است که از شمال به کشور ترکمنستان (دارای ۴۳۸ کیلومتر مرز خشکی و ۹۰ کیلومتر مرز آبی)، از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به استان مازندران و دریای خزر محدود می‌شود (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷)، مساحت جنگل‌های استان حدود ۴۵۲۰۰۰ هکتار (پهن‌برگ و سوزنی‌برگ) است (بخش آمار یگان حفاظت استان گلستان).

داده‌ها

ابتدا محدوده جنگل‌های تحت مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان تهیه شد. سپس مختصات جغرافیایی درختان و درختچه‌های قطع شده از گونه‌های مختلف طی سه سال (۱۴۰۲-۱۴۰۰)، بر اساس دفاتر ثبت تخلفات محیط‌زیست و منابع طبیعی استخراج شد. در مرحله بعد این مختصات جغرافیایی از طریق نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بر روی نقشه استان اعمال گردید. لازم به ذکر است که درختان قطع شده با حجم چوب آلات قاچاق ضبط شده و قاچاق واقعی، همواره نسبت ثابتی با یکدیگر ندارند و درختان قطع شده نسبتی از کل قاچاق هستند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پراکنش نقاط قطع درختان و درختچه‌ها در مناطق تحت حفاظت منابع طبیعی و محیط‌زیست در نرم‌افزار ArcGIS بر روی نقشه استان نمایش داده شد. شکل‌های ۱ و ۲ نقشه پراکنش نقاط قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها را در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست نشان می دهد.



شکل ۱- نقشه محدوده جنگل‌های تحت مدیریت منابع طبیعی و نقاط قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها



شکل ۲- نقشه محدوده جنگل‌های تحت مدیریت محیط‌زیست و نقاط قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها در این مناطق

در محیط نرم‌افزار ArcGIS بر روی لایه نقاط می‌توان تعداد نقاط درختان قطع شده را در بخش attribute table مشاهده نمود. برای به دست آوردن مساحت هر پلی گون در بخش attribute table یک ستون جدید جهت درج مساحت ایجاد و سپس مساحت پلی گون‌ها محاسبه گردید.

سپس برای مقایسه قطع درختان و درختچه‌ها در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست می‌بایست نسبت مساحت به تعداد کل درختان و درختچه‌های قطع شده را به دست آورده شد که به‌صورت زیر محاسبه گردید:

مساحت مناطق تحت مدیریت ÷ تعداد نقاط قطع درختان و درختچه‌ها = نسبت مساحت به نقاط وقوع قطع درخت و درختچه

مساحت مناطق تحت مدیریت ÷ تعداد اصله‌های درختان و درختچه‌های مقطوعه = نسبت مساحت به اصله‌های مقطوعه

تعداد نقاط قطع درختان و درختچه‌ها ÷ مساحت مناطق تحت مدیریت = نسبت تعداد نقاط قطع به کل مساحت

تعداد اصله‌های درختان و درختچه‌های مقطوعه ÷ مساحت مناطق تحت مدیریت = نسبت تعداد اصله‌های مقطوعه به کل مساحت

تحلیل الگوی پراکنش و تحلیل مکانی خوشه بندی نقاط داغ/ سرد با استفاده از شاخص گتیس:

در این روش از شاخص کلی گتیس در نرم‌افزار ArcGIS برای مشخص کردن درجه خوشه‌بندی (خوشه‌بندی بالا/ پایین) استفاده شد.

عارضه‌ای لکه داغ تلقّی می‌شود که هم خود عارضه و هم عارضه‌های همسایه آن به لحاظ مقادیر بالا یا پایین با دیگر نقاط ازنظر آماری معنی‌دار باشند. نقاط داغ یعنی در حالت معنی‌داری آماری با z-score مثبت، مقادیر با z-score بالا یعنی نقاط با شدت خوشه‌بندی بالا و با مقادیر ارزش‌های بالا.

نقاط سرد یعنی نقاط با شدت خوشه‌بندی بالا و با ارزش‌های پایین (در حالت معنی‌داری آماری برای z-score منفی یا نقاط با z-score پایین)

نتایج

پس از انجام تحلیل فراوانی مکانی نقاط و درختان قطع شده غیرقانونی، مشخص گردید که در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی به مساحت ۳۹۳۰۴۲ هکتار، تعداد ۱۱۳۶ نقطه وقوع قطع غیرقانونی به تعداد ۷۲۸۸ اصله درخت و درختچه و در مناطق حفاظت شده تحت مدیریت محیط‌زیست به مساحت ۱۳۶۸۴۹ هکتار، تعداد ۵۰ نقطه وقوع قطع غیرقانونی به تعداد ۶۱۹ اصله درخت و درختچه وجود دارد. محاسبه نسبت و نرخ فراوانی وقوع قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها در مناطق تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی استان به شرح زیر می‌باشد:

نسبت مساحت کل عرصه‌های تحت مدیریت منابع طبیعی به تعداد نقاط قطع درخت و درختچه:

(هکتار) ۳۴۵,۹۹ = ۱۱۳۶ ÷ ۳۹۳۰۴۲

نسبت مساحت کل عرصه‌های تحت مدیریت منابع طبیعی به تعداد درخت و درختچه‌های قطع شده غیرقانونی:

(هکتار) ۵۳/۹۳ = ۷۲۸۸ ÷ ۳۹۳۰۴۲

نرخ وقوع مکانی نقاط قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها:

(نقطه به هکتار) ۰/۰۰۳ = ۳۹۳۰۴۲ ÷ ۱۱۳۶

نرخ وقوع مکانی تعداد قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها:
(تعداد به هکتار) ۰/۰۱۹ = ۳۹۳۰۴۲ ÷ ۷۴۸۸

براساس محاسبات انجام شده (جدول ۱) در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی تقریباً در هر ۳۴۶ هکتار یک نقطه قطع و در هر ۵۴ هکتار یک اصله درخت یا درختچه قطع می‌شود. براساس محاسبات انجام شده (جدول ۲) در مناطق تحت مدیریت محیط‌زیست تقریباً در هر ۲۷۳۷ هکتار یک نقطه قطع و در هر ۲۲۱ هکتار یک اصله درخت یا درختچه قطع می‌شود که نشان می‌دهد مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی از نقاط قطع و تعداد اصله درختان و درختچه‌های مقطوعه بیشتری برخوردار می‌باشد (تعداد نقاط وقوع قطع درخت و درختچه در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی با توجه به مساحت تقریباً ۸ برابر و ازنظر تعداد اصله‌های مقطوعه تقریباً ۴ برابر بیشتر از مناطق تحت مدیریت محیط‌زیست می‌باشد).

جدول ۱- نرخ قطع به تفکیک بازه زمانی (سال) در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی

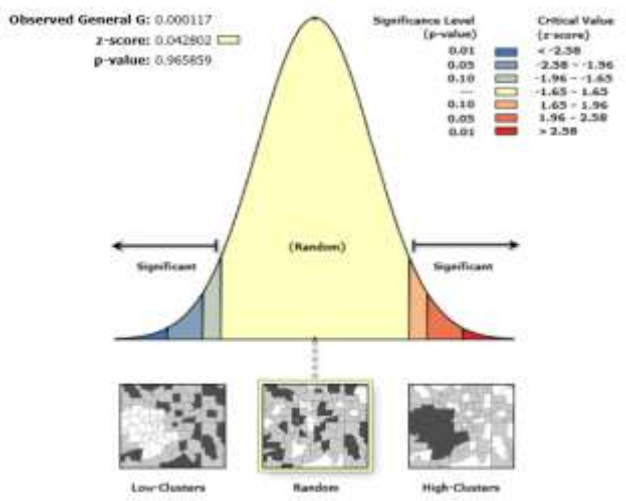
مساحت جنگل (منابع طبیعی)	سال	تعداد نقاط قطع درخت و درختچه	تعداد درختان و درختچه های مقطوعه	نسبت مساحت به نقاط قطع	نسبت مساحت به تعداد اصله های مقطوعه	نسبت تعداد نقاط قطع به کل مساحت(N/ha)	نسبت تعداد اصله‌های مقطوعه به کل مساحت (n/ha)
۳۹۳۰۴۲	۱۴۰۰	۴۹۹	۳۹۴۰	۷۸۷.۷	۹۹.۸	۰.۰۰۱۳	۰.۰۱
	۱۴۰۱	۳۶۱	۲۰۰۶	۱۰۸۸.۸	۱۹۵.۹	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۵
	۱۴۰۲	۲۷۶	۱۳۴۲	۱۴۲۴.۱	۲۹۲.۹	۰.۰۰۰۷	۰.۰۰۳
کل (۳ سال)		۱۱۳۶	۷۲۸۸	۳۴۵.۹۹	۵۳.۹	۰.۰۰۳	۰.۰۱۹

نسبت و نرخ فراوانی وقوع قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها در مناطق تحت مدیریت اداره کل محیط زیست استان به شرح زیر می‌باشد:
نسبت مساحت کل عرصه‌های تحت مدیریت محیط زیست به تعداد نقاط قطع درخت و درختچه:
(هکتار) ۲۷۳۶,۹۸ = ۵۰ ÷۱۳۶۸۴۹
نسبت مساحت کل عرصه‌های تحت مدیریت محیط زیست به تعداد درخت و درختچه‌های قطع شده غیرقانونی:
(هکتار) ۲۱۱/۰۸ = ۶۱۹ ÷۱۳۶۸۴۹
نرخ وقوع مکانی نقاط قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها:
(نقطه به هکتار) ۰/۰۰۰۳۷ = ۵۰÷۱۳۶۸۴۹
نرخ وقوع مکانی تعداد قطع غیرقانونی درختان و درختچه‌ها:
(تعداد به هکتار) ۰/۰۰۴۵ = ۱۳۶۸۴۹ ÷۶۱۹

جدول ۲- نرخ قطع به تفکیک بازه زمانی (سال) در مناطق تحت مدیریت محیط‌زیست

مساحت جنگل (محیط زیست)	سال	تعداد نقاط قطع درخت و درختچه	تعداد درختان و درختچه های مقطوعه	نسبت مساحت به نقاط قطع	نسبت مساحت به تعداد اصله های مقطوعه	نسبت تعداد نقاط قطع به کل مساحت(N/ha)	نسبت تعداد اصله‌های مقطوعه به کل مساحت (n/ha)
۱۳۶۸۴۹	۱۴۰۰	۱۱	۱۰۹	۱۲۴۴۰.۸	۱۲۵۵.۵	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۰۸
	۱۴۰۱	۲۰	۲۵۸	۶۸۴۲.۵	۵۳۰.۴	۰.۰۰۱۵	۰.۰۰۱۹
	۱۴۰۲	۱۹	۲۵۲	۷۲۰۲.۶	۵۴۳.۱	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۱۸
کل (۳ سال)		۵۰	۶۱۹	۲۷۳۶.۹۸	۲۲۱.۱	۰.۰۰۳۷	۰.۰۰۴۵

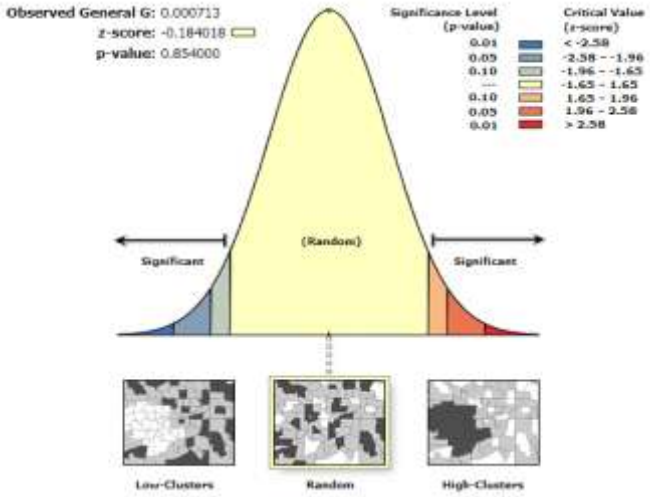
نتایج تحلیل الگوی پراکنش مکانی و درجه خوشه‌بندی نقاط درختان و درختچه‌های مقطوعه با استفاده از شاخص کلی گتیس در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- نتایج تحلیل مکانی الگوی پراکنش مکانی و درجه خوشه‌بندی (بالا/ پایین) در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی

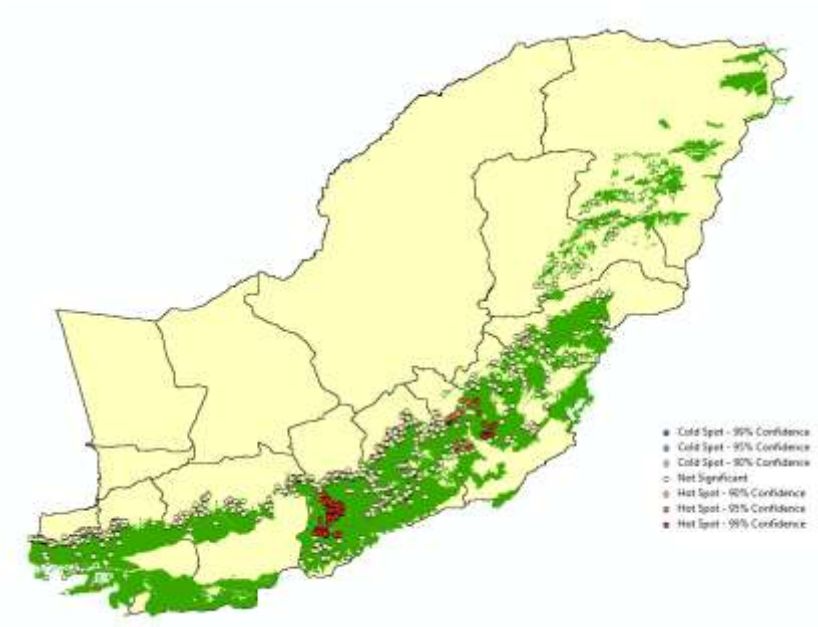
درجه خوشه‌بندی نقاط درختان و درختچه‌های مقطوعه با استفاده از شاخص کلی گتیس در مناطق تحت مدیریت محیط‌زیست در شکل ۴ ارائه شده است.

با توجه به z-score محاسبه شده در شکل ۳ و ۴ الگوی پراکنش نقاط در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست کاملاً تصادفی می‌باشد.



شکل ۴- نتایج تحلیل مکانی الگوی پراکنش مکانی و درجه خوشه‌بندی (بالا/ پایین) در مناطق تحت مدیریت محیط‌زیست

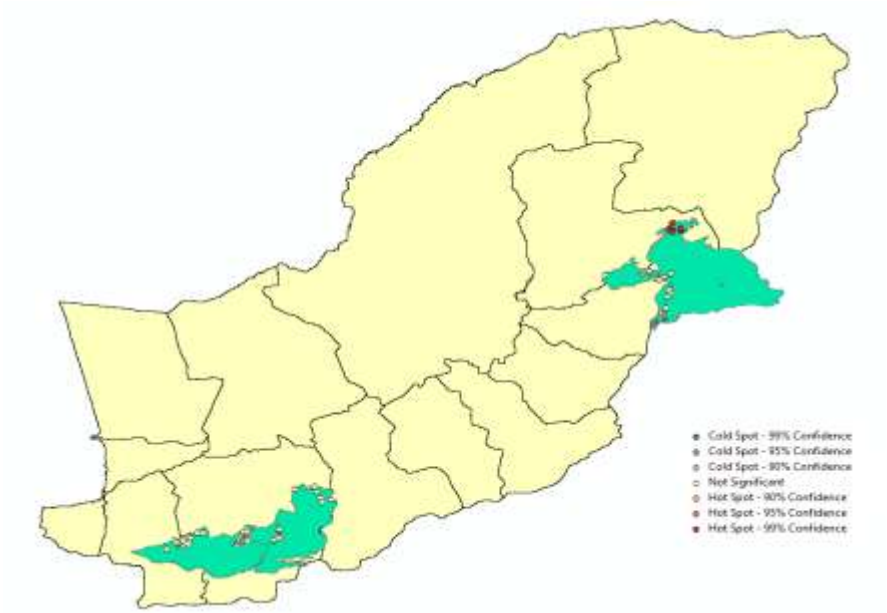
نتایج تحلیل لکه داغ/ سرد برای نقاط قطع درخت و درختچه در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵- نتایج لکه داغ/ سرد در مناطق جنگلی تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان

براساس شکل ۵ در جنگل شهرستان علی‌آباد در سطح احتمال ۹۹ درصد و در جنگل شهرستان آزادشهر در سطح احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد لکه داغ وجود دارد و بر اساس شکل ۶ در منطقه حفاظت شده زاو بالا در سطح احتمال ۹۹ درصد لکه داغ وجود دارد.

نقشه پراکنش لکه داغ/ سرد برای نقاط قطع درخت و درختچه در منابع تحت مدیریت محیطزیست در شکل ۶ ارائه شده است.



شکل ۶- نتایج لکه داغ/ سرد در مناطق تحت مدیریت اداره کل حفاظت محیطزیست استان گلستان

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی قطع درخت بیشتری رخ می‌دهد باید شناسایی کرد که بیشترین عامل تأثیرگذار بر قطع درخت چه مؤلفه‌ای می‌تواند باشد، اما می‌توان گفت از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر وقوع قطع درخت تردد آزادانه خودروها به عرصه‌های جنگلی است، چراکه تردد در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی آزاد و در مناطق تحت مدیریت محیطزیست نسبتاً کنترل شده است (به دلیل یکسری ملاحظات زیست‌محیطی، گاوبانگی و ...).

از عوامل دیگر می‌توان به تعدد راه‌های جنگلی در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی به نسبت محیطزیست اشاره کرد، چرا که از دیدگاه محیطزیست، بکر و دست‌نخورده نگه‌داشتن مناطق از اولویت‌های حفاظت می‌باشد. به همین دلیل از ایجاد راه‌ها فرعی جنگلی تا حد زیادی جلوگیری به‌عمل‌آمده است که منجر به کاهش تردد در داخل جنگل شده و به‌تبع آن قطع درخت کاهش یافته است.

همچنین بخشی از وقوع قطع درخت و درختچه در مناطق تحت مدیریت منابع طبیعی بر اثر ورود دامداران ذی‌حق یا غیرمجاز می‌باشد که برخی از آنان به بهانه‌های مختلف از قبیل معیشت، گرما و ... به‌طور غیرمجاز اقدام به قطع درخت و درختچه می‌نمایند که درنهایت به دلیل وجود برخی از خلأهای قانونی تبرئه می‌گردند. اما در مناطق حفاظت شده محیطزیست ورود دام براساس: "بند د ماده ۱۰ قانون شکار و صید"، "ماده ۱۶ قانون حفاظت خاک "و "ماده ۱۱ آیین‌نامه اجرایی قانون حفاظت و بهسازی محیطزیست" ممنوع است و جرم محسوب می‌شود که تأثیر بسزایی در کاهش قطع درختان و درختچه‌ها دارد.

از دلایل دیگر که گرچه نقش پررنگی در قطع درختان و درختچه‌ها ندارد، اما نمی‌توان آن را نادیده گرفت، مقدار بودجه و اعتبارات تخصیص یافته به منابع طبیعی می‌باشد. هرچند اینکه چرا بودجه کمی به منابع طبیعی تخصیص می‌یابد یا چه

عواملی در این امر نقش دارند جای بحث است، اما می‌توان گفت که به‌طور غیرمستقیم براساس یکسری سلسله مراتب بر روی قطع درختان و درختچه‌ها تأثیر دارد. به‌طور مثال، درختان و درختچه‌ها برای حفاظت نیاز به جنگلبان دارند و جنگلبان برای حفاظت نیاز به انگیزه دارد که متأسفانه براساس بررسی‌های صورت گرفته جنگلبانان از حقوق و مزایای ناچیزی برخوردارند.

در نهایت می‌توان گفت که به‌منظور جلوگیری از قطع درختان و درختچه‌ها می‌بایست ابتدا مناطقی که بیشترین نقاط وقوع قطع را دارند مشخص و مهم‌ترین عوامل مکانی که بر روی قطع درختان و درختچه‌ها تأثیر دارند را شناسایی کرد تا بر این اساس برنامه‌ای تدوین شود تا مدیریت به نحو احسن انجام گیرد.

منابع

Afrand, H., Hassanzad, A., and Naghdi, R. (2009). Designing a model to determine the target area to combat forest timber smuggling in the Siahrood Amlash forestry plan. Third National Forest Conference, Karaj - Iranian Forestry Association, 11 pages.

Brack, D., (2007). Illegal Logging, Chatman House Briefing Paper.

Brack, D. and Hayman, G., (2001). Intergovernmental actions on illegal logging: options for intergovernmental action to help combat illegal logging and illegal trade in timber and forest products. The Royal Institute of International Affairs.

Contreras-Hermosilla, A., (2002). Illegal forest production and trade: an overview (English). Washington, D.C.: World Bank Group.

Gutierrez-Velez, V.H. and MacDicken, K. (2008) Quantifying the direct social and governmental costs of illegal logging in the Bolivian, Brazilian, and Peruvian Amazon. For. Policy Econ. 10: 248–256.

Javanmiri Pour, M., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V., and Zobeyri, M. (2014). The Effects of Grazing on Change and Diversity of Natural Regeneration (A Case Study: Patom District, Kheyroud).

Kleinschmit, D., Leipold, S., and Sotirov, M., (2016). Understanding the Complexities of Illegal Logging and Associated Timber Trade' (eds.) Illegal Logging and Related Timber Trade – Dimensions, Drivers, Impacts and Responses: A Global Scientific Rapid Response Assessment. International Union of Forest Research Organisations.

Kumar, J. and Agarwal, RG. (2016). Design and development of electronic tree surveillance system for detection of illegal wood cutting, Ph.D. Dissertation, Thapar Institute of Engineering and Technology, formerly Thapar University, Punjab, India, 185 p.

MCPFE (2005). Combating Illegal Harvesting and Related Trade of Forest Products in Europe, Report for the MCPFE Workshop held in Madrid, Spain 3-4 November 2005.

Miller, F, Taylor, R, and White, G. (2006). Keep it legal, best practices for keeping illegally harvested timber out of your supply chain, WWF, Global Forest and Trade Network, pp. 203-318.

Mossadegh, A. (2018). Silviculture. University of Tehran Press. 496 p.

Rezvani, M, and Hashemzadeh, F. (2014). Investigating the effective factors on forest degradation and impact of removing livestock from district 14 of the northern forests of Iran: An environmental and economic perspective (Fuman, Iran). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 20: 125-138 (In Persian).

Reboredo, F. (2013) Socio-economic, environmental, and governance impacts of illegal logging. Environ. Syst. 33: 295–304.

Shirzadi Laskookalaye, S., Amirnejad, H., and Hoseini, S. (2021). The Investigation on the economic and social consequences of forest logging in Mazandaran Province. Iranian Journal of Forest, 12(4): 491- 506.

Tacconi, L., (2007) . The Problem of Illegal Logging, in Illegal Logging: Law Enforcement, Livelihoods and the Timber Trade, Luca Tacconi eds, pp 1-16.

Zhang, X., Xu, B., Wang, L., Yang, A. and Yang, H., (2016) Eliminating illegal timber consumption or production: Which is the more economical means to reduce illegal logging? Forests 7: 191.

Spatial analysis of the distribution of illegal cutting of trees in areas protected by the General Department of Environment and the General Department of Natural Resources of Golestan Province

S.A. Mousavinejad[1*] and Sh. Shataee Jouibary[2]

1- M.Sc Student in Forest Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2- Prof., Department of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Abstract

Illegal logging of trees and shrubs in Golestan province occurs for various reasons such as population growth, unemployment, and poverty in local communities, the presence of livestock in the forest, insufficient oversight due to the halt of forestry plans, rising prices of timber, and the reliance of people's livelihoods on wood and forest products stemming from the law that halted forestry plans in 2017. Illegal logging of trees and shrubs can be considered a violation of forest laws. This research was conducted with the aim of spatial analysis and comparison of logging sites in areas managed by the General Office of Natural Resources and Watershed Management of Golestan province and the General Office of Environmental Protection of Golestan province. The spatial distribution pattern of logging points was analyzed. Additionally, using general and local statistics, the clustering degree of points and hot/cold spots was determined in the province. The raw data related to illegal logging of trees and shrubs was obtained from the General Office of Natural Resources and Watershed management and Environmental Protection of Golestan province for three years (2021-2023). The results of the analysis and spatial comparison of logging points in the areas under the management of natural resources and the environment offices showed that in the areas managed by natural resources offices, there have been 1136 recorded incidents of cutting, involving 7288 trees and shrubs over an area of 393,042 hectares. In protected areas managed by the environment offices, there have been 50 recorded incidents of cutting, involving 619 trees and shrubs over an area of 136,849 hectares. The rate of occurrence of illegal tree and shrub cutting incidents in the areas managed by natural resources offices is 0.003 points per hectare, and in the areas managed by the environment offices, is 0.00037 points per hectare. It has also been determined that the spatial pattern of these cutting points throughout all areas is random. Spatial analysis results using the Getis statistic showed that the areas managed by natural resources offices in the forests of Aliabad County and the upper Zav forests in the protected areas managed by the environment offices are considered hot spots in the province in terms of illegal cutting of forest trees and shrubs.

Keywords: Spatial pattern, Clustering rate, Hot spot, Illegal logging, Natural resources office, Envirormental protection office.

*Corresponding author Tel: +98 09114841440 Email: ahmadmoosavi1374@gmail.com

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

مقایسه پاسخ بیوشیمیایی گونه پده و هیبرید رقم مفید تحت تنش شوری

هاشم میری[۱]، پیام فیاض[۲*] و رقیه ذوالفقاری[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.
۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

چکیده

شوری یکی از عوامل محدود کننده در مناطق خشک و بیابانی است که می‌تواند پراکنش گونه‌های گیاهی را تحت تاثیر قرار دهد. یکی از گونه‌های مقاوم به تنش شوری گونه پده می‌باشد. این پژوهش به منظور بررسی پاسخ‌های بیوشیمیایی گونه پده (*Populus euphratica* Oliv.) و هیبرید آن با گونه کبوده (رقم مفید) تحت شرایط تنش شوری انجام شد. آزمایش با استفاده از قلمه‌های تهیه شده از ۱۲ پرووننانس مختلف پده و یک هیبرید بین‌گونه‌ای در گلخانه دانشگاه یاسوج انجام شد. نهال‌ها به مدت دو ماه تحت تیمار شوری با غلظت نهایی ۱۵۰ میلی‌مولار نمک طعام قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل غلظت سدیم و پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم، غلظت اسمولیت‌ها و فلاونوئیدها در برگ دو گونه مورد مطالعه بودند. نتایج نشان داد که اثر شوری و اثر متقابل گونه و شوری بر میزان سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم و اسمولیت‌ها معنی‌دار است، به طوری که با افزایش سطح شوری، غلظت سدیم و اسمولیت در برگ هر دو گونه افزایش یافت، اما این افزایش در هیبرید مفید شدیدتر بود. نتایج نسبت پتاسیم به سدیم نشان داد که میزان آن در پده بیشتر از هیبرید مفید تحت تنش شوری افزایش یافت. میزان فلاونوئیدها در دو گونه تفاوت معنی‌داری نداشتند و تنها تحت تنش شوری افزایش یافتند. این یافته‌ها نشان داد که پده با حفظ تعادل یونی بهتر و افزایش کمتر غلظت سدیم، مقاومت بیشتری نسبت به شوری دارد. این مطالعه اطلاعات ارزشمندی در مورد سازوکارهای تحمل به شوری در این گونه‌ها ارائه می‌دهد که می‌تواند در مدیریت اراضی شور و برنامه‌های اصلاح نژاد مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: اسمولیت، تنش شوری، فلاونوئیدها، نسبت پتاسیم به سدیم.

مقدمه

شوری از عوامل مهم محدودکننده گیاهان در زمین‌های کشاورزی و رویشگاه‌های طبیعی و نیز عامل گسترش بیابان‌زایی است که حدود هفت درصد از اراضی جهان (۹۳۰ میلیون هکتار) را تحت تاثیر خود قرار داده است (Kafi, 2009). کاهش ریزش‌های جوی، افزایش تبخیر و تعرق و آبیاری غیراصولی موجب تجمع املاح در خاک و گسترش زمین‌های شور می‌شود (معاونی، ۱۳۸۹). در ایران بخش زیادی از مناطق خشک و نیمه خشک به‌ویژه در دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان و شمال غرب دارای خاک شور با درجات متفاوت است (Momeni, 2010). تجمع نمک‌ها می‌تواند به سرعت به

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۷۸۴۲۳۶۹۴ ایمیل: pfayyaz@yu.ac.ir

سطحی از شوری برسد که برای گیاهان زیان‌آور باشد که منجر به کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (بیرانوند و همکاران، ۱۳۹۶). تأثیر تنش شوری بر گیاهان شامل برهم زدن تعادل یونی، سمیت یونی و اختلال در پتانسیل اسمزی است (Frary et al., 2010).

گونه پده (*Populus euphratica* Oliv.) از گونه‌های درختی بخش تورانگا (Turanga Bge.) از کهن‌ترین بخش‌های پنج‌گانه جنس صنوبر می‌باشد (FAO, 1979). پراکنش جغرافیایی و طبیعی این گونه در حاشیه رودخانه‌های دائمی یا فصلی است که در دو قاره آسیا و آفریقا و بخش‌هایی از قاره اروپا حضور دارد (Fay et al., 1999). از مکانیسم‌های شناخته شده در گونه پده برای مقاومت در مقابل شوری جلوگیری از ورود سدیم به شیره خام، تسهیل خروج سدیم از ریشه به خاک، افزایش تجمع سدیم در واکوئل (کده‌بندی) و افزایش جذب پتاسیم می‌باشد (Chen et al., 2002). پراکنش طبیعی درختان پده کشورهای زیادی را تحت پوشش قرار داده و رویشگاه‌های طبیعی آن در قاره‌های آسیا، اروپا و آفریقا می‌باشد. درخت پده از جهت شرق به غرب به جز سطح کوچکی از اسپانیا از کشورهای مراکش وارد شده است (Sun et al., 2012).

هیبریداسیون به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله شوری مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. هیبریدهای حاصل از ترکیب ژنوتیپ‌های متحمل و حساس می‌توانند ویژگی‌های مطلوب هر دو والد را به ارث برده و در شرایط تنش عملکرد بهتری از خود نشان دهند. همچنین هیبریدهای بین گونه‌های بومی و گونه‌های پرمحصول می‌توانند ضمن حفظ خصوصیات اکولوژیک، از لحاظ تولید اقتصادی نیز عملکرد بالایی داشته باشند. در این راستا، هیبرید *Populus euphratica* و *Populus alba* به‌دلیل ویژگی‌های برتر هر دو والد، گزینه‌ای مناسب برای بررسی تحمل به شوری است.

گیاهان برای مقابله با تنش شوری، سازوکارهای مختلفی را توسعه داده‌اند که شامل سازگاری‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی متنوعی است. یکی از مهم‌ترین راهبردهای گیاهان در برابر تنش شوری، تولید و تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند پرولین، بتائین و قندهای محلول است. این ترکیبات با تنظیم فشار اسمزی سلول‌ها و حفظ آب درون سلولی، نقش حیاتی در بهبود مقاومت گیاهان به شوری ایفا می‌کنند. علاوه بر این، اسمولیت‌ها به تثبیت ساختار پروتئین‌ها و غشاها و کاهش اثرات مخرب ناشی از تنش اکسیداتیو کمک می‌کنند. از این رو، بررسی میزان تجمع اسمولیت‌ها در گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند به شناسایی گونه‌ها یا ژنوتیپ‌های متحمل کمک کند. اثربخشی این سازگاری‌ها می‌تواند به طور قابل‌توجهی بین گونه‌ها و شرایط محیطی متفاوت باشد که نشان دهنده تعامل پیچیده بین مکانیسم‌های پاسخ به تنش و فیزیولوژی گیاه است (Hmidi et al., 2018).

یکی دیگر از سازوکارهای کلیدی گیاهان در برابر شوری، حفظ تعادل یونی، به‌ویژه هموستازی سدیم و پتاسیم است. افزایش غلظت سدیم در خاک سبب اختلال در جذب پتاسیم، که برای بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک ضروری است، می‌شود. پتاسیم نقش اساسی در تنظیم اسمزی، فعالیت آنزیم‌ها، فتوسنتز و انتقال سیگنال‌های سلولی دارد، در حالی که سدیم در غلظت‌های زیاد سبب سمیت سلولی و تخریب عملکردهای حیاتی گیاه می‌شود. بنابراین نسبت پتاسیم به سدیم در سلول‌های گیاهی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی مقاومت به شوری به‌شمار می‌رود.

علاوه بر اسمولیت‌ها و تعادل یونی، ترکیبات ثانویه مانند فلاونوئیدها نقش حیاتی در پاسخ گیاهان به تنش شوری دارند. فلاوونوئیدها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های قوی، با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و کاهش آسیب اکسیداتیو از سلول‌های گیاهی در برابر تنش‌های محیطی محافظت می‌کنند. این ترکیبات همچنین در تنظیم رشد، تقویت دیواره سلولی و افزایش پایداری غشاها در شرایط شوری نقش دارند. برخی مطالعات نشان داده‌اند که افزایش غلظت فلاوونوئیدها در گیاهان تحت تنش

شوری، موجب بهبود عملکرد فتوسنتزی و افزایش مقاومت به شوری می‌شود. بنابراین بررسی نقش فلاوونوئیدها می‌تواند به شناسایی مکانیزم‌های دفاعی گیاهان در برابر شوری کمک کند (Munns, 2002).

اگرچه تحقیقات متعددی در زمینه تأثیر شوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گونه‌های مختلف گیاهی انجام شده است، اما مطالعات جامع و مقایسه‌ای بر روی هیبریدهای بین‌گونه‌ای مانند هیبرید پده و کبوده همچنان محدود است. همچنین اطلاعات کمی در مورد نقش همزمان اسمولیت‌ها و تعادل یونی در هیبریدهای این دو گونه تحت شرایط تنش شوری در دسترس است. بنابراین بررسی دقیق‌تر سازوکارهای تحمل به شوری در این هیبرید می‌تواند به توسعه استراتژی‌های مؤثرتر برای مدیریت اراضی شور کمک کند. هدف اصلی این پژوهش، بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گونه پده و هیبرید آن با گونه کبوده (رقم مفید) تحت شرایط تنش شوری است.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش در اسفند ۱۴۰۲ شاخه‌هایی به طول یک متر از گونه پده، واقع در ۱۲ رویشگاه مختلف به همراه یک هیبرید بین گونه‌ای پده و کبوده (رقم مفید) با حضور در عرصه‌های طبیعی و یا دریافت از مرکز تحقیقات صنوبر تهیه شد. مبداء گونه پده شامل جم، خجیر، باشت، بهبهان، باهوش، خوزستان، گتوند، اصفهان، حمیدیه، گلستان، کرمان، خائیر، اهرم و دزفول بودند. سپس قلمه‌هایی به طول ۲۵ سانتی‌متر تهیه و در گلدان‌های نشای دو لیتری (با مخلوط خاک رس، ماسه و کود به نسبت ۳:۱:۱ حجمی) کاشته شدند. گلدان‌ها به گلخانه دانشگاه یاسوج منتقل و تا خرداد ۱۴۰۳ مراقبت‌های معمول شامل آبیاری دو تا سه بار در هفته (بسته به شرایط رطوبتی گلدان‌ها) و کنترل دما، وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفت برای آن‌ها انجام شد.

در خرداد ۱۴۰۳ نیمی از نهال‌های تولید شده از هر گونه (پده و مفید) به تدریج طی یک ماه با آب شور تا غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار نمک طعام آبیاری شدند (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و سپس یک ماه دیگر با غلظت نهایی ۱۵۰ میلی‌مولار آبیاری شدند. در پایان آزمایش نمونه‌هایی از برگ نهال‌ها جمع‌آوری و در آون در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد برای مطالعه اسمولیت‌ها و در دمای ۸۰ درجه برای آنالیز عناصر به مدت سه روز قرار گرفتند. آزمایش به صورت فاکتوریل (با دو عامل گونه و شوری هر یک با دو سطح) و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی اجرا شد.

صفات مورد اندازه‌گیری شامل غلظت سدیم و پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم، غلظت اسمولیت‌ها و غلظت فلاوونوئیدها در برگ بودند. عناصر سدیم و پتاسیم با عصاره‌گیری خاکستر با اسیدکلریدریک و به روش نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم فتومتر (PFP7، انگلستان) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (Isaac and Kerber, 1971). غلظت اسمولیت‌ها در عصاره الکلی برگ و با استفاده از کرایواسمومتر (Osmomat 030، آلمان) سنجیده شد (Lugan et al., 2010). غلظت فلاونوئیدها در عصاره الکلی برگ و با استفاده از جذب در طول موج ۲۷۰ نانومتر حاصل از طیف سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر برآورد گردید (Singh and Mendhulkar, 2015).

تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل کنترل داده‌های پرت با باکس پلات، آزمون توزیع نرمال کلموگروف اسمیرنوف، نرمال کردن داده‌ها، آنالیز واریانس و مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ انجام شد.

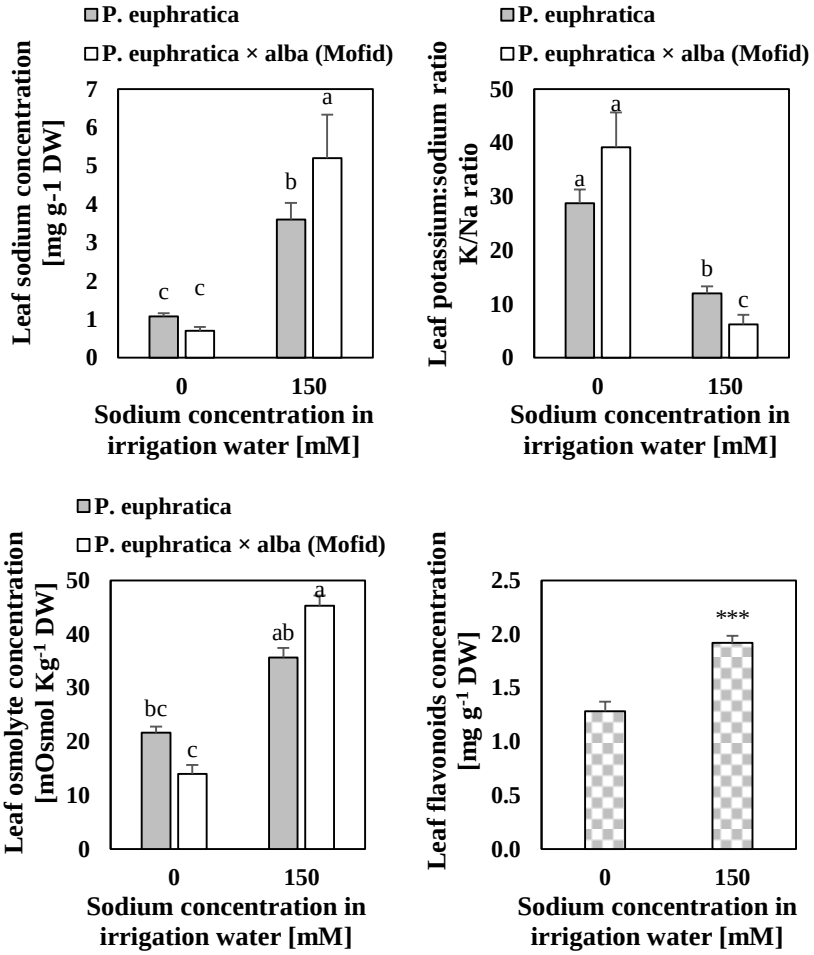
یافته‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس غلظت پتاسیم برگ نشان داد که هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل گونه و شوری معنی‌دار نمی‌باشند (جدول ۱). اما نتایج نشان داد که اثر اصلی شوری و متقابل بین دو عامل گونه و شوری در میزان سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم و اسمولیت‌ها معنی‌دار است، به‌نحوی که غلظت سدیم و اسمولیت در برگ نهال‌های صنوبر با افزایش سطح شوری در بستر کاشت طی مدت آزمایش افزایش یافت، اما شدت این افزایش در رقم هیبرید مفید بیشتر از گونه پده بود (جدول ۱، شکل ۱). مقایسه میانگین میزان پتاسیم به سدیم نیز عکس نتایج سدیم بود، به طوری که میزان افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در پده بیشتر از هیبرید مفید تحت تنش شوری بود (شکل ۱). همچنین نتایج میزان فلاونوئیدها هم نشان داد که که در دو گونه تفاوت معنی‌دار ندارد و تنها تحت تنش شوری میزان آن افزایش یافت (جدول ۱، شکل ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی برگ دو گونه پده و هیبرید مفید تحت تنش شوری

صفات مورد مطالعه	درصد واریانس منابع تغییر (معنی داری)			
	گونه	شوری	گونه × شوری	خطا
غلظت سدیم برگ (میلی گرم در گرم وزن خشک)	(ns) ۰/۰۲	(***) ۳۶/۱۲	(*) ۴/۰۲	۵۹/۸۵
غلظت پتاسیم برگ (میلی گرم در گرم وزن خشک)	(ns) ۰/۹۱	(ns) ۰/۰۸	(ns) ۰/۱۷	۹۸/۸۴
نسبت پتاسیم به سدیم	(ns) ۰/۰۹	(***) ۳۴/۹۱	(**) ۴/۴	۶۰/۶۰
غلظت اسمولیت‌ها در برگ (میلی اسمول در کیلوگرم)	(ns) ۰/۰۷	(***) ۵۰/۷۰	(*) ۱۳/۴۸	۳۵/۷۵
فلاونوئیدها	(ns) ۱/۷۸	(*) ۲۰/۳۵	(ns) ۰/۱۹	۷۷/۶۸

یک، دو و سه ستاره به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵، ۹۹ و ۹۹/۹ می‌باشد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر گونه و شوری بر غلظت سدیم (الف)، پتاسیم (ب)، اسمولیت‌ها (ج) و فلاونوئیدها در برگ. نتایج مقایسات میانگین چندگانه براساس آزمون دانکن در سطح خطای پنج درصد و مقایسه میانگین دوگانه براساس آزمون تی استیودنت ارائه شده است. یک، دو و سه ستاره به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵، ۹۹ و ۹۹/۹ می‌باشد. حروف مشابه نیز نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که شوری تأثیر معناداری بر غلظت پتاسیم برگ در گونه‌های مورد بررسی نداشت. این عدم تغییر ممکن است به دلیل توانایی گیاهان در حفظ تعادل یونی از طریق مکانیزم‌های تنظیم جذب و بازتوزیع پتاسیم باشد. توانایی گیاهان در حفظ غلظت پتاسیم در سطح سلولی حتی در شرایط شوری زیاد، یکی از عوامل کلیدی تحمل به شوری است که از طریق کانال‌های یونی و پروتئین‌های انتقال‌دهنده خاص مانند HKT (High-affinity K+ Transporter) و AKT (Arabidopsis K+ Transporter) انجام می‌شود (Munus and Tester, 2008).

اثرات متقابل شوری و گونه به‌صورت معناداری بر غلظت سدیم برگ تأثیر گذاشت. در حالی که هر دو گونه با افزایش شوری، افزایش غلظت سدیم را نشان دادند، شدت این افزایش در هیبرید بیشتر از پده بود. این تفاوت احتمالاً به دلیل تفاوت در

مکانیزم‌های دفع یا تجمع سدیم در بافت‌های برگ است. گونه‌های مقاوم به شوری معمولاً از مکانیزم‌هایی مانند دفع سدیم از طریق ریشه یا ذخیره‌سازی در واکوئل‌های سلولی استفاده می‌کنند (فلاح و همکاران، ۱۳۹۴).

کاهش نسبت پتاسیم به سدیم با افزایش شوری در هر دو گونه مشاهده شد، اما این کاهش در پده با شیب کمتری همراه بود. این یافته حاکی از تحمل بیشتر پده نسبت به هیبرید در شرایط شوری است. حفظ نسبت بالای پتاسیم به سدیم به جلوگیری از اثرات سمی سدیم و حفظ عملکردهای فیزیولوژیک سلولی مانند فعالیت آنزیمی و سنتز پروتئین کمک می‌کند. کاهش این نسبت یکی از معیارهای کاهش تحمل به شوری در گیاهان است (Assaha et al., 2017).

آبیاری گیاهان با ۱۵۰ میلی مولار کلریدسدیم و بقای هر دو گونه پده و هیبرید مفید طی مدت دو ماه در مجموع نشان دهنده مقاومت قابل توجه هر دو گیاه به تنش شوری است که معادل ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر بوده و براساس طبقه‌بندی‌های موجود، گیاهانی که در شرایطی با شوری بیش از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر زنده بمانند، جزو گیاهان متحمل به شوری زیاد هستند (Atta et al., 2023). اما با توجه به کاهش نرخ پتاسیم به سدیم در هر گونه، درجاتی از حساسیت به شوری در هر دو گونه مشاهده گردید، اما تفاوت‌هایی در میزان تحمل آنها وجود دارد. هیبریدها معمولاً از قابلیت ژنتیکی بیشتری برای سازگاری با شرایط متغیر محیطی برخوردارند، اما این مطالعه نشان داد که در شرایط شوری زیاد، هیبریدهای حاصل از دو گونه پده و کبوده (مانند رقم مفید) ممکن است نیازمند مدیریت دقیق‌تر تعادل یونی باشند تا از کاهش عملکرد آن‌ها جلوگیری شود.

مطالعات بیشتری برای درک مکانیسم‌های مولکولی و فیزیولوژیکی دخیل در تحمل شوری در هیبریدها و پده ضروری است. همچنین ترکیب این یافته‌ها با فناوری‌های نوین مانند ژنومیکس و کاربرد میکروارگانیسم‌های تقویت‌کننده رشد می‌تواند به توسعه استراتژی‌های بهبود تحمل شوری در این گونه‌ها کمک کند.

سپاسگزاری

این تحقیق بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است که با حمایت مالی دانشگاه یاسوج اجرا گردیده است. همچنین از همکاری بخش تحقیقات صنوبر موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و آقایان دکتر محسن کلاگری و دکتر پدرام غدیری پور برای ارائه رقم‌هایی از پده سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

معاونی، پ. (۱۳۸۹). مبانی فیزیولوژی گیاهان زراعی در شرایط خشک و شور. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، ۴۲۹ ص.

بیرانوند، م.، رضایی‌نژاد، ع.ح. و حسینی، س.ز. (۱۳۹۶). تأثیر دو گونه قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae* و *G. intradices*) بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.) تحت تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال ۸ (۱): ۱۲۰-۱۰۷.

فلاح، ا.، فرهمند، ا.، و مرادی، ف. (۱۳۹۴). تاثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشد بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی دو رقم برنج در شرایط گلخانه. نشریه زراعت، ۱۰۷: ۱۷۵-۱۸۲.

Assaha, D. V., Ueda, A., Saneoka, H., Al-Yahyai, R., and Yaish, M. W. (2017). The role of Na+ and K+ transporters in salt stress adaptation in glycophytes. Frontiers in physiology, Vol. 8: 509.

Atta, K., Mondal, S., Gorai, S., Singh, A. P., Kumari, A., Ghosh, T. and Jespersen, D. (2023). Impacts of salinity stress on crop plants: Improving salt tolerance through genetic and molecular dissection. Frontiers in Plant Science, Vol. 14: 1241736.

Chen, S., Li, J., Fritz, E., Wang, S., and Hüttermann, A. (2002). Sodium and chloride distribution in roots and transport in three poplar genotypes under increasing NaCl stress. Forest Ecology and Management, 168 (1-3): 217-230.

Fay, M. F., Lledó, M. D., Kornblum, M. M., and Crespo, M. B. (1999). From the waters of Babylon? *Populus euphratica* in Spain is clonal and probably introduced. Biodiversity and Conservation, Vol. 8: 769-778.

Frary, A., Gol, D. Kels, D. Okmen, B. Pinar, H. Sigva, O. Yemenicioglu, H.A. and Doganlar, S. (2010). Salt tolerance in Solanum pennellii: antioxidant response and related QTL. BMC Plant Biology, Vol. 10: 1-16.

Hmidi, D., Abdelly, C., Athar, H. U. R., Ashraf, M., and Messedi, D. (2018). Effect of salinity on osmotic adjustment, proline accumulation and possible role of ornithine-δ-aminotransferase in proline biosynthesis in Cakile maritima. Physiology and molecular biology of plants, Vol. 24: 1017-1033.

Isaac, R. A., and Kerber, J. D. (1971). Atomic absorption and flame photometry: Techniques and uses in soil, plant, and water analysis. Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue, pp.17-37.

Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. (2009). Physiology of environmental stresses in plants. Mashhad: Academic Center for Education, Culture and Research, Vol. 14, 189.

Lugan, R., Niogret, M. F., Leport, L., Guégan, J. P., Larher, F. R., Savouré, A. and Bouchereau, A. (2010). Metabolome and water homeostasis analysis of Thellungiella salsuginea suggests that dehydration tolerance is a key response to osmotic stress in this halophyte. The Plant Journal, 64 (2): 215-229.

Moameni, A. (2010). Geographic distribution and salinity levels of Iranian soil resources. Soil Research, 3(1).

Singh, R., and Mendhulkar, V. D. (2015). FTIR studies and spectrophotometric analysis of natural antioxidants, polyphenols and flavonoids in Abutilon indicum (Linn) sweet leaf extract. J. Chem. Pharm. Res, 7 (6): 205-211.

Munns, R., and Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol., 59 (1): 651-681.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. Plant, cell and environment, 25 (2): 239-250.

Sun, J., Zhang, X., Deng, S.R., Zhang, C.L., Wang, M.J. (2012). Extracellular ATP signaling is mediated by H2O2 and cytosolic Ca2+ in the salt response of *Populus euphratica* cells. PLoS One, Vol. 7, No. 12, e5313.

Comparison of biochemical response of *Populus euphratica* and Mofid hybrid under salinity stress

H. Miri[1], P. Fayyaz[2*] and R. Zolfaghari[2]

1- M.Sc. Student of Forest science and engineering, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.
2- Associate Prof., Department of Forest science and engineering, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.

Abstract

Salinity is one of the limiting factors in arid and desert areas that can affect the distribution of plant species. *Populus euphratica* is one of the species that can withstand the effects of salt. Therefore, the purpose of this study was conducted to investigate the biochemical responses of *P. euphratica* and its hybrid with *Populus alba* as a Mofid cultivar under salt stress conditions. The experiment was conducted using cuttings prepared from 12 different provenances and an interspecific hybrid in the greenhouse of Yasuj University. The seedlings were subjected to salinity treatment for two months with a final concentration of 150 mM salt. The traits studied included sodium and potassium concentrations, K/Na ratio, osmolytes, and flavonoid concentrations in the leaves of two study species. The results showed that the effect of salinity and the interaction effect of species and salinity were significant in sodium and osmolyte content, and K/Na ratio. So with increasing salinity levels, sodium and osmolyte concentrations in the leaves of both species increased, but this increase was more in the Mofid hybrid. However, the results of the K/Na ratio showed that its content increased more in *P. euphratica* than in the Mofid hybrid under salt stress. The content of flavonoids was not significantly different in the two species and increased only under salt stress. These findings indicate that *P. euphratica* showed greater resistance to salinity by maintaining better ionic balance and less increase in sodium concentration. This study provides valuable information about the mechanisms of salt tolerance in these species that can be used in saline land management and breeding programs.

Keywords: Osmolyte, Salt stress, Flavonide, K/Na ratio.

*Corresponding author Tel: +98 09178423694 Email: pfayyaz@yu.ac.ir

مروری بر سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در جنگل

سید رستم موسوی میرکلا*[۱] و پیمان حامدی قاضی[۲]

۱- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- دانش‌آموخته دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی جهان، نقش حیاتی در حفظ تعادل اکولوژیکی و پایداری محیط‌زیست ایفا می‌کنند. از این رو، مدیریت مؤثر و بهینه این منابع نیازمند اتخاذ تصمیمات پیچیده و آگاهانه است که با توجه به عوامل مختلف زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی اتخاذ شود. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS: Decision Support Systems) به‌عنوان ابزاری مفید، می‌توانند فرآیند تصمیم‌گیری در جنگل‌ها را تسهیل کرده و به مدیران و سیاست‌گذاران کمک کنند تا بهترین گزینه‌ها را در مواجهه با مشکلات مختلف انتخاب کنند. با توجه به اهمیت موضوع این مقاله مروری به بررسی انواع سیستم‌های DSS در جنگل‌ها، کاربردها، مزایا، چالش‌ها و محدودیت‌ها می‌پردازد و منابع علمی مرتبط را معرفی می‌کند. با توجه به نتایج این پژوهش سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) می‌توانند به مدیران جنگل در اتخاذ تصمیمات بهتر و بهینه‌تر در زمینه‌های مختلفی همچون مدیریت منابع جنگلی، پیش‌بینی آتش‌سوزی‌ها، حفظ تنوع زیستی و مقابله با بحران‌های زیست‌محیطی کمک کنند. با این حال، استفاده موفقیت‌آمیز از این سیستم‌ها نیازمند جمع‌آوری داده‌های دقیق، مدل‌های پیچیده و ایجاد زیرساخت‌های مناسب است. با پیشرفت‌های بیشتر در زمینه فناوری اطلاعات و علم داده، استفاده ازDSSها در مدیریت جنگل‌ها می‌تواند بهبودیافته و تصمیمات بهینه‌تری برای حفاظت از این منابع حیاتی اتخاذ شود.

واژگان کلیدی: حفاظت، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، مدیریت پایدار، مدیریت بحران.

مقدمه

برای اولین بار مفهوم سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS: Decision Support Systems) توسط Gorry and Scott-Morton (1971) با استفاده از تحقیقات Simon (1960) که بر روی تصمیم‌گیری سازمانی انجام شده بود، ارائه شد (McIntosh et al., 2005; Oliver and Twery, 1990) که در اواسط دهه ۱۹۷۰ به یک زمینه مطالعاتی مستقل تبدیل شد. در اواسط و اواخر دهه ۱۹۸۰ انواع متعددی از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مانند سیستم اطلاعات اجرایی (EIS)، سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری گروهی (GDSS) و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری سازمانی (ODSS) به‌صورت گسترده‌ای مطرح شدند. در آغاز دهه ۱۹۹۰ پایگاه‌های اطلاعاتی بسیار عظیم و فرآیند تجزیه و تحلیل بر خط، قلمرو

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۰۴۰۵۲۲۳۰ ایمیل: r.mousavi@urmia.ac.ir

سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری را وسیع‌تر کرد و در نهایت با نزدیکی به هزاره جدید، برنامه‌های تحلیلی مبتنی بر وب نیز معرفی شدند (Power, 2000).

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی جهان، نقش حیاتی در حفظ تعادل اکولوژیکی و پایداری محیط‌زیست ایفا می‌کنند. از این رو، مدیریت مؤثر و بهینه این منابع نیازمند اتخاذ تصمیمات پیچیده و آگاهانه است که باید با توجه به عوامل مختلف زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی اتخاذ شود. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) به‌عنوان ابزاری مفید، می‌توانند فرآیند تصمیم‌گیری در جنگل‌ها را تسهیل کرده و به مدیران و سیاست‌گذاران کمک کنند تا بهترین گزینه‌ها را در مواجهه با مشکلات مختلف انتخاب کنند.

مدیریت جنگل حداقل از اوایل دهه ۱۹۸۰ کانون توسعه سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) بوده است. یکی از اولین بررسی‌ها در مورد موضوع گسترده‌تر مدیریت منابع طبیعی (Davis and Clark, 1989) حدود ۱۰۰ سیستم را فهرست بندی کرد و بررسی‌های بعدی سیستم‌های مناسب برای مدیریت جنگل (Mowrer, 1997; Schuster et al., 1999) فهرست بندی بسیاری از سیستم‌ها را ارائه کرد. کمی بعد، Oliver and Twery (2000) و Reynolds et al. (2005) به ترتیب زمینه های نظری و عملی را برای تفکر در مورد چگونگی به‌کارگیری DSSها برای هدف بسیار مهم‌تر مدیریت اکوسیستم جنگلی را ایجاد کردند.

به بیان ساده، هدف اساسی مدیریت اکوسیستم حفظ حالات و فرآیندهای سیستم‌های بیوفیزیکی در شرایط کاری خوب و درعین‌حال تلاش برای ارضای نیازهای جامعه برای کالاها و خدمات ناشی از آن سیستم‌ها است (Grumbine, 1994). اصطلاح مدیریت پایدار جنگل بر مفهوم اساسی مدیریت اکوسیستم استوار است و جزء زمانی خود را اضافه می‌کند. مدیریت پایدار جنگل بر نیاز به پرداختن به تقاضاهای معاصر برای کالاها و خدمات از اکوسیستم‌ها تأکید می‌کند، درحالی‌که مانع از ایجاد فرصت‌ها برای نسل‌های آینده نمی‌شود (Maser, 1999).

اکثر سیستم‌هایی که می‌توانیم آن‌ها را نسل اول بنامیم، معمولاً کدگذاری سختی داشتند و برای رسیدگی به مشکلات نسبتاً محدود و کاملاً تعریف‌شده‌ای مانند حمایت از نسخه‌های جنگل‌داری (به‌عنوان مثال، شیوه‌های مربوط به جنگلکاری) برای گونه‌های منفرد (Rauscher et al., 1990) یا مدیریت آفات برای آفات خاص در گونه‌های خاص (Twery et al., 1993) طراحی شده بودند. با این حال، به‌ویژه در طول ۱۰ سال گذشته، روند مشخصی به سمت توسعه سیستم‌های چندمنظوره بسیار کمتر، اما عمومی‌تر وجود داشته است. این روند به‌طور قابل‌توجهی با پیشرفت‌های سریع در مهندسی سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری محاسباتی که توسعه DSS را به‌طورکلی تسهیل کرده است، فعال شد. شاید، حداقل به همان اندازه اهمیت، این روند نیز به‌شدت با انگیزه نیازهای سازمان‌های مدیریت جنگل برای پرداختن به مسائل پیچیده مدیریت اکوسیستم به‌طور مؤثر ایجاد شده است (Rausche, 1999).

با توجه به اهمیت موضوع این مقاله مروری به بررسی انواع سیستم‌های DSS در جنگل‌ها، کاربردها، مزایا، چالش‌ها و محدودیت‌های آنها می‌پردازد و منابع علمی مرتبط را معرفی می‌کند.

مفهوم سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری(DSS)

سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) مجموعه‌ای از ابزارها و روش‌هاست که به افراد یا گروه‌ها کمک می‌کند تا تصمیمات پیچیده و مبتنی بر داده را در شرایط عدم قطعیت و پیچیدگی اتخاذ کنند. DSS معمولاً از ترکیب داده‌ها، مدل‌های تحلیلی و شبیه‌سازی‌های مختلف برای ارائه گزینه‌های تصمیم‌گیری استفاده می‌کند. این سیستم‌ها معمولاً شامل پایگاه‌های داده از

اطلاعات جمع‌آوری شده از منابع مختلف، مدل‌های پیش‌بینی و شبیه‌سازی و ابزارهای تجزیه و تحلیل داده‌ها هستند که به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا به بهترین نتیجه برسند. تعاریفی که از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری ارائه می‌شود نشان می‌دهد که سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری از داده‌ها و مدل‌ها استفاده می‌کند و یک ارتباط آسان و کاربرپسند را فراهم می‌آورد که می‌تواند دیدگاه‌های تصمیم گیران را به یک هماهنگی برساند. یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری طی فرآیند فعل و انفعالی توسط کاربران ساخته شده و از یک یا چند مرحله از تصمیم‌گیری پشتیبانی می‌کند که می‌تواند به‌عنوان بخشی از دانش شناخته شود. سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری بیشتر از مدل‌ها، پایگاه‌های داده و ابزارهای ارزیابی مختلفی که با یکدیگر ارتباط پیداکرده‌اند تشکیل شده که تحت یک رابط گرافیکی کاربر به جامعیت رسیده و به‌واسطه یک عامل مدیریت داده‌های مکانی به‌وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی به نمایش در می‌آید (جهانی و همکاران، ۱۳۹۵).

کاربردهای سیستم‌های DSS در جنگل

مدیریت جنگل‌ها شامل طیف وسیعی از فعالیت‌ها مانند حفاظت از منابع طبیعی، برداشت چوب، مدیریت آتش‌سوزی، پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی و حفظ تنوع زیستی است. سیستم‌های DSS در جنگل‌ها می‌توانند به‌طور خاص در زمینه‌های زیر مفید باشند:

مدیریت منابع جنگلی: DSSها می‌توانند در مدیریت برداشت چوب و استفاده بهینه از منابع جنگلی کمک کنند. این سیستم‌ها با تحلیل داده‌های مربوط به رشد درختان، موجودی چوب و شرایط محیطی به مدیران جنگل کمک می‌کنند تا تصمیمات بهینه‌ای در مورد برداشت و احیای جنگل‌ها اتخاذ کنند (Guo and Shifley, 2012).

مدیریت آتش‌سوزی جنگل‌ها: آتش‌سوزی‌ها یکی از بزرگ‌ترین تهدیدها برای جنگل‌ها هستند. DSSها می‌توانند با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی آتش، شرایط محیطی و آب و هوایی را شبیه‌سازی کرده و به تصمیم‌گیرندگان کمک کنند تا استراتژی‌های پیشگیری و مقابله با آتش‌سوزی را به‌طور مؤثرتری برنامه‌ریزی کنند (Rauscher and McNulty, 2004).

حفاظت از تنوع زیستی جنگل‌ها: سیستم‌های DSS می‌توانند اطلاعات مربوط به گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری در جنگل‌ها را تجزیه‌وتحلیل کنند و استراتژی‌های حفاظتی را مبتنی بر داده‌ها و شبیه‌سازی‌ها ارائه کنند (Waring and Schlesinger, 1985).

مدیریت بحران‌های زیست‌محیطی: DSS ها قادرند به شبیه‌سازی اثرات بحران‌های زیست‌محیطی مانند آلودگی هوا، تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی‌ها بر اکوسیستم جنگلی کمک کنند و تصمیمات مدیریتی بهتری در راستای کاهش این اثرات اتخاذ کنند (McElhinney and Brown, 2015).

شبیه‌سازی اثرات تغییرات اقلیمی: با توجه به تغییرات اقلیمی جهانی، DSSها می‌توانند به مدیران جنگلی در پیش‌بینی اثرات این تغییرات بر روی جنگل‌ها کمک کنند. این پیش‌بینی‌ها می‌توانند شامل تغییرات در رشد درختان، تغییرات در پوشش گیاهی و اثرات آن بر پایداری جنگل‌ها باشند (Funtowicz and Ravetz, 1993).

اجزای سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در جنگل

سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در جنگل معمولاً از اجزای زیر تشکیل می‌شوند:

پایگاه داده‌ها و منابع اطلاعاتی: این سیستم‌ها به داده‌های مختلفی نیاز دارند که شامل داده‌های اقلیمی، خاک‌شناسی، زیست‌محیطی و اقتصادی می‌شود. این داده‌ها به‌وسیله منابع مختلفی مانند ایستگاه‌های هواشناسی، تصاویر ماهواره‌ای و پایگاه‌های اطلاعاتی جمع‌آوری می‌شوند.

مدل‌های تحلیلی و شبیه‌ساز: مدل‌هایی که برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی وضعیت جنگل‌ها استفاده می‌شوند، شامل مدل‌های رشد درختان، مدل‌های آتش‌سوزی، مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی و غیره هستند. این مدل‌ها به DSSها این امکان را می‌دهند که پیش‌بینی‌هایی را برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی ایجاد کنند.

واسط کاربری: واسط کاربری یک بخش اساسی از DSSها است که به کاربران این امکان را می‌دهد که داده‌ها را وارد کنند، مدل‌ها را اجرا کنند و نتایج شبیه‌سازی‌ها را مشاهده کنند. این بخش معمولاً به‌صورت گرافیکی و ساده طراحی می‌شود تا کاربران بدون نیاز به دانش فنی پیچیده از آن استفاده کنند.

سیستم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین: برخی از DSSها از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌های بزرگ و شبیه‌سازی رفتار جنگل‌ها استفاده می‌کنند. این الگوریتم‌ها می‌توانند الگوهای پنهان در داده‌ها را شناسایی کرده و پیش‌بینی‌هایی دقیق‌تر ارائه دهند (Chung, 2016).

چالش‌ها و محدودیت‌ها در استفاده از DSS در جنگل

درحالی‌که سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مزایای زیادی دارند، اما استفاده از آن‌ها در جنگل با چالش‌هایی نیز همراه است:

داده‌های ناکافی یا نادرست: یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در استفاده ازDSSها، دسترسی به داده‌های دقیق و به‌روز است. در بسیاری از مناطق، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، داده‌های مناسب برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌ها در دسترس نیستند.

پیچیدگی مدل‌ها: بسیاری از مدل‌های استفاده شده در DSSها بسیار پیچیده هستند و نیاز به محاسبات سنگین دارند که می‌تواند زمان‌بر و پرهزینه باشد.

مقاومت در برابر تغییر: برخی از مدیران جنگل ممکن است به استفاده از فنّاوری‌های نوین و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری تمایلی نداشته باشند، زیرا به روش‌های سنتی و تجربه محور بیشتر اعتماد دارند.

هزینه‌های زیاد: توسعه، پیاده‌سازی و نگهداری سیستم‌های DSS می‌تواند هزینه‌بر باشد. به‌ویژه در مناطقی که زیرساخت‌های فناوری اطلاعات ضعیف هستند، این هزینه‌ها می‌توانند مانع از استفاده گسترده از این سیستم‌ها شوند.

نتیجه‌گیری

سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری متعددی برای مدیریت جنگل‌ها از چندین سال پیش توسعه یافته‌اند. رویکردهایی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، سیستم‌های مبتنی بر دانش و چند معیاره مدل‌های تصمیم‌گیری نیز در این مقوله مورد بررسی قرار می‌گیرند. نتیجه‌گیری اساسی که از این بررسی به دست می‌آید این است که در دسترس بودن DSSها در مدیریت جنگل، تجزیه و تحلیل مؤثرتری از گزینه‌ها را ممکن کرده است. در نتیجه سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری(DSS) می‌توانند به مدیران جنگل در اتخاذ تصمیمات بهتر و بهینه‌تر در زمینه‌های مختلفی همچون مدیریت منابع جنگلی،

پیش‌بینی آتش‌سوزی‌ها، حفظ تنوع زیستی و مقابله با بحران‌های زیست‌محیطی کمک کنند. با این حال، استفاده موفقیت‌آمیز از این سیستم‌ها نیازمند جمع‌آوری داده‌های دقیق، مدل‌های پیچیده و ایجاد زیرساخت‌های مناسب است. با پیشرفت‌های بیشتر در زمینه فناوری اطلاعات و علم داده، استفاده از DSSها در مدیریت جنگل‌ها می‌تواند بهبود یافته و تصمیمات بهینه‌تری برای حفاظت از این منابع حیاتی اتخاذ شود.

منابع

جهانی، ع، فقهی، ج، مخدوم، م، و امید، م. (۱۳۹۴). سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی (EDSSs): بررسی مفاهیم، تحولات و چالش‌ها از گذشته تاکنون. پژوهش‌های محیط‌زیست، ۷ (۱۳): ۱۷۵-۱۸۸.

Chung, W. (2016). Application of Decision Support Systems in Forest Management. Springer.

Davis, J.R., and Clark, J.L. (1989). A selective bibliography of expert systems in natural resource management.

Funtowicz, S.O., and Ravetz, J.R. (1993). Science for the post-normal age. Futures, 25(7): 739-755.

Gorry, G.A. and Scott- Morton, M.S. (1971). A framework for management information systems. Sloan Management Review 13 (1): 55–65.

Grumbine, R. E. (1994). Wildness, wise use, and sustainable development. Environmental ethics, 16(3): 227-249.

Guo, Z., and Shifley, S.R. (2012). Forest Management Decision Support Systems: Current Applications and Future Directions. Forest Science.

Maser, C. (1999). Ecological diversity in sustainable development: the vital and forgotten dimension (Vol. 8). CRC Press.

McElhinney, C., and Brown, M. (2015). Decision Support Systems for Sustainable Forest Management: A Review. Forest Policy and Economics.

McIntosh, B.S., Jeffrey, P., Lemon, M. and Winder, N. (2005). On the design of computer based models for integrated environmental science. Environmental Management 35: 741-752.

Mowrer, H. T. (1997). Decision support systems for ecosystem management: an evaluation of existing systems (Vol. 296). US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.

Oliver, C.D., Kimmins, J.P., Harshaw, H.W., and Sheppard, S.R. (2001). Criteria and indicators of sustainable forestry: a systems approach. In Forests and landscapes: linking ecology, sustainability and aesthetics (pp. 73-93). Wallingford UK: CABI Publishing.

Oliver, C.D. and Twery, M.J. 1999. Decision support systems/models and analyses. In: Sexton, W.T., Malk, A.J., Szaro, R.C., Johnson, N.C. (Eds.), Ecological Stewardship - a Common Reference for Ecosystem Management, vol. III. Elsevier, Oxford, 661-686 pp.

Power, D.J. 2000. Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. Proceedings of the Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California.

Rauscher, H.M. (1999). Ecosystem management decision support for federal forests in the United States: a review. Forest ecology and management, 114(2-3): 173-197.

Rauscher, H.M., and McNulty, S.G. (2004). Climate change and forest management in the southeastern United States: A synthesis of potential impacts and adaptation strategies. Journal of Forestry.

Rauscher, H.M., Isebrands, J.G., Host, G.E., Dickson, R.E., Dickmann, D.I., Crow, T.R., and Michael, D.A. (1990). ECOPHYS: an ecophysiological growth process model for juvenile poplar. Tree Physiology, 7(1-2-3-4): 255-281.

Reynolds, K.M., and Hessburg, P.F. (2005). Decision support for integrated landscape evaluation and restoration planning. Forest ecology and management, 207(1-2): 263-278.

Simon, H. 1960. The New Science of Management Decision. Harper Brothers, New York.

Waring, R.H., and Schlesinger, W.H. (1985). Forest Ecosystems: Concepts and Management. Academic Press.

A Review on Decision Support Systems in Forests

S.R. Mousavi Mirkala[*1] and P. Hamedi Qazi[2]

1- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia. I.R. Iran.
2- Ph.D. of forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

Abstract

Forests, as one of the most important natural resources in the world, play a vital role in maintaining ecological balance and environmental sustainability. Hence, effective and optimal management of these resources requires making complex and informed decisions that are made considering various environmental, economic and social factors. Decision Support Systems (DSS) as a useful tool can facilitate the decision-making process in forests and help managers and policymakers to choose the best options when facing various problems. Considering the importance of the topic, this review article examines the types of DSS systems in forests, their applications, advantages, challenges and limitations, and introduces relevant scientific sources. According to the results of this study, decision support systems (DSS) can help forest managers make better and more optimal decisions in various fields such as forest resource management, fire prediction, biodiversity conservation, and coping with environmental crises. However, the successful use of these systems requires accurate data collection, complex models, and the establishment of appropriate infrastructure. With further advances in information technology and data science, the use of DSS in forest management can be improved and more optimal decisions can be made to protect these vital resources.

Keywords: Conservation, Decision Support System, Sustainable Management, Crisis Management.

*Corresponding author Tel: +98 9104052230 Email: r.mousavi@urmia.ac.ir

بررسی امکان توسعه زنجیره ارزش نهالستان در حوضه آبخیز شفارود

پیمان حامدی قاضی[1*]، سید رستم موسوی میرکلا[2]، امید حسین‌زاده[2] و میرحسن میریعقوب‌زاده[3]

۱- دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

در مدیریت جنگل، در کنار توجه به حفظ جنگل، توجه به شرایط اقتصادی جوامع انسانی مرتبط به جنگل شامل جوامع روستایی، عشایری، شهری نزدیک به جنگل و نیز صاحبان و سایر ذینفعان نیز باید در نظر گرفته شود. از کاربری یا زنجیره-های ارزشی که می‌تواند در عین حفظ پایداری اکوسیستم جنگلی، منافع اقتصادی را نیز به همراه داشته باشد و در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود، توسعه زنجیره ارزش نهالستان است. در راستای شناسایی شاخص‌های اصلی پس از تبیین مبانی نظری، به‌منظور گردآوری اطلاعات جامع، از تکنیک‌های مشاهده، مصاحبه و پرسش‌نامه با افراد متخصص (شامل ۵۵ نفر) که به‌صورت غیرتصادفی و براساس تخصص آن‌ها انتخاب شدند، استفاده شد. در پژوهش حاضر برای تکمیل روند امور، در دو مرحله از پرسشنامه استفاده شد. براساس نتایج، شاخص‌های وضعیت خاک‌شناسی، بارش، شیب، ارتفاع از سطح دریا و دما به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها در توسعه این زنجیره ارزش بودند. زیرشاخص وجود قوانین و مقررات با امتیاز نهایی ۰/۰۳۶، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داد. پس از آن، زیرشاخص بیشترین میزان امنیت با امتیاز نهایی ۰/۰۲۶ و زیرشاخص بیشترین میزان ظرفیت‌های سرمایه‌گذاری با امتیاز نهایی ۰/۰۲۴ در رتبه‌های بعدی مهم‌ترین زیرشاخص‌ها برای توسعه زنجیره ارزش نهالستان قرار گرفتند.

واژگان کلیدی: توسعه اقتصادی، زنجیره ارزش، مکان‌یابی.

مقدمه

جنگل‌های جهان خدمات اکوسیستمی بسیاری ارائه می‌کنند که برای ادامه حیات و رفاه انسان ضروری است. این خدمات طیف کاملی از خدمات عرضه، تنظیم و خدمات فرهنگی را در برمی‌گیرند که از کاربردهای مستقیم مانند تهیه محصولات چوبی و الیافی تا استفاده‌های غیرمستقیم آشکار مانند حفاظت در مقابل فرسایش و خدمات پنهان مانند بعد فرهنگی، معنوی و تندرستی را شامل می‌شود (Taye et al., 2021). با این حال، مشکلات زیست‌محیطی جهانی، افزایش شهرنشینی، فشارهای صنعتی شدن و مکانیسم‌های غالب بازار، ارائه خدمات پایدار درازمدت اکوسیستم‌های جنگلی را به خطر می‌اندازد که این موضوع اهمیت توجه به مدیریت درست در عرصه‌های جنگلی را به‌وضوح نشان می‌دهد تا در کنار توجه به حفظ و نگهداری اکوسیستم‌های جنگلی بتوان امکان استفاده اقتصادی از آن را نیز فراهم کرد (Maier et al., 2021). در واقع

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۹۷۹۳۹۶۳ ایمیل: Peyman.h.qazi@gmail.com

موفقیت در مدیریت منابع جنگلی به‌صورت چندبعدی تعریف شده است و یک نشانه واحد مانند بهبود پوشش جنگلی، افزایش مناطق جنگل‌کاری شده، تقسیم عادلانه منافع، یا کاهش فقر جامعه ممکن است موفقیت یک جنبه خاص را برجسته کند. اما هر نشانه به‌تنهایی نمی‌تواند پایداری و موفقیت را تعیین کند. برای مثال، ممکن است شرایط جنگل (به‌عنوان مثال، تراکم، تاج پوشش و تنوع گونه‌ای) بهبود یافته باشد، ولی برآورده شدن نیازهای محلی ممکن است به دلیل قوانین و مقررات محدودکننده‌ای که برای کمک به بهبود شرایط جنگل ایجاد شده است، بهبود قابل‌توجهی نداشته باشد (Pagdee et al., 2006). همان‌طور که گفته شد در کنار توجه به حفظ جنگل، توجه به شرایط اقتصادی جوامع انسانی مرتبط با جنگل شامل جوامع روستایی، عشایری، شهری نزدیک به جنگل و نیز صاحبان و سایر ذینفعان نیز باید در مدیریت جنگل در نظر گرفته شود. منابع جنگلی نقش مهمی در رفاه و کاهش فقر در مناطق روستایی و عشایری دارند و در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، بخشی از درآمد مردم ساکن در داخل یا اطراف جنگل از این منابع به دست می‌آید (Zenteno et al., 2013).

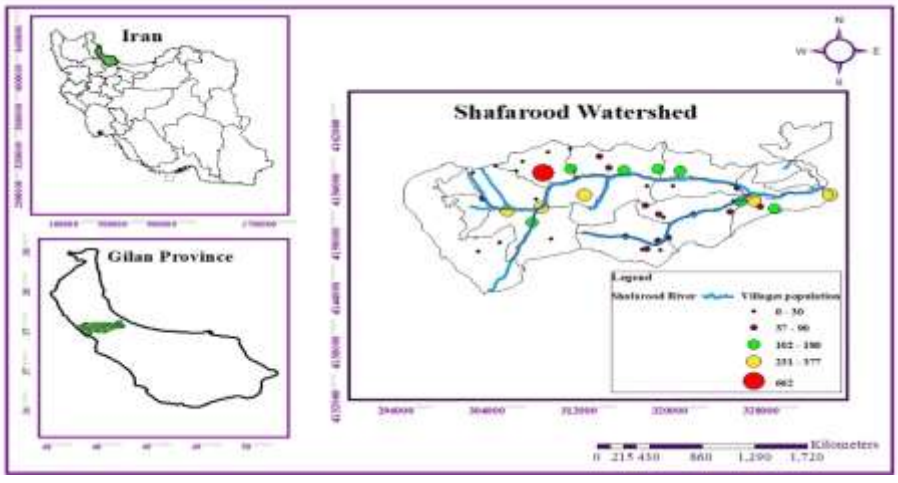
در جنگل‌های تجاری شمال ایران که عرصه زندگی حدود یک‌میلیون نفر می‌باشد نیز در گذشته، همانند جنگل‌های دیگر کشورهای در حال توسعه، تعادل برقرار بوده که متأسفانه در قرن حاضر دچار بحران شده است (گیلانی‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). جنگل‌های تجاری جنگل‌هایی هستند که با هدف تولید چوب یا سایر محصولات جنگلی برای استفاده تجاری اداره می‌شوند (Zhao and Wang, 2019). این جنگل‌ها معمولاً متعلق به شرکت‌های خصوصی یا دولت هستند و مدیریت می‌شوند تا منافع اقتصادی را به حداکثر برسانند و در عین حال پایداری اکوسیستم جنگلی را نیز تضمین کنند (Armesto et al., 2009). از کاربری یا زنجیره‌های ارزشی که می‌تواند در عین حفظ پایداری اکوسیستم جنگلی، منافع اقتصادی را نیز به همراه داشته باشد که در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود، توسعه زنجیره ارزش نهالستان است. ایجاد نهالستان برای تولید نهال می‌تواند مزایای اقتصادی داشته باشد. به‌عنوان مثال، نهالستان‌ها می‌توانند نهال‌هایی باکیفیت بالا تولید کنند که می‌توانند به کشاورزان، جنگل‌بانان و سایر مشتریان فروخته شوند و درآمدی برای نهالستان ایجاد کنند. علاوه بر این، نهالستان‌ها می‌توانند فرصت‌های شغلی را برای افرادی که در زمینه تولید نهال فعالیت دارند و همچنین جوامع محلی فراهم کنند (Edralin and Mercado, 2010). ایجاد نهالستان همچنین می‌تواند به بهبود کیفیت نهال کمک کند که می‌تواند منجر به رشد و بقای بهتر در هنگام کاشت نهال در مزرعه شود که در نهایت می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و سود برای کشاورزان و جنگلدارانی شود که در این زمینه فعالیت می‌کنند (Winara and Falah, 2014; Falah et al., 2015). علاوه بر مسائل اقتصادی، نهالستان‌ها می‌توانند سهم قابل‌توجهی در تلاش‌های احیای جنگل داشته باشند. به‌عنوان مثال، نهالستان‌های که توسط دهقانان و سازمان‌های روستایی اداره می‌شوند، می‌توانند نهال‌های مورد نیاز برای پروژه‌های احیای جنگل را تولید کنند (Saturusinghe and Widanapathirana, 1995). در اسلواکی نهالستان‌های جنگلی نقش مهمی در تلاش‌های احیای جنگل ایفا می‌کنند؛ از احیای جنگل با کاشت بذر تا احیای جنگل‌های مناطق بسیار تخریب شده و کوهستانی (Repáč et al., 2017). در مغولستان یک مطالعه نشان داد که موفقیت احیای جنگل تا حد زیادی به کیفیت نهال بستگی دارد و تولید نهال در نهالستان‌ها باید برای رفع نیازهای موجود به نهال برای احیای جنگل‌های طبیعی توصیه شود (Damdinjamts et al., 2021). کاشت مستقیم یکی دیگر از روش‌های امیدوار کننده برای احیای جنگل است. تحقیقات نشان داده است که ترکیب، اندازه، محل آماده‌سازی و تاریخ کاشت می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر بقای نهال و رشد اولیه تأثیر بگذارد که این موضوع نیز نقش مهم نهالستان‌ها در امور مربوط به احیاء جنگل را نشان می‌دهد (Sudrajat and Rustam, 2020).

اما مسئله مهم برای توسعه یک زنجیره ارزش، انتخاب بهترین نقاط برای اجرای آن است. یکی از عوامل مهم برنامه‌ریزی در امر توسعه منطقه‌ای، مکان‌یابی است. از بعد سیاسی و اجتماعی، توزیع منطقی و متوازن فعالیت‌های اقتصادی و اهداف توسعه منطقه‌ای، رشد اقتصادی را به دنبال داشته که به اعتقاد متخصصان از مؤثرترین عوامل کاهش مهاجرت به شمار می‌رود (Agahi and Abdi, 2009). در مکان‌یابی سعی می‌شود تا براساس واقعیت‌های موجود و عوامل اساسی تأثیرگذار بر آن قوانین عمومی ارائه شود تا بهینه‌ترین مکان‌ها برای فعالیت‌های موردنظر انتخاب شوند (Taherkhani, 2007).

با توجه به موارد ذکر شده، در پژوهش حاضر سعی شد تا امکان توسعه و همچنین مشخص کردن بهترین مناطق برای توسعه زنجیره ارزش نهالستان در حوضه آبخیز شفارود مشخص گردد. انتظار می‌رود اطلاعات به‌دست آمده از این فرآیند به تصمیم‌گیرندگان در مقامات محلی و منطقه‌ای کمک کند تا اقداماتی را برای استفاده بهینه از زمین و بهبود شرایط اقتصادی و توسعه روستایی اتخاذ کنند.

مواد و روش‌ها

حوضه عملیاتی شفارود که منطقه موردمطالعه در این پژوهش می‌باشد، در جنوب غربی گیلان واقع شده است. این حوضه از شمال محدود است به یال بزرگ برزکوه که مرز مشترک حوزه عملیاتی شفارود با اسالم می‌باشد و از جنوب به یال بزرگ اورما و امبراکش، از شرق به اراضی جلگه‌ای روستای پونل و از غرب به مراتع ییلاقی زندانه، گنزخوار و دشت دامن. این حوضه براساس تقسیم‌بندی سازمان جنگل‌ها و مراتع، به‌عنوان شفارود (حوضه شماره ۹) نام‌گذاری گردیده است که با مساحتی معادل ۳۶۴۳۱ هکتار، بین شهرستان‌های رضوانشهر و پره‌سر و شرق ارتفاعات تالش قرارگرفته است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع آن ۲۹۰۳ متر و حداقل آن ۶۰ متر است که پوشش جنگلی از ارتفاع ۱۰۰ متری شروع شده و تا ارتفاع ۲۷۰۰ متری گسترش می‌یابد و همچنین دارای اقلیم مرطوب و دارای رژیم پرآبی پاییزه است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۸). در سال ۱۳۹۵ در این حوضه، ۴۴ آبادی (از این تعداد آبادی، ۸ آبادی خالی از سکنه بود)، ۷۳۷ خانوار و ۴۰۵۳ نفر جمعیت وجود داشت و همچنین شغل غالب روستاییان کشاورزی و دامداری عنوان شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش پس از تبیین مبانی نظری، در راستای تعیین بهترین مناطق برای توسعه زنجیره ارزش محصولات غیرچوبی جنگل، به‌منظور گردآوری اطلاعات جامع از تکنیک‌های مشاهده، مصاحبه و پرسش‌نامه در دو مرحله استفاده شد. افراد پاسخ‌دهنده به‌صورت غیراحتمالی (نمونه‌گیری تعمدی) انتخاب شدند. نمونه‌گیری تعمدی یکی از روش‌های نمونه‌گیری غیراحتمالی است که در آن انتخاب افراد به‌عنوان مصداق طبقه یا مقوله‌ای از موارد که موردنظر محققین است، صورت می‌گیرد، این نمونه‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب نمی‌شوند (نایبی، ۱۳۸۹). در این پژوهش افراد در هر سه مرحله، به‌صورت غیرتصادفی و بر این اساس که هم از منطقه موردنظر شناخت کافی را داشتند و هم دارای تخصص و تجربه لازم در مورد جنگل و فعالیت‌های اقتصادی قابل اجرا بودند، انتخاب شدند. این افراد شامل کارمندان شرکت شفارود، اساتید دانشگاه، کارمندان ادارات منابع طبیعی و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان‌های نزدیک به حوضه شفارود و بخش خصوصی فعال در منطقه بودند. در جدول ۱ تعداد و ارگان افراد پاسخ‌دهنده به پرسشنامه‌ها مشخص شده است.

جدول ۱ - ارگان و فراوانی متخصصین پاسخ دهنده به پرسشنامه‌ها

متخصصین	تعداد
دانشگاه	۱۵
شرکت شفارود	۱۵
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان	۵
اداره کل منابع طبیعی استان گیلان	۵
بخش خصوصی فعال در زنجیره‌های منطقه‌ای	۱۵

براساس مطالعات کتابخانه‌ای انجام گرفته و داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف شامل شرکت سهامی شفارود، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گیلان، بررسی کتابچه‌های طرح جنگلداری در سال‌های گذشته و اداره کل آب منطقه‌ای استان گیلان، تعداد ۲۲ شاخص برای بررسی فعالیت‌های اقتصادی منتخب تعیین شدند. ضمناً نقشه مربوط به هر شاخص برای منطقه در سامانه اطلاعات جغرافیای (GIS) تهیه شد.

در پرسشنامه، اول از متخصصین خواسته شد تا میزان اهمیت هر شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها را با امتیازدهی از یک (کاملاً بی‌اهمیت) تا ۹ (کاملاً با اهمیت) تعیین نمایند. پس از تکمیل پرسشنامه توسط پاسخ‌دهندگان، میانگین امتیازاتی که متخصصین برای هر شاخص در هر فعالیت اعمال کرده بودند، پس از انجام آنالیز مقایسات زوجی، به‌عنوان وزن آن شاخص برای اولویت‌بندی شاخص‌ها در نظر گرفته شد. در ادامه، هر شاخص با توجه به داده‌های موجود و مطالعات صورت گرفته، برای تهیه لیست زیرشاخص‌ها به کلاس‌های مختلف (براساس داده‌های موجود و نظر کارشناسان) تقسیم شد. برای امتیازبندی (در این مرحله متخصصین به زیرشاخص‌های تعیین شده هر شاخص نسبت به هم از یک (کاملاً بی‌اهمیت) تا ۹ (کاملاً با اهمیت) امتیاز دادند) پرسشنامه دوم در اختیار متخصصین قرار گرفت. در جدول ۲ فهرست شاخص‌ها و زیرشاخص‌های انتخاب شده در این پژوهش ارائه شده است.

جدول ۲- طبقه‌بندی شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها

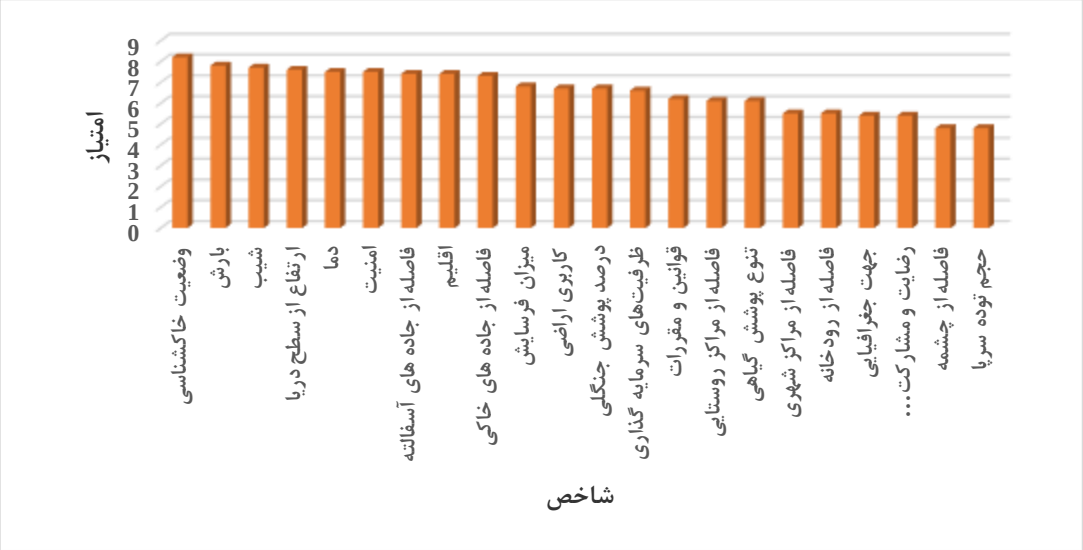
شاخص	زیر شاخص‌ها					
	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۵	کلاس ۶
فاصله از مراکز شهری (کیلومتر)	۱۰>	۳۰- ۱۰	۵۰- ۳۰	۵۰<	-	-
فاصله از مراکز روستایی (کیلومتر)	۱>	۲- ۱	۵- ۲	۵<	-	-
کاربری اراضی	اراضی زراعی و باغ	جنگل انبوه	جنگل نیمه انبوه	مرتع	-	-
امنیت	کم	متوسط	زیاد	-	-	-
ظرفیت‌های سرمایه‌گذاری	کم	متوسط	زیاد	-	-	-
قوانین و مقررات	وجود دارد	وجود ندارد	-	-	-	-
رضایت و مشارکت جوامع محلی	کم	متوسط	زیاد	-	-	-
وضعیت خاکشناسی	انتی‌سول	اینسپتی‌سول	مالی‌سول	-	-	-
میزان فرسایش	خیلی کم	کم	متوسط	-	-	-
شیب (درصد)	۵>	۱۵ -۵	۲۵ -۱۵	۴۰ -۲۵	۶۵ -۴۰	۶۵<
جهت جغرافیایی	شمالی	شرقی	مسطح	غربی	جنوبی	
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۲۰۰>	۴۰۰ -۲۰۰	۸۰۰ -۴۰۰	۱۳۰۰-۸۰۰	۱۹۰۰ -۱۳۰۰	۱۹۰۰>
دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۲>	۱۵ -۱۲	۲۰ -۱۵	۲۵-۲۰	۲۵>	
بارش (میلی‌متر)	۸۰۰>	۱۱۰۰-۸۰۰	۱۴۰۰ -۱۱۰۰	۱۴۰۰>	-	-
اقلیم	نیمه مرطوب	مرطوب				
فاصله از جاده‌های آسفالت (کیلومتر)	۰/۵>	۱/۵ -۰/۵	۴ - ۱/۵	۴<	-	-
فاصله از جاده‌های خاکی (کیلومتر)	۰/۵>	۱/۵ -۰/۵	۴ - ۱/۵	۴<	-	-
فاصله از رودخانه (کیلومتر)	۰/۵>	۱/۵ -۰/۵	۴ - ۱/۵	۴<	-	-
فاصله از چشمه (کیلومتر)	۰/۱>	۰/۵-۰/۱	۱/۵-۰/۵	۱/۵<	-	-
تنوع پوشش گیاهی	مناطق جنگل‌کاری شده	جنگل با تیپ غالب راش	جنگل با تیپ غالب ممرز	جنگل با تیپ ممرز – راش	پوشش مرتعی	-
تعداد درخت در هکتار	۱۰۰ >	۱۷۰-۱۰۰	۲۲۵ -۱۷۰	۲۲۵<	-	-
حجم توده سرپا (مترمکعب)	۱۰۰ >	۱۷۰-۱۰۰	۲۲۵ -۱۷۰	۲۲۵<	-	-

در ادامه، داده‌های حاصل از مقایسات زوجی، برای به دست آوردن نقشه مکانی بهینه زنجیره ارزش نهالستان وارد محیط نرم‌افزار GIS شد. با توجه به کارایی زیاد GIS در امر مکان‌یابی و همچنین با توجه به تعدد معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری، در سال‌های اخیر از تلفیق GIS و روش‌های مختلف سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری چند معیاری به‌عنوان ابزار کاری قدرتمند در زمینه مکان‌یابی استفاده می‌شود (Kharat et al., 2016; Şener et al., 2006). در محیط GIS ابتدا براساس کلاس‌بندی تعریف شده، نقشه شاخص‌ها که قبلاً تهیه شده بود به کلاس‌های مربوط به زیرشاخص‌ها تقسیم شدند. سپس با استفاده از دستور Reclassify امتیاز نهایی هر زیرشاخص که شامل حاصل‌ضرب امتیاز زیرشاخص در ضریب شاخص بود به آن تعلق گرفت و نقشه هر شاخص با امتیازدهی جدید در محیط نرم‌افزار ساخته شد. در پایان از طریق ابزار

Raster Calculator، لایه‌های جدید مربوط به شاخص‌ها بر روی هم قرار گرفتند که نتیجه آن منجر به تهیه نقشه قابلیت منطقه برای توسعه زنجیره ارزش نهالستان در حوضه آبخیز شفارود شد.

یافته‌ها

در شکل ۲ اولویت‌بندی شاخص‌های انتخاب‌شده برای توسعه زنجیره ارزش نهالستان در منطقه موردمطالعه، براساس طیف ۹ تایی از کاملاً نامناسب تا کاملاً مناسب، براساس نظر متخصصین ارائه شده است. طبق این نمودار، شاخص‌های وضعیت خاک‌شناسی، بارش، شیب، ارتفاع از سطح دریا و دما به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها در توسعه این زنجیره ارزش بودند.



شکل ۲- نمودار ترتیب اهمیت شاخص‌های منتخب برای توسعه زنجیره ارزش نهالستان

همچنین بررسی شکل ۲ نشان می‌دهد که شاخص‌های امنیت، فاصله از جاده‌های آسفالته، اقلیم، فاصله از جاده‌های خاکی و میزان فرسایش نیز اهمیت قابل‌توجهی در توسعه این زنجیره ارزش دارند. براساس نظر متخصصین، حجم توده سرپا و فاصله از چشمه کمترین اهمیت را نسبت به سایر شاخص‌ها در توسعه زنجیره ارزش نهالستان در حوضه آبخیز شفارود خواهند داشت.

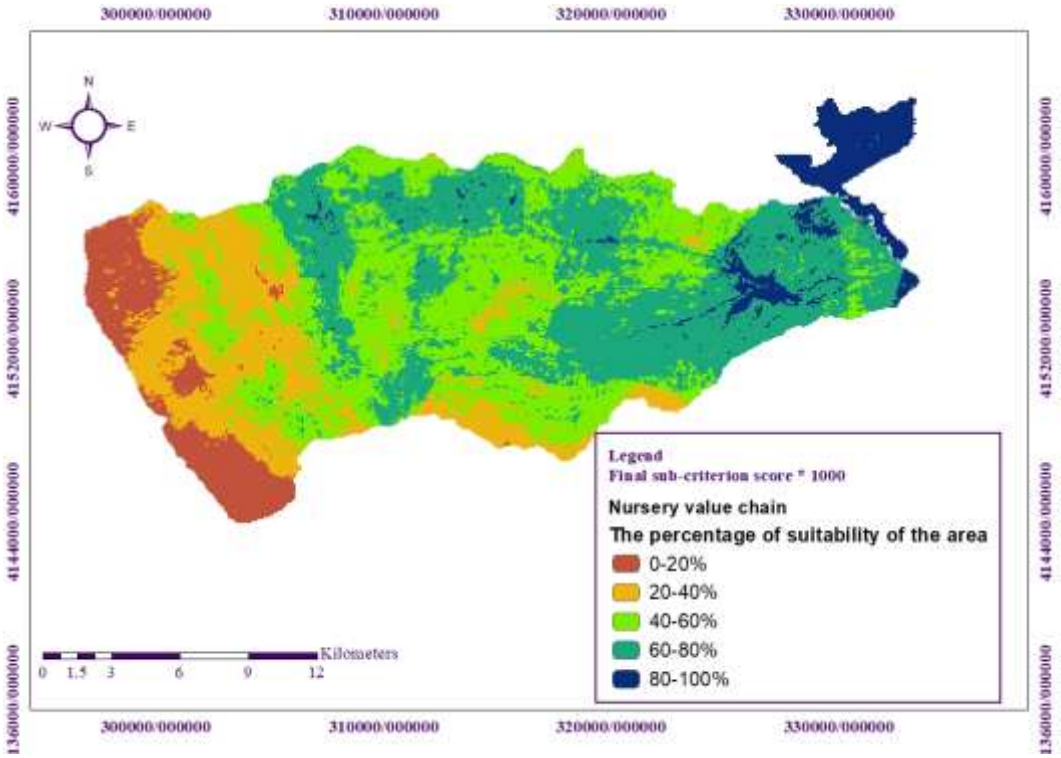
پس از اولویت‌بندی شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها براساس پرسشنامه‌هایی که در اختیار متخصصین قرار گرفت، امتیاز نهایی زیرشاخص‌ها محاسبه شد. امتیاز نهایی زیرشاخص‌ها برای توسعه زنجیره ارزش مذکور در منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- امتیاز نهایی زیرشاخص‌ها برای توسعه زنجیره ارزش نهالستان

شاخص	امتیاز نهایی زیر شاخص					
	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۵	کلاس ۶
فاصله از مراکز شهری (کیلومتر)	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	–	–
فاصله از مراکز روستایی (کیلومتر)	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	–	–
کاربری اراضی	۰/۰۱۸	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	–	–
امنیت	۰/۰۰۸	۰/۰۱۸	۰/۰۲۶	–	–	–
ظرفیت‌های سرمایه‌گذاری	۰/۰۰۴	۰/۰۱۷	۰/۰۲۴	–	–	–
قوانین و مقررات	۰/۰۰۷	۰/۰۳۶	–	–	–	–
رضایت و مشارکت جوامع محلی	۰/۰۰۶	۰/۰۱۲	۰/۰۱۹	–	–	–
وضعیت خاکشناسی	۰/۰۲۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۸	–	–	–
میزان فرسایش	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶	۰/۰۰۷	–	–	–
شیب (درصد)	۰/۰۱۶	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
جهت جغرافیایی	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	–
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲
دما (درجه سانتی‌گراد)	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳	۰/۰۰۸	–
بارش (میلی‌متر)	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶	–	–
اقلیم	۰/۰۳۶	۰/۰۱۵	–	–	–	–
فاصله از جاده‌های آسفالت (کیلومتر)	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	–	–
فاصله از جاده‌های خاکی (کیلومتر)	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	–	–
فاصله از رودخانه (کیلومتر)	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	–	–
فاصله از چشمه (کیلومتر)	۰/۰۰۸	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	–	–
تنوع پوشش گیاهی	۰/۰۱۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	–
تعداد درخت در هکتار	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹	–	–
حجم توده سرپا (مترمکعب)	۰/۰۱۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	–	–

بررسی جدول ۳ نشان می‌دهد که زیرشاخص وجود قوانین و مقررات با امتیاز نهایی ۰/۰۳۶، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. بعد از آن، زیر شاخص بیشترین میزان امنیت با امتیاز نهایی ۰/۰۲۶ و زیرشاخص بالاترین میزان ظرفیت‌های سرمایه‌گذاری با امتیاز نهایی ۰/۰۲۴ در رتبه‌های بعدی مهم‌ترین زیرشاخص‌ها برای توسعه زنجیره ارزش نهالستان قرار داشتند.

پس از واردکردن امتیازات نهایی زیرشاخص‌ها، در قالب هر شاخص به‌صورت یک‌لایه در محیط GIS و ترکیب لایه‌های مربوط به شاخص‌ها، وضعیت منطقه مورد مطالعه از جهت مناسب بودن برای زنجیره ارزش نهالستان مشخص شد. شکل ۳ وضعیت حوضه آبخیز شفارود را برای توسعه زنجیره ارزش مورد بررسی نشان می‌دهد.



شکل ۳- وضعیت نقاط مختلف حوضه آبخیز شفارود برای اجرای زنجیره ارزش نهالستان

در شکل ۳ حوضه آبخیز شفارود برای توسعه زنجیره ارزش محصولات غیرچوبی جنگل از نظر میزان مناسب بودن به پنج بازه از صفر تا ۱۰۰ درصد تقسیم‌بندی شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر ابتدا مهم‌ترین شاخص‌ها برای توسعه زنجیره ارزش نهالستان مشخص شدند که بر این اساس وضعیت خاکشناسی منطقه به‌عنوان مهم‌ترین زیرشاخص براساس نظر متخصصین انتخاب شد که در مطالعات دیگر نیز بر اهمیت این شاخص در نهالستان‌ها تأکید شده است.

شرایط خاک نقش مهمی در موفقیت نهالستان‌ها دارد که بر رشد، سلامت و بهره‌وری کلی گیاهان تأثیر می‌گذارد. عوامل مختلف مرتبط باکیفیت خاک، ازجمله بافت، ساختار و فعالیت بیولوژیکی، به‌طور قابل‌توجهی بر عملیات نهالستان تأثیر می‌گذارد.

بافت و ساختار خاک

بافت خاک به نسبت ذرات ماسه، سیلت و رس در خاک اشاره دارد، درحالی‌که ساختار خاک چگونگی تجمع این ذرات را توصیف می‌کند. هر دو جنبه بر حفظ آب، زهکشی و هوادهی تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال، خاک‌های با بافت سبک می‌توانند منجر به افزایش آسیب‌پذیری در برابر آفاتی مانند نماتدهای ریشه‌گره در نهالستان‌های برنج شوند که سبب کاهش

عملکرد قابل‌توجهی به دلیل نگهداری ضعیف آب و در دسترس بودن مواد مغذی می‌شود. برعکس، خاک‌های با ساختار مناسب نفوذ ریشه، سلامت کلی گیاه را افزایش می‌دهند (Kanwar, 2018).

فعالیت بیولوژیکی

جنبه بیولوژیکی خاک نیز به همان اندازه مهم است. خاک‌های سالم سرشار از میکروارگانیسم‌هایی هستند که به چرخه مواد مغذی و سرکوب بیماری‌ها کمک می‌کنند. مطالعات نشان داده‌اند که حضور قارچ‌های مفید میکوریزا می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی رشد گیاه را در نهالستان‌های جنگلی با بهبود جذب مواد مغذی افزایش دهد (Henry et al., 2017). علاوه بر این، تکنیک‌های مؤثر ضدعفونی خاک برای مدیریت میکروارگانیسم‌های مضر ضروری است. برای مثال، قرار دادن بسترهای مورد استفاده در نهالستان‌های بدون خاک در معرض دمای بالا می‌تواند بارهای پاتوژن را کاهش دهد و درنتیجه محیط سالم‌تری را برای نهال‌ها ایجاد کند (Oliveira et al., 2014).

شیوه‌های خاک‌ورزی

شیوه‌های خاک‌ورزی نیز بر شرایط خاک در نهالستان‌ها تأثیر می‌گذارد. ادوات مختلف خاک‌ورزی می‌توانند بر مقاومت در برابر نفوذ خاک و سلامت ریشه تأثیر بگذارند. تحقیقات نشان می‌دهد که وقتی آفات در عمق بیشتری از خاک قرار دارند، تجهیزات خاص، مانند ماشین‌های قیچی می‌توانند نسبت به پنجه‌های دوار در کاهش قارچ‌های مضر مؤثرتر باشند. درک مفاهیم روش‌های مختلف خاک‌ورزی برای بهینه‌سازی شرایط خاک و حصول اطمینان از تولید نهال قوی بسیار مهم است (Juzwik, 2002).

به غیر از وضعیت خاکشناسی، شاخص‌های دیگر نیز براساس میزان اهمیت در این پژوهش رتبه‌بندی شدند که توجه به آن‌ها نیز می‌تواند برای توسعه این زنجیره ارزش بسیار مهم باشد.

در پایان این پژوهش با بررسی‌های انجام گرفته و شاخص‌های در نظر گرفته شده، می‌توان اقرار کرد که حوضه آبخیز شفارود داری ظرفیت‌های خوبی برای توسعه زنجیره ارزش نهالستان می‌باشد و با توجه به اهمیت آن، این زنجیره ارزش می‌تواند از نظر اقتصادی به ارگان‌های مرتبط با این حوضه و همچنین مردم محلی ساکن در این حوضه جنگلی کمک کند.

منابع

عزیزی، م.، خانمحمدی، م.، و پناهنده، م. (۱۳۹۸). بررسی پیامدهای ساختاری احداث سد شفارود در حوزه آبخیز شفارود براساس رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۷(۱): ۱-۱۳.

مرکز آمار ایران. سرشماری عمومی نفوس و مسکن. ۱۳۹۵.

نایبی، ه. (۱۳۸۹). پیمایش در تحقیقات اجتماعی (ترجمه)، انتشارات نشر نی، تهران، ۳۶۶ صفحه.

Armesto, J. J., Smith-Ramírez, C., Carmona, M. R., Celis-Diez, J. L., Díaz, I. A., Gaxiola, A. and Rozzi, R. (2009). Old-growth temperate rainforests of South America: conservation, plant–animal interactions, and baseline biogeochemical processes. Old-Growth Forests: Function, Fate and Value, 367-390.

Damdinjamts, J., Ganbaatar, B., Nachin, B., Erdenechuluun, N., Dashzeveg, G., Altanhuyag, B. and Sukhbaatar, G., (2021). A comparative study of the seedling production technology of Picea obovata L. in the forest-steppe ecotone of northern Mongolia. Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences, pp.36-42.

Edralin, D.I. and Mercado Jr, A., (2010). The Need for Improved Nursery Management Practices and Marketing in the Tree Nurseries of Northern Mindanao. Annals of Tropical Research, 32(2), pp.27-34.

Falah, S., Achmad, A. and Winara, A., (2015). Aktivitas Antifungi Ekstrak Akar Mahoni terhadap Isolat Botryodiplodia theobromae Pat. Penyebab Mati Pucuk pada Bibit Jabon (Antifungal Activity of Mahogany Root Extracts against Botryodiplodia theobromae Pat. Isolate Causing Dieback on Jabon Seedling). Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis, 13(1), pp.1-10.

Henry, C., Raivoarisoa, J. F., Razafimamonjy, A., Ramanankierana, H., Andrianaivomahefa, P., Ducousso, M., and Selosse, M. A. (2017). Transfer to forest nurseries significantly affects mycorrhizal community composition of Asteropeia mcphersonii wildings. Mycorrhiza, 27(4), 321-330.

Juzwik, J. (2002). COMPARISON OF TILLAGE EQUIPMENT FOR IMPROVING SOIL CONDITIONS AND ROOT HEALTH IN BAREROOT NURSERIES JENNIFER JUZWIK, KATHRYN KROMROY, AND RAYMOND ALLMARAS. In National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations, 1999, 2000, and 2001 (p. 103). US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Kanwar, R. S. (2018). Pathogenicity of Rice Root-Knot Nematode, Meloidogyne graminicola on Rice Nursery in Different Soil Types.

Kharat, M.G., Kamble, S.J., Raut, R.D., Kamble, S.S., and Dhume, S.M. (2016). Modeling landfill site selection using an integrated fuzzy MCDM approach. Modeling Earth Systems and Environment. 2: 2. 1-16.

Maier, C., Hebermehl, W., Grossmann, C. M., Loft, L., Mann, C., and Hernández-Morcillo, M. (2021). Innovations for securing forest ecosystem service provision in Europe–A systematic literature review. Ecosystem Services, 52, 101374.

Pagdee, A., Kim, Y.S. and Daugherty, P.J., (2006). What makes community forest management successful: a meta-study from community forests throughout the world. Society and Natural resources, 19(1): 33-52.

Repáč, I., Parobeková, Z. and Sendecký, M., (2017). Reforestation in Slovakia: History, current practice and perspectives. Reforesta, (3): 53-88.

Saturusinghe, A.S. and Widanapathirana, A., (1995). PEASANT PARTICIPATION IN RAISING SEEDINGS FOR REFORESTATION: EVIDENCE FROM THE PARTICIPATORY FORESTRY PROJECT. In Proceedings of International Forestry and Environment Symposium.

Şener, B., Süzen, M.L., and Doyuran, V. (2006). Landfill site selection by using geographic information systems. Environmental geology. 49 (3): 376-388.

Sudrajat, D.J. and Rustam, E., (2020). August. Reforestation by direct seeding of Gmelina arborea using seed briquettes: Composition, size and site preparation, and sowing date. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 533, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.

Taye, F. A., Folkersen, M. V., Fleming, C. M., Buckwell, A., Mackey, B., Diwakar, K. C. and Saint Ange, C. (2021). The economic values of global forest ecosystem services: A meta-analysis. Ecological Economics, 189: 107145.

Winara, A. and Falah, S., (2014). Influence of Culture Medium and Mahogany Seed Extract on The Growth of Botryodiplodia sp. Isolate Causing Dieback on Jabon Seedling PENGARUH MEDIA KULTUR DAN EKSTRAK BIJI MAHONI TERHADAP PERTUMBUHAN ISOLAT Botryodiplodia sp. PENYEBAB MATI PUCUK. Jurnal Silvikultur Tropika, 5(3).

Zenteno, M., Zuidema, P. A., de Jong, W., and Boot, R. G. (2013). Livelihood strategies and forest dependence: New insights from Bolivian forest communities. Forest Policy and Economics, 26: 12-21.

Zhao, X. and Wang, X., (2019). Discussion of Accounting of Non-Wood Forest Products in State-Owned Forest Areas. REVISTA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA, 36(5):1589-1594.

Investigating the possibility of developing the nursery value chain in the Shafarood watershed

P. Hamedi Qazi[1*], S.R. Mousavi Mirkola[2], O. Hossein Zadeh[2] and M.H. Mir Yaghoobzadeh[3]

1- Ph.D. in Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
3-Associate Prof., Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract

In addition to paying attention to forest conservation, attention to the economic conditions of human communities related to the forest, including rural, nomadic, urban communities close to the forest, as well as owners and other stakeholders, should also be considered in forest management. The use or value chains that can bring economic benefits while maintaining the sustainability of the forest ecosystem, and which is addressed in this study, is the development of the nursery value chain. In order to identify the main indicators after explaining the theoretical foundations, in order to collect comprehensive information, observation, interview and questionnaire techniques were used with experts (including 55 people) who were selected non-randomly and based on their expertise. In the present study, a questionnaire was used in two stages to complete the process. Based on the results, soil condition indicators, precipitation, slope, altitude above sea level and temperature were the most important indicators in the development of this value chain. The sub-index of the existence of laws and regulations, with a final score of 0.036, has the highest score, followed by the sub-index of the highest level of security, with a final score of 0.026, and the sub-index of the highest level of investment capacities, with a final score of 0.024, in the next ranks of the most important sub-indexes for the development of the nursery value chain.

Keywords: Economic development, value chain, Emplacement.

*Corresponding author Tel: +98 9149793963 Email: Peyman.h.qazi@gmail.com

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

مطالعه فلورستیک، شکل زیستی و کورولوژی گونه‌های گیاهی چوبی در دامنه ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا در جنگل‌های بلوط زاگرس شمالی، شهرستان بانه، استان کردستان

عثمان صالح‌زاده[۱*]، جواد اسحاقی‌راد[۲]، الیاس رمضانی کاکرودی[۳]، حسین معروفی [۴] و پیتر شال [۵]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۴- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سنندج، ایران.
۵- عضو هیات علمی گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه گوتینگن، گوتینگن، آلمان.

چکیده

به‌منظور بررسی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی چوبی در طبقات مختلف ارتفاعی جنگل‌های بلوط زاگرس شمالی، در بخشی از منطقه جنگلی و کوهستانی شهرستان بانه در استان کردستان، در چهار طبقه ارتفاعی ۳۰۰ متری از دامنه ارتفاعی بین ۱۱۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا، مطالعه فلورستیک انجام شد. برای این منظور از روش آماربرداری خط نمونه (ترانسکت) استفاده شده است. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در هر ترانسکت با استفاده از روش منظم- انتخابی انجام شد. مساحت قطعات نمونه برای نمونه‌برداری گونه‌های چوبی مطابق اندازه قطعه نمونه پیشنهادی برای مطالعه پوشش‌های جنگلی نواحی معتدله (درختی و درختچه‌ای)، مربعی شکل ۴۰۰ متر مربعی با ابعاد ۲۰×۲۰ متر درنظر گرفته شد. در هر قطعه نمونه مشخصه‌هایی از قبیل نوع و فراوانی مربوط به گونه‌های گیاهی چوبی مورد بررسی قرار گرفت که گونه‌های گیاهی چوبی حاضر در سطح قطعات نمونه جمع‌آوری و مورد بررسی و شناسایی گیاهی قرار گرفته و شکل زیستی آنها براساس روش رانکایر و کوروتیپ گونه‌ها (پراکنش جغرافیایی گونه‌ها) بر مبنای تقسیم‌بندی نواحی جغرافیایی، روش تقسیم‌بندی نواحی رویشی ایران، تعیین شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده حضور۲۶ گونه گیاهی چوبی (درختان و درختچه‌های جنگلی) متعلق به ۸ خانواده و ۱۵ جنس در منطقه مورد مطالعه بوده که تیره گل سرخیان یا Rosaceae (با تعداد ۱۷ گونه، ۶۵,۳۹ درصد) و تیره راش یا Fagaceae (با تعداد ۳ گونه، ۱۱,۵ درصد) بیشترین و خانواده‌های گیاهی Thymelaceae، Oleaceae، Anacardiaceae، Juglandaceae، Aceraceae، Caprifoliaceae (هر کدام با تعداد یک گونه و ۳,۸درصد) کمترین تعداد گونه‌های گیاهی منطقه را به خود اختصاص دادند. همچنین نتایج حاصل از بررسی شکل زیستی گونه‌های چوبی بر مبنای طبقه‌بندی رانکایر نشان داد که فانروفیت‌ها (با ۲۶ گونه، ۱۰۰ درصد)، بیشترین و کل اشکال زیستی گیاهان چوبی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. نتایج نشان داد که گونه‌های گیاهی چوبی با کوروتیپ ناحیه رویشی ایران- تورانی (IT) با (۱۶ گونه، ۶۱,۵۳ درصد) و ناحیه رویشی ایران- تورانی و اروپ- سیبری (IT, ES) با (۶ گونه، ۲۳ درصد)، به‌عنوان بیشترین و نواحی رویشی ایران- تورانی، اروپا- سیبری، مدیترانه‌ای (IT,

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۸۳۷۹۵۰۸۶ ایمیل: soroush8291@gmail.com

ES, Med) و ایران- تورانی، مدیترانه‌ای (IT, Med) همگی با (۲ گونه، ۷,۷ درصد) به‌عنوان کمترین کوروتیپ در منطقه مورد مطالعه وجود دارند.

واژگان کلیدی: گونه‌های چوبی، زاگرس شمالی، فلورستیک، شهرستان بانه، کوروتیپ.

مقدمه

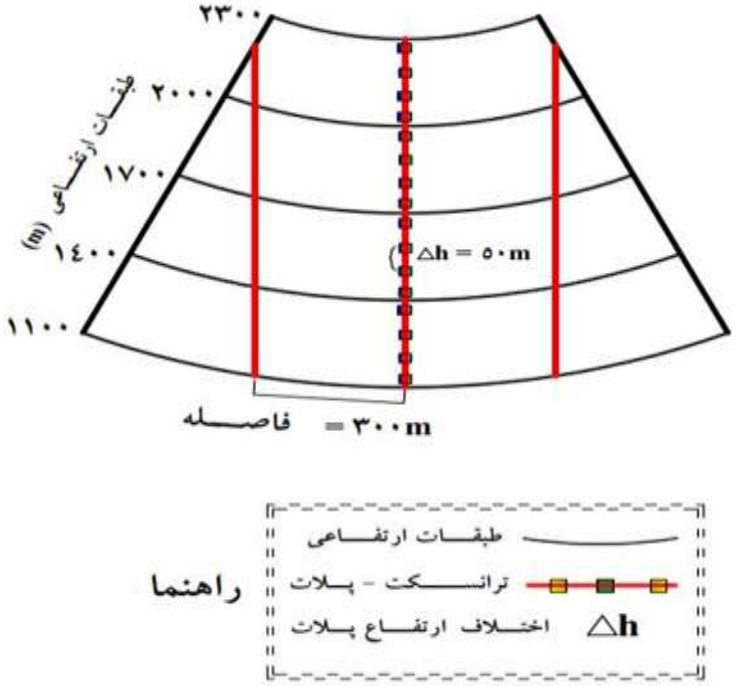
پوشش گیاهی یک پدیده مهم در طبیعت است که تأثیر زیادی بر کارکردها و خدمات بوم‌سازگان دارد و به‌دلیل ارتباط و هم‌خوانی با شرایط محیطی، نقش کلیدی در حفظ تعادل زیست‌محیطی دارد (ویس‌کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). بررسی و مطالعه پوشش گیاهی عرصه‌های طبیعی به‌عنوان یک ابزار مناسب در برنامه‌ریزی، نظارت، حفاظت و مدیریت رویشگاه‌های طبیعی همواره مورد تأکید فراوان است (خبازی و اسماعیل‌زاده، ۱۳۹۹). مطالعه جوامع گیاهی بهترین روش برای درک زیستگاه‌ها، آشیان بوم‌شناسی، ساختار پوشش گیاهی و همچنین تعاملات مختلف بین گیاهان در اکوسیستم است (Rahman et al., 2016; Khan et al., 2017؛ غفاری و همکاران، ۱۳۹۵). شکل زیستی (Life form) هر گونه گیاهی براساس سازش‌های اکولوژیک گیاه با شرایط محیطی به‌وجود آمده است. در واقع این سیمای ظاهری نوعی سازش فیلوژنتیک با شرایط محیطی معین است. به‌طور کلی اشکال زیستی در هر اجتماع گیاهی متفاوت می‌باشند و در واقع همین تفاوت اشکال زیستی اساس ساختار اجتماعات گیاهی را تشکیل می‌دهند (اسماعیل زاده و همکاران، ۱۳۸۴). تاکنون فنون مختلفی برای طبقه‌بندی اشکال زیستی گیاهان انجام شده که یکی از مشهورترین آنها روش فرم رویشی رانکایر می‌باشد. رانکایر براساس محل ظهور جوانه‌های رشد در هر گونه (که معمولاً در فصل مساعد رشد گیاهان از همین محل شروع می‌شود) یک طیف بیولوژیکی را ارائه کرد. طبقه‌بندی فرم رویشی رانکایر براساس این فرض استوار است که مورفولوژی گونه‌ها با عوامل آب و هوایی کاملاً مرتبط است. گونه‌های نواحی مختلف کره زمین در ارتباط با میزان رطوبت، تشعشعات خورشیدی و دما درجات مختلفی از سازش را نشان داده و عکس‌العمل آنها در جابجایی محل ظهور جوانه‌ها بروز می‌کند. شکل زیستی گیاهان نشانگر سازش‌های ریختی آن‌ها نسبت به شرایط اقلیمی، خاکی، زیستی و در نهایت اکولوژیکی یک رویشگاه است (تیمورزاده و همکاران، ۱۳۹۴). پراکنش جغرافیایی (Chorology) گونه‌های گیاهی هر منطقه بازتاب تاثیرپذیری آن منطقه از ناحیه یا ناحیه‌های رویشی مختلف است (شیخکانلوی میلان و همکاران، ۱۳۹۶؛ میرزایی موسیوند، ۱۴۰۱). هدف از این پژوهش فراهم آوردن اطلاعات پایه‌ای مطالعات فلورستیک است تا گونه‌های گیاهی چوبی موجود و پتانسیل منطقه شناسایی شود که در نتیجه می‌تواند به شکل‌گیری راه‌کارهای مؤثر در زمینه برنامه‌ریزی، مدیریت، حفاظت و احیای این جنگل‌ها کمک شایانی کند و در نهایت به پایداری و حفظ تنوع زیستی این اکوسیستم‌ها منجر شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان بانه منطقه‌ای کوهستانی و جنگلی در غرب استان کردستان است که در محدوده طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۱۵ درجه شرقی و عرض جغرافیای ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی قرار دارد. این شهرستان از شمال به شهرستان‌های سقز و بوکان، از جنوب به مرز عراق، از شرق به شهرستان سقز و از غرب به شهرستان

سردشت و مرز عراق محدود می‌شود. مساحت منابع طبیعی این شهرستان ۱۳۰۰۰۰ هکتار است که شامل ۸۰۰۰۰ هکتار جنگل و ۵۰۰۰۰ هکتار مرتع است. در شهرستان بانه حداقل ارتفاع از سطح دریا ۹۰۰ متر و حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۳۰۹۴ متر است (بی‌نام، ۱۳۸۶). سازند زمین‌شناسی آن شامل ماسه‌سنگ و کنگلومرا، شیست و شیل است. شیب عمومی منطقه ۳۷ درصد و دامنه‌های آن دارای شیب نسبتاً تند با آبراهه‌های کم عمق تا عمیق است (خون‌سیاوشان و همکاران، ۱۴۰۰). مطابق آمارهای اداره هواشناسی شهرستان بانه، میانگین بارش سالیانه شهرستان بانه ۶۵۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد، دمای حداقل ۲۸/۷- و دمای حداکثر ۳۵/۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد است. بارش‌های زمستانه به‌صورت برف و بارش‌های بهاره و پاییزه به‌صورت باران است. منحنی آمبروترمیک منطقه نشان می‌دهد که خرداد تا مهرماه، خشک‌ترین ماه‌های سال هستند. بنابراین طول فصل مرطوب ۶ ماه و فصل خشک ۶ ماه است (خون‌سیاوشان و همکاران، ۱۴۰۰). اقلیم منطقه مورد مطالعه طبق روش آمبرژه نیمه‌مرطوب سرد کوهستانی است. این تحقیق به‌منظور بررسی و مطالعات فلورستیک توده‌های جنگلی در طبقات ارتفاعی ۳۰۰ متری در جنگلهای زاگرس شمالی، در شهرستان بانه استان کردستان در اطراف روستاهای چروش، تاژبان، تاژان (بخش آرمرده)، سبدلو، دروله، مجسه، بلوه و بنه‌خوی (بخش مرکزی) و کویره گویزه (بخش ننور) به مساحت کل ۴۰۲۶ هکتار انجام شده است (شکل ۱) که در دامنه ارتفاعی بین ۱۱۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا قرار می‌گیرند. نمونه‌های گیاهی از رویشگاه‌های مذکور طی سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ جمع آوری شد. در هریک از دو دامنه یا جهت کلی (که عمدتاً شمالی یا جنوبی است) چهار طبقه ارتفاعی ۳۰۰ متری انتخاب شد. تمام نمونه‌های گیاهی چوبی پس از خشک شدن برای شناسائی به هرباریوم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان انتقال یافت. به هنگام نمونه‌برداری ضمن برداشت نمونه‌ها به‌صورت کامل (دارای ریشه، ساقه و در صورت امکان گل یا میوه)، یادداشت‌های مربوط به فلورستیک و فراوانی و درصد تاج پوشش هریک از گونه‌ها به‌صورت مستقیم در عرصه انجام شد. سپس توسط متخصصین مربوطه براساس روش‌های متداول تاکسونومی گیاهی خانواده، جنس و گونه‌های هر یک از عناصر درختی و درختچه‌ای تعیین شد. اشکال زیستی گونه‌های درختی و درختچه‌ای براساس روش رانکایر (۱۹۳۴) و کوروتیپ گونه‌ها (پراکنش جغرافیایی گونه‌ها) بر مبنای تقسیم‌بندی نواحی جغرافیایی گیاهی زهری، روش تقسیم‌بندی نواحی رویشی ایران و فلورهای گیاهی موجود تعیین شد (اسحاقی‌راد و همکاران، ۱۳۹۵؛ متاجی و همکاران، ۱۳۸۸) و با استفاده از نرم‌افزار Excel ۲۰۰۷ و استفاده از داده‌های مربوطه نسبت به جمع‌بندی و ترسیم نمودار کوروتیپ‌ها و خانواده‌های گیاهی (شکل‌های ۲ و ۳) اقدام شد.



شکل ۱- شمایی از شکل و ابعاد طبقات ارتفاعی ۳۰۰ متر، ترانسکت با فاصله تقریبی ۳۰۰ متر، قطعه نمونه با اختلاف ارتفاع ۵۰ متر

نتایج

در مناطق مورد مطالعه تعداد ۲۶ تاکسون گیاهی درختی و درختچه‌ای مشاهده و فهرست‌برداری شد که متعلق به ۸ تیره گیاهی و ۱۵ جنس بودند.

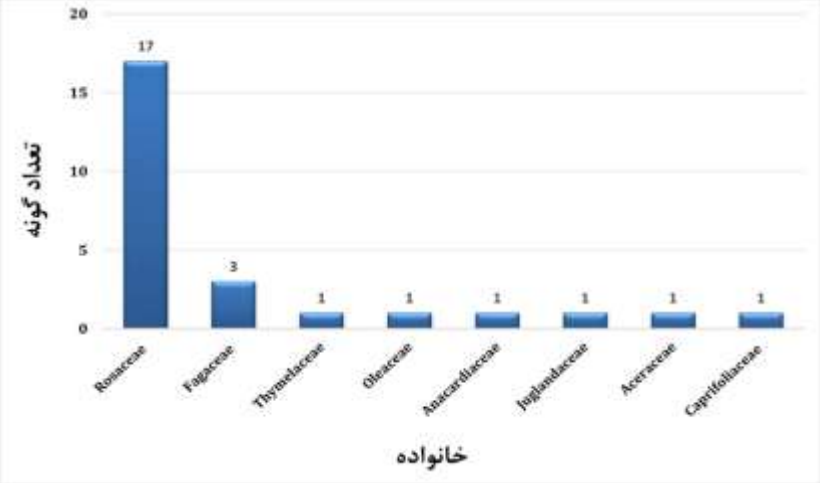
جدول ۱- فهرست گونه‌های درختی و درختچه‌ای، خانواده‌ها، فرم رویشی، کوروتیپ‌های گیاهی چوبی در منطقه جنگلی مورد مطالعه

ردیف	اسامی علمی گونه‌های چوبی	نام تیره	شکل زیستی (Life form)	کورتیپ (نواحی رویشی)	فرم گیاهی (Vegetation form)	نام فارسی
۱	*Rosa Canina* L.	Rosaceae	Ph	IT, ES, Med	درختچه	نسترن وحشی قرمز
۲	*Rosa foetida* j.herrmann	Rosaceae	Ph	IT, Med	درختچه	نسترن وحشی زرد
۳	*Cerasus microcarpa* subsp. *microcarpa* C.A.Mey	Rosaceae	Ph	IT, ES	درختچه	آلبالو وحشی ریز، راناس
۴	*Cerasus microcarpa* (C.A.Mey.) Boiss. subsp. *tortuosa* (Boiss. & Hausskn.)	Rosaceae	Ph	IT	درختچه	آلبالو دانه ریز فراتی

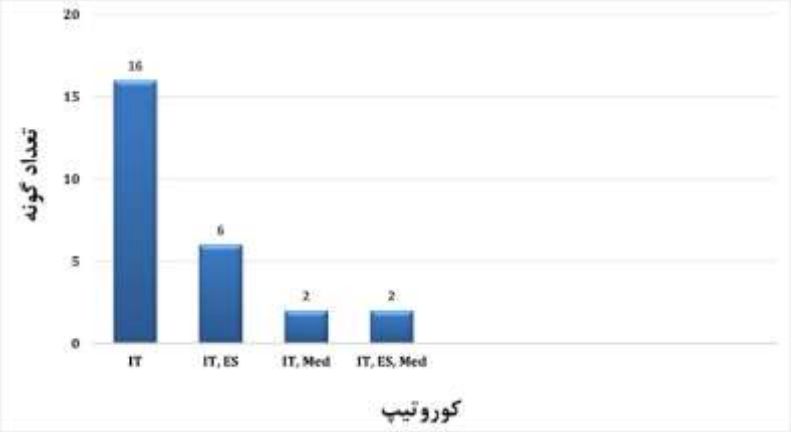
۵	*Malus orientalis* L.	Rosaceae	Ph	IT	درخت	سیب جنگلی
۶	*Fraxinus angustifolia* Vahl.	Oleaceae	Ph	IT, ES	درخت	زبان گنجشک
۷	*Juglans regia* L.	Juglandaceae	Ph	IT, ES	درخت	گردو جنگلی
۸	*Sorbus persica* Hedl.	Rosaceae	Ph	IT	درخت/ درختچه	بارانک ایرانی، دیو آلبالو
۹	*Quercus brantii* LindL	Fagaceae	Ph	IT	درخت	برودار
۱۰	*Quercus infectoria* Oliv.	Fagaceae	Ph	IT, ES	درخت	مازودار
۱۱	*Quercus libani* Oliv.	Fagaceae	Ph	IT, ES	درخت	وی‌ول
۱۲	*Pistacia atlantica* Desf.	Anacardiaceae	Ph	IT	درخت	بنه (پسته وحشی)
۱۳	*Crataegus azaraLous* L.	Rosaceae	Ph	IT	درخت	زالزالک زرد
۱۴	*Crataegus aronia* L.	Rosaceae	Ph	IT	درخت	زالزالک زرد
۱۵	*Crataegus kurdstanica* L.	Rosaceae	Ph	IT, ES	درخت	زالزالک
۱۶	*Crataegus meyeri* Pojark	Rosaceae	Ph	IT	درخت	زالزالک قرمز
۱۷	*Amygdalus communis* L.	Rosaceae	Ph	IT	درخت	بادام تلخ، شیرین
۱۸	*Pyrus syriaca* Boiss	Rosaceae	Ph	ES, IT, Med	درخت	گلابی وحشی
۱۹	*Pyrus glabra* Boiss	Rosaceae	Ph	IT	درخت	گلابی وحشی
۲۰	*Acer Cinerascens* Boiss	Aceraceae	Ph	IT	درخت	افرا کیکم
۲۱	*Lonicera nummulariifolia* Jaub. & Spach	Caprifoliaceae	Ph	IT, Med	درختچه	شن (پلاخور)
۲۲	*Daphne mucronata* Royle	Thymelaceae	Ph	IT	درختچه	دافنه (تیرو)
۲۳	*Cotoneaster nummularioides* Pojark	Rosaceae	Ph	IT	درختچه	شیر خشت
۲۴	*Amygdalus kotschyi* Boiss. & Hohen. ex Spach	Rosaceae	Ph	IT(End)	درخت	بادام کردستانی
۲۵	*Cotoneaster nummularius* Fisch. & C.A.Mey.	Rosaceae	Ph	IT	درختچه	شیر خشت
۲۶	*Amygdalus haussknechtii* (C.K.Schneider) Bornm	Rosaceae	Ph	IT(End)	درختچه	بادام زاگرسی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده حضور۲۶ گونه گیاهی چوبی (درختان و درختچه‌های جنگلی) متعلق به ۸ خانواده و ۱۵ جنس در منطقه مورد مطالعه بوده که تیره گل‌سرخیان یا Rosaceae (با تعداد ۱۷ گونه، ۶۵,۳۹ درصد) و تیره راش یا

Fagaceae (با تعداد ۳ گونه، ۱۱,۵ درصد) بیشترین و خانواده‌های گیاهی Thymelaceae، Oleaceae، Anacardiaceae، Juglandaceae، Aceraceae، Caprifoliaceae (هر کدام با تعداد یک گونه و ۳,۸ درصد)، کمترین تعداد گونه‌های گیاهی منطقه را به‌خود اختصاص دادند. همچنین نتایج حاصل از بررسی شکل زیستی گونه‌های چوبی بر مبنای طبقه‌بندی رانکایر نشان داد که فانروفیت‌ها (با ۲۶ گونه، ۱۰۰ درصد)، بیشترین و کل اشکال زیستی گیاهان چوبی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که گونه‌های گیاهی چوبی با کوروتیپ ناحیه خشک رویشی ایران- تورانی (IT) که بخش کوردو زاگرسین یا جنگل‌های زاگرس در آن قرار دارد (Zohary , 1973)، با (۱۶ گونه، ۶۱,۵۳ درصد) و ناحیه رویشی ایران- تورانی و اروپ- سیبری (IT, ES) با (۶ گونه، ۲۳ درصد)، به‌عنوان بیشترین و نواحی رویشی ایران- تورانی، اروپا- سیبری، مدیترانه‌ای (IT, ES, Med) و ایران- تورانی، مدیترانه‌ای (IT, Med) همگی با (۲ گونه، ۷,۷ درصد) به‌عنوان کمترین کوروتیپ در منطقه مورد مطالعه وجود دارند. علاوه بر این از میان تاکسون‌های شناسایی شده در منطقه، گونه‌هایی چوبی وجود دارند که دارای مصارف دارویی، خوراکی و صنعتی می‌باشند که از این گونه‌ها می‌توان به گیاهان زیر اشاره نمود: نسترن جنگلی، آلبالو وحشی، بنه (پسته وحشی)، گردو، زالزالک، بادام، بلوط، گلابی وحشی، شیرخشت و دافنه. همچنین از بین تاکسون‌های شناسائی شده، تیره‌هایی وجود دارند که گونه‌های آنها به واسطه داشتن ظاهری چشم‌نواز و دارا بودن گلهای زیبا و رنگی و یا زیبائی میوه‌شان، استعداد زینتی شدن را دارا می‌باشند. از این رو می‌توان آنها را به‌عنوان گیاه زینتی پرورش داده و در فضای سبز از قبیل پارک‌ها، اطراف خیابان‌ها و یا سایر اماکن تفریحی و تفرجی به‌کار برد. از جمله این گیاهان می‌توان به گونه‌های زیر اشاره کرد: *Rosa Canin*a ، *Rosa foetida*، *Cotoneaster nummularioides* و...



شکل ۲- نمودار ستونی خانواده‌های گیاهی چوبی و تعداد گونه‌ها در هر خانواده در منطقه مورد مطالعه



شکل ۳- نمودار ستونی کوروتیپ‌های مشاهده شده گونه‌های گیاهی چوبی در منطقه مورد مطالعه
(ایرانی- تورانی: IT، اروپا- سیبری: ES، مدیترانه: Med، چند ناحیه‌ای: PL)

بحث و نتیجه گیری

مهم‌ترین تیره‌های گیاهی چوبی به‌ترتیب Rosaceae با تعداد ۱۷ گونه و Fagaceae با تعداد ۳ گونه و جنس‌های *Queues*، *Crataegus* و *Amygdalus* به تعداد ۳، ۴، ۳ فراوان‌ترین جنس‌ها می‌باشند. شکل زیستی عمده گونه‌های چوبی منطقه مورد مطالعه به‌صورت فانروفیت (۱۰۰ درصد) بوده و پوشش گیاهی چوبی منطقه با ۶۱,۵۳ درصد عنصر رویشی چوبی متعلق به ایرانی- تورانی است. بدیهی است که همیشه فراوانی تعداد گونه‌های یک خانواده دارای اهمیت نیست، به‌طوری که برخی از خانواده‌ها مانند تیره راش (Fagaceae) با یک جنس (*Qurecus*) و سه گونه تشکیل جنگل‌های وسیع با غالبیت بلوط (*Qurecus persica*) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که با مطالعه فیضی و همکاران (۱۳۹۲) همخوانی دارد. عناصر ایران تورانی با ۶۱,۵۳ درصد در رتبه نخست قرار دارد، درصد زیاد گونه‌های ایران-تورانی به سبب افزایش ارتفاع در منطقه است که با مطالعه حسن زاده کلالق (۱۳۹۰) همخوانی دارد. فانروفیت‌ها در مجموع صددرصد از گونه‌های گیاهی چوبی منطقه را شامل می‌شوند که نشان دهنده وجود شرایط اقلیمی مناسب برای رویش‌های مناطق معتدله است که با مطالعه حسن‌زاده کلالق (۱۳۹۰) و اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد. با توجه به کوهستانی بودن منطقه، بارش‌ها اغلب به‌صورت برف است و این برف رطوبت لازم را در ماه‌هایی از سال که بارش اتفاق نمی‌افتد، در اختیار پوشش گیاهی و درختی قرار می‌دهد که زمینه را برای رویش‌های جنگلی فراهم می‌کند. در نتیجه ایـن امـر حضور به نسبت چشمگیر فانروفیت‌ها (۲۶ گونه) را در این پژوهش توجیه می‌کند که با مطالعات میرزایی موسیوند (۱۴۰۱) مطابقت دارد. فلور عناصر چوبی منطقه مورد مطالعه در این پژوهش بررسی شد که شامل حضور ۲۶ گونه چوبی بوده و تعداد ۸ تیره گیاهی گویای تنوع زیستی تا حدی مطلوب گیاهان چوبی و شرایط زیست‌محیطی مناسب در منطقه مورد مطالعه با وجود عوامل تخریب، ناملایمات، مشکلات و مسائل موجود برای جنگل‌ها و مراتع می‌باشد. علت این تنوع را می‌توان در موقعیت جغرافیائی شهرستان بانه در زاگرس شمالی و شرایط اکولوژیکی منطقه مورد مطالعه جستجو کرد. نتایج حاصل از بررسی شکل‌های زیستی نشان داد که فراوانی فانروفیت‌ها که در اقلیم سرد و کوهستانی این شکل زیستی معمول است، نشان از وضعیت مطلوب و نشان دهنده سازگاری آن‌ها با شرایط اکولوژیک منطقه است، ضمن اینکه در منطقه عواملی مانند مداخله و تخریبات انسانی وجود و استمرار دارد که برای توسعه گیاهان یکساله فرصت مناسبی ایجاد می‌کند. در منطقه مورد مطالعه تراکم جمعیتی

جنگل‌نشینان و دامداری موجود سبب شده که پوشش گیاهی منطقه تخریب شده و در نتیجه گونه‌های گیاهی علفی مهاجم نیز حضور یابند. از آنجایی که برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی و منابع طبیعی برای هر منطقه جنگلی بدون شناخت وضعیت پوشش گیاهی و تنوع گونه‌های گیاهی آن جوامع به‌ویژه درختان و درختچه‌های جنگلی امکان‌پذیر نیست، گیاهان نه فقط از حیث ماهیت آن‌ها، بلکه به‌منظور بررسی عوامل تعدیل کننده شرایط محیط زندگی انسانی به‌ویژه در برنامه‌ریزی‌های توسعه و عمران بسیار مهم و حائز اهمیت هستند. بر این اساس می‌توان برخی گونه‌های گیاهی به‌ویژه گونه‌های درختی و درختچه‌ای در معرض انقراض را در منطقه شناسایی و در راستای احیا و توسعه جنگل‌ها، نیل به اثرات زیست‌محیطی از جمله تعدیل آب و هوا، جلوگیری از فرسایش و ایجاد مناظر زیبا تکثیر کرد (حسن‌زاده کلالق، ۱۳۹۰).

منابع

اسحاقی‌راد، جواد.، زاهدی امیری، قوام‌الدین.، مروی مهاجر، محمد رضا و متاجی، اسدالله. (۱۳۸۸). ارتباط بین پوشش‌های رستنی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جوامع راش (مطالعه موردی: جنگل آموزشی-پژوهشی خیرودکنار نوشهر. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۲): ۱۸۷-۱۷۴.

اسماعیل زاده، امید.، حسینی، سیدمحسن و اولادی، جعفر. (۱۳۸۴). معرفی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان رویشگاه سرخدار افراتخته. پژوهش و سازندگی، ۶۸.

تیمورزاده، علی.، قربانی، اردوان وکاویان‌پور، امیرحسین. (۱۳۹۴). بررسی فلور، شکل زیستی و کورولوژی گیاهان جنگل‌های جنوب‌شرقی شهرستان نمین (اسی‌قران، فندوقلو، حسنی و بوبینی) در استان اردبیل. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۸(۲): ۲۶۵-۲۷۵.

حسن‌زاده کلالق، مختار.، فرح وش، فرهاد و خوشبخت، فاطمه. (۱۳۹۱). بررسی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان منطقه جنوب غربی کوه دیوری (کلیبر) در استان آذربایجان شرقی تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۳(۱).

حیدری، مهدی.، عطارروشن، سینا و مهدوی، علی. (۱۳۹۱). بررسی رابطه زادآوری طبیعی بلوط ایرانی با عوامل محیطی در جنگل‌های قلارنگ، استان ایلام. نشریه علوم و فنون منابع طبیعی، ۷ (۱): ۲۷-۴۲.

خبازی، فرهاد و اسماعیل زاده، امید. (۱۳۹۹). طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana* Pojark) در جنگل چشمه‌بلبل (بندرگز گلستان). پژوهش و توسعه جنگل، ۶(۳):۴۹۱-۵۰۳.

خون‌سیاوشان، سیران.، شاکری، زاهد.، محمدی سمانی، کیومرث و معروفی، حسین. (۱۴۰۰). تأثیر نوع دام و شدت چرا بر ترکیب و تنوع پوشش گیاهی در جنگل‌های آرمرده شهرستان بانه. پژوهش و توسعه جنگل، ۷(۲): ۲۱۳-۲۳۴.

رودی، زینب.، جلیلوند، حمید و اسماعیل زاده، امید. (۱۳۹۱). معرفی گروه گونه‌های بوم شناختی گیاهی ذخیره‌گاه شمشاد پارک جنگلی سی‌سنگان و بررسی ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های خاک. مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۹ (۲): ۱-۲۱.

صالح‌زاده، عثمان.، اسحاقی‌راد، جواد و معروفی.، حسین. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر تخریب انسانی بر فلور، تنوع گونه‌ای گیاهی در جنگل‌های بلوط غرب (شهرستان بانه). پژوهش و توسعه جنگل، ۲(۳): ۲۱۹-۲۴۰.

عطارروشن، سینا. (۱۳۹۶). مطالعه گروه گونه‌های اکولوژیک و تنوع گونه‌ای در ذخیره‌گاه جنگلی کُنار تنگ پُل شهرستان مسجدسلیمان پس از قرق بلند مدت. مجله حفاظت زیست بوم گیاهان، ۵(۱۰): ۱۹۷-۲۱۱.

فیضی، محمدتقی.، جابرالانصار، زهرا و علیجانی، وحید. (۱۳۹۲). بررسی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان منطقه یاسوج. فصل‌نامه علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۳(۴).

متاجی، اسداله.، زاهدی امیری، قوام‌الدین وعصری، یونس. (۱۳۸۸). آنالیز پوشش گیاهی براساس جوامع و ارتباط آن با شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌های طبیعی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۱): ۹۸-۸۵.

میرزایی موسیوند. (۱۴۰۱). معرفی فلور، شکل زیستی، پراکنش جغرافیایی و طبقهٔ حفاظتی گیاهان کوه گرین، شهرستان دلفان-استان لرستان. تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۱۴(۵۳)، ۴۹-۷۶.

ویس‌کرمی، زهرا.، پیله‌ور، بابک و ویس‌کرمی، غلامحسن. (۱۳۹۵). شناسایی جوامع گیاهی جنگل پرک لرستان با استفاده از روش‌های کمی. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۶۹-۹۶، ۲۳(۱).

Barbour, M. G., Burk, J. H., and Pitts, W. D. (1989). Terrestrial Plant Ecology. The Benjaminn/Cumming Pub. Co. Inc. California, 634pp.

Khan, M., Khan, S.M., Ilyas, M., Alqarawi, A., Ahmad, Z. and Fathi Abd_Allah, E. (2017). Plant species and community's assessment in interaction with edaphic and topographic factors; an ecological study of the mount Eelum District Swat, Pakistan. Saudi Journal of Biological Sciences, 24(4): 778-786.

Rahman, A. U., Khan, S. M., Khan, S., Hussain, A., Rahman, I. U., Iqbal, Z. and Ijaz, F. (2016). Ecological assessment of plant communities and associated edaphic and topographic variables in the Peochar Valley of the Hindu Kush mountains. Mountain Research and Development 36(3): 332-342.

ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

Floristic, life form and chorological study of woody plant species in the altitude range of 1100 to 2300 meters above sea level in the oak forests of North Zagros, Baneh city, Kurdistan province

O. Salehzadeh[1*], J. Is'haghi Rad [2], E. Ramezani Kakarodi [3], H. Maaroufi [4] and P. Schall[5]

1- Ph.D. student of forest sciences and engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Prof., Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
3- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
4- Member of scientific board, Agriculture and Natural Resources Research Center of Kurdistan Province, Sanandaj, Iran.
5- Member of scientific board, Department of Forestry and Forest Ecology, University of Gottingen, Gottingen, Germany.

Abstract

In order to investigate the flora, Life form and Geographical distribution of woody plant species in different altitude classes of oak forests of North Zagros, in a part of the forest and mountain area of Bane city, Kurdistan province, in four altitude classes of 300 meters, altitude range between 1100 and 2300 meters From sea level, floristic study was done. For this purpose, the sample line (transect) statistical method has been used. Sampling of the vegetation in each transect was done using the regular-selective method. The area of the sample plots for the sampling of wood species was considered according to the size of the sample plot proposed for the study of forest covers in temperate regions (trees and shrubs), a square shape of 400 square meters with dimensions of 20x20 meters. In each sample plot, the characteristics such as the type and frequency of woody plant species were investigated, and the woody plant species present in the sample plots were collected and examined and identified and their biological form was based on the Rankier method and The chorotype of species (geographical distribution of species) was determined based on the division of geographical regions, the method of dividing Iran's vegetative regions. The results of this research show the presence of 26 woody plant species (trees and forest shrubs) belonging to 8 families and 15 genera in the study area, which are the *Rosaceae* family (with 17 species, 65.39%) and the Beech family or *Fagaceae* (with the number of 3 species, 11.5 percent) and plant families *Thymelaceae, Oleaceae, Anacardiaceae, Juglandaceae, Aceraceae, Caprifoliaceae* (each with a number one species and 3.8 percent), accounted for the lowest number of plant species in the region. Also, the results of examining the biological forms of woody species based on Rankier's classification showed that phanerophytes (with 26 species, 100 percent) constitute the largest and total biological forms of woody plants in the study area. The results show that the woody plant species with the Iranian and Turanian vegetative zone (IT) with (16 species, 61.53%) and the Iranian-Turanian and Euro-Siberian vegetative zone (IT, ES) with (6 species, 23 percent), as the most and the Iranian-Turanian, European-Siberian, Mediterranean (IT, ES, Med) and Iran-Turanian, Mediterranean (IT, Med) vegetation areas, all with (2 species, 7.7%) exist as the least chorotype in the study area.

Keywords: Bane city, Chorotype, Floristic, North Zagros, Woody species.

* Corresponding author Tel: +98 9183795086 Email: soroush8291@gmail.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

درآمدی بر جنگل‌بانی و جنگل‌داری در دوران معاصر

شاهرخ جباری ارفعی*

- کارشناس ارشد منابع طبیعی، رشته جنگل‌داری.

چکیده

اگرچه ایران از نظر موقعیت جغرافیایی در نوار خشک و نیم‌خشک نیم‌کره شمالی زمین قرار دارد، اما به علت وسعت زیاد، رشته کوه‌های متعدد و دریاهای شمال و جنوب، دارای اقلیم متعدد و به دنبال آن پوشش‌های گیاهی متفاوت جنگلی و مرتعی است. انقلاب مشروطه دوران جدیدی در تاریخ ایران است که به عدالت معنی تازه‌ای بخشیده و به قدرت حاکم، محدودیت و مشروطیت داده است. از این رو می‌توان آن را دوران معاصر نامید. تحلیل یک دوره تاریخی بر اثر توجه به برش‌ها و قاب‌هایی از آن گمراه کننده است و باید فرآیندها را مد نظر قرار داد. جنگل‌بانی و جنگل‌داری ایران در دوران معاصر فراز و فرودهای بسیاری داشته که بررسی آن حتی از قالب یک کتاب هم فراتر است، زیرا نیازمند شناخت اوضاع اجتماعی- اقتصادی، توجه به اوضاع سیاسی و مرور فرآیند مدیریت منابع طبیعی است. از این رو عنوان این مقاله درآمدی بر این موضوع است. دوران معاصر در این مقاله به پنج دوره تقسیم شده و در هر دوره به مهم‌ترین مسائل اجتماعی- اقتصادی، سیاسی و مدیریت منابع طبیعی اشاره شده و در پایان چند شاخص مانند اوضاع سیاسی، جمعیت، برنامه‌های توسعه، سوخت، تشکیلات، طرح‌های جنگل‌داری و ... به طور فرآیندی مورد بحث قرار گرفته است. نتیجه‌گیری کلی نشانگر فرآیند روبه رشدی در جنگل‌بانی و جنگل‌داری ایران در دوران معاصر است، اما هم‌چنان نیازمند ارزش‌یابی تکمیلی و دقیق و استفاده از دانش روز و لحاظ تجارب روزگار سپری شده است.

واژگان کلیدی: منابع طبیعی، جنگل، مرتع، جنگل‌بانی، جنگل‌داری.

مقدمه

بدیهی است که در یک نوشتار کوتاه نمی‌توان درباره "جنگل‌بانی و جنگل‌داری در تاریخ معاصر" حق مطلب را ادا کرد (مگر دریا نشیند در سبویی: فریدون مشیری). از این رو از واژه درآمد در عنوان استفاده شد که در لغت به معنی ورود به موضوعی یا جایی است.

جنگل‌بانی حاصل مصدری است که از اسم جنگل، اسم مرکب جنگل‌بان و "ی" حاصل مصدر تشکیل شده است. جنگل‌داری نیز هم‌چنین است.

اگر چه پسوند "بان" در لغت به معنی حفاظت و نگاه‌بانی است، مانند باغ‌بان، مرزبان، جنگل‌بان و ...، اما جنگل‌بانی در کشور ما در سال‌های ۱۳۳۸ تا ۱۳۴۶ نام سازمان متولی جنگل کشور نیز بوده و هنوز هم گاه در گفتار و نوشتار به کار می‌رود.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۳۷۵۵۲۲۳ ایمیل: shahrokhjabbari@yahoo.com

پسوند "دار" تداعی‌گر مدیریت است و با "بان" متفاوت است. جنگل‌بانی و جنگل‌داری را از نظر نوع تعریف شاید بتوان با شهربانی و شهرداری مقایسه کرد.

منظور از دوران معاصر هم در این مقاله از سال اعلام مشروطیت (۱۲۸۵ خورشیدی) به بعد و تاکنون (۱۴۰۳) می‌باشد؛ با این شرح، عنوان مقاله دریچه و مقدمه‌ای برای ورود به تاریخچه جنگل‌بانی و جنگل‌داری در دوران معاصر است.

در این نوشتار برای سهولت بررسی و مقایسه، ۱۱۸ سال دوران معاصر بر اساس نقاط عطف به ۵ دوره به شرح زیر تقسیم شده که تقسیمی سلیقه‌ای است و تقسیم بندی‌های دیگری نیز صورت گرفته است. (از جمله مقاله سعید و مدنی مشایی، ۱۳۹۶):

دوره اول: دوره پر آشوب (۱۲۹۸-۱۲۸۵): ۱۴ سال

دوره دوم: از رضا شاه تا ساعی (۱۳۱۷-۱۲۹۹): ۱۹ سال

دوره سوم: از ساعی تا ملی شدن جنگل‌ها (۱۳۴۱ - ۱۳۱۸): ۲۴ سال

دوره چهارم: از ملی شدن تا انقلاب اسلامی (۱۳۵۷-۱۳۴۲): ۱۶ سال

دوره پنجم: انقلاب اسلامی تا اکنون (۱۴۰۳-۱۳۵۸): ۴۵ سال

این تاریخچه را در یک بستر انتزاعی نمی‌توان تصویر کرد، بلکه باید همراه با مسائل اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و محیط‌زیستی و در مجموع سطح توسعه جامعه به آن پرداخت. از این رو نیاز به یک کار جمعی، زمان‌بر و چندوجهی است. اما، آب جیحون را اگر نتوان کشید، هم ز قدر تشنگی نتوان برید! (مولوی). از این رو باید در نظر داشت که در این نوشتار تنها به نمونه‌هایی از مواردی که باید به آن پرداخت اشاره شده که قطعاً کامل و دقیق نخواهد بود.

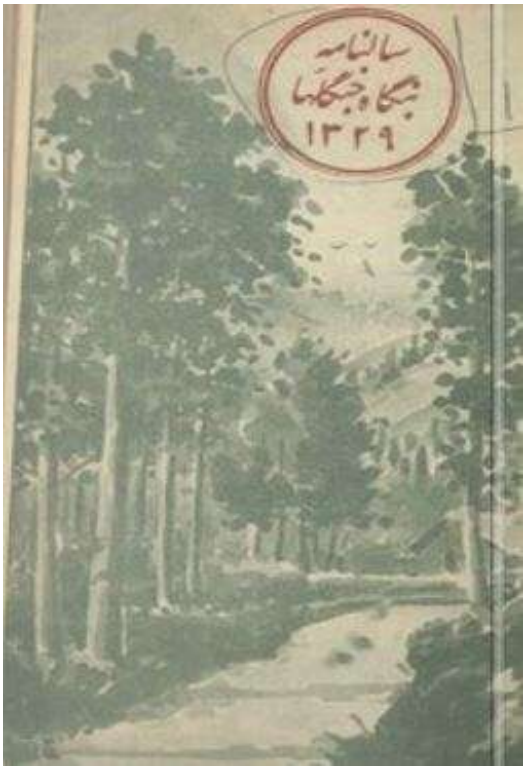
مواد و روش‌ها

این مرور کوتاه حاصل مراجعه به اسناد کتاب‌خانه‌ای و تجربیات ۳۵ سال خدمت دولتی در سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری است. استنادات این مقاله در بخش اجتماعی- اقتصادی و سیاسی به منابع متعدد تاریخی و رسانه‌ای است و از این رو به منبع خاصی ارجاع داده نشده است، اما در بخش مربوط به جنگل و منابع طبیعی از چند منبع استفاده شده که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

"تاریخچه سازمان جنگل‌بانی ایران" (۱۳۲۹) نوشته خلیل قاضی تهرانی

این تاریخچه یکی از قدیمی‌ترین نوشته‌ها در این باره است که در ۱۹ صفحه به قطع رقعی (به اندازه کاغذ A_5) در سال‌نامه سال ۱۳۲۹ بنگاه‌جنگل‌ها به چاپ رسیده و مربوط به سی ساله ۱۲۹۹ تا ۱۳۲۸ است (شکل ۱).

این منبع به جهت اینکه قاضی تهرانی از دهه اول قرن چهاردهم دست اندرکار تشکیلات جنگل‌بانی بوده، حائز اهمیت زیادی است و مفاد آن بارها و بارها عیناً و عمدتاً بدون ذکر نام نویسنده یا منبع انتشار در مقالات و پژوهش‌ها آمده است.



شکل ۱- روی جلد سال‌نامه سال ۱۳۲۹ بنگاه جنگل‌ها

"تاریخ‌چه جنگل‌بانی در ایران" (۱۳۷۰) نوشته غلامعلی بنان

یکی دیگر از منابعی که بارها مورد استفاده قرار گرفته مطالب بنان است که در سال ۱۳۷۰ در دو شماره ۸ و ۹ مجله جنگل و مرتع به چاپ رسیده است. بنان که یکی دو سال بعد از ساعی شروع به کار کرده، حدود ۳۷ سال از ۱۳۱۹ تا ۱۳۵۶ در خدمت دولتی بوده و سپس ضمن مشاوره در صنایع سلولزی در نشریات مطلب می‌نوشته است. وی در این تاریخ‌چه از مطلب قاضی تهرانی نیز استفاده کرده است.

"تاریخ علوم منابع طبیعی ایران" (۱۳۷۸) نوشته دکتر کریم جوانشیر

این کتاب که چاپ اول آن در سال ۱۳۷۸ توسط گروه علوم کشاورزی فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج وزارت کشاورزی منتشر شده؛ از انگشت شمار منابعی است که مشخصاً به تاریخ منابع طبیعی و جنگل‌بانی ایران پرداخته است.

این کتاب ۴۹۰ صفحه‌ای که در قطع رحلی (به اندازه کاغذ A_4) چاپ شده از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول که حدود یک سوم کتاب را در بر می‌گیرد شامل ۴ فصل است و به "وضعیت منابع طبیعی در ایران باستان و بعد از اسلام" می‌پردازد. بخش دوم در ۱۲ فصل مربوط به "منابع طبیعی در ایران معاصر" است که با اشاره کوتاهی به دوران قاجاریه این تاریخ را از سال ۱۲۹۹ آغاز می‌کند.

یادآور می‌شود که در این منبع ارزش‌مند که دارای ۶۹ منبع مورد ارجاع است (و یک سال بعد از درگذشت شادروان جوانشیر منتشر شده)؛ کم‌دقتی‌های زیادی در نام‌ها، منابع مورد استفاده و سال‌ها دیده می‌شود و از آنجایی که استنادات

زیادی به آن می‌شود، امید است توسط ناشران مورد بازنگری و تصحیح قرار گیرد. (به یک نمونه آن در ادامه اشاره خواهد شد).

"تحلیل و ارزیابی ساختار تشکیلات جنگل‌بانی ایران" (۱۳۷۹) نوشته **محمدحسین جزیره‌ای**

این مقاله دکتر جزیره‌ای در "همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار" (رامسر، ۱۳۷۹) ارائه و در صفحات ۱۳ تا ۴۵ جلد اول کتاب "مقالات همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار" در قطع وزیری به چاپ رسیده است.
جزیره‌ای خود در این مقاله اعلام داشته که در ۵۶ سال از عمر تشکیلات جنگل‌بانی ایران (از سال ۱۳۲۳ خورشیدی تا زمان برگزاری همایش) شخصاً نقش ایفا کرده است که از این نظر همانند قاضی تهرانی و بنان قابل اهمیت است. این تحلیل حاوی اطلاعات مفیدی است و ای‌کاش شادروان جزیره‌ای کتابی در این باره تالیف کرده یا دست کم خاطرات خود را نوشته و به چاپ می‌رساند.

"نقش بیگانگان در تاریخ جنگل‌داری ایران" (۱۳۸۴) نوشته **محمدحسین جزیره‌ای**

این مقاله که در "همایش ملی آینده جنگل‌های ایران" (کرج، ۱۳۸۴) ارائه و در صفحات ۳ تا ۳۷ کتاب مجموعه مقاله‌های همایش (انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۳۸۶) به چاپ رسیده به نقش دانشمندان، کارشناسان و محققان خارجی در ایران می‌پردازد. است. با توجه به اذعان نویسنده به خدمات مفید برخی از آنان بهتر بود به جای استفاده از واژه بیگانه که دارای بار منفی است از واژه مترادف دیگری استفاده می‌شد.

"نشریه بنگاه جنگل‌ها" (۱۳۳۶-۱۳۲۸)

این نشریه که به همت کریم ساعی و از سال ۱۳۲۸ آغاز به انتشار کرده، پس از درگذشت او تا سال ۱۳۳۶ نیز منتشر شده و حاوی اخبار، مقالات و اطلاعات بسیار زیادی می‌باشد.
پس از تشکیل سازمان جنگل‌بانی ایران در سال ۱۳۳۸ نیز نشریاتی از طرف سازمان جنگل‌بانی منتشر شده که غنا و ترتیب انتشار نشریه بنگاه را نداشته است. متاسفانه آرشیو این نشریات هنگام نوشتن این مطلب در دسترس نبوده، ولی قطعا یکی از منابع مورد استفاده شادروانان دکتر جوانشیر و مهندس بنان، علاوه بر سالنامه بنگاه (سال ۱۳۲۹)، همین نشریات بوده است.
ضمناً علاوه بر موارد فوق از منابع دیگری نیز استفاده شده که در متن به آن اشاره شده است.

یافته‌ها

سازمان منابع طبیعی سال آغاز فعالیت خود را سال ۱۲۸۴ هم‌زمان با نخستین کابینه قانونی پس از اعلام مشروطیت اعلام کرده که در نشان سازمان هم آمده است (شکل ۲). از آن‌جایی که فرمان مشروطه در مرداد سال ۱۲۸۵ خورشیدی صادر شده، نخستین کابینه قانونی آن نمی‌تواند یک سال قبل از آن تشکیل بشود! متاسفانه این اشتباه احتمالاً از یک لغزش نگارشی در تبدیل تاریخ قمری به خورشیدی یا لغزش تایپی و چاپی شروع شده که منبع اصلی آن برای نویسنده این مطلب نامشخص است! این لغزش در کتاب تاریخ علوم منابع طبیعی نیز مشاهده شده یا احتمالاً از آن آغاز شده است!



شکل ۲- نشان (لوگو) سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور

در صفحه ۱۶۶ کتاب تاریخ علوم منابع طبیعی ایران آمده است: "در نخستین کابینه قانونی پس از اعلام مشروطیت در زمان محمدعلی شاه قاجار که در روز پنج‌شنبه ۲۹ اسفند ۱۲۸۴ شمسی (۱۳۲۵ قمری) به مجلس معرفی شد؛ نام مهندس الممالک به عنوان وزیر فوائد عامه به چشم می‌خورد. یکی از ادارات وزارت فوائد عامه نیز اداره "شوسه و راه‌آهن و جنگل‌ها" بود. در حالی‌که بر اساس منابع تاریخی نخستین کابینه قانونی پس از مشروطیت در اسفند ۱۲۸۵ تشکیل شده و همان طوری که گفته شد ناشی از سهو در تبدیل تاریخ یا لغزش نگارشی یا تایپی بوده است.

(متاسفانه موارد زیادی از این نوع اشتباهات و کم‌دقتی در نگارش نام اشخاص یا سال رخداد یا معرفی منبع مورد استفاده در کتاب فوق مشاهده می‌شود. همان طوری که در بند قبل گفته شد چاپ کتاب یک‌سال بعد از درگذشت شادروان دکتر جوانشیر صورت گرفته است).



شکل ۳- نخستین کابینه قانونی ایران پس از اعلام مشروطیت در سال ۱۲۸۵

همان طور که در مقدمه آمد امضای فرمان مشروطه در سال ۱۲۸۵ خورشیدی (۱۹۰۶ میلادی)، دوران جدیدی را در تاریخ ایران آغاز کرده که در آن به عدالت در جامعه ایرانی، مفهومی تازه بخشیده شده و به قدرت حاکم، محدودیت و مشروطیت داده است؛ چنین است که به حق می‌توان آن را دورانی دیگر یا دوران معاصر نام‌گذاری کرد.

در این نوشتار، این دوران با توجه به نقاط عطف تاریخی به پنج دوره تقسیم شده و تعدادی از اتفاقات و رخدادهای مهم آن به طور نمونه‌وار و فهرست‌وار در جدول‌های ۱ تا ۵ آمده است. در ستون اول این جداول مهم‌ترین اتفاقات، شرایط یا داده‌های اجتماعی – اقتصادی آمده است. در ستون دوم به رخدادهای سیاسی مهم هر دوره اشاره شده و در نهایت در ستون آخر به مسائل منابع طبیعی (جنگل) پرداخته شده است.

بدیهی است در این مختصر امکان پرداختن به همه موارد مهم تاثیرگذار، ممکن و فراهم نبوده و تنها دریچه‌ای برای ورود به موضوع است.

دوره اول: دوره پر آشوب (۱۲۹۸-۱۲۸۵): ۱۴ سال

رخدادهایی چون فرمان مشروطه، به توپ بستن مجلس، کشتار انقلابیون، اعدام شیخ فضل‌الله نوری، خلع ید و تبعید محمدعلی شاه، جنگ جهانی اول، قحطی بزرگ و مانند آن در این دوره رخ داده است. در این سال‌های پر آشوب کشور

شاهد سه پادشاه و ۵۱ کابینه بود که عمر متوسط کابینه‌ها به حدود سه ماه می‌رسید. انقلاب بلشویکی در روسیه نیز در تحولات کشور در این دوره بی تاثیر نبوده است.

در این دوره علاوه بر مردم که جهت زراعت، ساختمان، سوخت و ابزار زندگی از جنگل بهره‌برداری و از نظر چرای دام به جنگل وابسته بودند؛ جنگل‌های شمال هم به گواهی تاریخ مورد بهره‌برداری عناصر داخلی و خارجی قرار داشته و صادرات چوب شمشاد، بلوط و گردو صورت می‌گرفته است.

اگرچه درباره مسائل جنگل در این دوره تحقیق جامع و خاصی انجام نشده، اما در مقالات و پایان نامه‌های کارشناسی ارشد به جنبه‌هایی از بهره‌برداری از جنگل در این دوره اشاره شده است. از جمله مدنی مشایی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله "جنگل‌های جلگه‌ای شمال ایران و بازرگانان فرانسوی در اوایل قرن بیستم" به طور مستند به بررسی ۷ قرارداد درباره درختان بلوط جنگل‌های جلگه‌ای در سال‌های ۱۲۸۷ تا ۱۲۹۸خورشیدی پرداخته‌اند. جدول ۱ به این دوره اختصاص دارد.

جدول ۱- اوضاع اجتماعی- اقتصادی، سیاسی و مسائل منابع طبیعی در دوره اول (۱۲۹۸-۱۲۸۵)

اوضاع اجتماعی - اقتصادی	اوضاع سیاسی	مسائل منابع طبیعی (جنگل)
- کاهش جمعیت به علت انقلاب مشروطه، جنگ جهانی اول و قحطی بزرگ - ترکیب تقریبی جمعیت به صورت ۵۰ درصد روستایی، ۳۰ درصد عشایری و ۲۰ درصد شهری - نقش پر رنگ عشایر در تحولات کشور - وجود نظام ارباب رعیتی در روستاها و سلسله مراتب ریاستی در عشایر - فراگیر بودن فقر، اعتیاد و بیماری - ناامنی و هرج و مرج در کشور	- صدور فرمان مشروطیت در مرداد ۱۲۸۵ - تشکیل اولین دوره مجلس شورای ملی در سال ۱۲۸۵ - به توپ بستن مجلس در تیر ۱۲۸۷ - خلع محمد علی شاه قاجار در ۱۲۸۸ - جنگ جهانی اول در سال‌های ۱۲۹۳ تا ۱۲۹۷ - قحطی بزرگ سال‌های ۱۲۹۶ تا ۱۲۹۸ و مرگ و میر میلیون‌ها نفر - وجود نا آرامی در کشور مثل جنبش میرزا کوچک خان (۱۲۹۳ تا ۱۳۰۰)	- پیگیری امور جنگل در وزارت فوائد عامه و تجارت - بهره‌برداری از درختان بلوط، شمشاد و گردو در شمال توسط مستاجران (پیمانکاران) خارجی - تصویب بودجه برای اعزام هیات از مرکز برای حفظ جنگل‌های دولتی و اقدام (احتمالا ناموفق) برای تفکیک جنگل‌های دولت از اربابی (۱۲۹۶)

دوره دوم: از رضا شاه تا ساعی (۱۳۱۷-۱۲۹۹): ۱۹ سال

این دوره از سال ۱۲۹۹ که رضاخان تهران را به تصرف درآورد و از آن در تاریخ به عنوان کودتا نام برده می‌شود و هم‌چنین سالی که قاضی تهرانی تاریخ جنگل‌بانی را از این سال روایت کرده آغاز شده و به ظهور کریم ساعی ختم می‌شود؛ جوان نابغه‌ای که جزو محصلین اعزامی به اروپا بود و در رشته جنگل و میاه (آبها) تخصص گرفت. اگرچه کریم جوانشیر در کتاب خود "شریکر" را بانی جنگل‌بانی ایران دانسته، اما محمد حسین جزیره‌ای چهره ماندگار منابع طبیعی ایران، تاریخ جنگل‌بانی ایران را از روزی می‌داند که ساعی دایره جنگل را در اداره کل کشاورزی وزارت فلاحت دایر کرد. در جدول ۲ اوضاع اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و جنگل کشور به طور خلاصه برشمرده شده است.

جدول ۲- اوضاع اجتماعی- اقتصادی، سیاسی و مسائل منابع طبیعی در دوره دوم (۱۳۱۷-۱۲۹۹)

اوضاع اجتماعی - اقتصادی	اوضاع سیاسی	مسائل منابع طبیعی (جنگل)
- افزایش جمعیت کشور از کم‌تر از ده میلیون نفر به حدود ۱۳ میلیون نفر - پی بردن به ضرورت برنامه‌ریزی برای کشور - اجباری شدن صدور شناسنامه برای همه ایرانیان - اعزام جوانان به خارج برای ادامه تحصیلات عالی - تلاش برای حل مشکل بی‌سوادی - استفاده از تاپاله حیوانات، بوته و هیزم برای مصرف سوخت در شهرها و روستاها - برقراری نسبی امنیت در کشور - بهبود تدریجی اوضاع سلامت در کشور - احداث راه‌آهن سراسری - تاسیس دانشگاه تهران - تشکیل اداره ثبت اسناد	- سرکوب فرمانروایان محلی و به قدرت رسیدن رضاشاه - تغییر سلسله پادشاهی از قاجار به پهلوی - تحقق اهداف بسیاری از مشروطه خواهان - تشکیل ارتش - بروز نطفه فعالیت اشتراکی - سرکوب سیاسیون و روشن‌فکران	- اقدام به نقشه برداری و تفکیک جنگل‌های خالصه از اربابی و وقفی در سال ۱۲۹۹ - به کارگیری کارشناسان خارجی چون شریکر آلمانی، ون دم هاگن آلمانی و لوئی نیکه فرانسوی در امور جنگل - مصوبات هیات وزرا با پیشنهاد کارشناسان خارجی در سال‌های ۱۳۰۳ و ۱۳۱۱ - ایجاد سازمان ابتدایی جنگل در شمال کشور - تعیین لباس متحدالشکل برای محافظان جنگل و مسلح کردن آنان - اعزام کریم ساعی و غلامعلی بنان به خارج برای تحصیل علوم جنگل - انحلال تشکیلات جنگلبانی در سال ۱۳۱۳ و واگذاری وظایف به اداره املاک و مستغلات پهلوی - بازگشت کریم ساعی و آغاز به کار در اداره کل فلاحت - تاسیس دائره جنگل در اداره کل کشاورزی مرکز (۱۳۱۷)

دوره سوم: از ساعی تا ملی شدن جنگل‌ها (۱۳۴۱ - ۱۳۱۸): ۲۴ سال

مهم‌ترین اتفاقات این دوره از نظر سیاسی انتقال پادشاهی از رضا شاه به ولیعهد جوان، جنگ دوم جهانی، قدرت‌گیری حزب توده و حوادث ملی شدن صنعت نفت بود.

از نظر جنگل‌بانی، تصویب نخستین قانون مربوط به جنگل توسط مجلس شورای ملی و تشکیل بنگاه جنگل‌ها را می‌توان از مهم‌ترین حوادث این دوره نام برد.

تعدادی از رخدادهای این دوره در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- اوضاع اجتماعی- اقتصادی، سیاسی و مسائل منابع طبیعی در دوره سوم (۱۳۴۰-۱۳۱۸)

اوضاع اجتماعی - اقتصادی	اوضاع سیاسی	مسائل منابع طبیعی (جنگل)
- افزایش جمعیت کشور از حدود ۱۳ میلیون نفر به حدود ۲۰ میلیون نفر - جای‌گزینی تدریجی نفت به جای هیزم و زغال در سوخت منازل شهری و سپس روستایی - اصل ۴ ترومن - برنامه های هفت ساله اول و دوم توسعه با هدف توسعه امور زیربنایی	- انتقال پادشاهی از رضا شاه به محمدرضا شاه - جنگ جهانی دوم (۱۳۲۴-۱۳۱۸) - مسائل آذربایجان و زنجان (۱۳۲۵) - داستان نفت شمال - مسائل حزب توده ایران - دوران پر آشوب ۱۳۳۲-۱۳۲۰ - اختلافات شاه و مصدق - ملی شدن صنعت نفت	- تشکیل اداره جنگل‌بانی در اداره کل کشاورزی به ریاست کریم ساعی (۱۳۱۸) - تاسیس ۴ خزانه جنگلی (نهالستان) و نافرجام ماندن آن احتمالا به علت عدم رضایت رضا شاه - تصویب اولین قانون مربوط به جنگل در مجلس (۱۳۲۱) - ایجاد رشته جنگل در دانشکده کشاورزی - مصوبه تاسیس بنگاه جنگل‌ها (۱۳۲۷) - تشکیل آموزشگاه عالی جنگل و مرتع گرگان (۱۳۳۶) - تهیه طرح‌های جنگل‌داری پراکنده (دهه ۳۰ خورشیدی) - تشکیل سازمان جنگل‌بانی ایران (۱۳۳۸) - الزام به داشتن طرح جنگل‌داری برای بهره‌برداری (۱۳۳۸) - ابلاغ دستورالعمل تهیه طرح‌های جنگل‌داری (۱۳۳۹)

دوره چهارم: از ملی شدن تا انقلاب اسلامی (۱۳۵۷-۱۳۴۲): ۱۶ سال

این دوره با رفرم از بالا با نام انقلاب سفید آغاز و به انقلاب ۱۳۵۷ ختم می‌شود. مهم‌ترین وقایع سیاسی این دوره جنبش ۱۵ خرداد ۱۳۴۲ و تشکیل گروه‌های سیاسی-نظامی زیرزمینی بوده است. از نظر اقتصادی یکی از شکوفاترین دوران کشور در قرن چهاردهم بوده و از نظر منابع طبیعی قوانین سرنوشت سازی مانند ملی شدن جنگل‌ها و مراتع، قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع و تشکیل و انحلال وزارت منابع طبیعی را می‌توان نام برد.

در جدول ۴ تعدادی از تحولات این دوره در زمینه‌های گوناگون برشمرده شده است.

جدول ۴- اوضاع اجتماعی- اقتصادی، سیاسی و مسائل منابع طبیعی در دوره چهارم (۱۳۵۷-۱۳۴۱)

اوضاع اجتماعی - اقتصادی	اوضاع سیاسی	مسائل منابع طبیعی (جنگل)
- افزایش جمعیت کشور از حدود ۲۰ میلیون نفر به حدود ۳۵ میلیون نفر - برنامه سوم توسعه قبل از انقلاب با هدف امور زیربنایی و صنایع سنگین - برنامه چهارم سوم قبل از انقلاب با هدف صنایع سبک و جای‌گزینی واردات - اصلاحات محمدرضا شاه با عنوان انقلاب سفید (۱۳۴۱) رشد اقتصادی بیش از ۱۰ درصد و تورم تک‌رقمی حدود ۳ درصد در دهه چهل خورشیدی - برنامه پنجم قبل از انقلاب و همزمان شدن با شوک افزایش قیمت نفت - گران کردن قیمت نفت توسط اوپک و ناتراز شدن درآمد و هزینه دولت - برنامه ششم قبل از انقلاب (ناتمام) - افزایش سهم نفت در سوخت منازل شهری و روستایی	- مخالفت روحانیون و سیاسیون با حکومت در طول دهه سی - مخالفت با اصول رفرم ۱۳۴۱ و اتفاقات ۱۵ خرداد ۱۳۴۲ - تشکیل سازمان‌های مسلح زیرزمینی - وجود پایدارترین کابینه پس از مشروطیت - تشکیل حزب واحد رستاخیز ملت ایران (۱۳۵۳) - وقوع انقلاب اسلامی (۱۳۵۷)	- تصویب قانون ملی شدن جنگل‌ها و مراتع (۱۳۴۱) - تصویب قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها (۱۳۴۶) - تاسیس موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع (۱۳۴۸) - تاسیس وزارت منابع طبیعی (۱۳۴۶) - انحلال وزارت منابع طبیعی و تشکیل سازمان جنگل‌ها، مراتع کشور (۱۳۵۰)

دوره پنجم: انقلاب اسلامی تا اکنون (۱۴۰۳-۱۳۵۸): ۴۵ سال

با پیروزی انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۷ ایران وارد برهه دیگری از تاریخ خود شده است. آزادی‌های کم‌مانند سیاسی و اجتماعی در دو سال اول پس از انقلاب، عدم توسعه سیاسی و به خشونت کشیده شدن اختلافات، هشت سال جنگ با کشور عراق و ستیز با غرب از جمله تحولات سیاسی این دوره است که شاید در بعضی سال‌ها شباهتی با دوران پرآشوب اول داشته است.

افزایش جمعیت و اجرای شش برنامه پنج‌ساله توسعه از تحولات اجتماعی – اقتصادی این دوره است. (هر چند بنا به ارزیابی‌ها تنها به یک سوم مصوبه قانونی عمل شده است!)

از نظر جنگل‌داری توجه بیشتری به جنگل‌های کشور شده و سطح بیشتری تحت مدیریت قرار گرفته است. هم‌چنین تهیه و اجرای طرح‌های جنگل‌داری شتاب بیشتری نسبت به دوره قبل داشته، اما فعالیت آن‌ها براساس قانون برنامه ششم به کلی متوقف شده و چالشی اجتماعی به وجود آورده است. جدول ۵ به مواردی از این رخدادها اشاره دارد.

جدول ۵- اوضاع اجتماعی- اقتصادی، سیاسی و مسائل منابع طبیعی در دوره پنجم (۱۴۰۳-۱۳۵۸)

اوضاع اجتماعی - اقتصادی	اوضاع سیاسی	مسائل منابع طبیعی (جنگل)
- افزایش جمعیت کشور از حدود ۳۵ میلیون نفر به حدود ۸۷ میلیون نفر - اجرای شش برنامه توسعه اجتماعی- اقتصادی و شروع برنامه هفتم - گسترش آموزش عالی - ورود فن‌آوری نوین مانند اینترنت، موبایل و ماهواره به کشور - جای‌گزینی تدریجی گاز به جای نفت در سوخت منازل شهری و سپس روستایی - گاهش فاصله خدمت رسانی در شهر و روستا	- پیروزی انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۷ - درگیری‌های داخلی در سه سال ابتدایی پس از پیروزی - تصرف سفارت آمریکا توسط دانشجویان انقلابی و آغاز چالش با غرب به ویژه آمریکا - تحریم‌های موردی - ۸ سال جنگ با کشور همسایه عراق - چالش جانشینی بنیان‌گذار انقلاب اسلامی - چالش دستیابی به انرژی هسته‌ای - مذاکره با کشورهای بزرگ صنعتی و امضای سندی به نام برجام - خارج شدن از برجام توسط آمریکا - شدت گرفتن تحریم‌ها و بروز مشکلات اجتماعی – اقتصادی - اعتراضات اجتماعی به انتخابات و سیاست‌گذاری‌ها	- خروج کارشناسان مشاور خارجی از جنگل و صنایع سلولزی - ارزیابی کلی از عملکرد طرح‌های جنگل‌داری شمال کشور در پایان مدت اول - تهیه طرح جامع منطقه‌ای (نافرجام) - تهیه طرح جامع جنگل‌های شمال - مخروبه اعلام شدن یک سوم جنگل‌های شمال - عدم تناسب شیوه جنگل‌شناسی اعمال شده با شرایط جنگل‌ها - تجربه کردن خروج دام از جنگل و ساماندهی و تجمیع جنگل‌نشینان - ترویج تفکر جنگل‌شناسی و جنگلداری نزدیک با طبیعت - شکل‌گیری و قدرت گیری جنبش محیط زیستی - توقف فعالیت طرح‌های جنگلداری شمال کشور

بحث و نتیجه‌گیری

در این بند با توجه به آنچه در جداول مربوط به دوره‌های پنج‌گانه مرور شده، چند شاخص مانند اوضاع سیاسی، جمعیت، برنامه‌های توسعه، سوخت، تشکیلات، قانون و طرح‌های جنگلداری انتخاب شده که با توجه به جداول مربوطه به طور فرآیندی مورد بحث و نتیجه‌گیری قرار خواهد گرفت.

الف- اوضاع سیاسی

دروان معاصر ۷ پادشاه و رهبر به خود دیده است. کشور در ۱۶ سال از این دوران در جنگ به سرمی‌برد، سال‌های زیادی هم کشور گرفتار تنش‌ها و کش‌مکش‌های سیاسی حاد بوده است.از این رو تقریباً در نیمی از این دوران ثبات نسبی برقرار بوده و امکان پیش‌برد برنامه‌های توسعه و پیشرفت در زمینه منابع طبیعی و جنگل فراهم بوده است.

ب- جمعیت

جمعیت کشور پس از یک کاهش در دوران پس از مشروطه از حدود ۱۰ میلیون نفر در آغاز قرن چهاردهم خورشیدی به حدود ۸۵ میلیون نفر در پایان آن رسیده، ضمن آنکه ۵ تا ۱۰ درصد آن هم به علل گوناگون از کشور مهاجرت کرده‌اند. بدیهی است بسیاری از مشکلات افزایش جمعیت در بستر جنگل و منابع طبیعی سرریز کرده که افزایش نیاز به زمین تنها یکی از آن‌ها به شمار می‌رود. افزایش نیاز به چوب صنعتی و سوخت و هم‌چنین نیازهای جدید مانند گردش‌گری از دیگر موارد چنین شرایطی است.

ج- برنامه‌های توسعه

ضرورت توسعه اجتماعی – اقتصادی با برداشتی ابتدایی در دوران صفویه و بیش‌تر و عملی‌تر از آن در دوران قاجاریه شکل گرفته است، اما نطفه برنامه‌ریزی به مفهوم جدید در دوره پهلوی اول بسته و از سال ۱۳۲۷ عملیاتی شده است.

پنج برنامه (هفت ساله و پنج ساله) مربوط به قبل از انقلاب ۱۳۵۷ و شش برنامه پنج ساله بعد از آن تهیه و اجرا شده است. (برنامه ششم قبل از انقلاب، دو سال پس از اجرا با پیروزی انقلاب متوقف و برنامه هفتم جمهوری اسلامی در سال ۱۴۰۳ آغاز شده است).

در این برنامه‌ها گاه به کلیاتی درباره جنگل اشاره شده، گاه داده‌های مربوط به طرح‌ها و پروژه‌ها آورده شده و در دوره‌های اخیر درباره جنگل سیاست‌گذاری شده است. برنامه های اخیر توسعه (پنجم، ششم و هفتم) درباره جنگل بسیار بحث انگیز و مورد مناقشه بوده است. یکی از موارد مهم آن توقف فعالیت طرح‌های جنگلداری شمال کشور بوده که چالش آن هم‌چنان ادامه دارد.

د: سوخت

سوخت مورد نیاز مردم کشور بسته به میزان درآمد متفاوت بوده، اما در یک تصویر کلی از بوته، هیزم و زغال به‌تدریج به نفت و سپس برق و گاز تبدیل شده است.

کریم ساعی در سال ۱۳۲۱ هفت تهدید برای جنگل‌های کشور برشمرده که یکی از آنها زغال‌گیری بوده است. تلاش تشکیلات متولی جنگل کشور در هر دوره، متناسب با شرایط اجتماعی روز و در راستای کاهش وابستگی به جنگل‌ها و مراتع بوده است. این تلاش‌ها شامل: افزایش راندمان تبدیل چوب به زغال از طریق به‌کارگیری کوره‌های جدید، ارتقای نوع مصرف از زغال به نفت، کاهش جمعیت دامداران و جنگل‌نشینان از طریق خروج دام و ساماندهی آنان صورت گرفته است.

ه- تشکیلات

بر خلاف آنچه تبلیغ شده و برای تشکیلات متولی منابع طبیعی کشور، سابقه ۱۱۸ ساله تعریف شده، در واقع در ۳۳ سال اول این دوره یعنی دوره‌های اول و دوم، اگرچه بهره‌برداری از سوی مردم و پیمانکاران در جنگل استمرار داشته، اما تشکیلات حفاظت از جنگل و ناظر بر بهره‌برداری بسیار کوچک و گاه در حد چند مامور اعزامی از مرکز خلاصه می‌شده است. حتی این تشکیلات در سال ۱۳۱۸ که ساعی موفق به تشکیل اداره جنگل در اداره کل کشاورزی گردید انگشت شمار بوده است که به همت او به سازمان مستقل و تولیدی بنگاه جنگل‌ها در اسفند سال ۱۳۲۷ تبدیل و سپس روندی به شرح زیر داشته است: سازمان جنگلبانی ایران (۱۳۳۸)؛ وزارت منابع طبیعی (۱۳۴۶)؛ سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور (۱۳۵۰)؛

سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور (۱۳۸۱) و بالاخره سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور (۱۴۰۰). این سازمان در طول عمر خود، فراز و نشیب بسیاری را از سر گذرانده و رئیسان متفاوتی به خود دیده است. روی‌هم‌رفته چون سازمانی است که با ثروت و درآمد سر و کار دارد، همواره هم مورد طمع بوده، هم مستعد فساد بوده و هم نیروهای انسانی فراوان فداکار به خود دیده است تا از عهده شرح وظایف مشکل آن برآیند.

و- قانون

هیات وزیران در همه دوران معاصر در ارتباط با جنگل مصوباتی داشته است. در ابتدا این مصوبات در حد مسائلی مانند حقوق، مزایا و مانند آن بوده است، اما در ارتباط با حفاظت و نظارت جنگل باید به دو تصویب‌نامه سال ۱۳۰۳ و ۱۳۱۱ هیات وزرا در دوره دوم اشاره کرده و آن را نخستین مصوبات در این باره نامید (هرچند با توجه به شرایط اجتماعی – اقتصادی، بی توجهی به آن نباید چندان جای تعجب باشد). از دیگر مصوبات مهم هیات وزیران می‌توان به تصویب‌نامه بنگاه جنگل‌ها (۱۳۲۷)، لایحه قانونی ملی کردن جنگل‌ها (۱۳۴۱)، برنامه جامع صیانت از جنگل‌های شمال (۱۳۸۲) و برنامه بهینه‌سازی پایش، حفظ، بهره برداری و مدیریت جنگل‌های کشور (۱۳۹۲) اشاره کرد.

نخستین قانون مصوب مجلس شورای ملی درباره جنگل به نام "قانون راجع به جنگل‌ها" در سال ۱۳۲۱ و به کوشش کریم ساعی به تصویب رسیده است. قانون مهم بعدی قانون جنگل‌ها و مراتع کشور (۱۳۳۸) و قانون کلیدی و مادر "قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع (۱۳۴۶) بوده است.

از همان نخستین سال‌های پس از پیروزی انقلاب، نمایندگان مجلس و وزارت متبوع در پی قانون جامعی برای جنگل‌ها و مراتع بوده‌اند، اما هیچ توفیقی در این راه نداشته‌اند و همه بیم کارشناسان از آن بوده است که قانون جامع جدید ضعیف‌تر از قانون حفاظت و بهره‌برداری باشد. شایان یادآوری است که برخی از قوانین مجلس شورای اسلامی در راستای به رسمیت شناختن اراضی ملی متصرف شده بوده که انتقاداتی را نیز برانگیخته است.

ز- طرح‌های جنگل‌داری

یکی از بحث برانگیزترین مسائل سازمان منابع طبیعی بعد از مسئله زمین، مسائل طرح‌های جنگل‌داری شمال کشور بوده است. این طرح‌ها پس از الزام قانون به داشتن طرح مصوب سازمان جنگل‌بانی برای بهره‌برداری از جنگل (۱۳۳۸)، ابلاغ دستورالعمل تهیه طرح‌های جنگل‌داری (۱۳۳۹) و آموزش کارشناسان، از سال ۱۳۳۹ آغاز شد. این طرح‌ها ابتدا زیر نظر کارشناسان فائو مانند سید محمد؛ ظهیرالدین و خطک تهیه شده و در طرح‌های بزرگ بعدی مانند طرح توسعه و عمران فریم سوادکوه (۱۳۴۶)، طرح نکاچوب (۱۳۴۸)، صنایع چوب و کاغذ مازندران (۱۳۵۱) و صنایع چوب و کاغذ ایران یا چوکا (۱۳۵۲)، از مشارکت کارشناسان خارجی دیگری نیز استفاده شده است.

بعد از دو دهه اجرای طرح جنگل‌داری و آزمون و خطاهای به عمل آمده، اراده‌ای برای اصلاح شیوه‌ها و رفع مشکلات پدیدار شد (۱۳۶۰)، اما سرعت کم اصلاح، تهیه و اجرای طرح، انتخاب مجریان پرسش برانگیز برای اجرای طرح، ورود موج توجه جهانی به جنگل به کشور و عدم توان پاسخ‌گویی به پرسش‌ها و شبهات، در نهایت به محدودکردن قطع درخت (۱۳۹۲) و سرانجام به توقف کامل فعالیت‌های طرح‌های جنگل‌داری شمال کشور منجر شد (۱۳۹۶).

نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه آمد، با وجود همه تحولات پیچیده سیاسی و همه تحولات گوناگون اجتماعی در دوران معاصر، جنگل‌بانی و جنگل‌داری ایران در مجموع و متناسب با آن از روند روبه رشدی برخوردار بوده است؛ هرچند انتظارات به‌درستی فراتر بوده و عملکرد بهتری هم امکان پذیر بوده که آسیب شناسی آن می‌تواند چراغ راه آینده قرار گیرد.

منابع

قاضی‌تهرانی، خلیل (۱۳۲۹). تاریخ‌چه سازمان جنگل‌بانی ایران، سالنامه بنگاه جنگل‌ها ۱۳۲۹.

بنان، غلامعلی (۱۳۷۰). تاریخ‌چه جنگل‌بانی در ایران، مجله جنگل و مرتع، شماره‌های ۸ و ۹، سال ۱۳۷۰.

جوانشیر، کریم (۱۳۷۸). تاریخ علوم منابع طبیعی ایران، گروه علوم کشاورزی فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج وزارت کشاورزی.

جزیره‌ای، محمدحسین (۱۳۷۹). تحلیل و ارزیابی ساختار تشکیلات جنگل‌بانی ایران، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار، رامسر، ۱۳۷۹.

جزیره‌ای، محمدحسین (۱۳۸۴). نقش بیگانگان در تاریخ جنگل‌داری ایران، مجموعه مقالات همایش ملی آینده جنگل‌های ایران کرج، ۱۳۸۴.

مدنی مشائی، الهه و شامخی، تقی و سعید، ارسطو و اکبری، محمدعلی و جزیره‌ای، محمدحسین و ضرغام، نصرت‌اله، (۱۳۹۵). جنگل های جلگه‌ای شمال ایران و بازرگانان فرانسوی در اوایل قرن بیستم. مجله جنگل ایران، ۸ (۳): ۳۴۹-۳۳۳.

سعید، ارسطو و مدنی مشائی، الهه، (۱۳۹۶). تاثیر سیاست‌های کلان اقتصادی بر تخریب جنگل‌های شمال ایران. نشریه طبیعت ایران، ۲ (۴): مهر-آبان ۱۳۹۶.

An Introduction to Forestry and Forest Management in the Contemporary Era

Sh. Jabari Arfaee*

- M.Sc.in Natural Resources, Forestry major.

Abstract

Although Iran is geographically located in the arid and semi-arid belt of the northern hemisphere, due to its vast size, numerous mountain ranges, and the northern and southern seas, it has a diverse climate, resulting in different forest and rangeland vegetative covers. The Constitutional Revolution marked a new era in Iran's history, redefining the concept of justice and imposing constraints on absolute power, thus shaping what is known as the contemporary era. Analyzing a historical period by focusing on specific moments and snapshots can be misleading, as it is essential to consider the overarching processes. Forestry and forest management in contemporary Iran have experienced numerous ups and downs. Examining these developments extends beyond the scope of a single book, as it requires an understanding of social and economic conditions, attention to political circumstances, and a review of natural resource management processes. Hence, the title of this article is an "Introduction" to the subject. In this article, the contemporary era is divided into five periods, with each period addressing the most critical social-economic, political, and natural resource management issues. Toward the end, several key indicators such as political conditions, population, development plans, fuel consumption, administrative structures, and more are discussed within the context of an overarching process. The overall conclusion points to a growing trend in Iran's forestry and forest management during the contemporary era. However, it still requires further comprehensive and precise evaluation, the application of modern knowledge, and the incorporation of past experiences.

Keywords: Forest, Forestry, Forest Management, Natural Resources, Rangeland.

*Corresponding author Tel: +98 9113755223 E-mail: shahrokhjabbari@yahoo.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

تاثیر ارتفاع بر پارامترهای خاک منطقه اکوتون چهاردانگه ساری

راحله برهانیان[۱*]، قاسمعلی دیانتی تیلکی[۲] و مهدی عابدی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
۲- دانشیار، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر ارتفاع بر خصوصیات شیمیایی خاک شامل نیتروژن، کربن و پتاسیم در منطقه اکوتون چهاردانگه ساری با پوشش درختچه‌ای غالب از گونه‌های *Asteragalus gossypinus* و *Rhamnus pallasi* انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش ارتفاع از سطح دریا مقدار هر سه پارامتر کربن، نیتروژن و پتاسیم کاهش می‌یابد. این تحقیق با تحلیل نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده در سه محدوده ارتفاعی مجزا در منطقه چهاردانگه، به دنبال ارائه بینش در مورد تعاملات بین ارتفاع و پویایی خاک است که به درک بیشتر اکولوژی خاک کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: ارتفاع، پارامترهای شیمیایی خاک، اکوتون، کربن آلی خاک.

مقدمه

منطقه اکوتون (Ecotone) به منطقه‌ای گفته می‌شود که در آن مرز یا انتقال تدریجی بین دو یا چند اکوسیستم مختلف وجود دارد. این مناطق معمولاً ویژگی‌های مشترک از اکوسیستم‌های مجاور را دارند و تنوع زیستی زیادی را در خود جای می‌دهند (Huston et al., 1994).

شناخت پویایی خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک در این اکوسیستم‌ها برای مدیریت پایدار اراضی، به‌ویژه در مناطقی که فشارهای محیطی را تجربه می‌کنند (Gan et al., 2021) حیاتی است. شیب‌های ارتفاعی از طریق تغییرات دما، رطوبت و نوع پوشش گیاهی بر خصوصیات خاک تأثیر می‌گذارند. همچنین این عوامل بر فعالیت میکروبی، تجزیه مواد آلی و در دسترس بودن مواد غذایی ضروری، ایجاد ویژگی‌های متمایز خاک در ارتفاع‌های مختلف تأثیر می‌گذارند (Lange et al., 2015).

تحقیقات قبلی نشان داده است که ارتفاع، کربن و نیتروژن خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و افزایش ارتفاع اغلب با افزایش ماده آلی به دلیل کاهش سرعت تجزیه همراه است (Chen et al., 2023). به طور مشابه پتاسیم - یک ماده غذایی پرمصرف اصلی برای رشد گیاه - ممکن است به دلیل تغییرات مواد مادری خاک و فرآیندهای هوازدگی تغییر کند (Nestrerenko et al., 2021). با این حال، میزان تغییر این پارامترها با ارتفاع در اکوسیستم‌های اکوتون، به‌ویژه در مناطقی مانند منطقه چهاردانگه ساری، ممکن است متغیر باشد. پوشش گیاهی عمدتاً شامل علفی‌ها، بوته‌ها، درختان و درختچه‌هایی از قبیل *Asteragalus gossypinus* و *Rhamnus pallasi* سازگار با شرایط محیطی منطقه است.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۹۶۴۳۴۴۳۱۸ ایمیل: rahele.borhanian@modares.ac.ir

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر ارتفاع بر خصوصیات شیمیایی خاک شامل نیتروژن، کربن و پتاسیم است. این تحقیق با تحلیل نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده در سه محدوده ارتفاعی مجزا در منطقه چهاردانگه، به‌دنبال ارائه بینش در مورد تعاملات بین ارتفاع و پویایی خاک است که به درک بیشتر اکولوژی خاک کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان مازندران با وسعت حدود ۲۳ هزار و ۷۵۶ کیلومتر مربع، از شرق به استان گلستان، از غرب به استان گیلان و از جنوب به استان‌های سمنان، تهران، البرز و قزوین محدود شده است. این مطالعه در مراتع منطقه چهاردانگه شهرستان ساری، استان مازندران انجام شد که دارای طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۳ دقیقه و ۳۶ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقه و ۵۵ ثانیه است. میزان بارندگی در این محدوده تقریباً ۳۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

پارامترهای شیمیایی خاک

به‌منظور تجزیه و تحلیل تأثیر ارتفاع بر خصوصیات شیمیایی خاک، نمونه‌های خاک از سه ارتفاع ۱۴۰۰-۱۳۰۰، ۱۵۰۰-۱۴۰۰ و ۱۶۰۰-۱۵۰۰ جمع‌آوری شد که از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر برداشت شدند. برای هر نمونه حدود ۵۰۰ گرم خاک با استفاده از یک آگر استریل جمع‌آوری و در کیسه‌های مناسب و برچسب‌دار نگهداری و تحت شرایط کنترل شده به آزمایشگاه منتقل شدند. به‌منظور تعیین خصوصیات شیمیایی و زیستی خاک، پارامترهای نیتروژن با روش کجلدال، کربن آلی با روش والکی بلاک و پتاسیم به‌وسیله جذب اتمی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (جعفری و رستم‌پور، ۱۳۹۸).

یافته‌ها

در تجزیه واریانس پارامترهای ذکر شده (جدول ۱)، کمترین مقدار F متعلق به پتاسیم و بیشترین مقدار را کربن داراست. لازم به ذکر است که هر سه پارامتر کربن و پتاسیم و نیتروژن معنی‌دار هستند.

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس پارامترهای شیمیایی خاک

فاکتورها	درجه آزادی	مقدار F	معنی داری
نیتروژن (درصد)	۳	۱۸/۷۸	۰/۰۰۹
پتاسیم (µg/ml)	۳	۱۰/۸۳	۰/۰۲۴
کربن (درصد)	۳	۵۳/۳۸	۰/۰۰۱

طبق جدول مقایسه میانگین پارامترهای شیمیایی خاک (جدول ۲)، با افزایش ارتفاع مقادیر نیتروژن، کربن و پتاسیم کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار نیتروژن و کربن متعلق به ارتفاع ۱۴۰۰-۱۳۰۰ و بیشترین مقدار پتاسیم متعلق به ارتفاع ۱۵۰۰-۱۴۰۰ متر است. مقدار پتاسیم در ارتفاع میانی افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند. مقدار نیتروژن و کربن‌آلی نیز ابتدا در ارتفاع ۱۵۰۰ کاهش می‌یابد و سپس افزایش می‌یابد.

جدول ۲- مقایسه میانگین پارامترهای شیمیایی خاک

	۱۳۰۰-۱۴۰۰	۱۴۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۱۶۰۰
نیتروژن (درصد)	۰/۱۸۲ ± ۰/۰۴۰ a	۰/۱۱۲ ± ۰/۰۰۸ b	۰/۱۳۵ ± ۰/۰۲ ab
پتاسیم (µg/ml)	۳۱۶ ± ۳۸/۲۲ ab	۳۴۳ ± ۱۶۲/۰۲ a	۱۵۹ ± ۳۴/۵۳ b
کربن (درصد)	۱/۱۴ ± ۰/۶۹۱ a	۰/۳۴ ± ۰/۱۶۳ c	۰/۷۱۲ ± ۰/۲۴۹ b

بحث و نتیجه‌گیری

ارتفاع از سطح دریا عاملی است که بر عوامل خاک‌سازی از جمله اقلیم، پوشش گیاهی و توپوگرافی تاثیر می‌گذارد و به‌طور قابل‌توجهی بر خاک‌هایی که در ارتفاعات مختلف قرار دارند موثر است (Tóth et al., 2018). زیاد بودن ذخیره کربن آلی در مناطق مرتفع‌تر منجر به افزایش فعالیت میکروبی می‌شود (Li et al., 2016). کربن آلی با افزایش ارتفاع، به‌دلیل دماهای سردتر و سرعت تجزیه کمتر و همچنین تولید بقایای گیاهی بیشتر، افزایش می‌یابد (Wang et al., 2015). خاک‌های جنگل‌های کاج با افزایش ارتفاع، افزایش غلظت کربن آلی را نشان دادند. از آنجایی که گونه‌های گیاهی در امتداد شیب ارتفاعی یکسان هستند، افزایش محتوای کربن آلی با ارتفاع عمدتاً به کاهش فعالیت میکروبی خاک نسبت داده می‌شود (Massaccesi et al., 2020).

در تحقیق کنونی مقادیر نیتروژن، پتاسیم و کربن آلی با افزایش ارتفاع کاهش یافت. این نتایج با نتایجی که بیان می‌کند مقدار کربن آلی خاک، نیتروژن و پتاسیم با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابد تناقض دارد. این افزایش کربن آلی خاک با افزایش ارتفاع ممکن است به‌دلیل افزایش درصد رطوبت خاک باشد که نشانگر خوبی از وجود کربن آلی بیشتر در خاک است (Kumar et al., 2010). مقایسه مقدار کربن آلی خاک و نیتروژن آن در عمق‌های ۳۰-۰ سانتی‌متر و ۱۰۰-۰ سانتی‌متر نشان داد که با افزایش ارتفاع شاهد افزایش مقادیر کربن آلی و نیتروژن هستیم. این جمله بیان می‌کند که افزایش کربن و نیتروژن در خاک با افزایش ارتفاع بیشتر به‌دلیل عوامل بیولوژیکی و فیزیکی مانند ورودی مواد آلی از درختان و تأثیر دما است، نه به‌دلیل ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند بافت آن (Tashi et al., 2016). Kamal et al. (2023) در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که افزایش ارتفاع سبب افزایش مقدار پتاسیم و درصد نیتروژن می‌شود. دلیل این امر ممکن است مقدار بیشتر ماده آلی در ارتفاعات بالاتر به دلیل تجمع ماده آلی و تجزیه کم‌تر آن باشد. با توجه به نتایج این تحقیق ضرورت دارد که به کیفیت خاک رویشگاه‌های دارای گیاهان چوبی توجه بیشتری شود و برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی در این راستا باشد.

منابع

جعفری، م.، رستم‌پور، م. (۱۳۹۸). روابط خاک و گیاه اکولوژی، آمار و آنالیز جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۶۸.

Chen, J., Huang, Y., Chen, G., Zhu, H., Qiu, Y., and Ye, Y. (2023). Effect of site elevation and soil depth on the biomass and carbon, nitrogen, and phosphorus stocks of roots in planted Kandelia obovata mangrove forests. Restoration Ecology, 31(3), e13712. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/rec.13712.

Gan, D., Feng, J., Han, M., Zeng, H., and Zhu, B. (2021). Rhizosphere effects of woody plants on soil biogeochemical processes: A meta-analysis. Soil Biology and Biochemistry, 160, 108310. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108310.

Hsieh, Y. P., Anderson, G. A., Miller, R. O., and Nemours, D. (2020). Non-instrumental Real time Soil Respiration Rate and Soil Microbial Biomass Carbon Determinations. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 51(19): 2479–2490. https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1836205.

Huston, M. A. (1994). Biological Diversity: The Coexistence of Species on Changing Landscapes. Cambridge University Press.

Kamal, A., Mian, I., Akbar, W., Rahim, H., Irfan, M., Ali, S., And Zaman, W. (2023). Effects Of Soil Depth And Altitude On Soil Texture And Soil Quality Index. Applied Ecology and Environmental Research, 21(5).

Kumar, M., Kumar, S., and Sheikh, M. A. (2010). Effect of altitudes on soil and vegetation characteristics of Pinus roxburghii forest in Garhwal Himalaya. Journal of Advanced Laboratory Research in Biology, 1(2): 130-133.

Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C. A., Bessler, H., Engels, C., Griffiths, R. I., Mellado-Vázquez, P. G., Malik, A. A., Roy, J., Scheu, S., Steinbeiss, S., Thomson, B. C., Trumbore, S. E., and Gleixner, G. (2015). Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. Nature Communications, 6(1), 6707. https://doi.org/10.1038/ncomms7707.

Li, L., Vogel, J., He, Z., Zou, X., Ruan, H., Huang, W., and Bianchi, T. S. (2016). Association of soil aggregation with the distribution and quality of organic carbon in soil along an elevation gradient on Wuyi Mountain in China. PLoS One, 11 (3), e0150898.

Li, Z., Shi, H., Vogelmann, J. E., Hawbaker, T. J., and Peterson, B. (2020). Assessment of Fire Fuel Load Dynamics in Shrubland Ecosystems in the Western United States Using MODIS Products. Remote Sensing, 12(12), 1911. https://doi.org/10.3390/rs12121911.

Massaccesi, L., De Feudis, M., Leccese, A., and Agnelli, A. (2020). Altitude and Vegetation Affect Soil Organic Carbon, Basal Respiration and Microbial Biomass in Apennine Forest Soils. Forests, 11(6), 710. https://doi.org/10.3390/f11060710.

Nestrerenko, E. O., Krasnoperova, O. E., and Isayenkov, S.V. (2021). Potassium Transport Systems and Their Role in Stress Response, Plant Growth, and Development. Cytology and Genetics, 55(1): 63–79. https://doi.org/10.3103/S0095452721010126.

Tashi, S., Singh, B., Keitel, C., and Adams, M. (2016). Soil carbon and nitrogen stocks in forests along an altitudinal gradient in the eastern Himalayas and a meta-analysis of global data. Global change biology, 22(6): 2255-2268.

Tóth, E., Gelybó, G., Dencső, M., Kása, I., Birkás, M., and Horel, Á. (2018). Soil CO2 emissions in a long-term tillage treatment experiment. In Soil management and climate change (pp. 293-307). Academic Press.

Wang, L., Zheng, W., Tang, L., Zhang, S., Liu, Y., and Ke, X. (2021). Spatial optimization of urban land and cropland based on land production capacity to balance cropland protection and ecological conservation. Journal of Environmental Management, 285. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112054.

Wang, W., Lai, D. Y. F., Wang, C., Pan, T., and Zeng, C. (2015). Effects of rice straw incorporation on active soil organic carbon pools in a subtropical paddy field. Soil and Tillage Research, 152: 8-16.

The Effect of Elevation on Soil parameters in the Ecotone area of Chahardangeh, Sari

R. Borhanian1*, Gh. A. Dianati Tilaki2 and M. Abedi2

1- M.Sc. Student of Rangeland Management. Faculty of Natural Resources and Marin Science, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
2- Associate Prof., Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources and Marin Science, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

Abstract
The article aims to investigate the impact of elevation on the chemical properties of soil, including nitrogen, carbon, and potassium, in an ecotonal region dominated by shrub species such as *Asteragalus gossypinus* and *Rhamnus pallasi*. The results indicated that with increasing elevation, all three parameters—carbon, nitrogen, and potassium—decreased. This research, through the analysis of soil samples collected from three distinct elevation ranges in the Fourdangeh region, seeks to provide insights into the interactions between elevation and soil dynamics, contributing to a deeper understanding of soil ecology.

Keywords: Altitude, Ecotone, Soil chemical properties, Soil organic carbon.

*Corresponding author Tel: +98 9964344318 Email: rahele.borhanian@modares.ac.ir

عوامل موثر بر مدیریت حریق در جنگلهای هیرکانی (مطالعه موردی: استان گیلان)

رضا ابراهیم‌پرور[۱]*، علی امیدی[۲] و ایرج حسن‌زاد ناورودی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- دانش‌آموخته دکترای جنگلداری، دانشگاه گیلان. کارشناس سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری.
۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

چکیده

آتش‌سوزی جنگلها یکی از مهم‌ترین حوادث غیرمترقبه است که وقوع آن در آینده با وجود تغییرات اقلیمی، بیشتر از گذشته محتمل بوده و نیاز است تا به‌درستی مدیریت شود. دراین تحقیق به‌منظور تعیین راهبردهای مدیریتی مناسب، عوامل درونی و بیرونی SWOT موثر بر حریق با روائی و پایایی قابل قبول در سه دور شناسایی و غربال شدند. سپس عوامل کلیدی از طریق مقایسات زوجی AHP، از خبرگان کارشناس و مدیر اجرایی به تعداد ۳۰ نفر اهمیت‌گذاری و ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که سهم عوامل درونی ۶۲ درصد و عوامل بیرونی ۳۸ درصد است و ضعف‌ها با ۴۵ درصد بیشتر از بقیه عوامل بر حریق و مدیریت آن تاثیرگذارند. زیرمعیارهای تهدید غرض‌ورزی و ایجاد حریق‌های عمدی با افزایش تصرفات و تعلیف‌گاه دام با ایجاد حریق (T1)، فرصت وجود ساختار قانونی پیش‌بینی آمادگی-مدیریت و پاسخ به بحران-و طرح اختصاصی پیشگیری و اطفاء حریق (O1)، ضعف عدم بازدارندگی کامل قوانین و عدم وجود قانون اختصاصی حریق جنگلها در ابعاد اجرایی و مشارکت عمومی و آموزش و فرهنگ‌سازی (W4)، گرمای زیاد، وزش بادهای جنوبی و ایجاد گرم‌باد (T3)، ضعف وجود عرصه‌های مستعد حریق و انباشت مواد سوختنی جنگل (W3)، قوت وجود سازماندهی موجود نیرو-امکانات و اعتبارات مخصوص حریق در دستگاه متولی جنگلها (S2)، فرصت فراهم بودن بستر مشارکت مردم و علاقه عمومی جامعه به جنگلها و زیستگاه‌های طبیعی (O3)، فرصت وجود حساسیت عمومی رسانه‌های نسبت به حریق جنگلها (O2)، ضعف عدم کاهش مواد سوختنی (W5)، قوت وجود جاده‌های جنگلی (S3)، به‌ترتیب در رتبه اول تا دهم قرار گرفتند. نتایج تحلیل سوات تعداد ۴۶ راهبرد تهاجمی، بازنگری، تنوعی رقابتی و تدافعی را برای مدیریت مناسب‌تر حریق تعیین کرد. نتایج ارزیابی موزون عوامل سوات، راهبردهای تهاجمی شامل توسعه طرح جامع مدیریت حریق استان، الزام مشارکت عمومی در مدیریت حریق، کاهش مواد سوختنی جنگل، تمرکز بر بلوک‌های بحرانی و احیاء جنگلهای سوخته را به‌عنوان راهبردهای برتر انتخاب کرد.

واژگان کلیدی: آتش‌سوزی جنگلها، راهبردها، سوات، مدیریت حریق، مواد سوختنی جنگل.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۳۳۴۶۶۲۳ ایمیل:

مقدمه

مخاطرات طبیعی زنده (آفات و بیمارها) و غیر زنده (آتش‌سوزی، بادهای شدید، خشکسالی، برف سنگین، گرمای زیاد، یخبندان، سیلاب، رانش و لغزش، زمین لرزه) نیازمند به شناخت بیشتر و مدیریت بهتر برای به حداقل رساندن خسارات وارده هستند. یکی از مهمترین حوادث غیرمترقبه، حریق در جنگلها و مراتع است. آتش‌ها امروزه در همه جای کره زمین وجود دارند (Bowman et al., 2011) و بیش از ۸۰ درصد از این آتش‌سوزی‌ها توسط انسان ایجاد می‌شود (FAO، 2007). اکثر آتش‌سوزی‌ها به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم توسط فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود (Barmara, 2001). تغییرات اخیر در شرایط اجتماعی و اقلیمی، به‌طور قابل‌توجهی رژیم‌های آتش‌سوزی جنگل‌های جهان را تحت تأثیر قرار داده است؛ به‌طوری‌که آتش‌سوزی‌های اخیر، تخریب بیشتری از حالت معمول به بار می‌آورند (Roman et al., 2013). نقش انسان در وقوع آتش‌سوزی‌های جنگلی نیز تأثیر بسیار مهمی در تغییر رژیم‌های آتش‌سوزی به‌ویژه از نظر تعداد حریق در جنگل‌های جهان و ایران داشته است (Martinez et al., 2009). براساس آمار FAO بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ میلادی، سالانه به‌طور متوسط ۶۵۰۰ هکتار از جنگل‌های ایران در اثر آتش‌سوزی از بین رفته‌اند که این آتش‌سوزی‌ها در ارتباط با عوامل انسانی و اقلیمی بوده‌اند (FAO, 2007).

براساس آمارهای موجود از ۴۵ نوع بلایای طبیعی که در جهان به ثبت رسیده ۳۱ مورد آن در کشور ما به وقوع پیوسته است. کشور ایران از جمله کشورهای سانحه‌خیز دنیا است که پدیده آتش‌سوزی جنگل یکی از مهمترین بحران‌های آن محسوب می‌شود. در ۱۵ سال گذشته (۱۳۷۸-۱۳۹۳) ۱۳۲۳۰ مورد حریق در عرصه‌های طبیعی ایران گزارش شده که منجر به از بین رفتن ۱۴۲۱۴۱ هکتار از عرصه‌های طبیعی کشور شده است (خالقی، ۱۳۹۴). به‌طوری‌که در فاصله سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ حدود ۱۱۲۲ فقره آتش‌سوزی در سطح ۲۵۷۷۳ هکتار از جنگل‌های استان گیلان اتفاق افتاده است (بی‌نام، ۱۴۰۲). یعنی سالیانه حدود ۴۰۰ هکتار از جنگلهای استان دچار حریق می‌شود.

ضرورت و اهمیت تحقیق

واقعیت این است که آتش‌سوزی جنگلها، خطر بروز حریق‌های بزرگ را افزایش داده است. در نتیجه سیاست‌ها و قوانین جدیدی برای مدیریت حریق و به‌منظور مقابله با تحولات پیش‌آمده و واقعیت‌های موجود مورد نیاز است (Montiel-Molina, 2013). آتش‌سوزی جنگلها پیامدهای خسارت باری همچون تخریب جنگلها و نابود کردن بوم‌سازگان جنگلی و مرتعی، از بین برندن تعادلات موجود در اکوسیستم‌ها، خسارات وارده به جوامع محلی، زراعت و سکونتگاه‌های انسانی و حیوانی، افزایش آلاینده‌ها هوا و گرمایش زمین را در پی دارد. بنابراین بسیار ضروری است تا جوانب مختلف حریق جنگلها بررسی و راهکارهای مورد نیاز ارائه شود.

استان گیلان دارای ۲۵۰ نقطه بحرانی حریق در جنگلها است و در اکثر جنگلهای استان احتمال وقوع حریق و گسترش آتش و تخریب جنگل وجود دارد.

تاکنون آسیب‌شناسی دقیقی از ابعاد مختلف آتش‌سوزی جنگلهای استان گیلان انجام نشده است. هنوز مشارکت واقعی بین دستگاه‌های اجرایی، جوامع محلی و مردم و دستگاه متولی اداره جنگلها برای مدیریت بهینه حریق شکل نگرفته و از این‌رو اطفاء حریق‌ها با ضعف‌های زیادی مواجهه است. به‌عبارتی دیگر، مدیریت فعلی حریق جنگلهای استان رضایت‌بخش و مطلوب نیست و هر ساله با وقوع حریق خسارات زیادی به جنگلها وارد می‌شود.

قانون مدیریت بحران کشور (۱۳۹۸)، طراحی و اجرای برنامه‌های مدیریت و مقابله، بازتوانی و کاهش بحران‌های کشور از جمله آتش‌سوزی را توصیه نموده، بنابراین ضرورت دارد تا عوامل موثر بر مدیریت پیشگیری و اطفاء حریق جنگلها و عرصه‌های منابع طبیعی کشور، از جمله استان گیلان بررسی و راهبردهای کلیدی توسعه مدیریت حریق تعیین شوند. از سویی، جنگلهای شمال به‌ویژه در استان گیلان از پایین‌دست به شهرها و روستاهای دایمی و از بالادست به آبادی‌ها و دامسراهای ییلاقی متصل بوده و تقریباً تمام عرصه‌های جنگلی در دسترس جوامع بومی و گردشگران و ماجراجویان متفاوت از قبیل جویندگان اشیاء عتیقه، شکارچیان و ... قرار دارند. بنابراین بستر مناسبی برای ایجاد حریق‌های عمدی در گستره‌های پهناور جنگلی با انگیزه‌های متفاوت وجود دارد. در مواقع وقوع حریق‌های گسترده (بیشتر از ۵۰ هکتار)، عمدتاً مردم محلی نیز در اطفاء حریق مشارکت می‌کنند. طبیعتاً پیشگیری و اطفاء حریق به‌ویژه حریق‌های گسترده نیازمند مشارکت دستگاه‌های اجرایی، جوامع محلی و آمادگی مناسب دستگاه متولی اداره جنگلها می‌باشد.

با توجه به وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های ایران و خسارت‌های ناشی از آنها طی سال‌های اخیر، بررسی عوامل موثر بر مدیریت حریق بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد. تاکنون تحقیقات متعددی به‌منظور پیش‌گیری، شناسایی و مقابله با آتش-سوزی در جنگل‌های ایران در سطح منطقه‌ای، توسعه مدل‌های پیش‌بینی خطر وقوع و گسترش آتش‌سوزی در سطح ملی به‌عنوان راهکاری مفید برای پیش‌بینی وقوع و گسترش آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران انجام شده است. ولی از منظر مدیریت حریق در راستای مدیریت پایدار جنگل‌ها نیاز است تا عوامل درونی و بیرونی موثر بر پیشگیری و اطفاء حریق بررسی و استراتژی‌های مقابله با بحران حریق در وضعیت‌های مختلف تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی شناسایی و جهت اجرا برای مدیریت بهینه به‌کار گرفته شوند.

این تحقیق به‌دنبال پاسخ برای این پرسش‌هاست: آیا بین مردم، دستگاه‌های اجرایی و اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، هماهنگی مناسبی از نظر پیشگیری و اطفاء حریق جنگلهای استان وجود دارد؟ آیا توسعه مدیریت حریق جنگلهای استان امکان‌پذیر است؟ عوامل موثر بر مدیریت حریق و راهبردهای توسعه مدیریت حریق در جنگلهای استان کدامند؟

کبودی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی عوامل موثر در آتش‌سوزی جنگلهای زاگرس با استفاده از روش تحلیلی- توصیفی دریافتند که روند آتش‌سوزی افزایشی بوده و مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در گسترش حریق، توپوگرافی (به‌ویژه شیب و ارتفاع)، صعب‌العبور بودن مناطق، کمبود نیروهای امدادی اطفاء حریق و فقدان ابزارآلات اطفاء حریق هستند. بنابراین می‌بایست نسبت به بهینه‌سازی نیروهای حفاظتی منطقه، شناسایی مناطق مورد تهدید، اجرای طرح آتش‌بر، اجرای گشت حفاظتی، حمایت گروه‌های مردمی (NGOها) و نظایر آن اقدام نمود.

اسکندری و اسکندری (۱۴۰۰) با بررسی علل آتش‌سوزی، پیامدها و راهکارهای مقابله با آتش‌سوزی را با استفاده از تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌های مناطق وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع ایران در دوره زمانی ۲۰۰۲-۲۰۱۳ مطالعه کرده و با استفاده از محصول آتش سنجنده MODIS (41)، مدلی برای پیش‌بینی گسترش حریق ارائه کردند.

کریمی و همکاران (۱۳۹۲) مناطق آسیب‌پذیر به آتش‌سوزی در استان چهارمحال بختیاری را در دوره ۷ ساله، از ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱، با استفاده از حریق‌های وقوع یافته بررسی نمودند. نتایج نشان داد که اکثر حریق‌ها در ارتفاعات میانی و دامنه‌های جنوبی (آفتاب‌گیر) و مناطق تفریحی در اثر بی احتیاطی گردشگران و در ماه‌های حساس پاییز و زمستان صورت می‌گیرد.

Molina (2013) با نظرسنجی از گروه کارشناسان آتش‌سوزی جنگل کمیسیون مرکز تحقیقات مشترک اتحادیه اروپا، متشکل از ۲۷ کشور عضو (JRS)، چارچوب قانونی آتش‌سوزی، ابزارها و سیاست‌های مواجهه با حریق‌ها، چالش‌ها، تهدیدها و

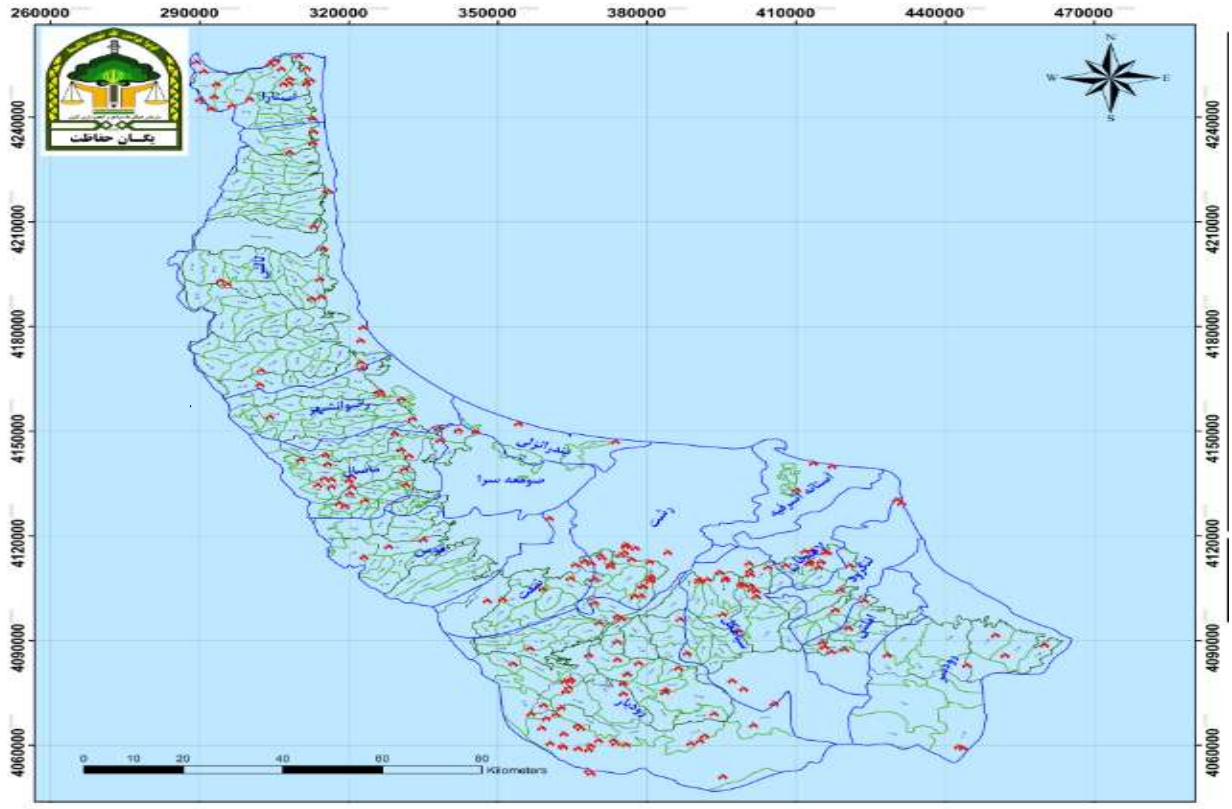
فرصت‌های موجود را بررسی کرد. نتایج نشان داد که خواسته‌های فعلی در مورد مدیریت حریق اروپا می‌بایست همراه با الگوهای اکولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی مشترک در سطح منطقه‌ای باشند و در این رابطه نیاز است تا قانون‌گذاری‌های جدید برای مدیریت یکپارچه آتش‌سوزی جنگلها، متناسب با بافت سرزمینی تهیه و اجرا شوند.

مطالعه Schmerbeck et al. (2015) نشان داد که آتش‌سوزی جنگلهای گرمسیری توسط ساکنین جنگل سبب برقراری خدمات اکوسیستم جنگل مانند مواد سوختنی چوبی و علوفه دام می‌شود و در نتیجه پویایی اقتصادی محلی را در پی دارد. خدمات اکوسیستم مبتنی بر آتش عبارتند از: دستیابی به محصولاتی از نظر موادغذایی: شکار، علوفه مرتعی برای حیوانات اهلی و وحشی، از بعد حفاظتی: ایمن‌سازی اموال، سلامتی و زندگی؛ مدیریت آفات (کنترل علف‌های هرز و بیماری)؛ از نظر کشاورزی: آماده سازی زمین، پاکسازی مزارع، استفاده از خاکستر حاصل از آتش‌سوزی‌های جنگلی، محصولات جنگلی غیر چوبی (NTFP)، از نظر فرهنگی: شامل برافروختن آتش برای شروع باران، انگیزه مذهبی و آتشی که فقط برای سرگرمی و بازی و دیدن روشن می‌شود. سایر موارد: مانند ایجاد دسترسی به یک منطقه خاص. هر چند که خدمات اکوسیستم مبتنی بر حریق در تضاد با قوانین هستند، اما باید گزینه‌هایی با رویکرد اقتصادهای محلی را در سیاست‌های حفاظتی و مدیریت جنگل منظور کرد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان گیلان یکی از استانهای شمالی کشور با مساحت ۱۴۷۱۱ کیلومتر مربع می‌باشد. این استان در ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه موقعیت محل مورد مطالعه

از مجموع مساحت استان، ۱۰۱۷۰۰۰ هکتار آن را اراضی ملی و دولتی اعم از سواحل، تالابها و آب بندانها، بستر و حریم رودخانه‌ها، جنگلها، مراتع و کوه‌ها تا حد فوقانی نیمرخ شمالی البرز تشکیل می‌دهند. جنگلها با مساحت حدود ۵۶۶ هزار هکتار و مراتع کوهستانی با مساحت ۲۲۴ هزار هکتار تحت مدیریت سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری در چارچوب طرح‌های جنگلداری، مرتعداری، آبخیزداری و سایر طرحهای منابع طبیعی مدیریت می‌شوند. طبق شکل ۱ از ۳۲۲ بلوک حفاظتی کل استان گیلان، ۲۱۱ بلوک حفاظتی دارای حریق ثبت شده طی سه دهه اخیر بوده و ۲۵۰ نقطه جنگلی بحرانی حریق در استان گیلان وجود دارد (بی‌نام، ۱۴۰۱).

روش تحقیق

SOWT (نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به‌عنوان ابزارهای آنالیز چندمعیاره در پژوهش‌ها کاربرد دارند که در این تحقیق برای بررسی عوامل موثر بر حریق جنگلها و مدیریت آتش‌سوزی و تعیین استراتژی‌های مناسب مدیریت حریق جنگلها استفاده شدند.

ساختار این تحقیق طبق شکل زیر است:

این تحقیق از نوع تحقیق توصیفی، به‌صورت پیمایشی دلفی می‌باشد (سرمد و همکاران، ۱۳۸۶). دلفی یعنی مجموعه‌ای از خبرگان نظر خود را پیرامون مسئله ارائه می‌دهند (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۴).

تکنیک دلفی یکی از روش‌های کسب اطلاعات در زمانی است که آمار و اطلاعات کمی در دسترس نبوده و تکنیک‌های آمار استنباطی توجیه ندارد و یا جمع‌آوری داده‌های کمی مستلزم وقت و هزینه است و می‌بایست از اطلاعات کیفی و نظرات خبرگان، یعنی ارزیابی به‌کمک قضاوت کارشناسی استفاده کرد. مهم‌ترین کاربرد تکنیک‌های دلفی در مسائل تحقیق در عملیات و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. ویژگی این روش کسب دانش گروهی است (McDaniels et al., 2012). براساس تحقیقات اکثر محققین، حجم نمونه‌گیری خبرگان دلفی به تعداد ۱۵ تا ۲۰ نفر بوده و طبق نظر Hsu and Sandford (2008) تعداد اعضاء دلفی بین ۱۰ تا ۳۰ نفر انتخاب می‌شوند. در تحقیقات مختلف تا ۱۰۰ نفر از خبرگان استفاده نموده‌اند (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۴).

جامعه آماری شامل ذی‌نفعان اصلی و خبرگان مدیریت حریق شامل مدیریان و کارشناسان مسئول واحدهای منابع طبیعی و فرماندهان یگان حفاظت منابع طبیعی شهرستانهای استان گیلان بود که جمعیت آماری این تحقیق، در دور اول به تعداد ۱۵ نفر و در دور دوم به تعداد ۱۵ نفر و در دور سوم به تعداد ۳۰ نفر استفاده شد.

دلیل انتخاب مدیریان و کارشناسان حفاظتی این بود که این کارکنان، مستقیماً درگیر آتش‌سوزی و مدیریت حریق هستند و احاطه بیشتری بر کار و مسائل مبتلابه حریق جنگلها دارند.

انتخاب نمونه‌های جمعیت آماری از بین مدیران و کارشناسان حفاظتی به‌صورت تصادفی انجام شد.

ابتدا در کارگاه‌های حل مسئله، وظایف و مسئولیت‌های مدیریت منابع طبیعی استان و چارچوب قوانین و مقررات تشریح و از آنها خواسته شد تا عوامل تاثیرگذار در حریق جنگلها را اعلام کنند. پس از جمع‌آوری نقطه نظرات و همچنین اطلاعات موجود در سوابق پژوهشی گذشته و مستندات مربوطه در دستگاه اجرایی، پرسشنامه تحقیق با ذکر تمامی عوامل آماده شد.

در دور اول به‌منظور تعیین روائی تحقیق، پرسشنامه تحقیق در اختیارات کارشناسان قرار گرفت تا نظرات خود را براساس طیف لیکرت ۳ درجه بیان نمایند. پس از دریافت پاسخ‌ها و محاسبه میانگین، گویه‌های قابل قبول انتخاب و بقیه حذف شدند. پرسشنامه اول برای تعیین روایی محتوا و غربال مرحله اول متغیرها.

در دور دوم پرسشنامه محقق‌ساخته در اختیار جمعیت آماری تحقیق قرار گرفت تا نظرات خود را براساس طیف لیکرت ۵ درجه (درجه ۱: بسیار کم اهمیت، درجه ۲: کم اهمیت، درجه ۳: با اهمیت متوسط، درجه ۴: با اهمیت، درجه ۵: خیلی مهم) بیان نمایند. پرسشنامه دوم برای تعیین عوامل کلیدی تاثیرگذار در حریق.

پس از جمع بندی نتایج، گویه‌های با درج میانگین با اهمیت و بیشتر انتخاب شده و با استفاده از تکنیک تحلیل کارکرد مهندسی ارزش خلاصه‌سازی ترکیب شدند، به‌نحوی که برای مقایسات زوجی تحلیل سلسله مراتبی به تعداد کمتر از ۹ عامل برسند. پرسشنامه دور سوم از طریق مقایسات زوجی بین خبرگان مورد سنجش قرار گرفت.

تعریف استراتژی‌ها

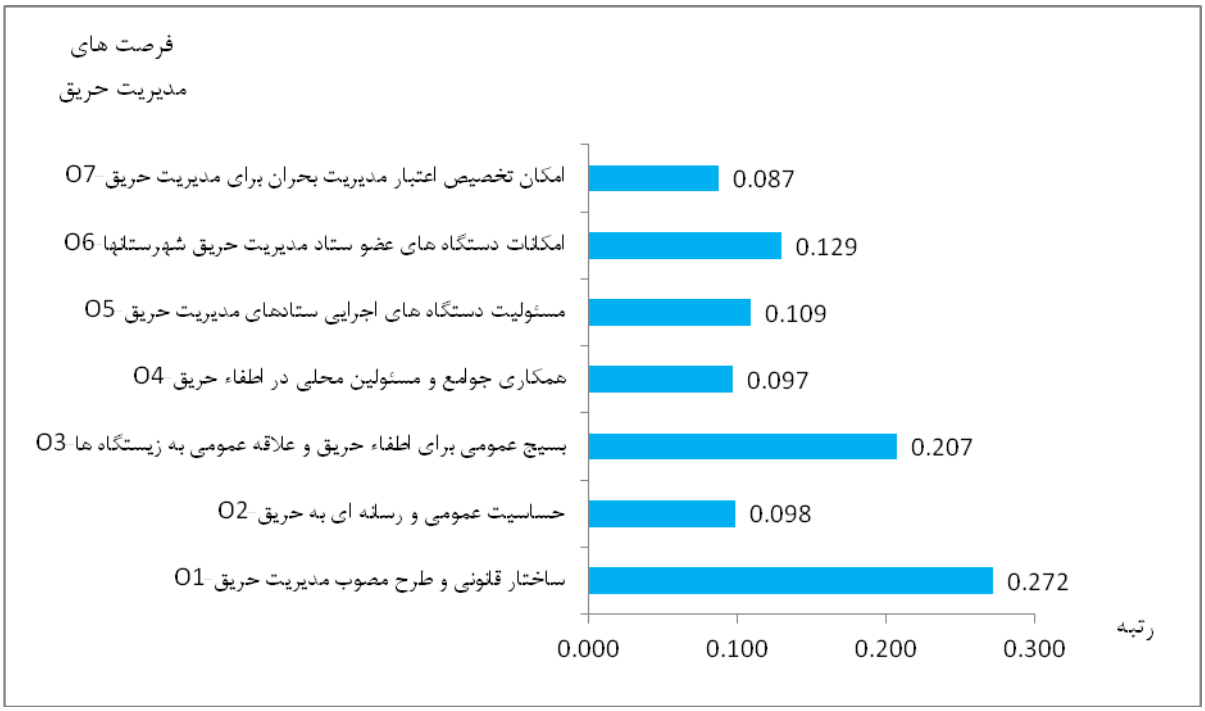
از تضارب عوامل منتخب سوات، استراتژیهای تهاجمی، تدافعی، تنوعی و بازنگری ایجاد شد.



شکل ۲- نمونه‌ای از نحوه ایجاد استراتژی مدیریت حریق

یافته‌ها

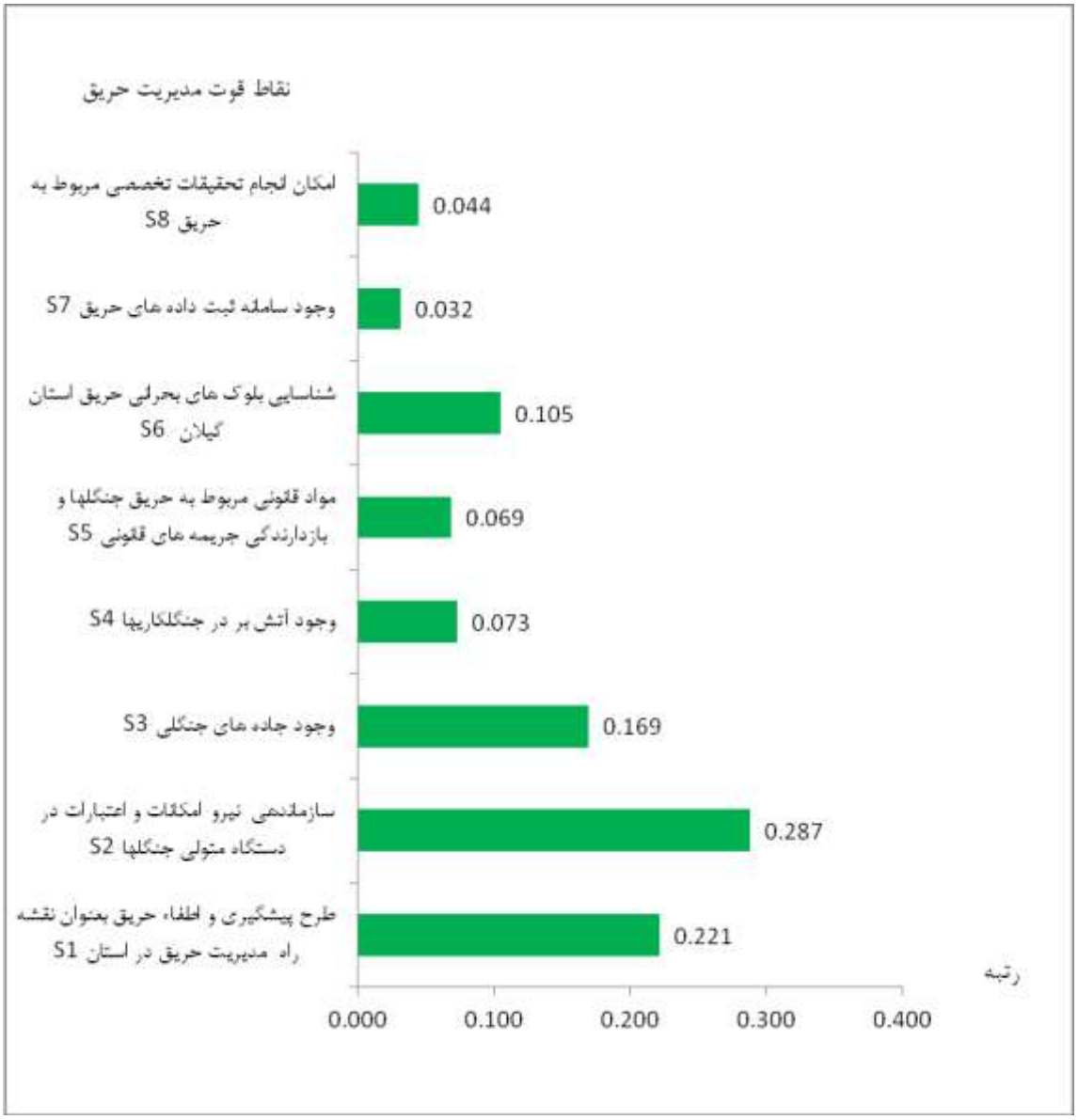
براساس نتایج مقایسات زوجی از صدرصد اهمیت‌گذاری عوامل سوات مؤثر در آتش‌سوزی و مدیریت حریق، سهم ضعف ۴۵ درصد، تهدید ۲۶ درصد، قوت ۱۷ درصد و فرصت ۱۲ درصد است. یعنی سهم عوامل داخلی ۶۲ درصد و سهم عوامل خارجی ۳۸ درصد می‌باشد.



شکل ۳– نمودار مقایسات زوجی مهم‌ترین فرصت‌های تأثیرگذار بر آتش‌سوزی و مدیریت حریق



شکل ۴– نمودار مقایسات زوجی مهم‌ترین تهدیدهای تأثیرگذار بر آتش‌سوزی و مدیریت حریق و الویت‌بندی مهم‌ترین قوت‌های تأثیرگذار در آتش‌سوزی و مدیریت حریق



شکل ۵– نمودار مقایسات زوجی مهم‌ترین قوت‌های تأثیرگذار بر آتش‌سوزی و مدیریت حریق

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA
We Respect the Science



شکل ۶– نمودار مقایسات زوجی مهم‌ترین ضعف‌های تأثیرگذار بر آتش‌سوزی و مدیریت حریق

اختلاف آماری بین نظرات دو گروه خبرگان مدیران اجرایی و کارشناسان براساس نتایج آزمون آماری من ویتنی U نشان داد که اختلاف‌نظر بین دو گروه ذینفعان معنی‌دار نیست.

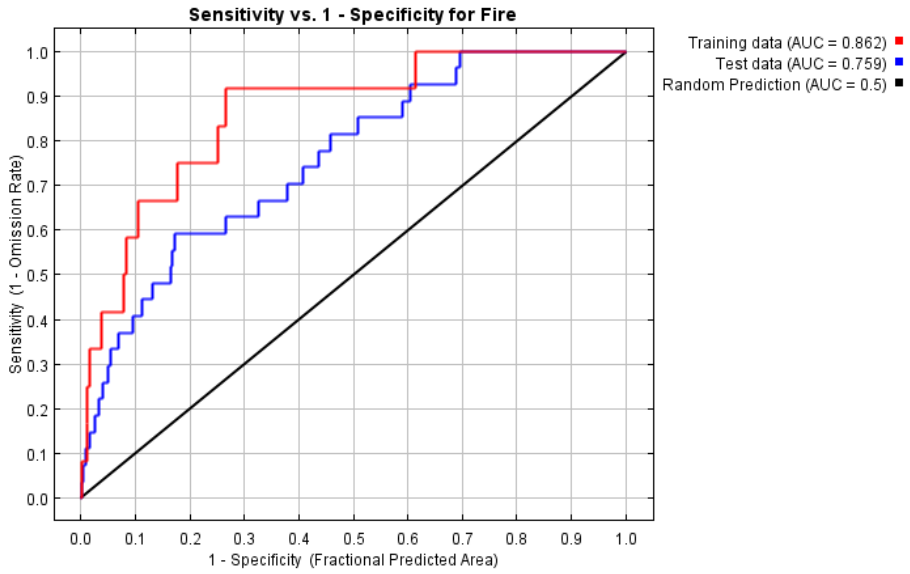
جدول ۱- نتیجه آزمون آماری بررسی معنی داربودن اختلاف بین دو گروه کارشناسان و مدیران از نظر عوامل سوات موثر بر حریق جنگلها

group	متغیر	N	Asymp. Sig. (2-tailed)
1	وجود نقشه راه مناسب مدیریت حریق در استان- یعنی طرح پیشگیری و اطفاء حریق	10	0.837
2		10	

نتیجه فوق مربوط به یک متغیر (عامل) هست. در مورد سایر متغیرها نیز اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد تایید نشد.

جدول ۲- اهمیت و مشارکت عوامل مؤثر در پتانسیل آتش‌سوزی بر مبنای روش حداکثر آنتروپی

متغیر	میزان مشارکت (درصد)	میزان اهمیت (درصد)
کاربری اراضی	۲۷/۱	۱۹/۶
فاصله از جاده	۱۶/۶	۸/۴
ارتفاع	۱۶/۴	۴۴/۸



شکل ۷ – ارزیابی مدل Maxent براساس شاخص AUC

بحث و نتیجه‌گیری

طبق نمودارهای میانگین مقایسات زوجی از صددرصد تاثیرگذاری عوامل درونی و بیرونی تأثیرگذار بر آتش‌سوزی و مدیریت حریق، ضعف‌ها دارای بیشترین سهم یعنی ۴۵,۱ درصد، تهدیدها با سهم ۲۶,۱ درصد، قوت‌ها با سهم ۱۶,۹ درصد و فرصت‌ها سهم ۱۱,۹ درصدی در وضعیت فعلی آتش‌سوزی جنگل‌ها و مدیریت حریق دارند. یعنی سهم عوامل داخلی ۶۲ درصد و سهم عوامل خارجی ۳۸ درصد است. این نتیجه حاکی از آن است که اولاً مسائل مرتبط با آتش‌سوزی جنگلها و منابع طبیعی و مدیریت حریق، بیشتر تحت تأثیر عوامل درونی قرار دارند که البته سهم عامل منفی ضعف بیشتر است. پس باید برنامه‌ریزی دستگاه اصلی متولی امر حریق جنگل‌ها تقویت و ارتقاء یافته و نقاط ضعف و نقائص و کمبودها مرتفع شود. ثانیاً از بین کلیه عوامل تاثیرگذار، سهم عوامل منفی بیشتر از عوامل مثبت است. یعنی تا رسیدن به وضعیت مطلوب برنامه‌ریزی فاصله زیادی وجود دارد و باید ضعف‌ها و تهدیدها را کاهش داد.

نتایج بررسی Sande Silva et al. (2010) نشان داد که اثرات منفی و مثبت حریق برخواسته از علت حریق بوده و درک این پارادوکس آتش و اثرات آن در کشورهای اروپایی برای یافتن راه حل ضروری است.

طبق اصل پارتو (قانون هشتاد بیست)، به‌ترتیب عوامل تهدید غرض‌ورزی اشخاص در ایجاد حریق-وجود انگیزه‌های متنوع ایجاد حریق‌های عمدی، افزایش تصرفات و تعلیف‌گاه دام با ایجاد حریق (T1)، فرصت وجود ساختار قانونی پیش‌بینی آمادگی-مدیریت و پاسخ به بحران-توانبخشی بعد از بحران -قانون مدیریت بحران-طرح اختصاصی پیشگیری و اطفاء حریق (O1)، ضعف عدم بازدارندگی کامل قوانین موجود از نظر مدیریت بهینه حریق-عدم وجود قانون اختصاصی حریق جنگلها در ابعاد اجرایی و مشارکت عمومی و آموزش و فرهنگ‌سازی (W4)، گرمای زیاد، وزش بادهای جنوبی و ایجاد گرمباد (T3)، ضعف وجود عرصه‌های مستعد حریق (جنگلهای مخروبه، سوزنی برگان-وجود لاشبرگ و شاخ و برگ و علوفه خشک و خزان گیاهان، وجود درختان ریشه‌کن و پوسیده و تنه و شاخه‌های شکسته در جنگل، وجود سرخس‌زار و..) (W3)، قوت وجود سازماندهی موجود نیرو-امکانات و اعتبارات مخصوص حریق در دستگاه متولی جنگلها (S2)، فرصت فراهم بودن بستر مشارکت مردم و امکان بسیج عمومی برای اطفای حریق- افزایش علاقه عمومی جامعه به جنگلها و زیستگاه‌های طبیعی (O3)، فرصت وجود حساسیت عمومی رسانه‌های اجتماعی و ارتباط جمعی دولتی و غیر دولتی نسبت به حریق جنگلها (O2)، ضعف عدم پاکتراشی نقاط بحرانی-عدم برداشت درختان ریشه‌کن، بیمار و عدم جمع‌آوری مواد سوختنی و قابل اشتعال در جنگلها (W5)، قوت وجود جاده‌های جنگلی (S3)، وجود آتش‌بر در جنگلکاری‌ها (S4)، مشکل دسترسی و وجود نقاط صعب‌العبور و عدم دسترسی خودرویی به همه نقاط جنگلی (W1)، وجود سامانه بلوک‌های حفاظتی و شناسایی بلوک‌های حفاظتی بحرانی و نیمه‌بحرانی از نظر حریق استان گیلان براساس سوابق گذشته (S6)، وجود ساکنین و جوامع محلی مستقر در حاشیه جنگلها و همکاری مسئولین محلی در عملیات اطفاء حریق (O4)، ضعف در انسجام سازمانی از نظر نیرو-امکانات-اعتبارات و آموزش، هم ضعف درون دستگاهی و هم ضعف اعضاء ستاد مدیریت حریق شهرستانها و مقامات و جوامع محلی (W2)، وجود نقشه راه مناسب مدیریت حریق در استان- یعنی طرح پیشگیری و اطفاء حریق (S1) هشتاد درصد رتبه‌ها از صددرصد را به‌خود اختصاص داده و در رتبه اول تا شانزدهم اهمیت قرار دارند که باید در برنامه‌ریزی ابتدا به این عوامل و مدیریت آنها توجه نمود.

منابع

حبیبی، آ.، ایزدیار، ص.، سرافرازی، ا.، (۱۳۹۴). تصمیم گیری چندمعیاره فازی، انتشارات کتیبه گیل، ۱۷۱صفحه.

خالقی، فرشته، (۱۳۹۴). بررسی روش‌های مدیریتی به‌منظور پیش آگاهی، کنترل و کاهش بحران آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران

مطالعه موردی پارک ملی خبر کرمان،کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی،https://civilica.com/doc/446887

زرع‌کار، ا.، کاظمی زمانی، ب.، قربانی، س.، عاشق‌معلا، م. و جعفری، ح.، (۱۳۹۲). تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوضه در استان گیلان). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱(۲): ۲۱۸-۲۳۰.

سجادیان، م. و سجادیان، ن.، (۱۳۸۸). ارزیابی و کنترل بهینه آتش‌سوزی در منابع طبیعی (جنگل‌ها) با استفاده از تلفیق آنالیز مکانی spread computation و AHP در محیط GIS. دومین کنفرانس بین‌المللی سلامت، ایمنی و محیط زیست، تهران، ۸ صفحه.

سرکارگر اردکانی، ع.، (۱۳۹۰). بررسی و تحلیل الگوی مکانی آتش سوزی‌های ایران با استفاده از سنجش از دور و GIS. نخستین همایش بین‌المللی آتش‌سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی ۲۹- ۲۵.

طهماسبی کیهانی، پ.، (۲۰۰۹). آنالیز اکوسیستم‌های مرتعی، چاپ اول، انتشارات پلک، تهران، ۳۷۲ صفحه.

فرهی آشتیانی، ا.، قدس‌خواه دریایی، م.، محمدی سمانی، ک.، امین املشی، م.، (۱۳۹۱). بررسی مناطق حساس و بحرانی آتش‌سوزی با تاکید بر خشکسالی با استفاده از AHP، PDSI و GIS (مطالعه موردی: جنگل سراوان استان گیلان)، تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۰ (۲): ۸۳-۱۰۱. http://dx.doi.org/10.22092/ijfrpr.2012.11141

کبودی، عبداله و عزیزی، یعقوب و رضایی، سمیه، (۱۳۹۶). بررسی علل اصلی آتش‌سوزی جنگلهای زاگرس و ارایه راهکارهایی به‌منظور مدیریت این جنگلها مطالعه موردی: استان ایلام، سومین کنگره ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران، تهران، https://civilica.com/doc/770488

کریمی، م.، سلیمی، م.، (۱۳۹۳). بهبود بی‌تردید: آموزش کاربردی مهندسی ارزش، انتشارات رسا، ۲۲۴ صفحه.

کریمی، ا.، ابراهیمی، ع.، اسدی، ا.، طهماسبی، پ.، توکلی، ر.، (۱۳۹۲). بررسی علل وقوع آتش‌سوزی و ارائه راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از آتش‌سوزی در مراتع و جنگل‌های استان چهارمحال بختیاری، اولین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، ۱۰ صفحه.

Sande Silva, J., Rego, F., Fernandes, P., Rigolot, E., (2010). Towards integrated fire management outcomes of the European project fire paradox. European Forest Institute Research Report 23.

San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A., (2010). Forest fires, in European Environmental Agency (2010): mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe. An Overview of the Last Decade, Copenhagen, pp. 47–53.

Schmerbeck, J., Kohli, A., Seeland, K., (2015). Ecosystem services and forest fires in India — Context and policy implications from a case study in Andhra Pradesh, Forest Policy and Economics, 50: 337-346. http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2014.09.012

Stephens S, (2005). Forest fire and extent on United States forest service lands, International Journal of Wildland Fire, 14, 216-222. www. Publish.csiro.au/journal/ijwf

William, A.H., Orthen, B., Paula, K. V., (2011). Comparative fire ecology of tropical savanna, 44- 47 p.

Factors affecting fire management in Hyrcanian forests (Case study: Guilan province)

R. Ebrahimparvar[1*], A. Omidi[2] and I. Hassanzad Navroodi[3]

1- M.Sc. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
2- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh-Sara, Iran.
3- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh-Sara, Iran.

Abstract

Forest fires are one of the most important unexpected events that occur in the future, despite climate changes, more likely than in the past, and it needs to be properly managed. In this research, in order to determine appropriate management strategies, internal and external SWOT factors affecting fire were identified and screened with acceptable validity and reliability in three rounds. Then the key factors were evaluated through AHP pairwise comparisons by 30 experts and executives. The results showed that the share of internal factors is 62% and external factors is 38%, and the weaknesses with 45% are more influential than other factors on fire and its management. The sub-criteria of the threat of intent and creating intentional fires with increasing seizures and cattle breeding with setting fire (T1), the opportunity to have a legal structure for predicting preparedness-management and responding to a crisis- and a specific fire prevention and extinguishing plan (O1), the weakness of lack of deterrence The completeness of the laws and the absence of a specific forest fire law in terms of implementation and public participation and education and culture (W4), high heat, southerly winds and the creation of warm winds (T3), the weakness of fire-prone areas and the accumulation of combustible materials in the forest. W3), the strength of the existing organization of forces-facilities and special credits for fire in the forest custodian body (S2), the opportunity to provide a platform for people's participation and the general interest of the society in forests and natural habitats (O3), the opportunity of the general sensitivity of the media towards Forest fires (O2), the weakness of not reducing combustible materials (W5), the strength of forest roads (S3), were ranked first to tenth, respectively. The results of SWOT analysis determined the number of 46 offensive, revision, competitive and defensive strategies for fire management. The results of the balanced assessment of SWOT factors selected aggressive strategies including the development of a comprehensive fire management plan for the province, requiring public participation in fire management, reducing forest combustibles, focusing on critical blocks and reviving burnt forests as the best strategies.

Keywords: forest fires, strategies, SWOT, fire management, forest fuels.

*Corresponding author Tel: +98 9113346623 Email:

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی روابط فیلوژنتیکی و تعیین نواحی حفاظت شده ژن و پروتئین DREB در ۹ گونه گیاهی با استفاده از نرم‌افزارهای بیوانفورماتیکی

سکینه پادیاب[۱] و نورالدین حسین‌پور آزاد[۲*]

۱- دانشجوی دکتری بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲- عضو هیات علمی گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشکین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، مشکین شهر، ایران.

چکیده

ژن DREB از عوامل رونویسی است که نقش‌های مهمی در تنظیم رشد گیاهان و پاسخ به تنش‌های محیطی خارجی ایفا می‌کند. مناطق توالی پروتئین محافظت شده برای شناسایی و مطالعه مناطق مهم از نظر عملکردی و ساختاری بسیار مفید هستند. از طریق یک تحلیل یکپارچه از داده‌های ساختار و توالی پروتئین در مقیاس بزرگ، ویژگی‌های ساختاری نقاط مختلف توالی محافظت شده پروتئین شناسایی می‌شوند. برای آنالیز ژنومی و پروتئینی ژن DREB به جهت شناسایی نواحی ژنومی حفاظت شده ابتدا توالی‌های پروتئینی و ژنومی ۹ گونه گیاهی از سایت NCBI در قالب توالی‌های کد شونده دریافت شده و ساختارهای ژنی و روابط فیلوژنتیکی بر پایه نواحی حفاظت شده توالی‌ها شناسایی و مشخص شدند. نتایج نشان داد که نواحی داخلی توالی‌ها حفاظت شدگی بیشتری نسبت به ابتدا و انتهای توالی‌ها دارند. هم‌چنین با اطلاعات به‌دست آمده از نرم‌افزار CLC Main Workbench 21 مشخص شد که توالی ۹ گونه گیاهی Frequency نزدیکی با باکتری‌ها دارند که امکان بیان هترولوگ ژن‌های انتخابی این گونه‌های گیاهی را در ژنوم باکتری‌ها تحت یک سازه ژنی حاوی پروموتور بیانی مناسب را فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: گونه‌های گیاهی، نواحی حفاظت شده، روابط فیلوژنتیکی.

مقدمه

بررسی ساختار ژنی می‌تواند شواهد ارزشمندی به‌منظور تأیید درخت فیلوژنتیکی و روابط تکاملی درون خانواده‌های ژنی ارائه کند. زیرا این نوع تنوع ساختاری فرآیند مهمی در تکامل خانواده‌های ژنی به‌شمار می‌رود. گیاهان در طول تکامل، پاسخ‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی متنوعی را برای دفاع در برابر شرایط نامطلوب محیطی توسعه داده‌اند. به‌طور کلی، تنش‌ها موجب القای بیان ژن‌های خاصی می‌شوند که محصولات این ژن‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در مکانیسم دفاعی در برابر تنش‌های گیاهی برعهده دارند (بنده حق و همکاران، ۱۳۹۷). عوامل رونویسی می‌توانند مجموعه‌ای از ژن‌های تحت کنترل خود را از طریق اتصال اختصاصی به عناصر تنظیمی سیس موجود در راه‌انداز ژن‌های هدف، تنظیم کنند. محصولات این ژن‌ها به‌عنوان پروتئین‌های تنظیم کننده عمل می‌کنند و در نتیجه سبب افزایش تحمل گیاه در برابر تنش می‌شوند. عوامل رونویسی پاسخ

* نویسنده مسئول تلفن: ایمیل: n.hosseinpour@uma.ac.ir

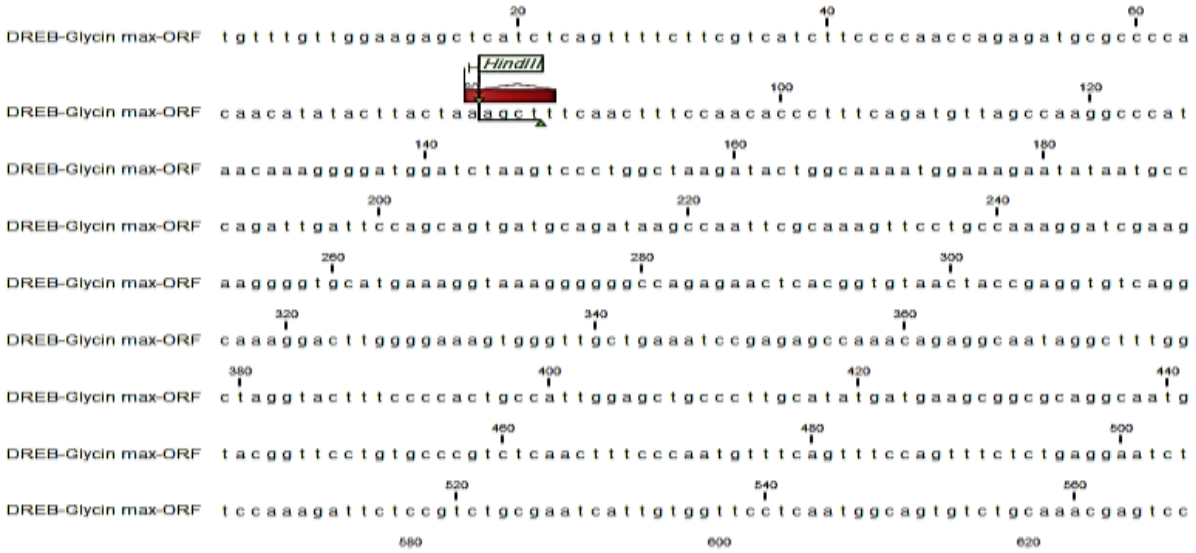
دهنده به دهیدراسیو (DREB: Dehydration-responsive element-binding protein)، نقش حیاتی در تنظیم رشد گیاه و پاسخ به تنش‌های محیطی خارجی ایفا می‌کنند (Hong et al., 2005). خانواده ژنی DREB یک خانواده بزرگ از عوامل رونویسی است که نقش‌های مهمی در تنظیم رشد گیاه و پاسخ به تنش‌های محیطی خارجی ایفا می‌کنند. بررسی منابع نشان می‌دهد که خانواده ژنی DREB در گونه‌هایی مانند برنج، گوجه فرنگی، سویا، گندم، جو و ذرت نقش مهمی در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند (Agarwal et al., 2006; Mizoi et al., 2012). این عوامل رونویسی به‌طور کلی در تحمل گیاه در برابر تنش‌های غیر زیستی مانند انجماد (Ito et al., 2006), خشکی (Hong et al., 2005)، گرما (Qin et al., 2007)، شوری (Hong et al., 2005) و اسمزی (Fujita et al., 2011) نقش دارند. در تحقیق حاضر به تعیین نواحی حفاظت شده ژن و پروتئین DREB در ۹ گونه گیاهی و ترسیم درخت فیلوژنتیکی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

ابتدا توالی‌های پروتئینی، DNA و CDS به‌صورت جداگانه برای تمامی گونه‌های گیاهی از طریق سایت NCBI به‌صورت Coding sequence از گزینه send to دانلود و به فرمت FASTA در Note pad ذخیره شد. سپس برای آنالیز داده‌ها به نرم‌افزار CLC Main Workbench 21 انتقال داده و ذخیره شد. توالی‌های پروتئینی با آیکون سبز رنگ و توالی‌های DNA با آیکون دو رشته‌ای قرمز رنگ و توالی‌های RNA با دو رشته‌های آبی رنگ در نوار ابزار در نرم‌افزار CLC تفکیک و شناسایی شدند. این نرم‌افزار قابلیت ترجمه توالی‌های RNA به پروتئین و DNA به RNA را دارا می‌باشد (شکل ۱). برای پی بردن به روند تکاملی ۹ گونه گیاهی و بررسی میزان تفاوت و شباهت ژن و پروتئین DREB ابتدا برای توالی گیاهان Alignment انجام شده و درخت‌های فیلوژنی به‌صورت فیلوگرام و اتصال همسایه ترسیم شد. در مرحله بعدی برآورد آماری از توالی‌های ژن و پروتئین در ۹ گونه گیاهی به‌صورت جداولی به پیوست تهیه شد. هم‌چنین با استفاده از نرم‌افزار CLC که حاوی وکتورهای پیشنهادی در کتابخانه خود برای درج CDS است، بخشی از یک سازه ژنی که شامل پروموتور و ژن موردنظر بود طراحی شد تا بتوانیم در یک وکتور بیانی نهایی وارد کرده و ژن را بیان نماییم. بعد از درج ژن در پروموتور وکتور پیشنهادی، توالی‌های ژن با حروف کوچک و توالی‌های پروموتور با حروف بزرگ نشان داده شدند.

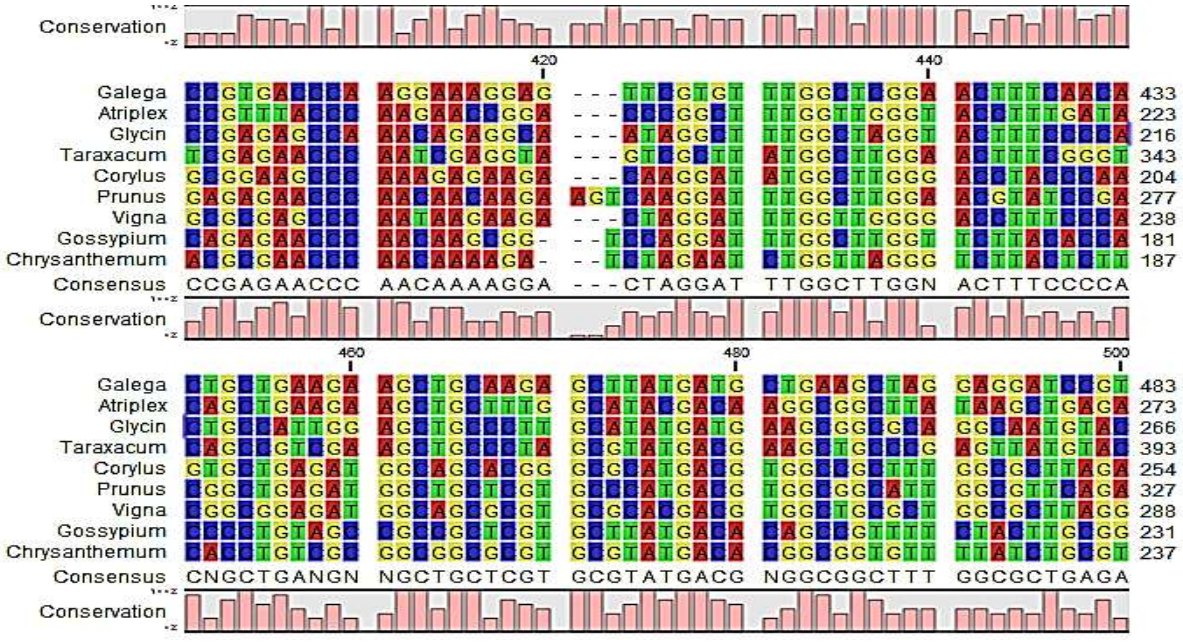
نتایج

آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار CLC Main برای ژن DREB در گیاه سویا *Glycin max* نشان می‌دهد که این ژن در این گیاه دارای یک ناحیه برش چسبنده از طریق آنزیم Hindlll می‌باشد و توالی آن aagctt به طول ۶ نوکلئوتید و در ناحیه ۵ پریم در موقعیت نوکلئوتیدهای ۸۰ تا ۸۶ قرار دارد (شکل ۱).



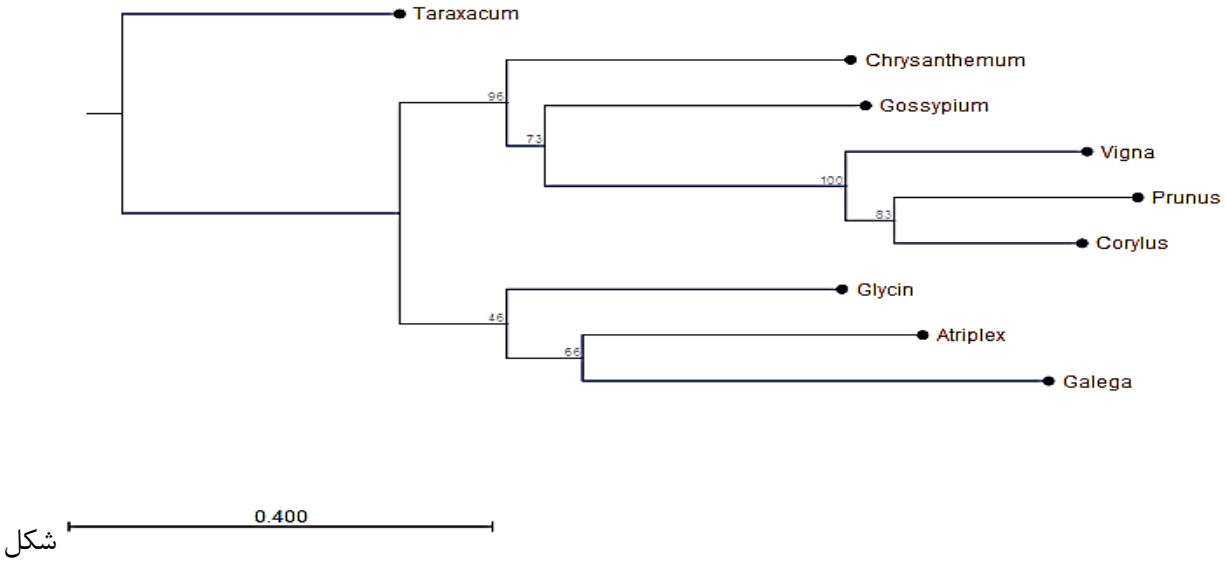
شکل ۱- تعیین جایگاه برشی از نوع چسبنده و آنزیم برشی Hindlll در گیاه *Glycin max*

مشابه همین کار در گونه‌های دیگر گیاهی نیز نشان دهنده جایگاه‌های برشی آنزیمی به‌صورت صاف و یا چسبنده می‌باشد. با توجه به آنالیز Alignment ژن و پروتئین DREB مشخص می‌شود که نواحی حفاظت شده در این ۹ گونه گیاهی بیشتر در ناحیه داخلی توالی‌ها هستند و بخش‌های ابتدایی و انتهایی ژن و پروتئین DREB تفاوت زیادی در این گونه‌ها دارد. نواحی مشترک در این گیاهان نشان دهنده این است که همه آنها به یک جلد مشترک می‌رسند (شکل ۲).



شکل ۲- آنالیز Alignment در ۹ گونه گیاهی به‌صورت زمینه رنگی

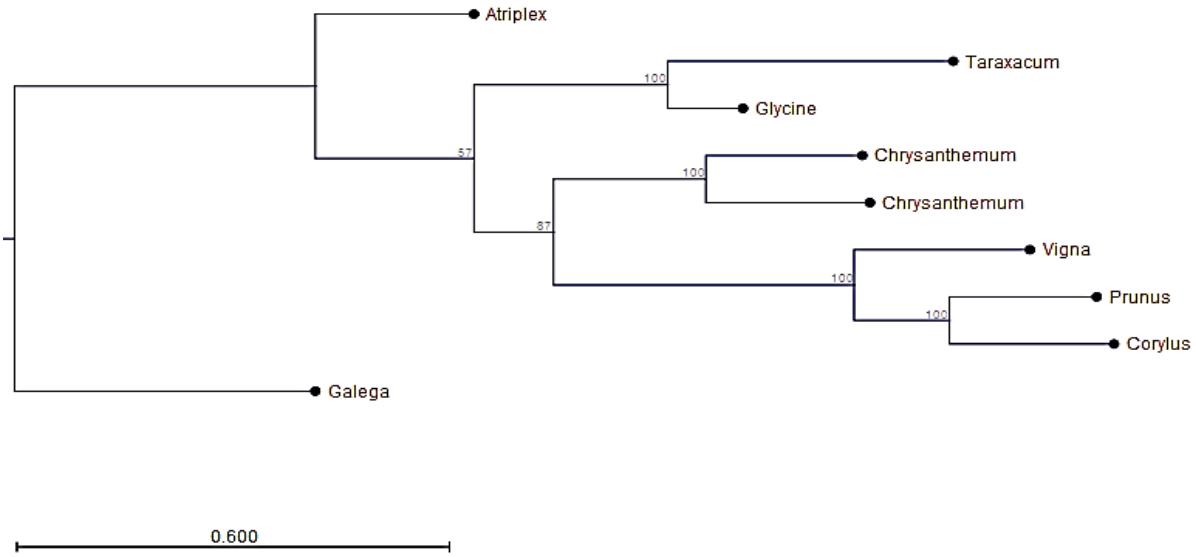
این فرضیه با استفاده از درخت‌های فیلوژنی به اثبات می‌رسد. براساس نمودارهای درختی به‌دست آمده مشخص می‌شود که گیاه *Glycin max* نزدیکترین قرابت را با *Atriplex halimus* دارد و دورترین آن به گونه *Traxacum kok* می‌باشد (شکل ۳).



شکل

۳- ترسیم نمودارهای فیلوژنی برای ژن DREB در ۹ گونه گیاهی به‌صورت اتصال همسایه و Circular joining

با این حال همه این گونه‌ها در نهایت به یک جد مشترک می‌رسند. اما وقتی درخت فیلوژنی در پروتئین DREB برای گونه-ها ترسیم شد مشاهده شد که برعکس نمودار فیلوژنی، ژن DREB نزدیکترین قرابت را با *Traxacum kok* دارد و دورترین آن به گونه *Galega orientalis* می‌باشد (شکل ۴).



شکل ۴- ترسیم نمودارهای فیلوژنی برای پروتئین DREB در ۹ گونه گیاهی به‌صورت اتصال همسایه و Circular

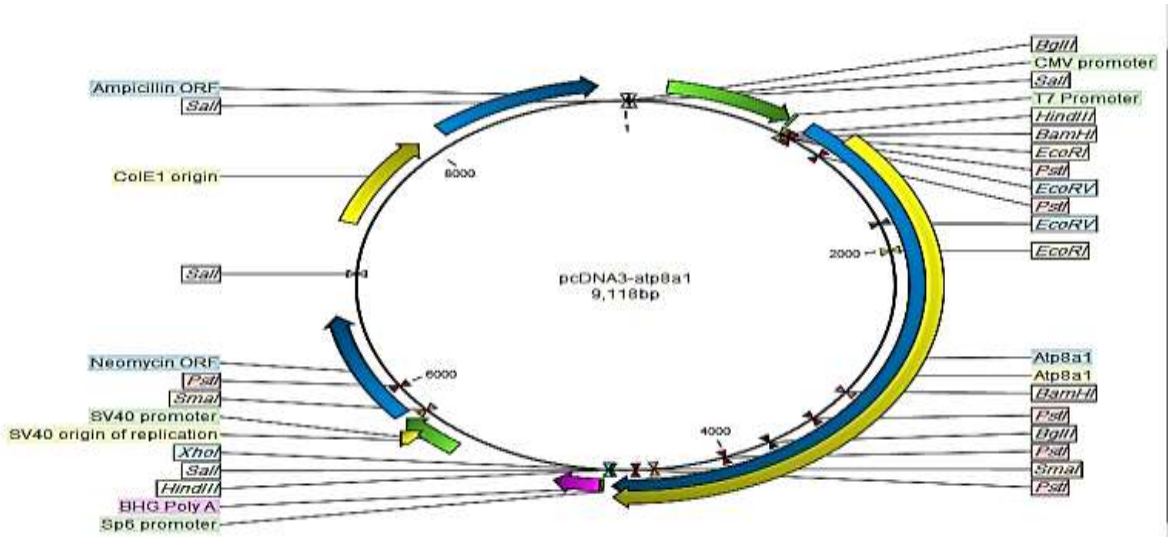
نتایج به‌دست آمده از آنالیز آماری که به‌صورت مقایسه‌ای بین گونه‌های گیاهی و همچنین گونه‌های گیاهی با یک باکتری برای درج ژن در آن صورت گرفت نشان می‌دهد که از لحاظ نوع آمینو اسیدی Frequency نزدیکی با یکدیگر و با باکتری دارند و این ویژگی برای اینکه بتوانیم ژن مورد نظر را در باکتری بیان کنیم لازم و ضروری می‌باشد، در غیر این صورت یا بیان صورت نمی‌گیرد و یا اگر بیان داشته باشیم بسیار کم خواهد بود (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه Frequency و نمودار هیستوگرام بین گیاهان و باکتری‌ها توسط نرم‌افزارWorkbench 21 CLC Main

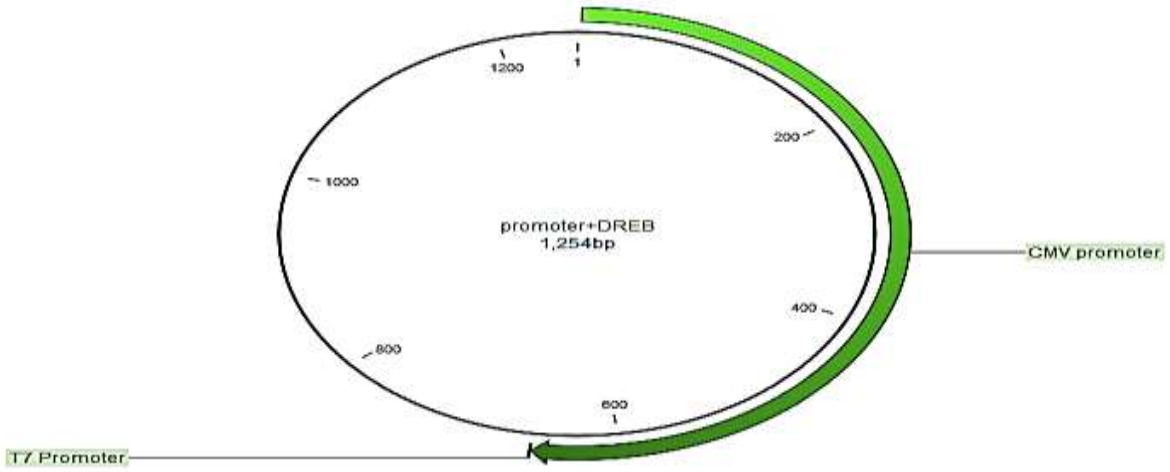
1.11 Frequencies of amino acids

Amino acid	Gossypium hirsutum-1	Chrystemum x	Taraxacum kok-1	MY-PRO	Atriplex halimus-1	Galega orientalis-1	Prunus persica-1	Corylus heterophylla-1	Vigna unguiculata-1	Bacteria
Alanine (A)	0.098	0.087	0.057	0.101	0.082	0.099	0.113	0.115	0.124	0.091
Cysteine (C)	0.013	0.034	0.024	0.020	0.020	0.005	0.017	0.013	0.015	0.010
Aspartic Acid (D)	0.065	0.054	0.090	0.045	0.045	0.082	0.074	0.070	0.070	0.056
Glutamic Acid (E)	0.065	0.054	0.075	0.071	0.070	0.066	0.074	0.093	0.104	0.067
Phenylalanine (F)	0.033	0.020	0.027	0.015	0.029	0.063	0.043	0.035	0.045	0.039
Glycine (G)	0.046	0.067	0.096	0.091	0.086	0.077	0.043	0.053	0.050	0.075
Histidine (H)	0.020	0.034	0.009	0.015	0.020	0.003	0.009	0.035	0.015	0.022
Isoleucine (I)	0.039	0.054	0.021	0.040	0.020	0.038	0.026	0.022	0.015	0.065
Lysine (K)	0.078	0.067	0.072	0.081	0.074	0.074	0.043	0.048	0.055	0.057
Leucine (L)	0.072	0.060	0.054	0.045	0.078	0.055	0.087	0.075	0.055	0.098
Methionine (M)	0.013	0.020	0.027	0.030	0.016	0.019	0.043	0.035	0.030	0.024
Asparagine (N)	0.026	0.040	0.048	0.061	0.053	0.066	0.048	0.026	0.030	0.040
Proline (P)	0.059	0.067	0.066	0.056	0.074	0.058	0.057	0.062	0.055	0.042
Glutamine (Q)	0.026	0.027	0.033	0.015	0.033	0.044	0.017	0.018	0.010	0.038

آخرین آنالیز مربوط به درج CDS ژن DREB در وکتور پیشنهادی نرم‌افزار (pcDNA-atp8a1) انجام شد که این وکتور دارای جایگاه‌های مختلف برشی و جایگاه‌های ori و پرو موتورهای CMV, T7, SV40,SP6 و جایگاه MCS (Multiple cloning site) می‌باشد که متشکل از چندین آنزیم برشی است و بهترین مکان برای درج ژن مورد نظر ما می‌باشد. بنابراین پروموتور CMV از این وکتور جداسازی شده و ژن در پایین‌دست آن درج شد و آماده انتقال به وکتور نهایی می‌باشد (شکل ۵).



الف



ب

شکل ۵- الف: وکتور pcDNA-atp8a1، پیشنهادی نرم‌افزار CLC Main برای درج ژن DREB

ب: سازه ژنی شامل CMV promoter + DREB

منابع

بنده حق، ع.، علیپور قربانی، ش.، تورچی، م.، و شکری قره لو، و. ر.، (۱۳۹۷). تجزیه پروتئوم بذر کلزا تحت تنش شوری، مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۳۱ (۲): ۴۳۳-۴۲۲.

Agarwal, P. K., Agarwal, P., Reddy, M., and Sopory, S. K., (2006). Role of DREB transcription factors in abiotic and biotic stress tolerance in plants. Plant Cell Reports, 25 (12): 1263-1274.

Chen, Y., Yang, J., Wang, Z., Zhang, H., Mao, X., and Li, C., (2013). Gene structures, classification, and expression models of the DREB transcription factor subfamily in *Populus trichocarpa*, The Scientific World Journal, 1-13.

Fujita, Y., Fujita, M., Shinozaki, K., and Yamaguchi-Shinozaki, K., (2011). ABA-mediated transcriptional regulation in response to osmotic stress in plants, Journal of plant research, 124(4): 509-525.

Hong, J. P., and Kim, W. T., (2005). Isolation and functional characterization of the *Ca-DREBLP1* gene encoding a dehydration-responsive element binding-factor-like protein 1 in hot pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Pukang), Planta, 220(6): 875-888.

Ito, Y., Katsura, K., Maruyama, K., Taji, T., Kobayashi, M., Seki, M., Shinozaki, K., and Yamaguchi-Shinozaki, K., (2006). Functional analysis of rice DREB1/CBF-type transcription factors involved in cold-responsive gene expression in transgenic rice. Plant and Cell Physiology, 47(1): 141-153.

Mizoi, J., Shinozaki, K., and Yamaguchi-Shinozaki, K., (2012). AP2/ERF family transcription factors in plant abiotic stress responses. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms, 1819(2): 86-96.

Qin, F., Kakimoto, M., Sakuma, Y., Maruyama, K., Osakabe, Y., Tran, L. S. P., Shinozaki, K., and Yamaguchi-Shinozaki, K., (2007). Regulation and functional analysis of *ZmDREB2A* in response to drought and heat stresses in *Zea mays* L., The Plant Journal, 50(1): 54-69.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

مدل‌سازی مکانی ریسک احتراق آتش‌سوزی‌ها در استان گیلان

رقیه جهدی[۱]

۱- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

استان گیلان یکی از مناطق دارای بیشترین تراکم احتراق آتش در بین استان‌های کشور است. توانایی پیش‌بینی الگوهای مکانی احتراق آتش ابزار مهمی برای مدیران آتش و زمین است که به بهبود اثربخشی پیشگیری، شناسایی و تخصیص منابع اطفای آتش کمک می‌کند. در این مطالعه ۲۲۴۹ احتراق که در استان گیلان در طول یک دوره ۳۰ ساله ثبت شده است، تجزیه و تحلیل شد. از الگوی توزیع احتراق تاریخی برای پیش‌بینی احتمال رخداد احتراق، با استفاده از مجموعه‌ای از متغیرهای توصیفی محیط‌زیست آتش (آب و هوا، توپوگرافی و ماده سوختنی) استفاده شد و یک نقشه ریسک احتراق برای منطقه مورد مطالعه تولید شد. نتایج نشان می‌دهد که ارتفاع و تیپ ماده سوختنی از عوامل مهم توزیع مکانی احتراق‌های آتش‌سوزی هستند. بیشترین ریسک احتراق آتش در ارتفاع کمتر از ۲۵۰ متر و در تیپ ماده سوختنی لاشبرگ چوبی مشاهده شد. نتایج این تحقیق با پیش‌بینی الگوهای مکانی احتراق در سطح منطقه‌ای با دقت خوب و با استفاده از تعداد کمی از متغیرهای محیط‌زیستی قابل دستیابی است که می‌تواند در تصمیم‌گیری برای مدیریت آتش‌سوزی مفید باشد.

واژگان کلیدی: ریسک احتراق، ماده سوختنی، مدل رقومی ارتفاع، آتش‌سوزی‌های تاریخی.

مقدمه

آتش‌سوزی جنگل زمانی رخ می‌دهد که هوای نامساعد (رطوبت کم، دمای زیاد، بادهای شدید و غیره) همراه با مواد سوختنی خشک وجود داشته باشد. با کمک هوای گرم و خشک، مکانیسم‌های احتراق مختلفی می‌توانند فعال شوند و ممکن است در جایی که مواد سوختنی قابل احتراق وجود دارد، آتش‌سوزی ایجاد شود. علاوه بر این، بادهای شدید می‌توانند گسترش آتش را تا حد زیادی تسهیل کنند و در عین حال مانع از تلاش‌های اطفای آتش شوند. به‌عنوان مثال، وقوع آتش‌سوزی‌های جنگلی مرتبط با بادهای شدید فصلی (بادهای فوئن معروف به بادهای گرمیج با شدت و وزش قابل توجه) در استان گیلان شناخته شده است (جهدی، ۱۴۰۲). این آتش‌سوزی‌ها در مناطق مختلف ویژگی‌های منطقه‌ای را نشان می‌دهند، زیرا شرایط محلی بر علل معمول احتراق، رفتار آتش‌سوزی و غیره تأثیر می‌گذارد (Wang and Bocchini, 2023). در چند دهه گذشته، سیستم‌های آتش‌سوزی جنگل‌ها در بسیاری از مناطق جهان تغییر کرده‌اند، با تفاوت‌های قابل‌توجهی بین مناطق اقلیمی (Jones et al., 2022). بنابراین درک رابطه بین آتش‌سوزی و عوامل محرک در مناطق مختلف جهان بسیار مهم است. مطالعات متعددی در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف برای شناسایی عوامل محیط‌زیستی که توزیع،

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۴۵۳۱۵۰۵۱۴۷ ایمیل: roghayeh.jahdi@uma.ac.ir

رخداد، فراوانی و شدت آتش‌سوزی در مناطق جنگلی را تسهیل یا محدود می‌کنند، انجام شده است (Zhu et al., 2022; Bountzouklis et al., 2022). هم‌چنین تغییرات مکانی ریسک احتراق با الگوهای متفاوت منابع احتراق (انسانی یا طبیعی) در مطالعات قبلی بررسی شده است (Bar-Massada et al., 2011; Dorph et al., 2022).

اهمیت دانستن الگوهای مکانی احتراق آتش به‌طور گسترده‌ای شناخته شده و ریسک احتراق یعنی احتمال شروع آتش با حضور و فعالیت محرک‌های مختلف تعیین می‌شود. محرک‌های اصلی احتراق آتش به‌هم پیوسته هستند و در طول روندهای فراگیر موازی با جامعه انسانی و استفاده آن از منابع جنگلی دستخوش تغییر شده‌اند (Ganteaume et al., 2013). این عوامل را می‌توان را به دو گروه اصلی طبقه‌بندی کرد: عوامل محیط‌زیستی و عوامل انسانی. عوامل محیط‌زیستی به‌طور کلی شامل مشخصات ماده سوختنی (به‌عنوان مثال، تیپ و محتوای آب)، توپوگرافی (به‌عنوان مثال، شیب، جهت و ارتفاع) و شرایط آب و هوایی (به‌عنوان مثال، دما، رطوبت و سرعت باد) از مهم‌ترین علل آتش‌سوزی جنگل‌ها در فرآیند احتراق هستند (Blanco et al., 2014). تیپ ماده سوختنی ویژگی‌هایی را نشان می‌دهد که ماده سوختنی را تعریف می‌کند که با تغییر سطح رطوبت ماده سوختنی، امکان اشتعال و ویژگی‌های آتش مرتبط با رطوبت موجود در سیستم‌های اکولوژیکی پوشش گیاهی، پیامدهای منطقی قابل‌توجهی برای حکمرانی روابط آتش- محیط‌زیست دارد (Awad et al., 2020). توپوگرافی نیز بر گسترش یکنواخت آتش از طریق تغییر الگوهای باد و تنظیم سطوح رطوبت ماده سوختنی، با قرار گرفتن در معرض آفتاب همراه با رطوبت در فرآیند ادغام، تأثیر می‌گذارد (Guo et al., 2019). در نهایت، از طریق تأثیر آن بر رطوبت ماده سوختنی و منشأ آتش‌سوزی‌ها، آب و هوای آتش‌سوزی در مقیاس زمانی نامتناسب، محرک مهمی برای رخدادهای آتش‌سوزی است (Sample et al., 2022). برای ثبت تأثیر بیشتر شرایط آب و هوایی بر موقعیت‌های احتمالی آتش و اندازه‌گیری احتمال ریسک آتش، سیستم‌های طبقه‌بندی ریسک آتش تعیین شده‌اند که می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم آثار اقلیمی و شرایط آب و هوایی را بر رطوبت ماده سوختنی ارائه دهند (Erni et al., 2024).

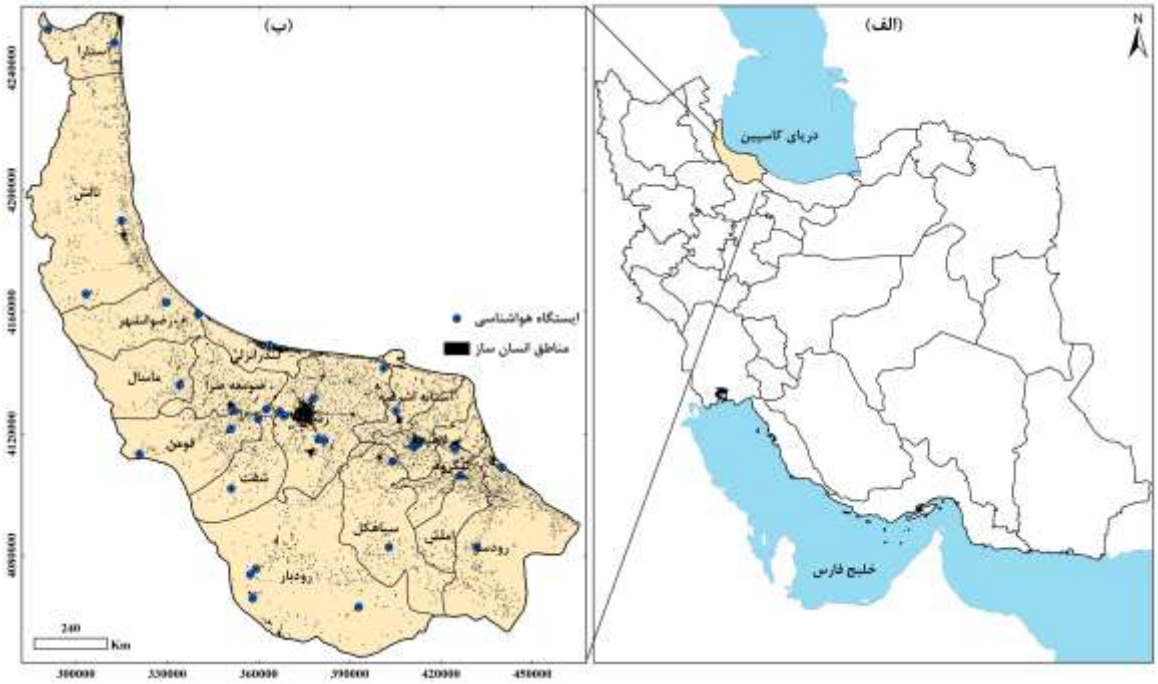
در دهه‌های گذشته شاهد تبدیل آتش‌سوزی‌های جنگل به یک تهدید جدی در سراسر کشور به‌ویژه جنگل‌های زاگرس در غرب و جنگل‌های هیرکانی در شمال ایران بوده‌ایم. اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گیلان به‌طور متوسط سالانه ۷۰ حادثه آتش‌سوزی و ۷۸۸ هکتار مساحت سوخته شده طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۲ را در این استان گزارش کرده است. در این مطالعه، مدل‌سازی ریسک احتراق آتش با تعیین توزیع مکانی احتراق‌های آتش در استان گیلان و با توجه به نقش تیپ‌های ماده سوختنی و ارتفاع منطقه مورد مطالعه انجام می‌شود. نتایج این مدل‌سازی‌ها می‌تواند به ابزار مهمی برای مدیران جنگل در شناسایی مکان‌های با خطر آتش‌سوزی جنگل تبدیل شود و نیز منجر به بهینه‌سازی تخصیص منابع برای اطفای آتش می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان گیلان با وسعت ۱۴۰۴۴۰۰ هکتار در غرب ناحیه رویشی هیرکانی در شمال ایران قرار گرفته است. گستره جغرافیایی آن ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی است (شکل ۱). به‌طور کلی این استان در شمال شرقی پست و در جنوب شرقی و غرب مرتفع است. ارتفاع آن از ۷۴- متر در شمال شرقی تا ۳۶۸۰ متر در جنوب شرقی و غرب تحت تسلط مناطق کوهستانی متغیر است. با این ویژگی‌های جغرافیایی عمودی و تنوع گونه‌های غنی، این استان یکی از کانون‌های برتر تنوع زیستی در کشور است.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA
We Respect the Science



شکل ۱- موقعیت استان گیلان در شمال ایران (الف) و نقشه توزیع مناطق انسان‌ساز (شهری و روستایی) و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی موجود در شهرستان‌های مختلف استان (ب)

ورودی‌های مدل و پردازش داده‌ها

در این مطالعه تمامی تجزیه و تحلیل‌های مکانی و تهیه نقشه با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل توزیع مکانی و مشخصات احتراق آتش، پایگاه داده رقومی زیر در محیط GIS تهیه شد:

الف) احتراق‌های آتش - از مجموعه داده آتش‌سوزی‌های تاریخی ثبت شده در منطقه مورد مطالعه توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گیلان استفاده شد. این داده‌ها حاوی مختصات جغرافیایی و سایر مشخصات (مانند تاریخ شروع و پایان، مساحت سوخته شده) آتش‌سوزی‌های شناسایی شده در استان در طی یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۲۲-۱۹۹۲) است.

ب) پوشش زمین – از تصاویر LANDSAT-8 OLI/TIRS L1TP مربوط به سال ۲۰۲۱ برای تهیه نقشه طبقات پوشش زمین (در اینجا تیپ ماده سوختنی) استفاده شد. طبقه‌بندی این تصاویر براساس الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان (SVM) در محیط ENVI 5.6 انجام شد. نقشه تولیدی با صحت کلی ۰/۹۱ در پنج طبقه تیپ ماده سوختنی دسته‌بندی شد: ۱) علفی، ۲) بوته‌ای، ۳) درختچه‌ای، ۴) لاشبرگ چوبی، ۵) درختی- زیراشکوب و ۶) غیرقابل سوختن (Scott and Burgan, 2005). پنج طبقه اول شامل مناطق قابل سوختن است و طبقه ۶ (مناطق غیرقابل سوختن) شامل اراضی لخت، باغ-زراعت آبی، مناطق انسان‌ساز و مناطق آبی است.

پ) نقشه ارتفاع – از یک مدل رقومی ارتفاعی (DEM) به‌صورت رستری با اندازه تفکیک ۳۰ متری استفاده شد (سازمان نقشه‌برداری کشور).

داده‌های آب و هوا برای دوره زمانی مورد مطالعه از مجموعه داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی موجود (شکل ۱-ب) به‌دست آمد.

انتخاب مدل

مدل‌سازی رخداد آتش با استفاده از روش‌ها و سطوح پیچیدگی مختلف در مناطق مختلف دنیا انجام شده است که رگرسیون لجستیک (Peng et al., 2022; Nhongo et al., 2019) و شبکه‌های عصبی مصنوعی (Kantarcioglu et al., 2023; Babu et al., 2023) از پرکاربردترین‌ها روش‌ها بوده است. در مطالعه حاضر، با تعیین متغیرهای مؤثر بر احتراق آتش، از روش رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی ریسک احتراق استفاده شد. رگرسیون لجستیک روشی مفید برای پیش‌بینی وجود یا عدم وجود یک مشخصه یا رویداد، براساس مقادیر گروهی از متغیرهای توصیفی است. علاوه بر این، رگرسیون لجستیک کاملاً انعطاف‌پذیر است، به این معنا که ترکیبی از متغیرهای پیوسته و طبقه‌بندی شده و نیز متغیرهای با توزیع غیر نرمال را می‌پذیرد (Balboa et al., 2024). در این مطالعه، تجزیه و تحلیل ریسک احتراق براساس تابع زیر انجام شد (Dawid et al., 2005):

$$P(C_i) = \frac{\text{مساحت } C_i}{\text{مساحت کل}} \quad (۱)$$

که در آن i یک رویداد احتراق است و C_i ویژگی‌های محیط پیکسل i را نشان می‌دهد.

هم‌چنین، $P(C_i)$ احتمال تعلق پیکسل i به‌طور تصادفی انتخاب شده به کلاس C_i است که با تابع زیر محاسبه می‌شود:

$$P(C_i) = \frac{\text{مساحت } C_i}{\text{مساحت کل}} \quad (۲)$$

علاوه بر این، $P(C_i|I)$ احتمال تعلق پیکسل i به کلاس C_i که در آن احتراق رخ داده است که با تابع زیر محاسبه می‌شود:

$$P(C_i|I) = \frac{\text{تعداد احتراق‌ها در } C_i}{\text{تعداد کل احتراق ها}} \quad (۳)$$

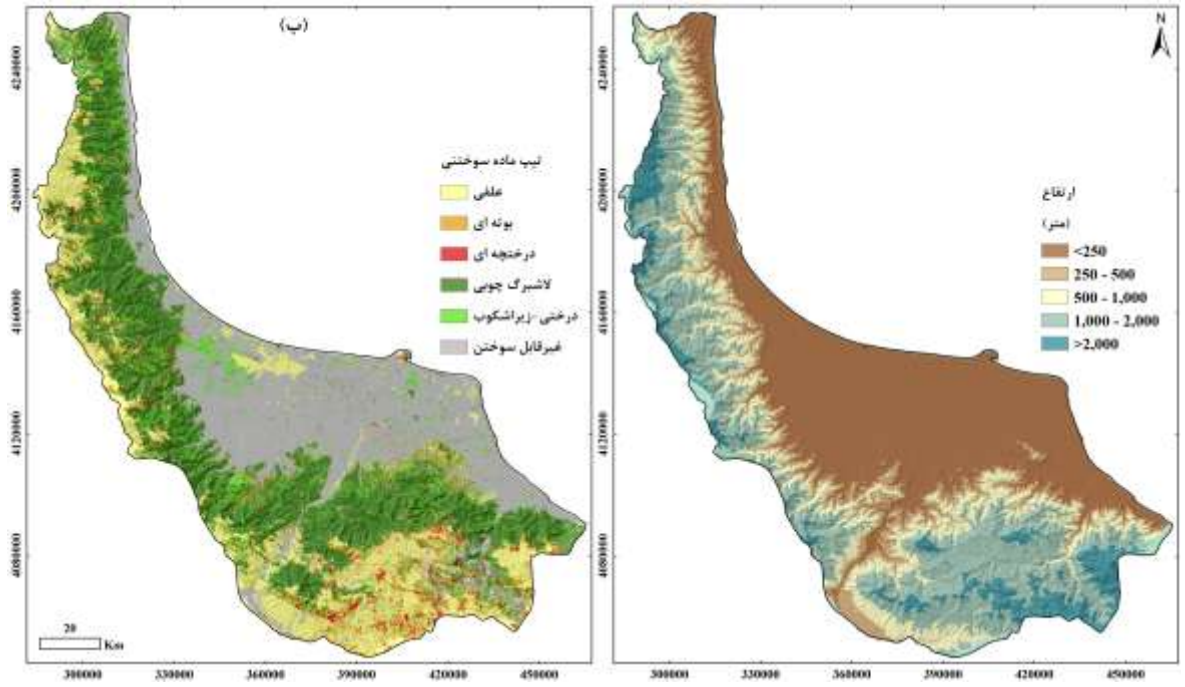
در آخر، ریسک احتراق یک پیکسل تصادفی در یکسال با تابع زیر محاسبه می‌شود:

$$P(I) = \frac{\text{میانگین سالانه تعداد احتراق ها}}{\text{تعداد کل پیکسل ها}} \quad (۴)$$

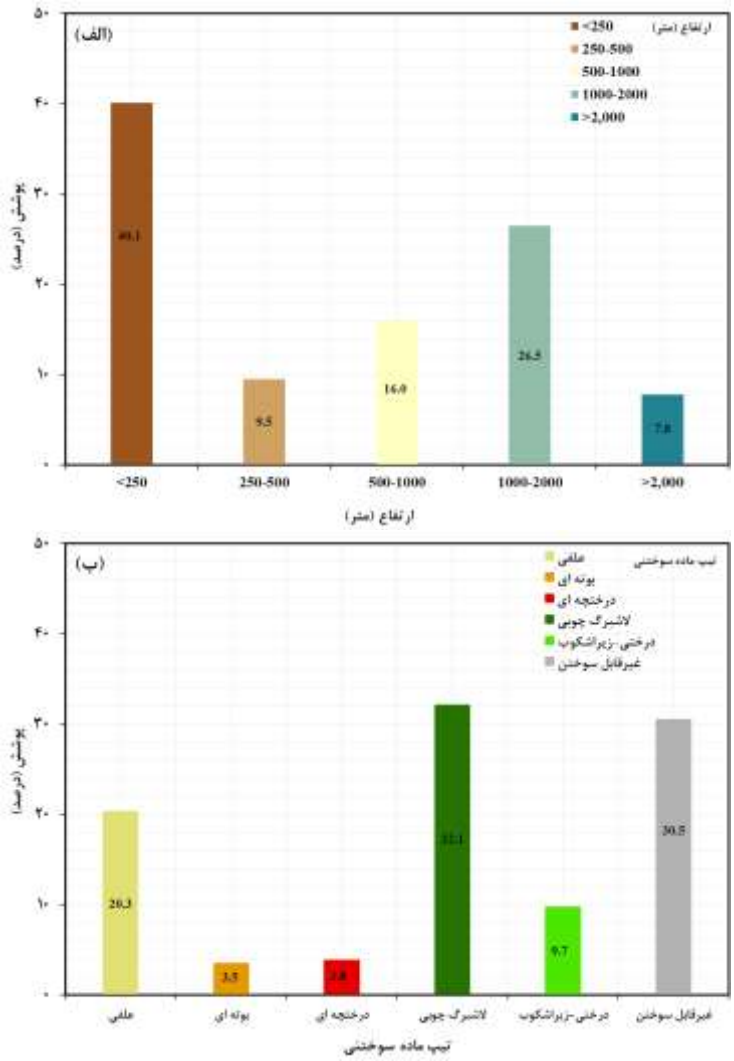
برای تهیه نقشه ریسک احتراق، تمامی متغیرهای مستقل به‌صورت رستری در محیط GIS تهیه شدند. معادله مدل رگرسیون از طریق جبر نقشه در محیط GIS و با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از طریق مدل رگرسیون و متغیرهای مستقل ایجاد شد. نقشه تولید شده در پنج کلاس ریسک (از خیلی کم تا خیلی زیاد) طبقه‌بندی شد.

یافته‌ها

در این مطالعه، براساس رویدادهای احتراق تاریخی، نقشه ریسک احتراق در منطقه مورد مطالعه تهیه شد و با توجه به عوامل توپوگرافی (ارتفاع) و تیپ ماده سوختنی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ابتدا نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه به پنج کلاسه ارتفاعی طبقه‌بندی شد (شکل ۲-الف). بیشترین ارتفاع نزدیک به ۳۷۰۰ متر بالاتر از سطح دریا در مرزهای جنوب شرقی و غربی منطقه مورد مطالعه است، در حالی که کمترین ارتفاع زیر سطح دریا در مرز جنوبی دریای کاسپین است. بیشتر از ۴۰ درصد از منطقه مورد مطالعه در ارتفاع کمتر از ۲۵۰ متر و تقریبا ۸ درصد از منطقه مورد مطالعه در ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر توزیع شده است (شکل ۳-الف). هم‌چنین، در نقشه نهایی تیپ ماده سوختنی منطقه مورد مطالعه (شکل ۲-ب) تیپ قابل سوختن غالب، لاشبرگ چوبی (۳۲/۱ درصد) است که بعد از آن تیپ‌های علفی (۲۰/۳ درصد)، درختی- زیراشکوب (۹/۷ درصد)، درختچه‌ای (۳/۸ درصد) و بوته‌ای (۳/۵ درصد) قرار دارد. تیپ غیر قابل سوختن نیز ۳۰/۵ درصد از منطقه مورد مطالعه را به‌خود اختصاص می‌دهد (شکل ۳-ب).



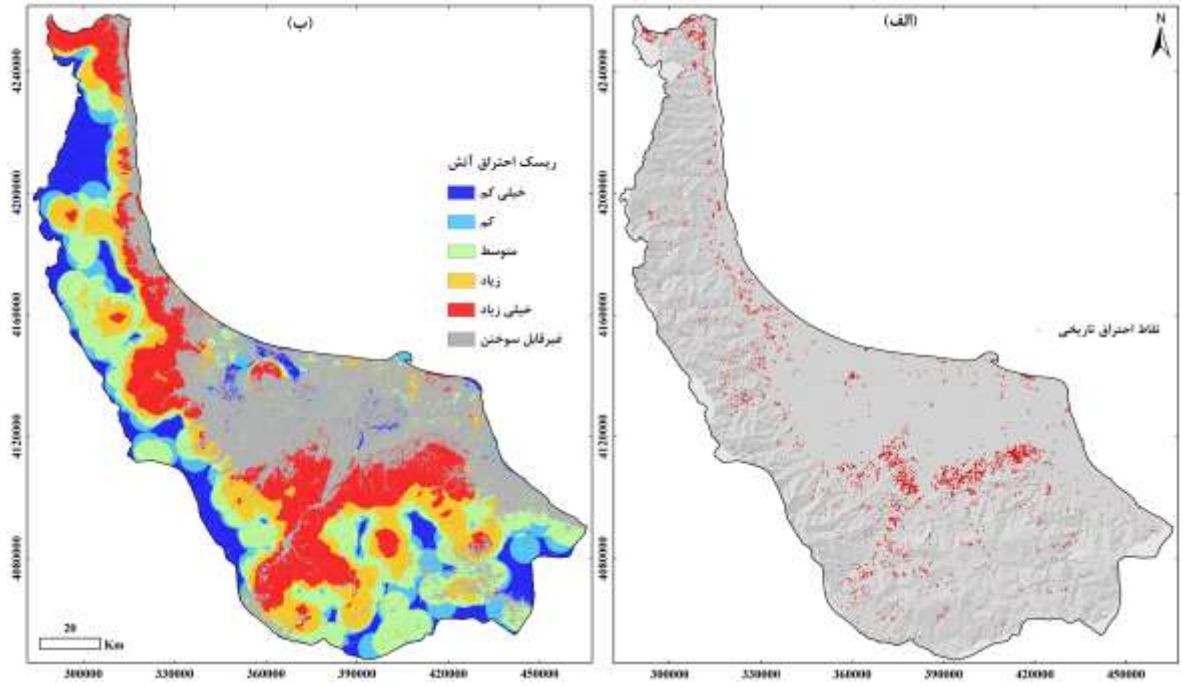
شکل ۲- نقشه طبقات ارتفاعی (متر؛ الف) و تیپ‌های ماده سوختنی (ب) تشکیل دهنده منطقه مورد مطالعه



شکل ۳- درصد پوشش طبقات ارتفاعی (الف) و تیپ‌های ماده سوختنی (ب) در منطقه مورد مطالعه

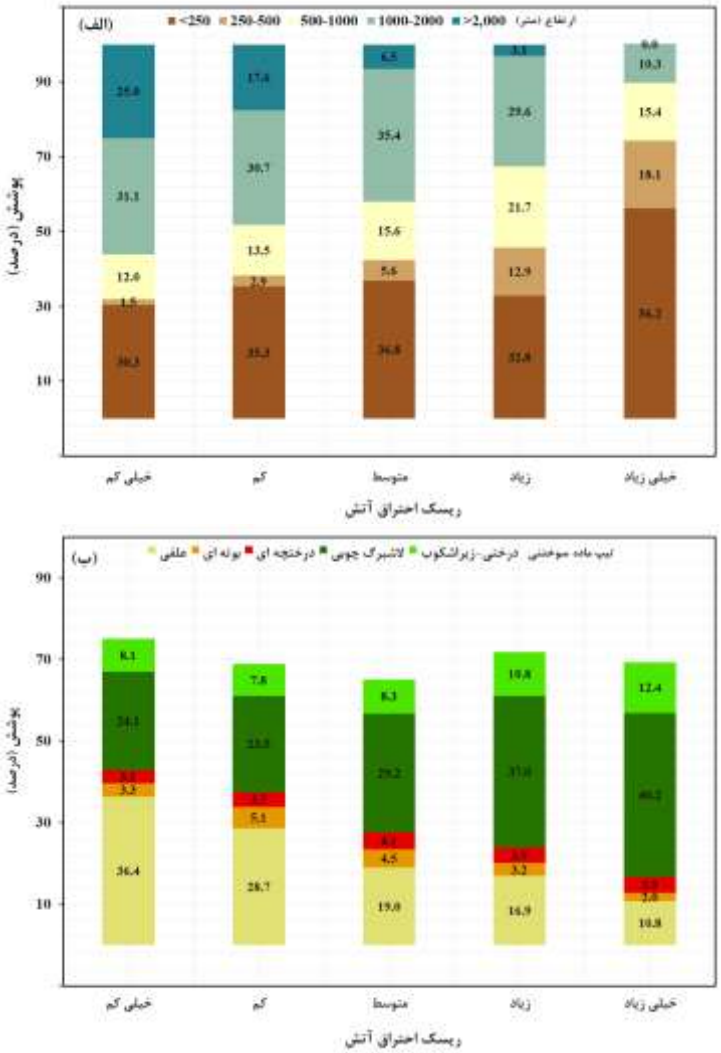
با توجه به احتراق‌های تاریخی ثبت شده (۲۲۴۹ احتراق) در منطقه مورد مطالعه (شکل ۴ الف)، حدود ۶۶ درصد احتراق‌های آتش منجر به مساحت سوخته شده کمتر از ۱۰ هکتار و ۳۲ درصد منجر به مساحت سوخته شده بین ۵۰-۱۰ هکتار شده است. در واقع تنها ۲ درصد از احتراق‌ها سبب آتش‌سوزی‌های بزرگی شدند که ۵۰ هکتار یا بیشتر را سوزاندند. این آتش‌سوزی‌های بزرگ احتمالاً ناشی از آب و هوای شدید و یا مواد سوختنی بسیار اشتعال‌زا هستند. بسیاری از این احتراق‌ها در مناطق مرکزی و جنوبی استان متمرکز هستند. با توجه به توپوگرافی مشخص شد که ۶۴/۹ درصد از احتراق‌ها در ارتفاع زیر ۲۵۰ متر، ۳۴/۷ درصد در ارتفاع بین ۲۰۰۰-۲۵۰ متر و تنها ۰/۴ درصد در ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر رخ داده است. هم‌چنین با توجه به تیپ ماده سوختنی، بیشترین احتراق‌های تاریخی (۶۷/۵ درصد) در تیپ‌های لاشبرگ چوبی (۴۴/۲ درصد) و درختی- زیراشکوب (۲۳/۳ درصد) مشاهده شد. هم‌چنین ۱۵/۱، ۱۰/۵ و ۶/۹ درصد از احتراق‌های تاریخی به‌ترتیب در تیپ‌های علفی، درختچه‌ای و بوته‌ای مشاهده شد.

شکل ۴ ب مدل ریسک احتراق آتش را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. مدل احتراق آتش به‌دست آمده با استفاده از متغیرهای توصیفی محیط‌زیست آتش (آب و هوا، توپوگرافی و ماده سوختنی) در محیط GIS تهیه شد. نقشه به‌دست آمده نشان دهنده احتمال نسبی رخداد احتراق در یک موقعیت مشخص است که به پنج کلاسه ریسک (از خیلی کم تا خیلی زیاد) طبقه‌بندی شد. نتایج در هر کلاسه در مناطق قابل سوختن استان به‌شرح زیر است: خیلی کم (با پوشش ۱۳/۸ درصد از استان)، کم (۱۰/۹ درصد)، متوسط (۲۹/۹ درصد)، زیاد (۱۹/۱ درصد) و خیلی زیاد (۲۶/۳ درصد). مناطق با ریسک رخداد احتراق زیاد و خیلی زیاد که ۴۵/۴ درصد از کل استان را تشکیل می‌دهند، عمدتاً در مناطق جنوبی و مرکزی واقع شده‌اند که حضور و فعالیت انسان در آن‌ها اهمیت بیشتری دارد. در کل، نقشه ریسک احتراق به‌دست آمده با الگوی توزیع آتش‌سوزی‌های تاریخی در منطقه مورد مطالعه مطابقت دارد.



شکل ۴- نقشه‌های توزیع نقاط احتراق تاریخی (۲۰۲۲-۱۹۹۲) ثبت شده (الف) و ریسک احتراق آتش (ب) در استان گیلان

شکل ۵ نیز توزیع طبقات ریسک احتراق را با توجه به طبقات ارتفاع و تیپ ماده سوختنی نشان می‌دهد. براساس این شکل، بیشترین ریسک احتراق آتش (در همه کلاسه‌های ریسک) در ارتفاع کمتر از ۲۵۰ متر مشاهده شد. هم‌چنین در طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰-۱۰۰۰ متر میزان ریسک احتراق زیاد است. در مورد تیپ‌های ماده سوختنی، بیشترین ریسک احتراق آتش (در کلاسه‌های ریسک متوسط تا خیلی زیاد) در تیپ لاشبرگ چوبی مشاهده شد. هم‌چنین در کلاسه‌های ریسک خیلی کم و کم، تیپ علفی بیشترین درصد پوشش را به‌خود اختصاص می‌دهد.



شکل ۵- ارتباط بین طبقات مختلف ریسک احتراق آتش (از خیلی کم تا خیلی زیاد) با ارتفاع (متر، الف) و تیپ‌های ماده قابل سوختن (ب) در منطقه مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیقات اخیر به‌دنبال شناسایی نقش عوامل پایین به بالا (درون‌زا) و بالا به پایین (برون‌زا) در آتش‌سوزی‌ها در بوم‌سازگان‌های جنگلی در مناطق مختلف جهان است. نتایج حاصل از این مطالعات نشان می‌دهد که تعاملات پیچیده‌ای بین عوامل پایین به بالا و بالا به پایین وجود دارد که هر کدام می‌توانند درجات متفاوتی از غلبه بر مکان و در طول زمان اعمال کنند (Povak et al., 2018). عوامل پایین به بالا عموماً شامل (۱) منبع احتراق، تراکم احتراق و توزیع مکانی، (۲) تیپ ماده سوختنی، مقادیر (بار) و ترتیبات مکانی و (۳) توپوگرافی که با رفتار آتش و الگوهای پوشش گیاهی تعامل دارد، می‌باشد. عوامل بالا به پایین عواملی هستند که از بیرون سرچشمه می‌گیرند، اما الگوهای پوشش گیاهی و ماده سوختنی را در مناطق وسیعی ایجاد می‌کنند. اینها شامل شرایط گسترده ژئومورفیک و زمین‌شناسی، الگوهای اقلیمی بلندمدت و شرایط آب و هوایی است (Parks et al., 2012).

در این مطالعه عوامل پائین به بالا موثر بر ریسک آتش مورد بررسی قرار گرفت. شواهد کمی شناسایی شد که نشان می‌دهد از این عوامل درون‌زا، توپوگرافی و تیپ ماده سوختنی نقش اصلی را در ریسک آتش ایفا می‌کند. توزیع توپوگرافیکی آتش‌سوزی‌ها به‌وضوح نشان داد که رخداد احتراق‌ها در ارتفاعات پائین‌تر (کمتر از ۲۵۰ متر) و در دامنه‌های رو به جنوب بیشتر از سایر نواحی است. در مقابل، آتش‌سوزی‌ها در ارتفاعات بالاتر (بیش از ۱۰۰۰ متر) و در دامنه‌های رو به شمال کمتر است. ارتفاع یک متغیر توپوگرافی اساسی است که با دما، رطوبت و سرعت باد مرتبط است. این ویژگی‌ها ریسک احتراق و آتش را افزایش می‌دهد (Suryabhagavan et al., 2016). ارتفاع با تأثیر بر میزان و زمان بارش و نیز قرار گرفتن در معرض باد غالب بر رفتار آتش تأثیر می‌گذارد. هم‌چنین، ارتفاع بر خشک شدن فصلی ماده سوختنی نیز تاثیر می‌گذارد. در ارتفاعات پایین‌تر، مواد سوختنی به‌دلیل دماهای بیشتر و بارندگی کمتر، زودتر در سال خشک می‌شوند. برعکس برای مواد سوختنی در ارتفاعات بالاتر صادق است. بنابراین در مقایسه با مناطق مرتفع، مناطق کم ارتفاع به‌دلیل دماهای بیشتر و مقادیر کم رطوبت، پرریسک‌ترین مناطق از نظر آتش‌سوزی هستند. با این وجود، احتمال اصابت صاعقه بیشتر و جرقه‌های متعاقب آن در ارتفاعات بالاتر وجود دارد.

توزیع آتش‌سوزی‌های تاریخی در تیپ‌های مختلف ماده سوختنی نیز نشان دهنده رخداد آتش بیشتر غالباً در تیپ‌های لاشبرگ چوبی و درختی- زیراشکوب در جنگل‌های پهن‌برگ معتدله با بار ماده سوختنی آماده اشتعال زیاد است. در این جنگل‌ها، ترکیب شرایط تابستانی گرم‌تر و خشک‌تر منجر به رشد بیشتر جنگل‌ها در ارتفاعات بالاتر، بار ماده سوختنی زیاد عمدتاً به‌دلیل وجود مقدار زیاد بقایای چوبی مرده و افتاده (DWD) و افزایش آسیب‌پذیری در برابر آتش‌سوزی‌های جنگل در طول دوره بادهای گرم محلی شده است. مقدار زیاد DWD در این جنگل‌های طبیعی می‌تواند نتیجه اجرای راهبرد «استراحت جنگل» در یک دهه گذشته باشد که در آن قطع درختان صنعتی به‌مدت ده سال ممنوع شده است. به‌طور مشابه، چندین مطالعه نشان می‌دهند که آتش‌سوزی‌ها در جنگل‌های پهن‌برگ بیشتر می‌سوزند (Huang et al., 2023; Tran et al., 2020).

در این تحقیق، مدل‌سازی و تهیه نقشه ریسک احتراق در سطح استان گیلان با استفاده از متغیرهای محیط‌زیستی انجام شد. نتایج نشان داد که مدل توسعه یافته و نقشه ریسک احتراق تولید شده دارای دقت کافی برای پیش‌بینی احتمال وقوع احتراق در منطقه مورد مطالعه است. امروزه بسیاری از تصمیمات مدیریت آتش منحصراً براساس عوامل مؤثر بر گسترش آتش و دشواری اطفاء آتش است. با این حال و از آنجایی که منابع محدود هستند، تعیین اولویت‌ها در مناطق مختلف مهم است. تحت شرایط ماده سوختنی، توپوگرافی یا آب و هوای مشابه، مناطق با ریسک احتراق بیشتر باید برای سیستم‌های نظارت آتش در اولویت قرار گیرند (Barmpoutis et al., 2023). مدل‌های به‌دست آمده و نقشه ریسک احتراق اکنون در دسترس هستند و می‌توانند به‌راحتی در یک محیط GIS برای یکپارچه‌سازی سیستم‌های ارزیابی ریسک آتش، به مدیران کمک کنند. هم‌چنین این نتایج می‌تواند برای تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر در مورد تخصیص منابع اطفای آتش یا بهینه‌سازی کمپین‌های عمومی پیشگیری از آتش‌سوزی، با نشان دادن پرریسک‌ترین مناطق استفاده شود.

منابع

جهدی، ر. (۱۴۰۲). آتش‌سوزی‌ها در توده‌های جنگل‌کاری تنک‌شده و تنک‌نشده در شمال ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۲(۱): ۱۰۱-۸۷. https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.74988.1164

Awad, C., Morvan, D., Rossi, J.L., Marcelli, T., Chatelon, F.J., Morandini, F., and Balbi, J.H. (2020). Fuel moisture content threshold leading to fire extinction under marginal conditions. Fire Safety Journal, 118: 103226. http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103226.

Babu, K.N., Gour, R., Ayushi, K., Ayyappan, N., and Parthasarathy, N. (2023). Environmental drivers and spatial prediction of forest fires in the Western Ghats biodiversity hotspot, India: an ensemble machine learning approach. Forest Ecology and Management, 540: 121057. https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2023.121057.

Balboa, A., Cuesta, A., González-Villa, J., Ortiz, G., and Alvear, D. (2024). Logistic regression vs machine learning to predict evacuation decisions in fire alarm situations. Safety Science, 174: 106485. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106485.

Barmpoutis, P., Kastridis, A., Stathaki, T., Yuan, J., Shi, M., and Grammalidis, N. (2023). Suburban Forest Fire Risk Assessment and Forest Surveillance Using 360-Degree Cameras and a Multiscale Deformable Transformer. Remote Sensing, 15(8): 1995. https://doi.org/10.3390/rs15081995.

Bar-Massada, A., Syphar, A.D., Hawbaker, T.J., Stewart, S.I., and Radeloff, V.C. (2011). Effects of ignition location models on the burn patterns of simulated wildfires. Environmental Modelling and Software, 26 (5): 583-592. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.11.016.

Blanco, C.C., Scheiter, S., Sosinski, E., Fidelis, A., Anand, M., and Pillar, V.D. (2014). Feedbacks between vegetation and disturbance processes promote long-term persistence of forest–grassland mosaics in south Brazil. Ecological Modelling, 291: 224-232. http://hdl.handle.net/11449/116508.

Bountzouklis, C., Fox, D. M., and Di Bernardino, E. (2022). Environmental factors affecting wildfire-burned areas in southeastern France, 1970–2019. Natural Hazards and Earth System Sciences, 22: 1181–1200. https://doi.org/10.5194/nhess-22-1181-2022.

Dawid, P., Earman, J., Howson, C., Miller, D., and Sober, E. (2005). Bayes's theorem, Oxford university press, Oxford, UK. https://doi.org/10.5871/bacad/9780197263419.001.0001.

Dorph, A., Marshall, E., Parkins, K.A., and Penman, T.D. (2022). Modelling ignition probability for human- and lightning-caused wildfires in Victoria, Australia, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 22: 3487–3499, https://doi.org/10.5194/nhess-22-3487-2022.

Erni, S., Wang, X., Wang, X., Swystun, T., Taylor, S.W., Parisien, M., Robinne, F., Eddy, B., Oliver, J.A., Armitage, B., Flannigan, M.D., and Flannigan, M. (2024). Mapping wildfire hazard, vulnerability, and risk to Canadian communities. International Journal of Disaster Risk Reduction, 101: 104221. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.104221.

Ganteaume, A., Camia, M., Jappiot, J., San Miguel-Ayanz, M., and Long-Fournel, C.L. (2013). A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition Over Europe. Environmental Management, 51 (3): 651-662. https://doi.org/10.1007/s00267-012-9961-z.

Guo, L., Wu, Z., Li, S., and Xie, G. (2024). The relative impacts of vegetation, topography and weather on landscape patterns of burn severity in subtropical forests of southern China. Journal of environmental management, 351: 119733. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119733.

Huang, Y.J., Momohara, A., Li, S.F., Ji, X.P., Qiu, J., Jia, L.B., Hu, J.J., Ji, Y.H., and Zhou, Z.K. (2023). Wildfire associated with a deciduous broadleaved forest from the Neogene Baoshan Basin at the southeastern margin of the Tibetan Plateau. Journal of Palaeogeography, 12(3): 448-462. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109486.

Jones, M.W., Abatzoglou, J.T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., Smith, A.J.P., Burton, C., Betts, R.A., van der Werf, G.R., Sitch, S., Canadell, J.G., Santín, C., Kolden, C., Doerr, S.H., and Le Quéré, C. (2022). Global and regional trends and drivers of fire under climate change. Reviews of Geophysics 60(3): e2020RG000726. https://doi.org/10.1029/2020RG000726.

Kantarcioglu, O., Kocaman, S., and Schindler, K. (2023). Artificial neural networks for assessing forest fire susceptibility in Türkiye. Ecological Informatics, 75: 102034. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102034.

Nhongo, E.J.S., Fontana, D.C., Guasselli, L.A., and Bremm, C. (2019). Probabilistic modelling of wildfire occurrence based on logistic regression, Niassa Reserve, Mozambique. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 10(1): 1772–1792. https://doi.org/10.1080/19475705.2019.1615559.

Parks, S.A., Parisien, M.A., and Miller C. (2012). Spatial bottom-up controls on fire likelihood vary across western North America. Ecosphere 3: 1–20. https://doi.org/10.1890/ES11-00298.1.

Peng, W., Wei, Y., Chen, G., Lu, G., Ye, Q., Ding, R., Hu, P., and Cheng, Z. (2023). Analysis of Wildfire Danger Level Using Logistic Regression Model in Sichuan Province, China. Forests, 14(12): 2352. https://doi.org/10.3390/f14122352.

Povak, N.A., Hessburg, P.F., and Salter, R.B. (2018). Evidence for scale-dependent topographic controls on wildfire spread. Ecosphere, 9 (10): e02443. https://doi.org/10.1002/ecs2.2443.

Sample, M., Thode, A. E., Peterson, C., Gallagher, M. R., Flatley, W., Friggens, M., Evans, A., Loehman, R., Hedwall, S., Brandt, L., Janowiak, M., and Swanston, C. (2022). Adaptation Strategies and Approaches for Managing Fire in a Changing Climate. Climate, 10(4): 58. https://doi.org/10.3390/cli10040058.

Scott, J.H., and Burgan, R.E. (2005). Standard Fire Behavior Fuel Models: A Comprehensive Set for Use with Rothermel'S Surface Fire Spread Model, 2005 no. June.

Suryabhagavan, K.; Alemu, M.; Balakrishnan, M. (2016). GIS-based multi-criteria decision analysis for forest fire susceptibility mapping: A case study in Harenna forest, southwestern Ethiopia. Trop. Ecol., 57: 33–43.

Tran, B.N., Tanase, M.A., Bennett, L.T., and Aponte, C. (2023). High-severity wildfires in temperate Australian forests have increased in extent and aggregation in recent decades. PLoS One, 15(11): e0242484. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242484.

Wang, X., and Bocchini, P. (2023). Predicting wildfire ignition induced by dynamic conductor swaying under strong winds. Scientific Reports, 13: 3998. https://doi.org/10.1038/s41598-023-30802-w.

Zhu, Z., Deng, X., Zhao, F., Li, S., and Wang, L. (2022). How Environmental Factors Affect Forest Fire Occurrence in Yunnan Forest Region. Forests, 13(9): 1392. https://doi.org/10.3390/f13091392.

Spatial modeling of wildfire ignition risk in Guilan province

R. Jahdi*

- Associate Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran.

Abstract

Guilan is one of the regions with the highest fire ignition density among the provinces of Iran. The ability to predict spatial patterns of fire ignition is an important tool for fire and land managers that helps improve the effectiveness of fire prevention, detection, and allocation of fire extinguishing resources. In this research, 2249 ignitions recorded in Guilan province over 30 years were analyzed. The historical ignition distribution pattern was used to predict the probability of ignition occurrence utilizing a set of descriptive fire environmental variables (weather, topography, and fuel), and an ignition risk map was produced for the study area. The results show that elevation and fuel type are important factors in the spatial distribution of fire ignitions. The highest fire ignition risk was observed at elevations less than 250 m and in the timber litter fuel type. The results of this study indicate that the prediction of spatial patterns of ignition at the regional level can be achieved with good accuracy and using a small number of environmental variables, which can be useful in decision-making for fire management.

Keywords: Digital elevation model, Fuel, Historical fires, Ignition risk.

* Corresponding author Tel: +98 4531505147 Email: roghayeh.jahdi@uma.ac.ir

معرفی اصول بوم‌شناسی آتش‌سوزی جنگل

رقیه جهدی[۱]

- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

آتش یک پدیده کهن، رایج و پیچیده است که بیشتر زیست‌بوم‌ها و بوم‌سازگان‌ها در سراسر جهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بوم‌شناسی آتش، مطالعه آتش‌سوزی‌ها و رژیم‌های آتش‌سوزی در بوم‌سازگان‌های جنگل، علف‌زار، بوته‌زار، درختچه‌زار و ... است. بوم‌شناسان آتش نشان می‌دهند که چگونه تغییرات در عواملی مانند فراوانی، شدت و وسعت آتش‌سوزی می‌تواند تأثیرات مطلوب یا مخربی بر بوم‌سازگان‌ها داشته باشد. آنها همچنین تعاملات بین آتش‌سوزی و سایر الگوها و فرآیندهای بوم‌شناختی را مطالعه می‌کنند. بوم‌شناسی آتش یک سیستم پیچیده است که تنها با ادغام علوم زیستی، فیزیکی و اجتماعی قابل درک است. علم بوم‌شناسی آتش به بررسی مکانیسم‌ها و آثار آتش‌سوزی در تمام مقیاس‌های زمانی و مکانی می‌پردازد. با این حال، نبود مفاهیم روشن و منسجم در موضوع بوم‌شناسی آتش، تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در این رشته را تحت‌تاثیر و در معرض سوءتفاهم و سوءبرداشت قرار داده است. بوم‌شناسی آتش به‌عنوان یک رشته علمی شناخته شده و بایستی اصول منحصر به‌فرد آن برای سازماندهی به‌طور واضح بیان شود. اغلب رشته‌های علمی دارای تئوری‌های تایید شده، قوانین و اصولی هستند که توسط کارشناسان آن حوزه مورد آزمایش و بحث قرار گرفته و پذیرفته شده‌اند. چنین اصولی توافق جمعی بر روی دانش موجود را بیان می‌کند، به هدایت روش‌ها و اصول کمک می‌کند و شکاف‌های دانش را به شیوه‌ای منسجم و ساختاری آشکار می‌کند. در این تحقیق، پنج اصل بوم‌شناسی آتش معرفی و چهارچوبی فراهم می‌شود تا از دانش به‌دست آمده در توسعه و تاثیر مستمر در این حوزه حمایت شود. با افزایش فراوانی و شدت آتش‌سوزی‌ها در سیماهای سرزمین، تشریح دقیق اصول بوم‌شناسی آتش یک چالش ضروری است که برای شناسایی پیامدهای بوم‌شناختی و تکاملی آتش در سطوح مختلف سازمانی باید برآورده شود.

واژگان کلیدی: بوم‌سازگان، حفاظت جنگل، ریسک، رژیم آتش، سیمای سرزمین.

مقدمه

درک یک بوم‌سازگان نیازمند نگاهی فراتر از وضعیت فعلی سیستم است. درک کامل شامل بررسی منشا بوم‌سازگان، مراحل احتمالی آینده بوم‌سازگان و چرخه‌هایی است که از طریق آن بوم‌سازگان پیشرفت می‌کند (Murti and Mathez-Stiefel, 2018). آتش مشابه سیل، زلزله، طوفان و غیره می‌تواند به‌عنوان یکی از کاتالیزورهای ایجاد تغییرات در یک بوم‌سازگان دیده شود. آتش یکی از آشفتگی‌های اصلی در بوم‌سازگان‌های جنگلی جهان است و پیش‌بینی می‌شود که آثار آن در بسیاری از

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۴۵۳۱۵۰۵۱۴۷ ایمیل: roghayeh.jahdi@uma.ac.ir

مناطق به‌دلیل تغییرات جهانی افزایش یابد (Roces-Díaz et al., 2021). آتش می‌تواند مقادیر زیادی از زیست‌توده را مصرف کند، خواص خاک را تغییر دهد و به‌طور قابل‌توجهی بر فرآیندهای کلیدی بوم‌سازگان و بر چرخه‌های هیدرولوژیکی (Boyer et al., 2022) و بیوشیمیایی (Granath et al., 2021) تأثیر گذارد. از منظر جغرافیایی زیستی، آتش هم‌چنین نقش کلیدی در تکامل گیاه از جمله ترویج صفات عملکردی خاص مانند جوانه‌زنی ایفا می‌کند (Keeley et al., 2011). ارتباط آتش با الگوهای جهانی تنوع زیستی و توزیع پوشش گیاهی نیز به‌طور گسترده تایید شده است. به‌عنوان مثال، در گزارش Pausas و Ribeiro رژیم آتش عامل اصلی توزیع تنوع گیاهان در سراسر جهان است، حتی پس از محاسبه بهره‌وری. آتش‌سوزی‌ها حذف رقابتی را به تأخیر می‌اندازند، ناهمگونی سیمای‌سرزمین را افزایش می‌دهند و آشیان‌های جدیدی ایجاد می‌کنند. بنابراین آنها فرصت‌هایی را برای انواع زیادی از گونه‌ها فراهم می‌کنند. در نتیجه، رژیم آتش باید برای درک توزیع و تنوع بوم‌سازگان جهانی در نظر گرفته شود. آثار خاص یک آتش معین به ویژگی‌های بوم‌سازگان‌های سازگار و نیز حساس به آتش و ویژگی‌های آتش (مانند شدت، اندازه، یا رخداد) بستگی دارد. حتی طی یک آتش واحد، آثار می‌تواند از نظر مکانی و در اجزای مختلف بوم‌سازگان (خاک، پوشش گیاهی و غیره) متفاوت باشد. قابل توجه است که رژیم‌های آتش فعلی توسط محرک‌های تغییر جهانی اصلاح می‌شوند (Doblas-Miranda et al., 2017).

بوم‌شناسی آتش شاخه‌ای از بوم‌شناسی است که بر منشأ آتش‌سوزی در مناطق طبیعی و ارتباط آن با محیط زنده و غیر زنده تمرکز می‌کند (McLauchlan et al., 2020). این مکتب فکری تشخیص می‌دهد که آتش یک فرآیند طبیعی است که به‌عنوان جزئی از یک بوم‌سازگان عمل می‌کند. وجود رشته‌ای به‌نام بوم‌شناسی آتش نشان دهنده اهمیت آتش به‌عنوان یک عامل اصلی در تنظیم فرآیندهای بوم‌سازگان، شکل‌دهی به عملکرد، ترکیب و ساختار آن و مدیریت تعاملات بین محیط-زیست و انسان است. بوم‌شناسی آتش به‌طور ضروری از نظریه‌ها و اصول رشته‌های مختلف بهره می‌گیرد و آنها را با هم ترکیب می‌کند. این رشته شامل علوم زیست‌شناسی، تکامل، فیزیک و شیمی و هم‌چنین علوم اجتماعی مانند علوم رفتاری، برنامه‌ریزی محیطی و جغرافیای انسانی می‌شود (Kobziar et al., 2024).

اصول به‌عنوان گزاره‌های کیفی و بنیادی تعریف می‌شوند که الگوها و فرآیندهای تجربی حاکم بر یک رشته را توصیف می‌کنند. اصول بوم‌شناسی آتش باید هم برای پژوهشگران این حوزه و هم برای دانشجویان، همکاران و ذی‌نفعان دانش تولید شده در بوم‌شناسی آتش (از بوم‌شناسان گرفته تا مخاطبان گسترده‌تر) معنادار و کاربردی باشند (Kobziar et al., 2024). این اصول قرار است یک زبان نظری مشترک ایجاد کنند که بتواند ارتباطات در زمینه بوم‌شناسی آتش را با مخاطبان گسترده‌تر از جمله افرادی بدون پیش‌زمینه علمی، بهبود بخشد. این رویکرد، پاسخی به نیازی کلی در بوم‌شناسی است، اما در مدیریت آتش به‌ویژه حائز اهمیت است. این امر برای مقابله با دنیای در حال تغییر سریع و بی‌سابقه اهمیت حیاتی دارد، جایی که مردم با پیچیدگی احساساتی که آتش برمی‌انگیزد، دست و پنجه نرم می‌کنند (Ladino et al. 2022)، بدون درک واضح از آنچه که رشته متمایز بوم‌شناسی آتش می‌تواند ارائه دهد.

اصول بوم‌شناسی آتش می‌توانند پایه‌ای برای آموزش باشند، انتقال دانش را بین موقعیت‌ها، آموزش‌دهندگان و روش‌های مختلف تسهیل کند و همگرایی میان مرزهای نهادی و فرهنگی را ممکن سازد. با توجه به بنیان‌های نظری پیچیده و منحصربه‌فرد بوم‌شناسی آتش، Kobziar et al. (2024) پنج اصل پیشنهاد دادند تا گفت‌وگویی برای بهبود و توسعه بیشتر ایجاد شود. هدف این اصول پیشبرد علم بوم‌شناسی آتش و تبدیل پژوهش به مدیریت، سیاست‌گذاری و اقدامات اجتماعی مرتبط با آتش است که معتبر و تأثیرگذار باشند. این اصول تلاشی مشترک برای تعریف بوم‌شناسی آتش به‌عنوان یک زیرشاخه بوم‌شناسی و در عین حال یک رشته مستقل است که با عوامل اجتماعی مؤثر بر الگوها و آثار آتش ارتباطی

جدایی‌ناپذیر دارد. اصولی که در اینجا ارائه شده‌اند، به‌صورت مستقل از چارچوب‌های موجود توسعه یافته‌اند و هدف آن‌ها شناسایی ایده‌های حاکم و نوظهور خاص بوم‌شناسی آتش است. پنج اصل شناسایی شده که هر کدام ویژگی منحصربه‌فرد بوم‌شناسی آتش و سازوکارهای آن را نشان می‌دهند و این رشته را متمایز می‌کنند. این اصول در کنار هم جامعیت دارند و می‌توانند به افرادی خارج از این حوزه برای درک بوم‌شناسی آتش و به دانشجویان و پژوهشگران این رشته برای پیشرفت تحقیقات کمک کنند. اهداف اختصاصی شامل موارد زیر است:

- رفع موانع پیشرفت در بوم‌شناسی آتش به‌دلیل نبود تفکر یکپارچه میان رشته‌های مختلفی که آتش را به‌عنوان یک فرآیند سیستم زمین بررسی می‌کنند؛
- تأکید بر اینکه آتش یک فرآیند زیستی- فیزیکی کلیدی است که بر ترکیب، ساختار و عملکرد بوم‌سازگان‌ها به روش‌ها و مقیاس‌های مختلف تأثیر می‌گذارد؛
- ارائه یک چارچوب برای شناسایی خلاءهای دانشی و اولویت‌بندی مسیرهای تحقیقاتی در رشته‌های مختلفی که به آتش پرداخته‌اند؛
- تشویق به رویکردی جامع و چندرشته‌ای در توسعه فرضیات و تفسیر تحقیقات بوم‌شناسی آتش؛ و
- ارائه یک هویت ثابت و قابل‌ترجمه برای بوم‌شناسی آتش به‌منظور درک بهتر، ارتباطات و سیاست‌گذاری در آینده.

مهم است که انجام تحقیقات علمی براساس اصول بوم‌شناسی آتش با استانداردها، ارزش‌ها و شیوه‌های اخلاقی تحقیق سازگار باشد تا این رشته بتواند به ادامه ارائه نتایج معتبر و قابل دفاع در دانش بپردازد.

اصل ۱: آتش کلید درک تکامل و توزیع حیات بر روی زمین در تمام مقیاس‌های زمانی و مکانی مشاهده است

در مقیاس‌های زمانی از ده‌ها تا میلیون‌ها سال و از مقیاس میکروسکوپی تا مقیاس سیمای سرزمین، آتش‌های طبیعی به شکل‌گیری تجمعات بوم‌شناختی و ویژگی‌های گونه‌ها کمک می‌کنند. درک آتش در هر سیمای سرزمینی، به‌ویژه در محیط‌های مدیریت شده امروزی، از شناخت تاریخچه طولانی آتش و روابط بوم‌شناختی-تکاملی گونه‌ها با آن بهره می‌برد. اگرچه مدت‌هاست که بوم‌شناسان بر این باورند که خاک‌ها و اقلیم می‌توانند توضیح دهنده توزیع بوم‌سازگان‌ها در فضا و زمان باشند، بوم‌شناسی آتش نشان می‌دهد که آتش از دیرباز یک فرآیند کلیدی بوم‌شناختی بوده که توزیع، تکامل و شکل‌گیری زندگی بر روی زمین را هدایت کرده است.

تعاملات میان آتش، جوّ و تکامل گروه‌های اصلی گیاهی زمین

رابطه سیستم زمین با آتش در طول حداقل ۴۲۰ میلیون سال شکل گرفته است و شواهد فسیلی آتش تقریباً همزمان با استقرار گیاهان در سطح زمین ظاهر شده است (Scott and Glasspool, 2006). از زمان تکامل نخستین جنگل‌ها بیش از ۳۸۰ میلیون سال پیش در دوره دوونین، آتش‌سوزی‌های طبیعی در مقیاس سیمای سرزمین نقش داشته‌اند. تکامل زیست‌کره زمین نتیجه تعامل میان پوشش گیاهی و آتش در طول تاریخ طولانی زمین است؛ به‌نظر می‌رسد گیاهان آوندی از همان زمان که در مسیر تکاملی ظاهر شدند، مستعد سوختن بوده‌اند. آتش برخلاف تصور رایج به‌عنوان «تهدید» برای بوم‌سازگان‌ها، همراه با گیاهان «هم‌تکامل» داشته است. در طول زمان، آتش با گیاهانی که ماده‌سوختنی آن را فراهم می‌کنند تعامل داشته و گیاهان نیز با تغییر رژیم‌های آتش و سازگاری با فراوانی و رفتار آتش به این تغییرات پاسخ داده‌اند

(Baker et al., 2022). در طول زمان زمین‌شناسی، زیست‌بوم‌ها در نواحی اقلیمی جابه‌جا شده‌اند و آتش نیز همراه با آن‌ها تغییر کرده است. این تغییرات، در بازه‌های زمانی طولانی، تحت تأثیر بازخوردهای متقابل بین تغییرات اقلیمی، سطح اکسیژن جو، آتش و حیات روی زمین بوده است. اخیراً از اواخر پلیستوسن، با عقب‌نشینی یخچال‌ها و صفحات یخی، آتش به‌طور مداوم در شکل‌دهی اجتماعات گیاهی جدید نقش داشته است، به‌ویژه در مناطقی که انتظار می‌رود تحت تأثیر تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی قرار گیرند. اولین گیاهان خشکی در جهانی تکامل یافتند که دی‌اکسیدکربن جو هفت برابر بیشتر و اکسیژن ۱/۴ برابر کمتر از امروز بود (Lenton et al., 2018). با گسترش و تکامل گیاهان که دی‌اکسیدکربن را جذب و اکسیژن آزاد می‌کردند، شیمی زیستی زمین به‌شدت تغییر کرد. تا ۳۸۰ میلیون سال پیش در دوره دوونین، سطح دی‌اکسیدکربن در جو به نصف کاهش یافت و اکسیژن به سطوحی مشابه امروز رسید و آتش‌سوزی‌های طبیعی به پدیده‌ای رایج در خشکی‌های زمین تبدیل شدند. تا اواخر پرمین (~۲۵۰ میلیون سال پیش)، با گسترش گیاهان، سطح اکسیژن افزایش یافت. این امر سبب شد گیاهان حتی در رطوبت زیاد قابل اشتعال شوند و آتش‌سوزی‌ها در بسیاری از بوم‌سازگان‌ها رخ دهند. به‌دلیل چرخش زمین بر روی محوری مایل، خشکی‌های فصلی که آتش را تسهیل می‌کنند، هر ساله رخ می‌دهند (Pausas and Keeley, 2009).

آتش و توزیع جهانی پوشش گیاهی

نظریه توزیع زیست‌بوم‌ها در حال تغییر است، زیرا شواهد جدید به نقش آتش در شکل‌دهی الگوهای پوشش گیاهی اشاره می‌کند. در حالی که پیش‌تر تصور می‌شد که اقلیم عامل اصلی تعیین کننده پوشش گیاهی جهانی است و خاک‌ها تغییرات محلی را ایجاد می‌کنند، اکنون مشخص شده است که آتش نیز نقش مهمی در تعیین اینکه کدام گیاهان در کجا رشد می‌کنند، ایفا می‌کند. در مناطقی که آتش‌سوزی‌های طبیعی برای هزاران سال رخ داده است، گونه‌هایی که در محیط‌های باز و آفتابی رشد می‌کنند، به شکلی کاملاً متفاوت از گونه‌های جنگل‌های انبوه و سایه‌دار تکامل یافته‌اند، حتی اگر هر دو زیست‌بوم تحت شرایط آب و هوایی مشابهی قرار داشته باشند (Bond, 2019). براساس درصد مساحت سوخته شده و دفعات وقوع آتش‌سوزی، ساواناهای استوایی و نیمه‌استوایی و همچنین زیست‌بوم‌های مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای (MCRs) از زیست‌بوم‌های مستعد آتش‌سوزی هستند. به‌طور کلی، هر دو در فصل بارانی تولید زیست‌توده زیادی دارند که به‌دنبال آن یک فصل خشک طولانی (فصل خنک در مناطق استوایی و فصل گرم در MCRs) رخ می‌دهد. در ساواناها، آتش‌سوزی‌های اوایل فصل خشک معمولاً از تراکم و تنوع درختان بیشتری پشتیبانی می‌کنند، در حالی که آتش‌سوزی‌های اواخر فصل خشک (پیش از باران‌ها) که معمولاً شدیدتر هستند، گونه‌های حساس به آتش را از بین برده و ساقه‌های نهال‌ها را می‌سوزانند و در نتیجه زیست‌بوم‌های بازتر و علفی‌تری ایجاد می‌کنند. تفاوت در شدت و دفعات آتش‌سوزی به تغییرات در جنگل‌ها و پوشش‌های گیاهی چوبی مرتبط است (Wood and Bowman, 2012). آتش‌سوزی‌های شدید در جنگل‌های مخروطی آمریکای شمالی می‌تواند سبب رشد بوته‌های قابل اشتعال شود و با تکرار این آتش‌سوزی‌ها، بازسازی جنگل را متوقف کند (Tepley et al., 2017). درختچه‌ها معمولاً سبب آتش‌سوزی در تاج خود می‌شوند، در حالی که جنگل‌ها در گذشته با آتش‌های کم‌شدت در سطح زمین می‌سوختند. اکنون بسیاری از این آتش‌های کم‌شدت به آتش‌سوزی‌های شدیدتر تبدیل شده‌اند که به‌دلیل انباشت مواد سوختنی سنگین و تراکم زیاد درختان ناشی از یک قرن مهار آتش ایجاد شده است (Safford et al., 2021).

ویژگی‌های سازگار با آتش

آتش‌سوزی‌های طبیعی می‌توانند به گیاهان و حیوانات آسیب بزنند یا آن‌ها را نابود کنند، اما بوم‌سازگان‌های مستعد آتش‌سوزی معمولاً تنوع زیستی زیادی دارند و جزو مهم‌ترین مناطق تنوع زیستی جهان هستند. این موضوع به این دلیل است که بسیاری از گونه‌ها ویژگی‌های سازگار با آتش را کسب کرده‌اند که به آن‌ها امکان بقا و تولیدمثل در برابر آتش‌سوزی‌های مکرر را می‌دهد. رژیم‌های مختلف آتش فشارهای تکاملی متفاوتی ایجاد می‌کنند که عمدتاً به فراوانی، شدت و فصل وقوع آتش بستگی دارد و به‌همین دلیل گیاهان مجموعه‌ای متنوع از ویژگی‌های سازگار با آتش را توسعه داده‌اند (Keeley and Pausas, 2022). در بوم‌سازگان‌های مستعد آتش‌سوزی، آتش بخش مهمی از تنوع ژنتیکی و ظاهری گونه‌ها و تنوع زیستی را توضیح می‌دهد. آتش یکی از عوامل اصلی انتخاب طبیعی است (He et al., 2019). بسیاری از گونه‌های گیاهی از چندین راهبرد مختلف برای بقا یا افزایش جمعیت خود پس از آتش‌سوزی استفاده می‌کنند.

ویژگی‌های گیاهان سازگار با آتش‌سوزی‌های مکرر به دو دسته تقسیم می‌شود:

- ویژگی‌هایی برای بقا: مثل جوانه‌ها، بافت‌های رشد (مریستم) و آوندهای چوبی که از گرما محافظت می‌شوند.

ویژگی‌هایی برای رشد سریع پس از آتش‌سوزی.

برای مثال، آتش‌سوزی‌های مکرر سبب می‌شوند تا درختانی با پوست ضخیم و شاخه‌های پایین که خودبه‌خود می‌ریزند، مانند کاج‌ها، بیشتر بقا پیدا کنند (Varner et al., 2022). پوست ضخیم و ناپیوستگی عمودی مواد سوختنی سبب می‌شود تا کاج‌ها در برابر آتش‌سوزی‌های سطحی با شدت کمتر مقاوم باشند که مشخصه شرایطی است که در آن صفات انتخاب شده‌اند. آتش‌ها می‌توانند گیاهانی را که دارای جوانه‌های محافظت شده در مکان‌های خاص هستند، انتخاب کنند، مانند آنهایی که در عمق تنه درخت قرار دارند. همانطور که در بسیاری از درختان اکالیپتوس و درختان ساوانا مشاهده می‌شود (Charles-Dominique et al., 2015)، وقتی که این درختان با شدت زیاد بسوزند، از جوانه‌های محافظت شده روی ساقه‌های خود دوباره رشد می‌کنند (رشد مجدد اپیکورمیک). جوانه‌های بسیاری از علف‌ها، گیاهان گلدار و بوته‌ها در صورتی که زیر زمین قرار داشته باشند، محافظت شده‌اند (Pausas et al., 2018)، زیرا خاک رسانای ضعیفی برای گرما است. گیاهان اغلب جوانه‌ها را در پایه ساقه جمع می‌کنند (به اصطلاح بانک جوانه تشکیل می‌دهند) و گاهی توده‌های بزرگی به‌نام لایگنوتوبر ایجاد می‌کنند. همچنین جوانه‌ها ممکن است در اندام‌های زیرزمینی مانند ریشه‌ها، ریزوم‌ها، ساقه‌های زیرزمینی و غده‌ها ذخیره شوند که این امر امکان بقای گیاه را از طریق جوانه‌زنی مجدد فراهم می‌کند. هزینه جوانه‌زنی مجدد شامل ذخیره کربوهیدرات‌ها (نشاسته) برای رشد شاخه‌های جدید پس از برگ‌زدایی توسط آتش است، زمانی که گیاه دیگر ظرفیت فتوسنتزی ندارد و همچنین نگهداری یک بانک از جوانه‌های خفته. این هزینه تنها زمانی برای گیاه مفید است که تحت تأثیر نیروهای انتخابی مکرر قرار گیرد. احتمالاً برای برخی از گونه‌های گیاهی، این نیروها شامل آتش‌سوزی، چرای حیوانات و سایر آشفتگی‌ها (مانند سیل، باد) بوده‌اند.

ویژگی‌های تطبیقی با آتش همچنین شامل صفاتی هستند که به گیاهان اجازه می‌دهند تا پس از آتش‌سوزی، رشد و تکثیر کنند. این ویژگی‌ها به گیاهان کمک می‌کنند تا از شرایط جدید پس از آتش‌سوزی که با منابع زیاد و رقابت کم همراه است، بهره‌برداری کنند و جمعیت خود را افزایش دهند. در بسیاری از مناطق MCRs، آتش‌سوزی‌های تاجی شکاف‌هایی ایجاد می‌کنند و بسیاری از گیاهان نورپسند مکانیزم‌هایی برای تشخیص این شرایط باز و مناسب برای جوانه‌زنی تکامل داده‌اند. این استراتژی‌ها شامل تشکیل بانک بذر در خاک است که با گرما یا مواد شیمیایی ناشی از سوختن، خواب بذر را می‌شکنند و سبب جوانه‌زنی می‌شود. سایر گیاهان بذرده پس از آتش‌سوزی، به‌جای خاک، بذرهای خود را در تاج درخت ذخیره می‌کنند.

این نوع درختان و درختچه‌های بزرگ دارای مخروط‌ها یا میوه‌هایی هستند که سال‌ها بسته می‌مانند و تنها پس از آتش‌سوزی باز شده و بذرها را در بستر پس از آتش پراکنده می‌کنند (Lamont et al., 2020).

اصل ۲: آتش اجزای زیستی و غیر زیستی و فرآیندهای سطحی و زیرزمینی را به‌هم پیوند می‌دهد

آتش در طبیعت فقط یک عامل خارجی نیست، بلکه بخشی از خود بوم‌سازگان است. آتش اجزای زنده و غیر زنده را به‌هم مرتبط می‌کند و روی آن‌ها تأثیر می‌گذارد، هم در لحظه وقوع و هم مدتی پس از آن. نقش آتش در چرخه مواد: آتش به حرکت مواد و انرژی در طبیعت کمک می‌کند و به موجودات زنده و محیط برمی‌گردد. تأثیر گسترده: آتش با سرعت زیاد مواد را به انرژی تبدیل می‌کند و بر زمین، هوا و آب اثر می‌گذارد و آن را به یک نیروی مهم و تأثیرگذار تبدیل می‌کند.

ترکیب عوامل غیر زنده و زنده

در حالی که فرآیندهای دیگری مانند علفخواری، عوامل زنده و غیر زنده را به‌هم پیوند می‌دهند، فرآیند اکسیداسیون سریع و آزادسازی شدید انرژی، آتش را از نظر شدت و تأثیر بر فرآیندهای دیگر در محیط زیست و جو منحصر به‌فرد می‌کند. پس از روشن شدن آتش، رفتار آن، مانند توانایی گسترش یا خاموش شدن، بستگی به ساختار، آرایش، شیمی، الگو (مثلاً موقعیت جغرافیایی) و میزان رطوبت مواد زیستی که ماده سوختنی هستند، دارد (Dickman et al., 2023). رفتار آتش همچنین تحت تأثیر عوامل محیطی محلی مانند سرعت باد، بارش و شرایط جوی قرار می‌گیرد. این عوامل همراه با زمان روز، فصل و ویژگی‌های زمین، بر نحوه گسترش آتش و شدت آن تأثیر می‌گذارند. قدرت هر یک از این عوامل می‌تواند در طول زمان و در مکان‌های مختلف تغییر کند و بسته به تعاملاتشان و مقیاس مشاهده، تأثیرات متفاوتی داشته باشد. بنابراین هر آتش و حتی هر لحظه از آتش یک ترکیب منحصر به‌فرد از عوامل محیطی است که با سوخت برخورد کرده و تاثیرات مختلفی بر روی سیستم‌های اطراف خود می‌گذارد.

ارتباط بین سطح زمین و زیرزمین

در حالی که سوختن مواد زیستی معمولاً یک فرآیند بالای سطح زمین است که به اکسیژن جو نیاز دارد، آتش‌سوزی می‌تواند در سطح یا زیر خاک نیز رخ دهد، مانند سوختن لایه‌های آلی خاک، ریشه‌ها و سایر پوشش‌های گیاهی زیرزمینی یا بقایای چوبی دفن شده. مقدار گرمای تولید شده از آتش، چه از سوختن مواد بالای زمین، روی خاک، درون خاک، یا عبور گرما از پروفایل خاک، میزان و مدت تأثیر بر اجزای زیستی و غیر زیستی خاک را تعیین می‌کند که به‌نوبه خود، فرآیندهای خاک را هدایت می‌کند و از عملکرد کلی بوم‌سازگان پشتیبانی می‌کند. آتش از طریق مکانیزم‌های بیوشیمیایی پیچیده‌ای فرآیندها و اجزای سطحی و زیرزمینی را یکپارچه می‌کند. به‌عنوان مثال، مرگ گیاهان در سطح زمین، در نهایت کربن قابل تجزیه و مقاوم را به خاک آزاد می‌کند، در حالی که دسترسی ریشه‌ها به تجزیه میکروبی افزایش می‌یابد، که سبب تغییر در انتشار کربن خاک و محتوای مواد مغذی می‌شود. همچنین بر ترکیب جامعه میکروبی خاک تأثیر می‌گذارد. رابطه همزیستی بین قارچ‌های میکوریزا و بسیاری از درختان برای بقا و بازسازی گیاهان پس از آتش‌سوزی اهمیت دارد (Fox et al., 2022). برخی از ارگانیسم‌های مهم خاک‌زی از تأثیرات آتش بهره‌مند می‌شوند، از جمله برخی از قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌ها، با این حال تأثیرات آتش بر بسیاری از موجودات خاک هنوز به‌طور کامل درک نشده است. بخشی از این موضوع به‌دلیل درک ناقص از تحمل آن‌ها به گرمای خاک است.

جریان انرژی

آتش برای تغییر مسیر، به‌جای ترسیب‌کننده، جریان انرژی در توسعه و عملکرد یک بوم‌سازگان عمل می‌کند. همان‌طور که در بوم‌شناسی کلاسیک شناخته شده است، آتش تأثیر زیادی بر مسیرهای جریان انرژی در بوم‌سازگان‌ها دارد که موجب گسترش آتش می‌شود. انرژی حاصل از تابش خورشید از طریق فتوسنتز به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود. احتراق منجر به تبدیل سریع انرژی شیمیایی در زیست‌توده گیاهی به انرژی گرمایی از طریق واکنش‌های گرمازا می‌شود که می‌تواند سبب گرم شدن و احتراق زیست‌توده بیشتر، حفظ بازخورد آتش و گسترش آتش شود. در مطالعات قبلی بر ارتباط حیاتی اندازه-گیری انتشار انرژی برای بوم‌سازگان‌های مستعد آتش تأکید کردند، زیرا تغییر در انتقال انرژی کلید یک مکانیسم است (O'Brien et al., 2018). با توجه به چالش‌های پیش‌بینی آتش‌سوزی یا مشاهده آتش فعال، تعداد محدودی از مطالعات بوم‌شناختی احتراق را اندازه‌گیری می‌کنند و یا تغییرات در فازها (یعنی شعله ور شدن یا دود) و ویژگی‌های فرآیند احتراق را نشان می‌دهند. احتراق اغلب ناقص است، به‌طوری که مواد حاصل، که عمدتاً از کربن تشکیل شده‌اند (یعنی پوشش گیاهی ناقص سوخته یا مواد آلی پیروزیک آئروسل)، مقداری انرژی را حفظ می‌کنند و ممکن است به‌صورت محلی رسوب کنند یا توسط همرفت هوایی به‌عنوان مخلوطی از دوده، خاکستر، مواد گیاهی، محتوای دود آلی و سایر مواد از جمله اندام‌های زنده رسوب کنند یا جابجا شوند (Kobziar et al., 2022). آب چه از طریق مسیرهای زمینی یا اتمسفر (به عنوان مثال، رسوبات بارندگی اجزای دود) خاکستر و محتوای کربنی زنده/ غیر زنده را به آبراه‌ها و اقیانوس‌ها منتقل می‌کند و گاهی اوقات سبب افزایش شدید زیست‌توده و عملکرد بیوتای ساکن مانند فیتوپلانکتون‌ها می‌شود. هجوم رسوبات و حذف پوشش گیاهی روی طبقه نیز می‌تواند منجر به تغییر در شیمی رودخانه و دما از افزایش تابش و سرکوب جمعیت ماهیان پس از آتش‌سوزی شود.

اصل ۳: آتش‌سوزی‌های مکرر منجر به بازخوردهای پویا می‌شوند که ساختار، ترکیب و عملکرد بوم‌سازگان را سازماندهی می‌کنند

اگرچه بوم‌شناسان، آتش را برای مدت طولانی به‌عنوان یک آشفتگی ناگهانی در نظر می‌گرفتند که توالی طبیعی وضعیت‌های بوم‌سازگان را تغییر می‌دهد، تمام بوم‌سازگان‌های مستعد آتش‌سوزی، محصول بازآرایی جوامع زیستی پس از وقوع آتش‌سوزی‌های متعدد در طول زمان هستند و ذاتاً شرایط ثابت و ایستا ندارند. آتش یک فرآیند بسیار متغیر است که آثار ناهمگن ایجاد می‌کند و با وقوع مکرر آتش‌سوزی در طول زمان، بازخوردهایی به‌وجود می‌آید که مسیرهای بوم‌شناختی خودپایدار، نتایج غیرخطی، الگوهای مقیاس سیمای سرزمین و وضعیت‌های پایدار جایگزین را ایجاد می‌کند.

رژیم آتش

مفهوم رژیم آتش نقش اصلی را در فهم تأثیرات دوره‌ای آتش بر فرآیندهای بوم‌سازگان و شکل‌گیری جوامع زیستی ایفا کرده است. ویژگی‌های رژیم آتش مشخص‌کننده آتش‌های مکرر در طول زمان هستند و معمولاً شامل میانگین فاصله بازگشت آتش (MFRI)، فصل وقوع آتش، شدت و قدرت آن می‌شوند (He et al., 2019). چنین دیدگاه‌های تاریخی اغلب به‌عنوان "رژیم‌های آتش طبیعی" شناخته می‌شوند که فرض بر دوره‌های تکاملی و شرایط پایدار دارند، همان‌طور که در اصل ۱ نشان داده شده است که تنها برای مدت زمان معینی پایدار هستند. اتکاء به ویژگی‌های میانگین مانند MFRI سبب محدود شدن درک از تنوع به‌عنوان یک ویژگی بحرانی در آتش‌های مکرر می‌شود که توزیع بوم‌سازگان را در قاره‌های مختلف هدایت

می‌کند. به‌طور مشابه، تمایل در بسیاری از مناطق برای حرکت به‌سوی "بازسازی" بوم‌سازگان‌ها به‌معنای هدف‌گذاری براساس یک خط مبنای ثابت بوم‌شناختی است که معمولاً رژیم آتش در دوره هولوسن را مد نظر قرار می‌دهد، در حالی که تاریخ بوم‌شناسی آتش به‌مراتب طولانی‌تر از تاریخ زمین‌شناسی است. علاوه بر تغییرات زمانی، ناهمگنی فضایی عوامل رژیم آتش می‌تواند نیروی محرکه‌ای در تأثیر آتش بر الگوها و فرآیندهای بوم‌سازگان باشد، اما این عامل به‌طور نادرست در توصیف سنتی رژیم‌های آتش یا کاربرد آن‌ها در زمینه‌های علمی مرتبط یا تصمیم‌گیری‌های مدیریتی گنجانده می‌شود. به‌ویژه نقش افراد بومی در مدیریت آتش‌سوزی‌های "طبیعی" اغلب نادیده گرفته می‌شود. علاوه بر این، مهار آتش‌های انسانی به‌طور چشمگیری فراوانی آتش‌سوزی‌ها را در بسیاری از قاره‌ها کاهش داده و فصل‌بندی آن را تغییر داده است، به‌طوری که آتش‌ها تنها در زمان‌هایی رخ می‌دهند که به‌دلیل رفتار شدید آتش نمی‌توان آنها را خاموش کرد. نتیجه آن به‌طور پیش‌بینی شده بسیاری از رژیم‌های آتش‌سوزی را به‌سمت شرایط با شدت بیشتر تغییر داده و الگوهای فضایی و تأثیرات آن‌ها را دگرگون کرده است.

وضعیت‌های پایدار جایگزین و بازخوردها

بوم‌شناسی سنتی، بوم‌سازگان‌هایی را پایدار می‌دانستند که در برابر آشفتگی‌های خارجی مانند آتش تغییرات زیادی نمی‌کردند. اما اکنون می‌دانیم که ترکیب پیچیده ویژگی‌های آتش، اقلیم و شرایط زمین در مقیاس‌های مختلف می‌تواند به وضعیت‌های پایدار مختلفی منجر شود که نشان دهنده غیر ایستایی طبیعی بوم‌سازگان‌ها هستند. بسیاری از بوم‌سازگان‌های با آتش‌سوزی مکرر، یکی از چندین وضعیت پایدار جایگزین را به‌عنوان نتیجه آتش‌سوزی نشان می‌دهند و معمولاً ساختارهای خاص بوم‌سازگان و ترکیب پوشش گیاهی را دارند که برای آتش‌سوزی مناسب است. نمونه‌هایی از این بوم‌سازگان‌ها شامل بیشتر مراتع، برخی بوته‌زارها و بسیاری از جنگل‌ها هستند. این سیستم‌های با آتش‌سوزی مکرر معمولاً تنوع زیستی زیادی دارند؛ مانند ساواناهای آفریقا، آمریکای جنوبی و ایالات متحده، بسیاری از بوم‌سازگان‌های مدیترانه‌ای در سطح جهانی، جنگل‌های کاج در آمریکای شمالی و مراتع با علف‌های بلند در سرتاسر جهان. ساختار و ترکیب این بوم‌سازگان‌ها زمانی که آتش برای مدت زمانی حتی به اندازه یک دهه حذف شود، از نظر عملکردی تضعیف یا کاهش می‌یابد. تکرار و تناوب تنها عامل مؤثر در حفظ پایداری ناشی از آتش نیست. فصل‌بندی (زمان‌بندی آتش‌سوزی‌ها) نقش مهمی ایفا می‌کند، زیرا فنولوژی گیاهی با آتش تعامل دارد و شرایط رطوبت در زمان آتش‌سوزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Loudermilk et al., 2022) که می‌تواند ترکیب جوامع پس از آتش‌سوزی و ویژگی‌های اشتعال‌پذیری آن‌ها را تعیین کند. حتی در بوم‌سازگان‌هایی که نمایانگر آتش‌سوزی‌های با دوره تکرار کم و با شدت زیاد هستند، مانند بوم‌سازگان‌های تحت سلطه آتش که سبب جایگزینی جنگل می‌شوند، مثل برخی از بوم‌سازگان‌های مدیترانه‌ای، آتش فرآیندی است که باید اتفاق بیفتد (گرچه به‌ندرت) تا عملکرد بوم‌شناختی این بوم‌سازگان‌ها و زیستگاه‌های حیاتی آن‌ها حفظ شود.

اصل ۴: رفتار و آثار آتش‌سوزی ترکیبی از عوامل پیش‌بینی‌پذیر و تصادفی در همه مقیاس‌های زمانی و مکانی است

پیش‌بینی آثار آتش‌سوزی در یک شیب از مکانیسم‌های علّی قطعی به تصادفی رخ می‌دهد. این شامل مکانیسم‌هایی است که آثار قطعی (مثلاً آثار گرمایش بر رطوبت ماده سوختنی) را به فرآیندهای تصادفی یا احتمالی (مثلاً الگوهای بارندگی پس از آتش‌سوزی یا پراکندگی بذر توسط حیات وحش) هدایت می‌کند. آثار احتمالی زمانی رخ می‌دهد که یک مکانیسم، در حالی

که در تئوری، به‌صورت حکایتی، یا با شواهد تجربی جزئی شناخته شده، باید نمایش داده شود، اما به‌دلیل کمبود نمی‌توان به‌طور کامل اندازه‌گیری کرد.

آتش‌سوزی گاهی به‌طور ساده به‌عنوان نتیجه ترکیب سه عامل حرارت، اکسیژن و سوخت توصیف می‌شود که به این فرضیه تقلیل‌گرایانه منجر می‌شود که با درک این اجزا می‌توان عوامل مؤثر بر آثار فوری آتش را توضیح داد. با این حال، آثار آتش در نهایت توسط تنوع پیچیده الگوهای فضایی-زمانی، مقدار حرارت منتقل شده به موجودات زنده و محیط فیزیکی و آثار بعدی آن انتقال انرژی تعیین می‌شود. پاسخ‌های بوم‌شناختی به انتقال این انرژی در طیفی از مکانیسم‌های تصادفی تا تعیین شده رخ می‌دهند که می‌توانند نسبت به آتش هم ذاتی و هم بیرونی باشند. برای مثال، مرگ یک گیاه ممکن است به‌دلیل تغییرات شدت آتش رخ دهد که خود ناشی از میلیون‌ها نوسان متوالی در تعامل آتش با جو و یا تغییرات جزئی در ویژگی‌های ماده سوختنی سطحی است، مانند مکان تصادفی افتادن یک سوزن کاج و قرار گرفتن آن در کنار یک لبه تیز علف. پاسخ‌های بوم‌شناختی قابل پیش‌بینی و ناشی از ویژگی‌های ذاتی گونه‌ها هستند، مانند جوانه‌زنی بذر تحریک شده توسط گرما و یا پوست محافظ. این نوع عوامل بوم‌شناختی می‌توانند به‌صورت مستقل یا در تعامل با یکدیگر عمل کنند و نتایج بوم‌شناختی ناشی از آتش را در مقیاس‌های مختلف شکل دهند.

اصل ۵: ایده‌ها، نهادها و تاثیرات انسانی به‌عنوان عامل کلیدی در مدیریت آتش است

رابطه بین انسان و آتش پیچیده و دیرینه است. برخلاف اکثر آشفتگی‌های طبیعی، آتش می‌تواند به طرق مختلف توسط انسان مورد استفاده قرار گیرد و اغلب به‌عنوان ابزاری محیط‌زیستی با نتایج قابل پیش‌بینی عمل می‌کند. در حالی که عوامل متعددی آتش را تنظیم می‌کنند، ایده‌ها، اخلاقیات و سیاست‌های انسانی به‌طور منحصربه‌فردی بر مدیریت آن در سراسر جهان تأثیر می‌گذارند. این امر سبب می‌شود که مدیریت انسانی آتش متمایز باشد و نیاز به رویکردی بین‌رشته‌ای داشته باشد که علوم طبیعی را با زمینه‌هایی مانند انسان‌شناسی، جغرافیا و علوم رفتاری تلفیق کند.

آتش به‌طور تاریخی ابزاری برای دستیابی به اهداف مختلف انسانی، از جمله اهداف زیستی، محیط‌زیستی یا فرهنگی بوده است. در عین حال، آتش‌های کنترل نشده خسارات قابل‌توجهی به جوامع انسانی و بوم‌سازگان‌ها وارد کرده‌اند. بنابراین دخالت انسانی همچنان یکی از محورهای اصلی تحقیقات و استراتژی‌های تطبیقی در بوم‌شناسی آتش خواهد بود، به‌ویژه در پاسخ به تغییرات محیطی و اقلیمی.

استفاده انسان های اولیه از آتش

هزاران سال پیش، انسان های اولیه آتش را مشاهده و تجربه کردند و اغلب از آتش طبیعی برای تأمین غذا استفاده می‌کردند. کنترل انسان بر آتش برای اهداف خانگی را می‌توان با اطمینان به دوران پلیستوسن میانی، بین ۳۰۰،۰۰۰ تا ۴۰۰،۰۰۰ سال قبل از زمان حاضر نسبت داد (Agam et al., 2021). شواهدی از کنترل آتش‌سوزی بالقوه بسیار زودتر نیز وجود دارد. در اواسط پارینه سنگی میانی (حدود ۱۵۰،۰۰۰ سال قبل) انسان‌ها در بسیاری از نقاط جهان به‌طور منظم آتش را مهار می‌کردند. همان‌طور که با افزایش زیاد رسوبات و مصنوعات مرتبط با آتش‌سوزی در اروپا بین ۱۳۰،۰۰۰ تا ۷۰،۰۰۰ سال پیش نشان داده شده است، استفاده‌ها به‌تدریج تکامل یافت و به اهداف متنوعی از جمله تامین گرما، حفاظت و نور برای سکونت در مناطق سردتر، بهبود شکار و تسهیل پخت غذا منجر شد. این تاریخ طولانی استفاده از آتش نشان دهنده تکامل جامعه و فرهنگ بشر است که به پیشرفت‌های تکنولوژیکی و فرهنگی منجر شده است. این موضوع در باورهای

ایدئولوژیک و دینی مردم سراسر جهان دیده می‌شود. برای هزاران سال و همچنان در امروز، جوامع بومی به‌طور فعال از آتش برای مدیریت پوشش گیاهی به‌دلایل مختلف استفاده می‌کنند، مانند فراهم کردن محافظت در برابر شکارچیان و انسان‌های دیگر، آماده‌سازی زمین برای کشاورزی و چراگاه و ترویج رشد گیاهان برای غذا، دارو، سرپناه، ساخت سبد و دیگر استفاده‌های عملی.

آغاز "آتش مضر"

برخلاف مثال‌های قبلی، دیدگاه یهودی -مسیحی درباره هادس (دنیای مردگان) و جهنم سبب ترس و دشمنی با آتش در بسیاری از سنت‌های اروپایی شد. در دوران استعمار اروپا در قرن‌های ۱۷ تا ۱۹، این ترس از آتش به سرزمین‌های جدید منتقل و به یک الگوی غالب تبدیل شد. این تغییر نگرش تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار داشت، از جمله استفاده گسترده از چوب در ساختارهای اروپایی و تصورات منفی در مورد آتش (مانند ارتباط‌های دینی با جهنم، دیدگاه‌های نژادپرستانه، تخریب طبیعت و غیره). به‌دنبال آن، توسعه فناوری‌های مؤثرتر کنترل آتش به‌تدریج آغاز شد. اغلب، این تغییرات به طراحی کمپین‌های اطلاع‌رسانی عمومی منجر شد که سوزاندن فرهنگی را جرم می‌انگاشتند. در بسیاری از مناطق مستعمره شده، استرالیا و آمریکای شمالی از معروف‌ترین نمونه‌ها هستند، مردم بومی به‌طور اجباری از سرزمین‌های اجدادی‌شان اخراج شدند و از انجام فعالیت‌های سنتی، از جمله سوزاندن فرهنگی، جلوگیری شد. سیماهای سرزمین وسیعی به پارک‌های ملی و سایر ذخیره‌گاه‌ها اختصاص داده شد تا طبیعت "بکر" آنها حفظ شده و از تخریب‌های انسانی محافظت شود. مدل‌های مدیریت جنگل‌های اروپایی که در اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ توسط بیشتر مستعمرات و جوامع اروپایی پذیرفته شد، جنگل‌ها را تنها به‌عنوان منابع چوب می‌دیدند و آتش را چیزی بی‌فایده، ویرانگر و غیرطبیعی می‌دانستند. رشد فناوری‌های مدرن آتش‌نشانی، شامل کامیون‌ها، هواپیماها، هلی‌کوپترها و سازمان‌های حرفه‌ای آتش‌نشانی، کارایی مهار آتش را افزایش و خطرات را کاهش داد و سبب شد این باور نادرست شکل بگیرد که کنترل کامل آتش در دسترس است. امروزه در اوایل قرن بیست و یکم، بیشتر کشورهای جهان همچنان به‌شدت از استفاده از آتش به‌عنوان ابزاری برای مدیریت بوم‌سازگان جلوگیری می‌کنند.

شناسایی "آتش مفید"

تا اواخر دهه ۱۹۶۰، تحقیقات فزاینده‌ای شروع به نشان دادن این نکته کردند که (۱) آتش، از جمله سوزاندن فرهنگی، نقش مهمی در بوم‌سازگان‌های طبیعی دارد و (۲) جلوگیری از آتش سبب بروز مجموعه‌ای از تاثیرات محیط‌زیستی مضر شده است (Leopold et al., 1963). این تحقیقات ابتدا در آفریقای جنوبی متمرکز بود، اما به‌زودی به کشورهای دیگری از جمله ایالات متحده، استرالیا، حوضه مدیترانه، شرق آفریقا و برزیل گسترش یافت. در ایالات متحده، ظهور تحقیقات بوم‌شناسی آتش با حرکت‌های محیط‌زیستی هم‌زمان شد و بر آن تأثیر گذاشت. تا اواسط دهه ۱۹۷۰، تمامی سازمان‌های فدرال مدیریت منابع و زمین‌های ایالات متحده از سیاست مهار کامل آتش دست کشیدند و مفهوم "مدیریت آتش بوم‌شناختی" را پذیرفتند. اخیراً دیدگاه‌های متمرکز بر اروپا شروع به تغییر کرده‌اند تا به این نکته اذعان کنند که مردم بومی و سوزاندن فرهنگی بخشی جدایی‌ناپذیر از سیستم اجتماعی- بوم‌شناختی و رژیم‌های آتش هستند، نه اینکه از آتش‌های ناشی از رعد و برق جدا باشند. با این حال، عوامل زیادی مانند برداشت نادرست مردم از نقش آتش در بوم‌سازگان‌ها و دلایل نهادی مانند رکود و انتقال مسئولیت به مدیران آتش، به ادامه مهار آتش کمک می‌کنند. به‌دلایل مختلف، مهار آتش همچنان در مدیریت

آتش در ایالات متحده حاکم است، به‌طوری‌که حدود ۹۸ درصد از تمام آتش‌سوزی‌های جنگلی در ایالات متحده قبل از رسیدن به ۱۲۰ هکتار خاموش می‌شوند (Calkin et al., 2005).

عوامل پیچیده

واژه "بحران" برای توصیف وضعیت کنونی آتش‌سوزی‌های جنگلی با توجه به تأثیر آن بر جوامع انسانی به‌کار می‌رود (برای مثال، استراتژی بحران آتش‌سوزی سرویس جنگل ایالات متحده). تفکیک عوامل مؤثر بر این توصیف از یکدیگر دشوار است، چرا که شامل تعاملات پیچیده‌ای بین تغییرات مواد سوختنی ناشی از دهه‌ها مهار آتش، تغییرات استفاده از زمین، گسترش مناطق حدواسط جنگل- شهر (WUI)، تغییرات اقلیمی و همچنین تغییر نگرش‌ها و فلسفه‌ها در رابطه آتش و انسان می‌شود. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد در مقیاس جهانی، مساحت آتش‌سوزی‌ها در چند دهه اخیر در واقع در حال کاهش است نه افزایش (Doerr and Santín, 2016). با این حال، تأثیر آتش بر جوامع انسانی در سطح جهانی همچنان در حال افزایش است، به‌ویژه با افزایش تداخل جمعیت‌ها، آتش و دود بین‌قاره‌ای. تغییرات اقلیمی و انتقال دود از آتش‌سوزی‌های بزرگ و طولانی‌مدت نشان می‌دهند که آثار آتش بر انسان‌ها فراتر از مرزهای آتش و مدت زمان سوختن آن گسترش می‌یابد.

به سوی تغییر الگو

مدیریت سنتی زمین و آتش ممکن است برای مقابله با آثار مجموعه سیاست‌ها و شیوه‌های مدیریت گذشته، تغییرات اقلیمی و گسترش توسعه‌های خارج از شهر در مناطق مستعد آتش آمادگی کافی نداشته باشد. مبارزه با آتش معمولاً منجر به افزایش بار ماده سوختنی و یکنواختی بیشتر پوشش گیاهی می‌شود که آتش‌سوزی‌های بزرگ‌تر، شدیدتر و خطرناک‌تری را به‌دنبال دارد. استفاده نوآورانه از شیوه‌های موجود می‌تواند در مقابله مؤثر با این چالش‌های پیچیده مفید باشد. بسیاری از سازمان‌ها و برنامه‌های موجود (مانند شبکه‌های یادگیری آتش، برنامه‌های توسعه همکاری، انجمن‌های آتش تجویز شده و تبادل‌های آموزشی آتش تجویز شده) ابزارهای بالقوه‌ای هستند که می‌توانند موانع استفاده گسترده از آتش عمدی در مدیریت پوشش گیاهی را برطرف کنند، به‌ویژه اگر با هم همکاری کنند و در شراکت‌های هماهنگ و مشترک برای ارزیابی رویکردهای نوین وارد شوند و فقط شیوه‌های موجود را گسترش ندهند. به‌طور مشابه، سازمان‌های غیردولتی، نهادهای دولتی و مؤسسات آموزشی می‌توانند نقش کلیدی در ارتباطات مؤثر جهانی در مورد نیاز به سیاست‌های انعطاف‌پذیر مدیریت آتش ایفا کنند. این مؤسسات برای آموزش عموم مردم در مورد استفاده عمدی از آتش به‌عنوان ابزاری برای از بین بردن تصورات غلط رایج درباره دوگانه آتش خوب- آتش بد بسیار مهم هستند. همچنین آن‌ها فرصت‌های منحصر به‌فردی برای ترویج مفاهیم تاب‌آوری بوم‌شناختی دارند، جایی که تمرکز بیشتر بر استفاده از مبنای تاریخی به‌عنوان نقاط مرجع یا نقشه‌های راه است تا رسیدن به نقاط پایانی. به‌طور ایده‌آل، مؤسسات آموزشی، نهادهای دولتی و فدرال و سازمان‌های غیردولتی باید به تقویت توانایی‌های همکاری میان‌رشته‌ای ادامه دهند تا پیچیدگی‌های بوم‌شناسی آتش را شناسایی و منتقل کنند.

نتیجه‌گیری

این اصول نشان می‌دهند که بوم‌شناسی آتش به حوزه‌های مختلفی از جمله بوم‌شناسی، زیست‌شناسی، دینامیک سیالات، انسان‌شناسی، علوم رفتاری و سیاست‌های عمومی مرتبط است. تعریف مبانی نظری این رشته به تضمین دقت علمی

بوم‌شناسی آتش کمک می‌کند. به‌عنوان مثال، گزارش آثار آتش با توجه به شرایط غیر زیستی و رفتار آتش، اصول ۲ و ۳ را پشتیبانی می‌کند. با مشخص کردن مبنای مفهومی این رشته، هدف ما تعیین استانداردهایی برای فرضیه‌سازی، آزمایش، مشاهده و تفسیر است. این اصول می‌توانند به توسعه نظریه کمک کرده و دیدگاه جامع‌تری نسبت به دامنه و اهمیت بوم‌شناسی آتش ارائه دهند. پنج اصل بیان‌شده در اینجا بوم‌شناسی آتش را به‌عنوان یک رشته مستقل و ضروری برای درک حیات بر روی زمین معرفی می‌کنند. آتش هم‌اکنون (و برای مدت‌های طولانی) جزئی از سیستم‌های اجتماعی انسان‌ها بوده و تحت تأثیر ارزش‌ها، تصمیم‌ها، قوانین و نیت‌های انسانی است که روابط انسان- آتش و پیامدهای بوم‌شناختی آن را شکل می‌دهند. این پیوند با انسان‌ها غیر قابل تفکیک است و هم پیوندهای تکاملی میان آتش و انسان و هم ارتباطات فرهنگی دیرینه آتش با جوامع انسانی که معمولاً در دانش بومی بازتاب می‌یابد را به رسمیت می‌شناسد. درک آثار آتش نه تنها به‌عنوان یک پدیده بیوفیزیکی، شیمیایی و اجتماعی یکپارچه، بلکه به‌عنوان تعامل پیچیده انتقال انرژی از طریق زیست‌توده، بر لزوم درک مکانیکی آتش و آثار آن بر تمامی اجزای بوم‌سازگان تأکید می‌کند. چنین درکی می‌تواند دو زیررشته‌ای را که به‌طور سنتی بوم‌شناسی آتش را بین علم احتراق و آثار آتش تقسیم کرده‌اند، به‌هم پیوند دهد. اگرچه انتظار بر این است که این اصول خلاصه‌ای جامع از دانش پایه‌ای بوم‌شناسی آتش باشند، اما می‌دانیم که با پیشرفت دانش، درک‌ها از این اصول نیز رشد خواهد کرد. هدف اصلی این است که این تلاش گفت‌وگویی مستمر و سازنده درباره این رشته ایجاد کند و تحقیق‌های آینده را برای پیشرفت سریع‌تر در دانش و مدیریت پایدار آتش در دنیای در حال تغییر آماده کند.

منابع

Agam, A., Azuri, I., Pinkas, I., Gopher, A., and Natalio, F. (2021). Estimating temperatures of heated lower palaeolithic flint artefacts. Nature Human Behaviour, 5 (2): 221–228. https://doi.org/10.1038/s41562-020-00955-z.

Baker, S.J., Dewhirst, R.A., McElwain, J.C., Haworth, M., and Belcher, C.M. (2022). CO2-Induced biochemical changes in leaf volatiles decreased fire-intensity in the run-up to the triassic-jurassic boundary. New Phytologist, 235 (4): 1442–1454. https://doi.org/10.1111/nph.18299.

Bond, W.J. (2019). Open Ecosystems: Ecology and Evolution beyond the Forest Edge. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198812456.001.0001. Accessed 14 Jan 2024.

Boyer, E.W., Wagenbrenner, J.W., and Zhang, L. (2022). Wildfire and hydrological processes. Hydrological Processes, 36 (7), e14640. https://doi.org/10.1002/hyp.14640.

Calkin, D.E., Gebert, K.M., Jones, J.G., and Neilson, R.P. (2005). Forest service large fire area burned and suppression expenditure trends, 1970–2002. Journal of Forestry, 103 (4): 179–183. https://doi.org/10.1093/jof/103.4.179.

Charles-Dominique, T., Beckett, H., Midgley, G.F., and Bond, W.J. (2015). Bud protection: a key trait for species sorting in a forest-savanna mosaic. New Phytologist, 207 (4): 1052–1060. https://doi.org/10.1111/nph.13406.

Dickman, L.T., Jonko, A.K., Linn, R.R., Altintas, I., Atchley, A.L., Bär, A., Collins, A.D., (2023). Integrating plant physiology into simulation of fire behavior and effects. New Phytologist, 238 (3): 952–970. https://doi.org/10.1111/nph.18770.

Doblas-Miranda, E., Alonso, R., Arnan, X., et al. (2017). A review of the combination among global change factors in forests, shrublands and pastures of the Mediterranean region: beyond drought effects. Global and Planetary Change, 148: 42–54. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.11.012.

Doerr, S.H., and Santín, C. (2016). Global trends in wildfire and its impacts: perceptions versus realities in a changing world. Philosophical Transactions of the Royal Society b. Biological Sciences, 371 (1696), 20150345. https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0345.

Fox, S., Sikes, B.A., Brown, S.P., Cripps, C.L., Glassman, S.I., Hughes, K., Semenova-Nelsen, T., and Jumpponen, A. (2022). Fire as a driver of fungal diversity - a synthesis of current knowledge. Mycologia, 114 (2): 215–241. https://doi.org/10.1080/00275514.2021.2024422.

Granath, G., Evans, C.D., Strengbom, J., Fölster, J., Grelle, A., Strömqvist, J., and Köhler, S.J. (2021). The impact of wildfire on biogeochemical fluxes and water quality in boreal catchments. Biogeosciences, 18: 3243–3261, https://doi.org/10.5194/bg-18-3243-2021.

He, T., Lamont, B.B., and Pausas, J.G. (2019). Fire as a key driver of earth's biodiversity. Biological Reviews, 94 (6): 1983–2010. https://doi.org/10.1111/brv.12544.

Keeley, J.E., Pausas, J.G., Rundel, P.W., Bond, W.J., and Bradstock, R.A. (2011). Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. Trends in Plant Science, 16: 406–411. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.04.002.

Keeley, J.E., and Pausas, J.G. (2022). Evolutionary ecology of fire. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 53 (1): 203–225. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102320-095612.

Kobziar, L.N., Vuono, D., Moore, R., Christner, B.C., Dean, T., Betancourt, D., Watts, A.C., Aurell, J., and Gullett, B. (2022). Wildland fire smoke alters the composition, diversity, and potential atmospheric function of microbial life in the aerobiome. ISME Communications, 2 (1), 8. https://doi.org/10.1038/s43705-022-00089-5.

Kobziar, L.N., Hiers, J.K., Belcher, C.M. et al. (2024). Principles of fire ecology. Fire Ecology, 20, 39. https://doi.org/10.1186/s42408-024-00272-0.

Ladino, J., Kobziar, L.N., Kredell, J., and Cohn, T.C. (2022). How nostalgia drives and derails living with wildland fire in the American West. Fire 5 (2): 53. https://doi.org/10.3390/fire5020053.

Lamont, B.B., Pausas, J.G., He, T., Witkowski, E.T.F., and Hanley, M.E. (2020). Fire as a selective agent for both serotiny and nonserotiny over space and time. Critical Reviews in Plant Sciences, 39 (2): 140–172. https://doi.org/10.1080/07352689.2020.1768465.

Lenton, T.M., Daines, S.J., and Mills, B.J.W. (2018). COPSE reloaded: an improved model of biogeochemical cycling over phanerozoic time. Earth-Science Reviews 178 (March): 1–28. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.12.004.

Leopold, A.S., et al. (1963). The Goal of Park Management in the United States. Wildlife Management in the National Parks. National Park Service. https://wwww.nps.gov/parkhistory/online_books/leopold/leopold.htm.

Loudermilk, E.L., O'Brien, J.J., Goodrick, S.L., Linn, R.R., Skowronski, N.S., and Hiers, J.K. (2022). Vegetation's Influence on Fire Behavior Goes beyond Just Being Fuel. Fire Ecology, 18 (1), 9. https://doi.org/10.1186/s42408-022-00132-9.

McLauchlan, K.K., Higuera P.E., Miesel J., Rogers B.M., Schweitzer J., Shuman J.K., Tepley A.J., et al. (2020). Fire as a fundamental ecological process: research advances and frontiers. Journal of Ecology, 108 (5):2047–2069. https://doi.org/10.1111/1365-2745.13403.

Murti, R., and Mathez-Stiefel, S. (2018). Social learning approaches for ecosystem-based disaster risk reduction. International Journal of Disaster Risk Reduction, 33: 433-440. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.09.018.

O'Brien, J.J., Hiers, J.K., Varner, J.M., Hoffman, C.M., Dickinson, M.B., Michaletz, S.T., Loudermilk, E.L., and Butler, B.W. (2018). Advances in mechanistic approaches to quantifying biophysical fire effects. Current Forestry Reports, 4 (4): 161–177. https://doi.org/10.1007/s40725-018-0082-7.

Pausas, J.G., and Keeley, J.E. (2009). A burning story: the role of fire in the history of life. BioScience, 59 (7): 593–601. https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10.

Pausas, J., and Ribeiro, E. (2017). Fire and plant diversity at the global scale. Global Ecology and Biogeography, 26: 889–97. http://dx.doi.org/10.1111/geb.12596.

Pausas, J.G., Lamont, B.B., Paula, S., Appezzato-da-Glória, B., and Fidelis, B. (2018). Unearthing belowground bud banks in fire-prone ecosystems. New Phytologist, 217 (4): 1435–48. https://doi.org/10.1111/nph.14982.

Roces-Díaz, J.V., Santín, C., Martínez-Vilalta, J., Doerr, S.H. (2021). A global synthesis of fire effects on ecosystem services of forests and woodlands. Frontires in Ecology and the Environment, 20(3): 170-178. https://doi.org/10.1002/fee.2349.

Safford, H.D., Butz R.J., Bohlman G.N., Coppoletta M., Estes B.L., Gross S.E., Merriam K.E., Meyer M.D., Molinari, N.A., and Wuenschel, A. (2021). Fire Ecology of the North American Mediterranean-Climate Zone. In Fire Ecology and Management: Past, Present, and Future of US Forested Ecosystems., 337–92. New York, NY: Springer.

Scott, A.C., and Glasspool, I.J. (2006). The Diversification of Paleozoic Fire Systems and Fluctuations in Atmospheric Oxygen Concentration. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103 (29): 10861–10865. https://doi.org/10.1073/pnas.0604090103.

Tepley, A.J., Thompson, J.R., Epstein, H.E., and Anderson-Teixeira, K.J. (2017). Vulnerability to Forest Loss through Altered Postfire Recovery Dynamics in a Warming Climate in the Klamath Mountains. Global Change Biology, 23 (10): 4117–4132. https://doi.org/10.1111/gcb.13704.

Varner, J.M., Shearman, T.M., Kane, J.M., Banwell, E.M., Jules, E.S., and Stambaugh, M.C. (2022). Understanding flammability and bark thickness in the genus pinus using a phylogenetic approach. Scientific Reports 12 (1), 7384. https://doi.org/10.1038/s41598-022-11451-x.

Wood, S.W., and Bowman, D.M.J.S. (2012). Alternative Stable States and the Role of Fire–Vegetation–Soil Feedbacks in the Temperate Wilderness of Southwest Tasmania. Landscape Ecology, 27 (1): 13–28. https://doi.org/10.1007/s10980-011-9677-0.

Introducing the Principles of wildfire Ecology

R. Jahdi*

- Associate Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

Abstract

Wildfire is an ancient, widespread, and complex phenomenon that affects most biomes and ecosystems worldwide. Wildfire ecology studies fires and fire regimes in forest, grassland, shrubland, and scrubland ecosystems. Wildfire ecologists demonstrate how changes in regime factors such as fire frequency, intensity, and extent can have beneficial or detrimental effects on ecosystems. They also study the interactions between fire and other ecological patterns and processes. Wildfire ecology is a complex system that can only be understood by integrating the biological, physical, and social sciences. Wildfire ecology studies the mechanisms and effects of fire at all spatial and temporal scales. However, the lack of clear and coherent concepts in wildfire ecology has influenced management decisions in this field and has left it open to misunderstanding and misperception. Wildfire ecology is recognized as a scientific discipline and its unique principles must be clearly stated to organize it. Most scientific disciplines have validated theories, rules, and principles that have been tested, discussed, and accepted by experts in the field. Such principles express a collective consensus on existing knowledge, help guide methods and principles, and reveal knowledge gaps in a coherent and structured manner. In this study, five principles of fire ecology are introduced and a framework is provided to support the knowledge gained in the development and continued impact of this field. With the increasing frequency and severity of fires in landscapes, a detailed explanation of the principles of fire ecology is an essential challenge that must be met to identify the ecological and evolutionary consequences of wildfires at different organizational levels.

Keywords: Ecosystems, Fire regime, Forest conservation, Landscape, Risk.

* Corresponding author Tel: +98 4531505147 Email: roghayeh.jahdi@uma.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

شبیه‌سازی ذخیره کربن آلی خاک در بوم سازگان‌های جنگلی

مریم اسدیان[۱]* و سید محمد حجتی[۲]

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری ایران.
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری ایران.

چکیده

تخریب جنگل و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و سایر فرم‌های زمین، متداول‌ترین اشکال تغییر کاربری اراضی جنگلی در مناطق مختلف کشور می‌باشد. در نتیجه تخریب جنگل‌ها و تغییر مساحت آنها بسیاری از مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دستخوش تغییر می‌شود. کربن آلی خاک از جمله مشخصاتی است که به‌شدت تحت تأثیر تغییر کاربری اراضی قرار می‌گیرد. مقدار کل کربن آلی موجود در خاک‌ها، تقریباً دو برابر موجودی کربن اتمسفر می‌باشد، بنابراین تغییر در کربن خاک، تأثیر بسزایی بر تغییر اقلیم برجای خواهد گذاشت. درک چگونگی تأثیرپذیری کربن آلی خاک به‌واسطه تغییر اقلیم آینده و کاربری اراضی، در مدیریت بهینه و پایدار بوم‌سازگان‌های طبیعی (به‌طور ویژه جنگل‌ها) بسیار حائز اهمیت است. به‌منظور مدیریت بهتر و برنامه‌ریزی بلندمدت برای چنین عرصه‌هایی، نیاز به مدل‌سازی تغییرات ذخیره کربن آلی خاک تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی در آینده است. در میان مدل‌های مختلف شبیه‌سازی کربن آلی خاک، مدل *RothC* از جمله پرکاربردترین مدل‌ها است. همچنین برای پیش‌بینی محتوی کربن آلی خاک در عمق‌های استاندارد خاک (۰-۲۵، ۲۵-۵۰ و ۵۰- ۷۵ سانتی‌متری) تحت دامنه‌ای از اقلیم و یا سناریوهای تغییر کاربری اراضی، مدل *Carbo Soil* به‌عنوان یک مدل تجربی توسعه یافته که نتایج خوبی را به‌همراه داشته است. علاوه بر این در سال‌های اخیر، مدل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین نیز به‌منظور پیش‌بینی ذخیره کربن آلی خاک استفاده شده است. این مدل‌ها نشان می‌دهند که با توجه به ورودی‌های دقیق و داده‌های محیطی می‌توان تغییرات ذخیره کربن آلی خاک را به‌طور دقیق پیش‌بینی کرد و راهکارهای مدیریتی موثری به‌منظور افزایش ذخایر کربن و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی به‌واسطه اجرای طرح‌های سازگار با تغییر اقلیم و با هدف حفاظت و بهبود پایداری این عرصه‌ها توسعه داد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، تغییر کاربری اراضی، کربن آلی خاک، مدل‌سازی.

مقدمه

تاریخ بشر حاکی از آثار مخرب رشد روز افزون جمعیت و به تبع آن رشد بی‌سابقه شهرها، صنعتی شدن، گسترش زمین‌های کشاورزی و تغییر کاربری اراضی است. در چهار دهه گذشته تغییرات کاربری اراضی در ایران با سرعت فزاینده‌ای در بعضی جهات نامطلوب به‌وقوع پیوسته است که سبب تشدید روند تخریب اراضی شده است. تخریب جنگل و تبدیل آن به اراضی

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۳۶۳۶۵۹۵۱۰ ایمیل: maryam.asadiyan23@gmail.com

کشاورزی و سایر فرم‌های زمین، متداول‌ترین اشکال تغییر کاربری اراضی جنگلی در مناطق مختلف ایران می‌باشد. در نتیجه تخریب جنگل‌ها و تغییر مساحت آنها بسیاری از مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دست‌خوش تغییر می‌شود. امروزه تخریب خاک به‌واسطه کاهش سطح جنگل‌ها، عملیات نامناسب کشاورزی، برداشت بیش از حد چوب و سایر فعالیت-های انسانی به‌عنوان بخشی از عوامل تخریب اراضی در مقیاس جهانی مطرح است.

کیفیت و کمیت مواد آلی خاک و به‌دنبال آن میزان ذخیره‌سازی یا هدر رفت کربن و نیتروژن خاک از جمله مشخصاتی است که به‌شدت تحت تأثیر چنین تغییراتی قرار می‌گیرند. در تحقیقی نتایج حاکی از آن بوده است که تغییر کاربری اراضی از بوم‌سازگان طبیعی مانند جنگل‌ها به زراعت، منجر به کاهش بیش از ۵۰ درصد از محتوای کربن آلی خاک شده است (Bruun et al., 2015). در کشور ما نیز تغییر در کاربری اراضی، به‌ویژه در طول قرن گذشته، کیفیت خاک، تولید محصول و پایداری محیط زیست را تحت تأثیر قرار داده است. به گونه‌ای که مطالعات حکایت از کاهش ۳۰ تا ۷۰ درصدی محتوای کربن آلی در کاهش شدید تولید محصول در سال‌های اول پس از تغییر کاربری اراضی از جنگل به کشاورزی در خاک‌های نواحی شمالی کشور دارد (Golchin et al., 2008). مقدار کل کربن آلی موجود در خاک‌ها، تقریباً دو برابر موجودی کربن اتمسفر می‌باشد، بنابراین تغییر در کربن خاک، تأثیر بسزایی بر تغییر اقلیم برجای خواهد گذاشت (Mondinia et al., 2012). اندوخته کربن آلی خاک نسبت به مدیریت و کاربری زمین فوق‌العاده حساس است. به‌طوری که در نتیجه تخریب جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی مقدار این منابع به‌شدت کاهش می‌یابد. کاهشی اندک در منابع کربن آلی خاک منجر به افزایش قابل توجه غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو و در نهایت گرم شدن کره زمین خواهد شد (Hojjati et al., 2023). سهم کاربری اراضی از مقدار کل انتشار گازهای گلخانه‌ای انسان ساخت تقریبا ۲۵٪ می‌باشد که از این مقدار ۱۰ تا ۱۴٪ مربوط به تولیدات کشاورزی (عمدتاً با انتشار از خاک و دامداری‌های مدیریت شده) و ۱۲ تا ۱۷٪ مربوط به تغییر پوشش زمین است (Shi et al., 2009). افزایش نگرانی‌ها درباره پدیده گرمایش جهانی ناشی از گازهای گلخانه‌ای و به تبع آن تغییرات محیطی و اقلیمی ایجاد شده در مقیاس جهانی و منطقه‌ای، منجر به افزایش توجه به ترسیب کربن در بوم‌سازگان‌های خشکی شده است (Sparg et al., 2008). نوع کاربری اراضی و سیستم‌های مدیریتی آنها، شرایط اقلیمی (Anaya-Romero et al., 2015)، بقایای محصولات، درجه حرارت، بارش، محتوی رس و کوبیدگی خاک، توپوگرافی (Parras-Alcantara et al., 2015) شیب و نوع پوشش گیاهی از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در توان ترسیب کربن خاک بوم‌سازگان به‌حساب می‌آیند (Cerda et al., 2014; Willaarts et al., 2016). درک چگونگی تأثیرپذیری کربن آلی خاک به‌واسطه تغییر اقلیم آینده و کاربری اراضی می‌تواند به مدیریت اراضی و به سیاست‌گذاران برای توسعه راهکارهای مناسب برنامه‌ریزی زمین کمک شایانی کند (Kutsch et al., 2009; Lugato et al., 2014). به‌منظور مدیریت بهتر بوم‌سازگان‌های طبیعی (به‌طور ویژه جنگل‌ها) و انسان‌ساخت و برنامه‌ریزی بلندمدت، نیاز به مدل‌سازی تغییرات ذخیره کربن آلی خاک تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی در آینده است. مدل‌های مختلفی در سرتاسر دنیا در مقیاس محلی یا منطقه‌ای برای ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی و مدیریتی بر ذخیره کربن آلی خاک به‌کار گرفته شده است؛ مانند Daisy، DayCent، CENTURY، RothC، Carbo Soil و مدل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین (Alvaro-Fuentes et al., 2012; Soleimani et al., 2017; Ouyang et al., 2014). مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی تغییرات ذخیره کربن آلی خاک تحت تأثیر کاربری‌های مختلف زمین و تغییرات اقلیمی، ابزاری برای درک عوامل پیشران و پیامدهای ناشی از تغییر کاربری‌های زمین بوده و نحوه این تغییرات را در طول مکان و زمان پیش‌بینی و تشریح می‌کند.

مواد و روش‌ها

ذخیره کربن آلی خاک (ترسیب کربن)

ترسیب کربن خاک به معنای انتقال دی اکسید کربن جو به مخازن زنده‌ای چون خاک و حفظ آن برای جلوگیری از تلفات سریع آن است (Rodrigues et al., 2023) میزان ترسیب کربن خاک بعد از اندازه‌گیری مشخصه‌هایی چون کربن آلی، چگالی ظاهری و درصد سنگلاخی و همچنین تعیین عمق نمونه برداری، با استفاده از رابطه:

$$SOC-S = (BDi \times Ci \times (1 - \%\ Stoninessi) \times ti)/10$$

محاسبه می‌شود، که در آن $SOCS$[1] ذخیره کربن آلی خاک در عمق موردنظر (مگاگرم در هکتار یا تن در هکتار)، BDi جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق (مگاگرم در مترمکعب)، Ci غلظت کربن در لایه (میلی‌گرم کربن در گرم خاک)، $Stoninessi$ درصد قطعات سنگی (قطعات بزرگتر از ۲ میلی‌متر در خاک) و ti ضخامت لایه i (مثلاً در لایه ۱۰-۰ سانتی متری $i= 10$) است (Razakamanarivo et al., 2011).

مدل‌های شبیه‌سازی کربن آلی خاک

در میان مدل‌های شبیه‌سازی کربن آلی خاک، مدل *RothC* از جمله پرکاربردترین مدل‌ها است. این مدل به‌دلیل سادگی و در دسترس بودن داده‌های ورودی آن و همچنین با توجه به اینکه به تعداد داده‌های محدودی برای مدل‌سازی نیاز دارد مورد توجه بسیاری از محققان قرار دارد (Coleman and Jenkinson, 2008; Francaviglia et al., 2012). لازم به‌ذکر است که برخی از این مدل‌ها ممکن است به تعدادی پارامترهای ورودی نیاز داشته باشند و یا اینکه نتوانند اثر عمق خاک را بررسی کنند. در این بین مدل دیگری به نام CarboSoil معرفی شده است (Munoz-Rojas et al., 2013). Carbo Soil یک مدل تجربی براساس تکنیک‌های رگرسیون است که به‌منظور پیش‌بینی محتوی کربن آلی خاک در عمق‌های استاندارد خاک (۲۵-۰، ۵۰-۲۵ و ۷۵- ۵۰ سانتی‌متری) تحت دامنه‌ای از اقلیم و یا سناریوهای تغییر کاربری اراضی توسعه پیدا کرده است (Lozano-Garcia et al., 2017). لازم به‌ذکر است که این مدل تحت وب می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که در هر دو مدل ذکر شده اثرات تغییر اقلیم با استفاده از مدل‌های مختلف گردش عمومی جو و تحت سناریوهای مختلف اقلیمی بر ذخیره کربن آلی خاک در کاربری‌های مختلف اراضی بررسی می‌شود. همچنین در سال‌های اخیر، مدل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین برای پیش‌بینی ذخیره کربن آلی خاک استفاده شده است. این مدل‌ها می‌توانند روابط غیرخطی پیچیده میان متغیرهای زیست‌محیطی و ذخایر کربن را شناسایی کنند. این روش‌ها امکان شناسایی مؤثرترین عوامل کنترل کننده تغییرات کربن آلی خاک را فراهم می‌کنند و در مدیریت پایدار جنگل‌ها کاربرد دارند.

تشریح مدل‌ها

ابتدا ورودی‌های مدل تهیه و مدل ترسیب کربن واسنجی (انجام فرآیند کالیبراسیون) می‌شود. سپس شبیه‌سازی صورت گرفته و اعتبارسنجی مدل نیز با استفاده از داده‌های ذخیره کربن آلی خاک به‌دست آمده طی نمونه‌برداری (داده‌های

1- Soil Organic Carbon Stock

اندازه‌گیری شده) انجام می‌شود. پس از تعیین اعتبار مدل، براساس سناریوهای مختلف اقلیمی و انتشار، وضعیت ترسیب کربن کاربری‌های مختلف در شرایط تغییر اقلیم در دوره‌های زمانی آینده میلادی شبیه‌سازی و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

مدل‌های اقلیمی

مدل اقلیمی ارائه ریاضی از فرآیندهای فیزیکی است که تعیین کننده اقلیم هستند. طی دهه‌های گذشته چندین گروه مطالعاتی و همچنین فعالیت‌های مشترک بین‌المللی از جمله هیئت بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC[1]) با استفاده از مدل‌های اقلیم جهانی، مجموعه‌ای از داده‌های پیش‌بینی شده از شرایط گذشته و آینده اقلیم جهان را ارائه کرده‌اند (IPCC, 2021). این مدل‌ها یکی از متداول‌ترین و مناسب‌ترین روش‌ها برای ارزیابی اقلیم آینده هستند، زیرا مدل‌های اقلیمی ابزاری مناسب برای مطالعه سازوکار تغییرات اقلیم گذشته و آینده هستند. هم‌اکنون در سطح جهان مراکز و مدل‌های گوناگونی برای پیش‌بینی وضعیت اقلیم دهه‌های آینده کره زمین با استفاده از سناریوهای انتشار، ساختار فیزیکی و محاسباتی وجود دارد (Kim et al., 2024).

سناریوهای اقلیمی

سناریوهای اقلیمی توسط یک کمیته علمی و زیر نظر هیئت بین دولتی تغییر اقلیم با هدف مهیا نمودن مجموعه‌ای از اطلاعات که از نتایج آن بتوان عوامل اصلی تغییرات اقلیمی را ردیابی و برای مدل‌های اقلیمی اعمال کرد، طراحی شده است. مدل‌های اقلیمی از نتایج این سناریوها برای نشان دادن غلظت و انتشار گازهای گلخانه‌ای و میزان آلودگی و تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌کنند. این سناریوها براساس نتایج حاصل از برخی فراسنج‌های اجتماعی- اقتصادی، تکنولوژیکی و همچنین میزان غلظت برخی گازها برای دهه‌های آینده طراحی شده‌اند. در سال ۲۰۰۰ محققان از گروه‌های مدل‌سازی مختلف، فرآیند توسعه سناریوهای جدیدی را برای شناخت چگونگی تغییرات کره زمین تا انتهای قرن ۲۱ شروع کردند. تلاش‌های قبلی در دهه ۱۹۹۰، منجر به توسعه سناریوهای SRES[2] شده بود که چهار خط سیر محتمل را برای جمعیت، رشد اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظر گرفته بودند. با این حال، به‌دلیل نواقص موجود در عدم لحاظ برخی تغییرات عمده در جوامع انسانی و اقتصاد جهانی که در دو دهه گذشته رخ داده بود، سناریوهای مذکور خیلی سریع از رده خارج شدند. پس از آن یک گروه از محققان سناریوهای واداشت تابشی (RCP[3]) را توسعه دادند که سطوح مختلف گازهای گلخانه‌ای و دیگر واداشت‌های تابشی را که ممکن بود در آینده رخ دهد، توسعه دادند. گروه دوم بر روی چگونگی تغییر عوامل اقتصادی- اجتماعی در قرن آتی متمرکز شدند. این عوامل شامل جمعیت، رشد اقتصادی، آموزش، شهرنشینی و توسعه فناوری بودند. به این سناریوها، سناریوهای مشترک اقتصادی اجتماعی (SSP[4]) گفته می‌شود. RCPها مسیرهایی را برای غلظت گازهای گلخانه‌ای و به‌ویژه مقدار گرمایشی که ممکن است در انتهای قرن حاضر رخ دهد، تعیین می‌کنند در حالی که SSPها شرایط ممکن برای حالات مختلف کاهش یا عدم کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را تعیین می‌کنند (Riahi et al., 2017).

1- Intergoverment panel on climate change
2- Special Report on Emissions Scenarios
3- Representative Concentration Pathway
4- Shared Socioeconomic Pathway

نتایج و تحلیل

ارائه و استفاده از مدل‌های پیش‌بینی یا شبیه‌سازی ذخیره کربن آلی خاک (CarboSoil و RothC) که تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم و کاربری اراضی اجرا می‌شوند، در مناطق مختلف جغرافیایی بسیار کارآمد و قابل اعتماد بوده است. گزارش‌های متعددی نشان داده‌اند که این مدل‌ها می‌تواند در دوره‌های مختلف زمانی و تحت سناریوهای مختلف اقلیمی روند تغییرات ذخیره کربن آلی خاک را در کاربری‌ها و پوشش‌های مختلف زمین و حتی در اعماق مختلف خاک به‌خوبی پیش‌بینی کنند. اکثر پژوهش‌ها در زمینه مدل‌سازی ذخیره کربن آلی خاک، روندی کاهشی را در میزان ذخیره کربن در لایه‌های سطحی خاک، در نتیجه تغییر کاربری یا پوشش عرصه‌های طبیعی جنگلی به سایر کاربری‌ها مانند اراضی کشاورزی، طی گذشت زمان و تحت سناریوهای مختلف اقلیمی گزارش کرده‌اند. Francaviglia et al. (2012) در پژوهشی تغییرات ذخیره کربن آلی خاک را در سیستم‌های جنگلی، مرتعی و کشاورزی در مناطقی با آب و هوای مدیترانه‌ای در ایتالیا مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه با استفاده از مدل *RothC* میزان کربن آلی خاک تا سال ۲۱۰۰ با استفاده از دو مدل گردش عمومی جو (GISS و HadCM3) در مناطق مورد مطالعه شبیه‌سازی و این مدل به‌عنوان ابزاری مناسب برای برآورد کربن آلی خاک در دوره‌های طولانی‌مدت معرفی شد. Soleimany et al. (2017) در مطالعه خود در رابطه با ارزیابی مدل *RothC* با استفاده از پوشش‌های مختلف (جنگل طبیعی و چهار توده جنگل‌کاری شده) تحت سناریوهای اقلیمی متفاوت در جنگل دارابکلا ساری گزارش کردند که مدل *RothC* قابلیت به‌کارگیری در جنگل‌های شمالی کشور را دارد. همچنین گزارش کردند که با توجه به نتایج حاصله، به‌طور کلی تحت تمام سناریوهای اقلیمی (RCP2.6, RCP8.5) و پوشش‌های مختلف، توان ذخیره کربن خاک تا سال ۲۰۹۹ با کاهش نسبی مواجه خواهد شد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که بیش‌ترین میزان ذخیره کربن آلی خاک شبیه‌سازی شده مربوط به جنگل‌کاری‌های توسکا و زربین تحت سناریو اقلیمی RCP2.6 و کم‌ترین مقدار آن مربوط به جنگل‌کاری‌های افرا و بلوط تحت سناریوی اقلیمی RCP8.5 است. Bakhshandeh et al. (2022) در پژوهش خود با عنوان تبدیل کاربری اراضی، تغییر اقلیم و ذخیره کربن آلی خاک در شمال ایران، از مدل *RothC* برای ارزیابی تغییرات در ذخایر کربن آلی و اثر تغییر اقلیم بر ذخیره کربن پس از تبدیل جنگل‌های طبیعی به باغ‌های مرکبات با سنین مختلف استفاده کردند. نتایج این بررسی نشان داد که تحت شرایط تغییر اقلیم (۲۰۴۸-۲۰۱۹) ذخایر کربن آلی تحت تأثیر هر دو سناریو انتشار (RCP4.5 و RCP8.5) در جنگل‌های طبیعی (۰/۱۶-۰/۱۳ مگاگرم کربن در هکتار در سال) کاهش یافته است، اما در باغات مرکبات میزان کاهش کم‌تر (۰/۱۱-۰/۱۰ مگاگرم کربن در هکتار در سال) بوده است. Lozano et al. (2016) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم بر ذخیره کربن آلی خاک در اسپانیا مشاهده کردند که مدل CarboSoil دارای کارایی بسیار خوبی در پیش‌بینی ذخیره کربن آلی خاک در کاربری‌های مختلف می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق حاکی از آن بوده است که ذخیره کربن آلی خاک در بین دوره‌های مختلف زمانی، سناریوهای مختلف تغییر اقلیم IPCC SRES (A2, A1b, B1) و تغییر کاربری دارای تفاوت معنی‌داری بوده است. به‌طوری که بیش‌ترین کاهش میزان ذخیره کربن آلی خاک مربوط به دوره زمانی طولانی‌مدت (دوره زمانی ۲۱۰۰ میلادی) و عمق خاک بیش‌تر (۷۵-۵۰ سانتی‌متری) و کاربری کشت‌زارهای زیتون در مقایسه با کاربری‌های جنگل بلوط و زمین کشاورزی بوده است. اسدیان و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهش خود تحت عنوان شبیه‌سازی ذخیره کربن آلی خاک تحت تأثیر کاربری اراضی و تغییرات اقلیم در جنگل‌های هیرکانی مرکزی با تنوع کاربری (جنگل خالص راش، جنگل غیر تولیدی، توده دست‌کاشت ون، توده دست‌کاشت کاج و زمین کشاورزی) گزارش کردند که طبق نتایج خروجی مدل‌های پیش‌بینی شده (CarboSoil و RothC)، کم‌ترین مقدار نرخ کاهشی ذخیره کربن آلی خاک طی بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۱۰۰

میلادی، در کاربری جنگل‌کاری کاج سیاه و بیش‌ترین مقدار آن به‌ترتیب در کاربری زمین کشاورزی و جنگل‌کاری ون برآورد شده است. بررسی درصد نرخ کاهشی ذخیره کربن آلی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه، بیانگر حساسیت کمتر جنگلکاری کاج (با کم‌ترین نرخ کاهش ذخیره کربن آلی خاک) و حساسیت بیش‌تر جنگلکاری ون و زمین کشاورزی (با بیش‌ترین نرخ کاهش ذخیره کربن آلی خاک) نسبت به تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بوده است. همچنین در همین مطالعه مقایسه ذخیره کربن آلی خاک در بین اعماق مختلف، نتایج متفاوتی را نشان داده است. به‌طوری که با حرکت از لایه‌های سطحی به لایه‌های میانی خاک، مقدار این مشخصه کاهش و برخلاف انتظار در لایه‌های عمیق‌تر خاک مقدار آن افزایش پیدا کرده است. براساس یافته‌های به‌دست آمده در زمینه شبیه‌سازی ذخیره کربن آلی در اعماق مختلف خاک تحت تأثیر تغییر اقلیم (مدل CarboSoil)، افزایش مقدار این مشخصه در لایه های پایینی خاک را می‌توان به‌عنوان پاسخی به تغییرات ایجاد شده در نتیجه تغییر اقلیم (اقلیمی، ادافیکی و محیطی) به‌منظور سازگاری با محیط قلمداد کرد. حجتی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه خود در رابطه با برآورد ترسیب کربن و تنفس خاک جنگل با استفاده از مدل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین در جنگل‌های شرق استان مازندران گزارش کردند که مدل جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان به‌ترتیب بیشترین عملکرد را در برآورد ترسیب کربن و تنفس خاک نشان داده‌اند. همچنین Mohammadzadeh et al. (2020) در مطالعه خود تحت عنوان پیش‌بینی مکانی ذخیره کربن آلی خاک با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین در غرب ایران بیان کردند که مدل جنگل تصادفی در مقایسه با سایر الگوریتم‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی توزیع مکانی ذخیره کربن آلی خاک بهترین عملکرد را داشته است. نتایج این مطالعه حاکی از آن بوده است که تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی منجر به کاهش قابل توجه ذخیره کربن آلی خاک شده و مدیریت مناسب کاربری اراضی، افزایش مقدار این ذخایر در خاک را به‌همراه خواهد داشت. طبق نتایج مطالعات انجام شده، مدل‌های شبیه‌سازی ابزارهای بسیار کارآمدی برای درک ارتباط بین شیوه‌های مختلف مدیریتی و تاثیر آنها بر روند تغییرات ذخیره کربن آلی خاک در بوم سازگان‌های جنگلی می‌باشد. این مدل‌ها نشان می‌دهند که با توجه به ورودی‌های دقیق و داده‌های محیطی می‌توان تغییرات ذخیره کربن آلی خاک را به‌طور دقیق پیش‌بینی کرد و راهکارهای مدیریتی موثری برای افزایش ذخایر کربن و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی به‌واسطه اجرای طرح‌های سازگار با تغییر اقلیم و با هدف حفاظت و بهبود پایداری این عرصه‌ها ارائه داد.

پیشنهادات

با توجه به اهمیت تغییر اقلیم و اثرات آن بر بوم‌سازگان جنگلی، برای پیش‌بینی وضعیت آینده این بوم‌سازگان، در نظر گرفتن عرصه‌هایی به‌عنوان پایلوت (انواع کاربری‌ها و پوشش‌های مختلفی جنگلی) و انجام نمونه‌برداری‌هایی دقیق از عرصه در طول سال‌های مختلف (طرح پایش عرصه‌ها) پیشنهاد می‌شود. همچنین در راستای سازگاری بوم‌سازگان‌های جنگلی با تغییرات اقلیمی، افزایش تنوع ساختاری در جنگل (تلفیق کشت گونه‌هایی با پتانسیل متفاوت در ترسیب دی اکسید کربن جو)، توسعه پروژه‌های جنگل‌کاری و کاشت گونه‌هایی با توان زیاد جذب کربن در زیست‌توده و خاک پیشنهاد می‌شود.

منابع

اسدیان، م.، حجتی، س.م.، محمدزاده، م.، نادی، م.، (۱۴۰۱). شبیه‌سازی ذخیره کربن آلی خاک تحت تأثیر کاربری اراضی و تغییرات اقلیم در جنگل‌های هیرکانی مرکزی، رساله دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۲۲۰ ص.

حجتی، س.م.، تفضلی، م.، اسدیان، م.، بالویی، ع.، (۱۴۰۱). برآورد ترسیب کربن و تنفس خاک با استفاده از مدل های مبتنی بر یادگیری ماشین در جنگل های شرق استان مازندران، فصلنامه علمی پژوهش و توسعه جنگل، ۸ (۴): ۳۷۱-۳۸۸.

Alvarez, R. and Alvarez. C. (2001). Temperature Regulation of Soil Carbon Dioxide Production in the Humid Pampa of Argentina: Estimation of Carbon Fluxes under Climate Change. Biology and Fertility of Soils, 34 (4): 85–282.

Anaya-Romero, M., Abd-Elmabod, S.K., Muñoz-Rojas, M., Castellano, G., Ceacero, C.J., Alvarez, S., Méndez M. and De la Rosa, D. (2015). Evaluating soil threats under climate change scenarios in the Andalucia region, Southern Spain. Land Degrad. Dev, 26: 441–449.

Bakhshandeh, E., Zeraatpisheh, M., Soleimani, A. and Francaviglia, R. (2022). Land use conversion, climate change and soil organic carbon: Modeling a citrus garden chronosequence in Northern Iran, Geoderma Regional, Vol. 30.

Bruun,T. B., Elberling, B., Neergaard, A. and Magid, J. (2015).“Organic carbon dynamics in different soil types after conversion of forest to agriculture,” Land Degradation, Development, 26 (3): 272–283.

Cerdá, A., GiménezMorera, A., García Orenes, F., Morugán, A., González Pelayo, O., Pereira, P., Novara, A. and Brevik, E.C. (2014). The impact of abandonment of traditional flood irrigated citrus orchards on soil infiltration and organic matter. In: Arnáez, J., González- Sampériz, P., Lasanta, T., Valero-Garcés, B.L. (Eds.), Geoecología, Cambio Ambiental Y Paisaje: Homenaje Al Profesor José María García Ruiz. Instituto Pirenaico

Coleman, K. and Jenkinson, D.S. (2008). RothC-26.3: A model for the turnover of carbon in soil, Model description and windows users guide, Rothamsted Research, Harpenden Herts, 47 p, Available at http://www.rothamsted. bbsrc.ac.uk/aen/carbon/ mod26_3_win.pdf.

de Ecología, Zaragoza, 267–276.

Francaviglia, R., Coleman, K., Whitmore, A.P., Doro Urracci, L., Rubino, G. and Ledda, L. (2012). Changes in soil organic carbon and climate change – Application of the RothC model in agro-silvo-pastoral Mediterranean systems. Agricultural Systems, 112: 48-54.

Golchin, A. and Asgari, H. (2008). Land use effects on soil quality indicators in northeastern Iran. Australian Journal of Soil Research, 46: 27–36**.**

Hojjati, S.M., Tafazoli, M., Asadian, M. and Baluee, A. (2023). Soil respiration and carbon stock in response to land use changes in the temperate forest of northern Iran. Environmental Earth Science, Vol. 82. 413. https://doi.org/10.1007/s12665-023-11112-w.

IPCC, (2021): Climate Change 2021: The physical science basis: Working group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, 881 pp.

Kutsch, W.L., Bahn, M. and Heinemeyer, A. (2009). Soil carbon relations: an overview. In: Kutsch, W.L., Bahn, M., Heinemeyer, A. (eds.), Soil Carbon Dynamics: An Integrated Methodology. Cambridge University Press, Cambridge, 1–15 pp.

Lozano-Garcia, B., Munoz – Rojas, M. and Parras-Alcantara, L. (2017). Climate and land use changes effects on soil organic carbon stocks in a Mediterranean semi-natural area. Science of the Total Environment, 579: 1249-1259.

Lugato, E., Panagos, F., Bampa, P., Jones, A. and Montanarella, L. (2014). A new baseline of organic carbon stock in European agricultural soils using a modelling approach. Glob. Chang. Biol, 20: 313–326.

Mahmoudzadeh, H., Matinfar, H.R., Taghizadeh-Mehrjardi, R. and Kerry, R. (2020) Spatial prediction of soil organic carbon using machine learning techniques in wester Iran, Geoderma Regional, Vol. 21.

Mondinia, C., Coleman, K. and Whitmore, A.P. (2012). Spatially explicit modelling of changes in soil organic C in agricultural soils in Italy, 2001–2100: Potential for compost amendment, Agriculture, Ecosystems and Environment, 153: 24- 32.

Muñoz-Rojas, M. , Jordán, A., Zavala, L.M., González-Peñaloza, F.A., De la Rosa, D., Pino- Mejias, R. and Anaya-Romero, M. (2013). Modelling soil organic carbon stocks in global change scenarios: a CarboSOIL application. Biogeosciences, 10: 8253–8268.

Ouyang, W. Y., Shan, F., Hao and Lin, C. (2014). Differences in soil organic carbon dynamics in paddy fields and drylands in Northeast China using the CENTURY model. Agric. Ecosyst. Environ. 194, 38–47- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P., Smith, P., 2016. Climate-smart soils. Nature, 532: 49–57.

Parras-Alcántara, L., Díaz-Jaimes, L. and Lozano-García, B. (2015). Management effects on soil organic carbon stock in Mediterranean open rangelands-treeless grasslands. Land Degrad. Dev, 26 (1): 22–34. http://dx.doi.org/10.1002/ldr.2269.

Razakamanarivo, R.H., Grinand, C., Razafindrakoto, M.A., Bernoux, M. and Albrecht, A. (2011). Mapping organic carbon stocks in eucalyptus Plantation of the central highlands of Madagascar: A multiple regression approach. Geoderma, 162: 335-346.

Riahi, K., Grübler, A. and Nakicenovic, N. (2007). Scenarios of long-term socioeconomic and environmental development under climate stabilization. Technol. Forecast. Soc. Change, 74: 887–935. doi:10.1016/j.techfore.2006.05.026.

Rodrigues, C.I.D., Brito, L.M. and Nunes, L.J.R. (2023). Soil Carbon Sequestration in the Context of Climate Change Mitigation: A Review. Soil Systems, 7 (3): 64. https://doi.org/10.3390/soilsystems7030064.

Shi, X.Z., Wang, H.J., Yu, D.S., Weindorf, D.C., Cheng, X.F., Pan Sun, X.Z. and Chen, J.M. (2009). Potential for soil carbon sequestration of eroded areas in subtropical China. Soil, Tillage Research, 105 (2): 322-327.

Soleimani, A., Hosseini, S.M., Massah Bavani, A.R., Jafari, M. and Francaviglia, R. (2017). Simulating soil organic carbon stock as affected by land cover change and climate change, Hyrcanian forests (northern Iran), Science of The Total Environment, Vol. 599–600. 1646-1657.

Spargo, J.T.M., Alley, M.F., Follett, R.V. and Wallace, J. (2008). Soil carbon sequestration with continuous no-till management of grain cropping systems in the Virginia coastal plain. Soil, Tillage Research, 100 (1): 133-140.

Willaarts, B.A., Oyonarte, C., Muñoz-Rojas, M, Ibáñez, J.J. and Aguilera, P.A. (2016). Environmental factors controlling soil organic carbon stocks in two contrasting Mediterranean climatic areas of southern Spain. Land Degrad. Dev. http://dx.doi.org/10.1002/ ldr.2417.

Yong, T.k., Jae-Ung, Y., Tae-Woong, k. and Hyun-Han, K. (2024). A novel approach to a multi-model ensemble for climate change models: Perspectives on the representation of natural variability and historical and future climate, Weather and Climate Extremes, Vo. 44. 100688.

Simulation of Soil Organic Carbon Storage in Forest Ecosystems

M. Asadian[1*] and S.M. Hojjati[2]

1- Ph.D. of Forest Science, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2- Prof., Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

Abstract

Deforestation and conversion of forests into agricultural lands and other land-use forms are the most common types of forest land-use change in various regions of the country. As a result of forest degradation and changes in forest area, many physical, chemical, and biological properties of soil undergo significant alterations. Soil organic carbon (SOC) is one of the characteristics highly affected by land-use changes. The total amount of organic carbon in soils is approximately twice the carbon stock in the atmosphere; therefore, any change in soil carbon has a significant impact on climate change. Understanding how soil organic carbon is influenced by future climate change and land-use practices can greatly aid in the optimal and sustainable management of natural ecosystems, particularly forests. To improve management and plan long-term strategies for such areas, it is necessary to model changes in SOC storage under the influence of future climate change and land-use practices. Among the various SOC simulation models, the RothC model is one of the most widely used. Additionally, for predicting SOC content at standard soil depths (0-25 cm, 25-50 cm, and 50-75 cm) under a range of climate or land-use change scenarios, the Carbo Soil model, as an empirical model, has shown promising results. In recent years, machine learning-based models have also been employed to predict SOC storage. These models demonstrate that with accurate inputs and environmental data, SOC changes can be precisely forecasted, enabling the development of effective management strategies. Such strategies can increase carbon stocks and mitigate the effects of climate change through climate-adaptive projects aimed at conserving and improving the sustainability of these ecosystems.

Keywords: Climate Change, Land-Use Change, Soil Organic Carbon, Modeling.

*Corresponding author Tel: +98 9363659510 Email: maryam.asadiyan23@gmail.com

اثرات جنگل درمانی بر سلامت جسم و روان

نازنین غربی*[۱]، زهرا زمانی[۱] و سید رستم موسوی میرکلا[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.

چکیده

با گسترش شهرنشینی و صنعتی شدن جوامع تاثیرات این پیشرفت در زندگی انسان به شکل‌های مختلف نمود پیدا کرد. بیشتر این تاثیرات به صورت منفی زندگی و سلامت انسان‌ها را در معرض خطر قرار داد و تعادل بین نیمکره چپ و راست انسان‌ها بهم خورد و انسان را نیازمند منابعی کرد که بتواند به نوعی سبب تمدد اعصاب او شود. سلامت انسان در گرو ارتباط متقابل بین دو نیمکره راست و چپ مغز می‌باشد و این تعادل سبب آسایش فکری و حفظ تعادل داخلی می‌شود. از طبیعت برای آرامش عصبی و روانی خود سود می‌جوییم. بعضی از این درختان از خود ماده‌ای ترشح می‌کنند که خاصیت میکروب‌کشی و قارچ‌کشی دارد. از اصول جنگل درمانی می‌توان به غوطه‌وری حسی در طبیعت، حرکات آهسته و آگاهانه، تنفس عمیق و آرام، اتصال ذهنی با طبیعت نام برد. از مزایای جنگل درمانی می‌توان به کاهش استرس و اضطراب، تقویت سیستم ایمنی، بهبود سلامت روان، تقویت سلامت قلب و عروق، بهبود تمرکز و توجه اشاره کرد.

واژگان کلیدی: سلامت روان، سلامت جسم، شهرنشینی، طبیعت درمانی.

مقدمه

جنگل‌درمانی یا طبیعت‌درمانی (Forest Therapy) یک روش درمانی مبتنی بر طبیعت است که هدف آن بهبود سلامت جسمی، روانی و اجتماعی از طریق تعامل عمیق با محیط‌های طبیعی، به‌ویژه جنگل‌ها است. این روش از ترکیب سنت‌های قدیمی، علم مدرن و فلسفه‌های طبیعت‌محور الهام گرفته شده و امروزه به‌عنوان روشی مؤثر برای مقابله با چالش‌های زندگی مدرن شناخته می‌شود. جنگل درمانی که به عنوان طبیعت درمانی یا حمام جنگل یا Shinrin-yoku نیز شناخته می‌شود، یک عمل درمانی است که از تجربیات غوطه ور در محیط های طبیعی برای افزایش سلامت جسمی و روانی استفاده می‌کند. این مداخله به عنوان یک رویکرد کلی‌نگر اهمیت پیدا کرده است. با افزایش شهرنشینی و بحران رو به رشد سلامت روان، جنگل درمانی یک گزینه مناسب برای افرادی است که به دنبال روش‌های جایگزین برای بهبود سلامت خود از طریق طبیعت هستند. تحقیقات طیف وسیعی از مزایای فیزیولوژیکی مرتبط با جنگل درمانی را برجسته می‌کند، مانند کاهش ضربان قلب، کاهش فشار خون و بهبود عملکرد سیستم ایمنی که عمدتاً به استنشاق ترکیبات شیمیایی فیتونسیدها که توسط درختان منتشر می‌شود نسبت داده می‌شود و نشان داده شده که آرامش و کاهش استرس را تقویت می‌کند (Davies

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۰۵۲۶۳۶۲۷۹ ایمیل: nazanin.gharbi2021@gmail.com

et al., 1993; Wuzer and Brown, 2023). علاوه بر این، مطالعات نشان می‌دهد که مشارکت منظم در جنگل‌درمانی می‌تواند به مدیریت شرایط سلامت، از جمله دیابت و بیماری‌های قلبی عروقی، با افزایش پاسخ‌های فیزیولوژیکی و تشویق شیوه‌های زندگی سالم‌تر کمک کند (Anonymos, 2022; Wuzer and Brown, 2023). تاثیر روان‌شناختی جنگل‌درمانی به همان اندازه قابل توجه است، با شواهدی که نشان می‌دهد به طور مؤثر علائم اختلالات سلامت روان، از جمله افسردگی و اضطراب را کاهش می‌دهد. شرکت کنندگان افزایش احساس رفاه، افزایش هوشیاری و بهبود استراتژی‌های مقابله‌ای را گزارش کردند که می‌تواند به رضایت بیشتر از زندگی و انعطاف‌پذیری عاطفی کمک کند (Davies et al., 1993; Wuzer and Brown, 2023). به این ترتیب، جنگل درمانی نه تنها سلامت فردی را ارتقا می‌دهد، بلکه ارتباطات اجتماعی را نیز تقویت می‌کند و مزایای جمعی را ارائه می‌دهد که می‌تواند به مبارزه با احساس انزوا و افزایش مشارکت جامعه کمک کند.

ارتباط انسان با طبیعت سابقه‌ای طولانی در فرهنگ‌ها و تمدن‌های مختلف دارد. در ایران اشعار شاعران بزرگ مانند حافظ، سعدی و خیام مملو از اشاره به طبیعت به‌عنوان عنصری برای آرامش روح است. این پیوند با طبیعت بخشی از زندگی ایرانیان بوده که در ادبیات و هنر بازتاب یافته است. در اروپا در قرن نوزدهم، پزشکان اقامت در مناطق کوهستانی و جنگلی را برای بیماران مبتلا به بیماری‌های مزمن مانند سل تجویز می‌کردند (Hansen et al., 2017). همچنین بومیان آمریکا از طبیعت به‌عنوان منبع شفابخش در مراسم‌های آیینی و درمانی استفاده می‌کردند (Taylor and Kuo, 2009). به این ترتیب، جنگل درمانی نه تنها سلامت فردی را ارتقا می‌دهد، بلکه ارتباطات اجتماعی را نیز تقویت می‌کند و مزایای جمعی را ارائه می‌دهد که می‌تواند به مبارزه با احساس انزوا و افزایش مشارکت جامعه کمک کند.

اصول و مبانی جنگل‌درمانی

جنگل‌درمانی فراتر از پیاده‌روی ساده در طبیعت است و شامل اصول و روش‌های خاصی است که برای بهره‌مندی بیشتر از مزایای طبیعت طراحی شده‌اند. از جمله این اصول می‌توان به غوطه‌وری حسی در طبیعت (Park et al., 2010)، حرکات آهسته و آگاهانه، تنفس عمیق و آرام و اتصال ذهنی با طبیعت (Hansen et al., 2017) اشاره نمود. غوطه‌وری حسی در طبیعت بهره‌گیری از تمامی حواس (لمس، بوییدن، شنیدن، دیدن و حتی چشیدن) برای تجربه محیط می‌باشد. برخلاف ورزش یا کوه‌نوردی، جنگل‌درمانی بر حرکت آهسته و هماهنگ با محیط تأکید دارد. هوای تمیز جنگل سرشار از اکسیژن و ترکیبات گیاهی مانند فیتونسایدها است که تأثیر مثبتی بر سیستم تنفسی و ایمنی دارد. جنگل‌درمانی شامل تمرینات ذهن‌آگاهی و مراقبت برای تقویت ارتباط ذهنی با طبیعت است.

مزایای جنگل درمانی

از مزایای جنگل درمانی می‌توان به کاهش استرس و اضطراب، تقویت سیستم ایمنی، بهبود سلامت روان، تقویت سلامت قلب و عروق، بهبود تمرکز و توجه اشاره نمود. تحقیقات نشان داده‌اند که جنگل‌درمانی سطح کورتیزول (هورمون استرس) را کاهش داده و آرامش روانی را افزایش می‌دهد. مطالعه‌ای در ژاپن نشان داد که افرادی که در جنگل‌ها وقت می‌گذرانند، ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش استرس را تجربه می‌کنند (Park et al., 2010). درختان ترکیباتی به نام فیتونساید ترشح می‌کنند که خاصیت ضدباکتری و ضدویروسی دارند. این ترکیبات سبب افزایش تعداد و فعالیت سلول‌های کشنده طبیعی (NK Cells) در بدن می‌شوند که نقش مهمی در مبارزه با بیماری‌ها دارند (Li, 2018). جنگل‌درمانی به کاهش علائم افسردگی، اضطراب،

و خستگی ذهنی کمک می‌کند. افرادی که زمان بیشتری در طبیعت می‌گذرانند، احساس شادی و خلاقیت بیشتری دارند (Hansen et al., 2017). مطالعات نشان داده‌اند که حضور در طبیعت سبب کاهش فشار خون، ضربان قلب و سطح کلسترول می‌شود (Lee et al., 2012). طبیعت، به‌ویژه محیط‌های آرام جنگلی، تأثیر مثبتی بر عملکرد شناختی، حافظه کوتاه‌مدت و توانایی تمرکز دارد. این اثر به‌ویژه برای کودکانی که دچار اختلال کم‌توجهی و بیش‌فعالی (ADHD) هستند، مفید است (Taylor and Kuo, 2009). همچنین مطالعات نشان داده است که محیط‌های طبیعی نیز نقش مهمی در تقویت ارتباطات اجتماعی دارند. فضاهایی مانند پارک‌ها و جنگل‌ها تعاملات اجتماعی را در میان گروه‌های مختلف، از جمله جمعیت‌های آسیب‌پذیر مانند کودکان، سالمندان و افراد دارای معلولیت تسهیل می‌کنند (Davies et al., 1993). این محیط‌ها فرصت‌هایی را برای مشارکت اجتماعی و توسعه شخصی فراهم می‌کنند که برای پرورش احساس تعلق و کاهش احساس انزوا ضروری هستند (Davies et al., 1993; Wuzer and Brown, 2023). با ترویج فعالیت‌های در دسترس در محیط‌های طبیعی، برنامه‌ها می‌توانند نیازهای مختلف را برآورده کنند، یکپارچگی اجتماعی را تقویت کنند و فرصت‌های یادگیری مادام‌العمر را برای شرکت‌کنندگان تقویت کنند (Davies et al., 1993). این جنبه اجتماعی جنگل درمانی بر ارتباط متقابل سلامت جسمی، روانی و جامعه تاکید می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه طبیعت به عنوان منبعی ارزشمند برای رفاه کل‌نگر عمل می‌کند.

مراحل جنگل درمانی

از مراحل جنگل درمانی می‌توان به مواردی مانند انتخاب محیط مناسب، آماده سازی ذهنی، شناخت و استفاده از حواس پنج‌گانه و پایان با تأمل اشاره نمود. در مورد محیط مناسب، جنگلی با تنوع زیستی زیاد، سکوت و دور از هیاهوی شهری بهترین گزینه است. آماده سازی ذهنی به معنی استراحت و تنظیم تنفس و آماده کردن ذهن برای این کار می‌باشد (Hansen et al., 2017). استفاده از حواس پنجگانه شامل بوییدن برگ‌ها و گل‌ها، لمس تنه درختان و شنیدن صدای پرندگان سبب افزایش ارتباط با طبیعت می‌شود (Park et al., 2010). در نهایت به منظور تکمیل پروسه جنگل درمانی باید آرام نشست و تاثیر طبیعت بر احساسات و بدن خود را تحلیل نمود.

پیاده سازی عملی جنگل درمانی

برای انجام اصولی آن باید هوا عمیقاً استنشاق شده و به حس بویایی و آرامش حاصل از طبیعت توجه کرد و همچنین هنگام پیاده‌روی بدون توجه به مقصد مشخص تنها با الگوبرداری از طبیعت به مسیر ادامه داد و از آن لذت برد. ثبت افکار و احساسات می‌تواند به یادآوری و عمیق تر کردن این احساسات کمک کند.

کاربردهای جنگل درمانی

مزایای سلامت روان

جنگل درمانی نشان داده است که علائم اختلالات سلامت روان، از جمله افسردگی بالینی و اضطراب را کاهش می‌دهد. درگیر شدن در فعالیت های ذهنی در یک محیط جنگلی می‌تواند سیستم عصبی پاراسمپاتیک را تحریک کند و منجر به کاهش سطح استرس و بهبود حالات خلقی شود (Hechmann et al., 2023; Anonymos, 2022). مطالعات نشان می‌دهد

که جنگل درمانی می‌تواند به طور قابل توجهی علائم بی‌خوابی را کاهش دهد و بهزیستی کلی را افزایش دهد و نقش آن را در ارتقای پیامدهای سلامت روانی مثبت برجسته کند. علاوه بر این، راهی را برای افراد فراهم می‌کند تا ارتباط معناداری با طبیعت ایجاد کنند که بیشتر از انعطاف‌پذیری عاطفی حمایت می‌کند (Hechmann et al., 2023).

مزایای سلامت جسمانی

فراتر از سلامت روان، جنگل درمانی پیامدهای قابل‌توجهی برای سلامت جسمانی دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که می‌تواند منجر به کاهش فشار خون و ضربان قلب شود، در نتیجه سلامت قلب و عروق را بهبود بخشد و خطر بیماری‌هایی مانند فشار خون بالا و بیماری انسداد مزمن ریه (COPD) را کاهش دهد. علاوه بر این، جنگل درمانی با تحریک تولید انسولین و کاهش سطح گلوکز خون در مدیریت دیابت اثربخش است (Anonymos, 2022). همچنین قرارگرفتن در معرض محیط‌های طبیعی با عملکرد سیستم ایمنی تقویت شده مرتبط است که برای حفظ سلامت کلی بسیار مهم است (Hechmann et al., 2023).

محدودیت‌ها و چالش‌ها

کارشناسان خاطرنشان کرده‌اند که تعامل با طبیعت ممکن است افراد را در معرض خطرات محیطی، مانند نیش حشرات، سقوط و آلرژی‌های فصلی قرار دهد که باید به طور فعال مدیریت شوند (Welch and Laube, 2023). این موارد غیر قابل پیش‌بینی می‌تواند روند درمانی را پیچیده کند که ممکن است برخی از افراد را از شرکت کامل در جلسات جنگل‌درمانی باز دارد.

نتیجه‌گیری

جنگل‌درمانی نه‌تنها روشی ساده و اقتصادی برای بهبود سلامت فردی است، بلکه به حفظ محیط‌زیست و تقویت روابط اجتماعی نیز کمک می‌کند. در دنیای پرسرعت امروز، این روش فرصتی برای بازگشت به طبیعت و بازیابی آرامش درونی است. با ترویج جنگل‌درمانی می‌توان کیفیت زندگی افراد و سلامت کلی جامعه را بهبود بخشید.

منابع

Anonymos (2022). Forest Therapy: Description, Benefits, and Effectiveness. Available at: https://thehumancondition.com/forest-therapy-benefits-effectiveness/

Ashley W. and Justin L. (2023). What Is Ecotherapy? A Detailed Scientific Guide on the Healing Power of Nature. Available at: What Is Ecotherapy? Nature Therapy for Beginners

Cathy W., and Gretchen B. (2023). New study finds variety of health benefits to 'forest bathing'. Avaiable at: New study finds variety of health benefits to 'forest bathing' | MPR News

EFI, C. D., Mühlberger, D., Öllerer, B., EFI, R.D.V., and Widmark, C. (1993). How can forests improve human health and wellbeing?.

Faber Taylor, A., and Kuo, F. E. (2009). Children with attention deficits concentrate better after walk in the park. Journal of attention disorders, 12(5): 402-409.

Hansen, M. M., Jones, R., and Tocchini, K. (2017). Shinrin-yoku (forest bathing) and nature therapy: A state-of-the-art review. International journal of environmental research and public health, 14(8), 851.

Hartmann, Patrick and Apaolaza Ibanez, Vanessa (2006). Green Value Added. Marketing Intelligence and Planning, 24

(7): 673-680.

Horppu, M., Kuivalainen, O., Tarkiainen, A. and Ellonen, H.K. (2008). Online satisfaction, trust and loyalty, and the impact of the offline parent brand. Journal of Product and Brand Management, 17 (6): 403-413.

Heckmann, J.G., Kiem, M., and Immich, G. (2023). Forest therapy as a nature-based intervention: an option for neurological rehabilitation?. Complementary Medicine Research, 1-8.

Li, Q. (2018). Forest bathing: How trees can help you find health and happiness. Penguin.

Park, B.J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Kagawa, T., and Miyazaki, Y. (2010). The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): evidence from field experiments in 24 forests across Japan. Environmental health and preventive medicine, 15: 18-26.

The effects of forest therapy on physical and mental health

N. Gharbih[1*], Z. Zamani[1] and S.R. Mousavi Mirkala[2]

1- M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract

With the expansion of urbanization and industrialization of societies, the effects of this progress in human life were manifested in various ways. Most of these effects were negative, endangering human life and health, and disrupting the balance between the left and right hemispheres of humans, making humans in need of resources that can somehow increase their relaxation. Human health depends on the mutual communication between the right and left hemispheres of the brain, and this balance provides intellectual comfort and maintains internal balance. And we benefit from nature for our nervous and psychological peace. Some of these trees secrete a substance that has germicidal and fungicidal properties. The principles of forest therapy include sensory immersion in nature, slow and conscious movements, deep and calm breathing, and mental connection with nature. The benefits of forest therapy include reducing stress and anxiety, strengthening the immune system, improving mental health, strengthening cardiovascular health, and improving concentration and attention.

Keywords: Mental health, Physical health, Urbanism, Naturopathy.

*Corresponding author Tel: +98 9052636279 Email: nazanin.gharbi2021@gmail.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی نقش جوامع محلی در ارتقای خدمات اکوسیستمی جنگل از طریق شیوه‌های پایدار

حمیده طاهری[1*] و مهناز جدیدی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران.
۲- دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران.

چکیده

مزایای بی‌شماری که انسان از خدمات اکوسیستم‌های طبیعی به‌دست می‌آورد، برای رفاه وی ضروری است. به‌طور فزاینده‌ای، اهمیت جوامع محلی در نظارت و مدیریت پایدار این خدمات به رسمیت شناخته می‌شود. این مطالعه به بررسی تعامل پویا بین جوامع محلی و خدمات اکوسیستمی جنگل می‌پردازد، با تمرکز بر این که چگونه شیوه‌های پایدار اجرا شده در سطح محلی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به حفظ و افزایش این مزایای طبیعی حیاتی کمک کند. این تحقیق راه‌های مختلفی را بررسی می‌کند که در آن جوامع محلی جنگل‌نشین به‌طور فعال در مدیریت اکوسیستم‌ها مشارکت می‌کنند، از شیوه‌های سنتی کشاورزی که تنوع زیستی را حفظ می‌کنند تا طرح‌های حفاظتی مبتنی بر جامعه که موجب محافظت از زیستگاه‌های حیاتی می‌شود. این مقاله با بررسی مطالعات موردی و استفاده از تحقیقات اخیر، اثربخشی رویکردهای جامعه محور در دستیابی به مدیریت اکوسیستم پایدار را برجسته می‌نماند. همچنین عوامل اجتماعی- اقتصادی را که بر مشارکت جامعه در چنین طرح‌هایی تأثیر می‌گذارند، از جمله دسترسی به منابع، پویایی قدرت و ارزش‌های فرهنگی، تحلیل می‌کند. علاوه بر این به چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با توانمندسازی جوامع محلی برای تبدیل شدن به شرکت‌کنندگان فعال در مدیریت اکوسیستم جنگل می‌پردازد. نقش چارچوب‌های سیاست، برنامه‌های آموزشی و مشارکت‌های مشترک در حمایت از تلاش‌های حفاظتی مبتنی بر جامعه را بررسی می‌کند. همچنین بررسی می‌کند که چگونه ترکیب دانش بومی و شیوه‌های بوم‌شناختی سنتی می‌تواند انعطاف‌پذیری اکوسیستم‌ها را افزایش داده و به پایداری بلندمدت کمک کند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که شناخت و حمایت از نقش حیاتی جوامع محلی برای تضمین تداوم ارائه خدمات اکوسیستمی ضروری است و با تقویت همکاری بین ذینفعان محلی، سیاستگذاران و محققان می‌توان استراتژی‌های مؤثرتر و عادلانه‌تری برای مدیریت منابع طبیعی و ترویج آینده‌ای پایدار برای همه ایجاد کرد.

واژگان کلیدی: مشارکت، خدمات اکوسیستمی، جنگل، جوامع محلی، راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت، توسعه پایدار.

مقدمه

بشر در مواجهه با طبیعت و محیط زیست که بقای وی به‌طور اجتناب ناپذیری به آن وابسته است، شیوه معقولی را اتخاذ نکرده و به‌جای آینده‌نگری و برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری پایدار از این منابع به بهره‌کشی و منفعت جویی ناپایدار از آن

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۲۲۲۳۹۸۱۹۳ ایمیل: hamideh.taheri@ut.ac.ir

پرداخته است (Ibouroi et al., 2021). به این نحو که طبیعت در دهه‌های اخیر در اثر عوامل گوناگون که عمده آن عوامل اجتماعی و اقتصادی می‌باشد، دچار آسیب‌های جدی و نگران کننده شده است (اسحاقی و محمودی، ۱۳۹۴).

خدمات اکوسیستم مزایای بی‌شماری است که انسان از محیط طبیعی و اکوسیستم‌هایی که به درستی کار می‌کنند به‌دست می‌آورد. این اکوسیستم‌ها که محیط‌های متنوعی مانند جنگل‌ها، مراتع و سیستم‌های آبی را در بر می‌گیرند، خدمات ضروری مانند هوای پاک، گرده‌افشانی طبیعی محصولات و کاهش رویدادهای شدید آب و هوایی را ارائه می‌کنند. این خدمات اغلب در جنبه‌های حیاتی زندگی انسان از جمله تولید غذا، تامین آب پاک، تجزیه زباله و انعطاف‌پذیری و بهره‌وری کلی اکوسیستم‌های غذایی جدایی‌ناپذیر هستند. در حالی که تعریف و طبقه‌بندی خاص خدمات اکوسیستم هنوز در معرض بحث و اصلاح مداوم است (Pandeya et al., 2016)، مفهوم اصلی حول شناخت کمک‌های طبیعت به رفاه انسان می‌چرخد. جوامع محلی نقش مهمی در ارتقای خدمات اکوسیستمی از طریق شیوه‌های پایدار ایفا می‌کنند. از آن‌جایی که ما با چالش‌های محیط‌زیستی فزاینده‌ای مانند تغییرات آب و هوا، از دست دادن تنوع زیستی و تخریب اکوسیستم مواجه هستیم، مشخص شده است که رویکردهای از بالا به پایین برای مدیریت محیط‌زیستی اغلب ناکافی هستند. در عوض اهمیت ابتکارات و تلاش‌های مردمی تحت رهبری جامعه در حفظ سلامت اکوسیستم و ارتقای توسعه پایدار به رسمیت شناخته می‌شود (Pandey and Ghosh, 2023).

این مطالعه به بررسی راه‌هایی می‌پردازد که در آن جوامع محلی می‌توانند در ارائه خدمات ضروری اکوسیستم مانند آب پاک، تصفیه هوا، تشکیل خاک و ایجاد زیستگاه مشارکت کنند، به‌طوری که مطالعات موردی متنوع را مورد بررسی قرار داده که در آن پروژه‌های جامعه‌محور با موفقیت شیوه‌های پایداری را اجرا کرده‌اند که هم برای مردم و هم برای محیط‌زیست مفید است.

تحقیقات بر سه حوزه کلیدی متمرکز شده است:

۱. نقش دانش سنتی و شیوه‌های محلی در حفظ انعطاف‌پذیری اکوسیستم.

۲. تأثیر ابتکارات حفاظتی مبتنی بر جامعه بر نتایج تنوع زیستی.

۳. اثربخشی رویکردهای مشارکتی در مشارکت دادن ذینفعان محلی در تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی (Pandey and Ghosh, 2023).

با کاوش در این جنبه‌ها، هدف روشن شدن اهمیت حیاتی توانمندسازی جوامع محلی به‌عنوان مباشر منابع طبیعی و خدمات اکوسیستم است. یافته‌های ما پیامدهایی برای سیاست‌گذاران، متخصصان و محققانی دارد که به دنبال افزایش ابتکارات تحت رهبری جامعه هستند که توسعه پایدار و نظارت بر محیط‌زیست را ترویج می‌کنند.

این تحقیق به بحث‌های جاری در مورد نقش مشارکت جامعه در دستیابی به اهداف پایداری جهانی، به‌ویژه اهداف مربوط به اقدامات آب و هوایی، زندگی زیر آب و زندگی در خشکی کمک می‌کند. ما استدلال می‌کنیم که با استفاده از دانش محلی، ارزش‌های فرهنگی و شبکه‌های اجتماعی می‌توانیم رویکردهای فراگیرتر و مؤثرتری را برای ارتقای خدمات اکوسیستم و دستیابی به اهداف توسعه پایدار تقویت کنیم.

خدمات اکوسیستم نقش مهمی در حفظ رفاه انسان و سلامت محیط دارد. همان‌طور که چالش‌های جهانی مانند تغییرات آب و هوا و از دست دادن تنوع زیستی همچنان در حال افزایش است، اهمیت جوامع محلی در ترویج و حفظ این خدمات از طریق شیوه‌های پایدار به رسمیت شناخته شده است (Telo da Gama, 2023; Rehman et al., 2022).

این مقاله رابطه پیچیده بین جوامع محلی، خدمات اکوسیستم و شیوه‌های پایدار را با تمرکز ویژه بر رویکردهای کشاورزی و مدیریت زمین بررسی می‌کند. شیوه‌های پایدار، مانند جنگل‌های زراعتی، مدیریت جنگل‌های مبتنی بر جامعه و اکوتوریسم نمونه‌هایی از این هستند که چگونه جوامع محلی می‌توانند فعالانه در حفاظت و استفاده پایدار از منابع جنگلی مشارکت کنند و از آن بهره ببرند. این شیوه‌ها نه تنها به حفظ عملکردهای اکولوژیکی کمک می‌کند، بلکه به بهبود معیشت جمعیت‌های محلی نیز کمک می‌کند و در نتیجه یک مدل پایدار برای مدیریت اکوسیستم جنگل ایجاد می‌کند (محمودی و فقهی، ۱۳۹۵). در سال‌های اخیر، تاکید فزاینده‌ای بر راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت (NbS)[1] به‌عنوان استراتژی‌های مؤثر برای پرداختن به چالش‌های اجتماعی در حالی که به‌طور همزمان منافعی برای رفاه انسان و تنوع زیستی فراهم می‌کند، شده است (Morri and Santolini, 2021). جوامع محلی با دانش ریشه‌دار و ارتباط صمیمی با محیط‌هایشان موقعیت منحصربه‌فردی برای پیاده‌سازی و حمایت از این راه‌حل‌ها دارند. شیوه‌های کشاورزی به‌ویژه تأثیر قابل‌توجهی بر خدمات اکوسیستم دارند. روش‌های کشاورزی پایدار می‌تواند به امنیت غذایی، سلامت خاک، تنظیم آب و ترسیب کربن کمک کند (Rehman et al., 2022; Telo da Gama, 2023). کشاورزان محلی با اتخاذ شیوه‌های دوستدار محیط‌زیست می‌توانند نقش حیاتی در حفظ و ارتقای خدمات اکوسیستم و در عین حال حفظ سیستم‌های کشاورزی مولد ایفا کنند. ادغام دانش محلی در استراتژی‌های مدیریت پایدار زمین نتایج امیدوارکننده‌ای را نشان داده است. به‌عنوان مثال، در شمال غربی ویتنام، شیوه‌های زراعت جنگلی قهوه که دانش بومی را در بر می‌گیرد، پتانسیل جلوگیری از جنگل‌زدایی و فرسایش خاک در دامنه‌ها را نشان داده است (Nguyen et al., 2020). چنین مثال‌هایی اهمیت شناخت و ارزش‌گذاری تخصص محلی را در توسعه رویکردهای مدیریت خدمات اکوسیستمی موثر نشان می‌دهد. همان‌طور که عمیق‌تر به این موضوع می‌پردازیم، مطالعات موردی مختلف را بررسی خواهیم کرد، چالش‌های پیش روی جوامع محلی در اجرای شیوه‌های پایدار را بررسی خواهیم کرد و در مورد چارچوب‌های سیاستی بالقوه‌ای که می‌تواند این تلاش‌ها را حمایت و تشویق کند، بحث خواهیم کرد. با درک نقش جوامع محلی در ارتقای خدمات اکوسیستمی می‌توانیم به سمت توسعه استراتژی‌های جامع‌تر و مؤثرتر برای حفاظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار حرکت کنیم.

نقش جوامع محلی در ارتقای خدمات اکوسیستم از طریق شیوه‌های پایدار به‌طور فزاینده‌ای به‌صورت حیاتی برای مدیریت محیط‌زیستی موثر شناخته می‌شود. مشارکت جامعه نه تنها احساس مالکیت را تقویت می‌کند، بلکه دانش و ارزش‌های محلی را در استراتژی‌های بازسازی و مدیریت اکوسیستم ادغام می‌کند. این مطالعه به بررسی ابعاد مختلف مشارکت جامعه پرداخته و اهمیت روایت‌های محلی، نظام‌های دانش و رویکردهای مشارکتی در ترویج شیوه‌های پایدار را برجسته می‌کند.

مشارکت جامعه در ترمیم اکوسیستم

افزایش مشارکت جامعه در شیوه‌های مدیریت منابع پایدار (به‌عنوان مثال، جنگل‌های زراعتی، حفاظت مبتنی بر جامعه) منجر به بهبود قابل اندازه‌گیری در خدمات کلیدی اکوسیستم، مانند کیفیت آب، ترسیب کربن و تنوع زیستی می‌شود.

اثربخشی شیوه‌های پایداری جامعه‌محور با سطح سرمایه اجتماعی و اقدام جمعی در جامعه همبستگی مثبت دارد. شبکه‌های اجتماعی قوی‌تر و هنجارهای مشترک، هماهنگی بهتر و بسیج منابع را برای تلاش‌های حفاظتی تسهیل می‌کنند.

1- Nature-based solutions

جوامع محلی با ادغام ارزش‌های سنتی با شیوه‌های مدرن نقش مهمی در ترمیم اکوسیستم ایفا می‌کنند. به‌عنوان مثال، در فلات چینگهای-تبتی، مشارکت جامعه منجر به اقدامات ترمیم تحول‌آور از طریق روایات فراگیر ارزش شد (Dai et al., 2024).

مشارکت موثر جامعه موفقیت طولانی‌مدت پروژه‌های ترمیم را افزایش می‌دهد، همان‌طور که در تالاب‌های شرق کلکته دیده می‌شود، جایی که سیستم‌های مدیریت شده توسط جامعه، فراگیر اجتماعی و هماهنگی بیشتری با اهداف توسعه پایدار (SDGs)[1] در مقایسه با مدیریت خصوصی نشان می‌دادند (Basu et al., 2024).

اهمیت دانش محلی

سیستم‌های دانش بومی برای مدیریت پایدار منابع ضروری هستند. شیوه‌های کشاورزی سنتی، مانند کشاورزی- جنگلداری و چرخش زراعی نشان می‌دهد که چگونه دانش بومی می‌تواند منجر به اکوسیستم‌های انعطاف‌پذیرتری شود.

شناخت و تلفیق دانش محلی در سیاستگذاری می‌تواند شکاف بین تحقیقات علمی و شیوه‌های جامعه را برطرف و استراتژی‌های موثر حفاظت را تقویت کند (Kamakaula et al., 2024).

آژانس فردی و قهرمانان جامعه

آژانس فردی در جوامع می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر حفاظت خدمات اکوسیستم تأثیر بگذارد. در اندونزی قهرمانان محلی استراتژی‌های نوآورانه‌ای برای مبارزه با شیوه‌های مخرب ماهیگیری ایجاد کرده‌اند که قدرت جنبش‌های مردمی در حاکمیت محیط‌زیستی را نشان می‌دهند (Abdurrahim et al., 2022).

این قهرمانان اقدام جامعه را بسیج کرده و اتخاذ شیوه‌های پایدار را تسهیل و نیاز به سیستم‌های حمایتی را برجسته می‌کنند که رهبران محلی را توانمند می‌سازند.

در حالی که تمرکز بر جوامع محلی بسیار مهم است، توجه به چالش‌هایی که آن‌ها با آن مواجه هستند، مانند فشارهای خارجی ناشی از توسعه اقتصادی و تغییرات آب و هوایی نیز مهم است. متعادل کردن نیازهای محلی با اهداف گسترده‌تر محیط‌زیستی یک تلاش پیچیده، اما ضروری برای مدیریت پایدار اکوسیستم باقی مانده است.

اهمیت جوامع محلی در مدیریت و ارتقای خدمات اکوسیستمی در سال‌های اخیر به رسمیت شناخته شده است. مردم بومی و جوامع محلی (IPLCs)[2] نقشی حیاتی در استفاده پایدار و مدیریت منابع طبیعی ایفا می‌کنند که برای حفظ تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی (ES)[3] که برای جمعیت محلی و جهانی مفید است، ضروری است.

نقش جوامع محلی در مدیریت اکوسیستم

جوامع محلی، به‌ویژه IPLC ها، درک عمیقی از محیط‌های طبیعی خود دارند که اغلب ریشه در دانش بوم‌شناختی سنتی دارد. این دانش برای مدیریت پایدار منابع طبیعی و ارائه خدمات اکوسیستمی حیاتی است. به‌عنوان مثال، نشان داده شده است که شیوه‌های استفاده از زمین‌های بومی برای کنترل جنگل‌زدایی و کاهش انتشار دی اکسید کربن، به ترسیب کربن و حفاظت از تنوع زیستی کمک می‌کند (Mistry and Berardi, 2016). ارزش خدمات اکوسیستمی ارائه شده از اراضی تحت

1- Sustainable Development Goals
2- Indigenous Peoples and Local Communities
3- Ecosystem Services

مدیریت IPLC ها ۱,۱۶ تریلیون دلار در سال برآورد شده است که نشان دهنده سهم قابل توجه این جوامع در سلامت محیط زیست جهانی است (Sangha, 2020). دانش بوم‌شناختی محلی نقش مهمی در شکل دادن به شیوه‌های پایداری مبتنی بر جامعه و تأثیر آن‌ها بر خدمات اکوسیستم ایفا می‌کند. جوامعی که درک عمیقی از محیط محلی خود دارند، به احتمال زیاد استراتژی‌های حفاظتی مؤثر و خاص را اتخاذ می‌کنند.

افزایش خدمات اکوسیستمی از طریق شیوه‌های پایدار

شیوه‌های پایدار اجرا شده توسط جوامع محلی می‌تواند خدمات مختلف اکوسیستم را افزایش دهد. برای مثال، در Isla Mayor، اسپانیا، حاکمیت محلی و سازگاری جامعه با ساختارهای مدیریتی جدید منجر به بهبود خدمات اکوسیستمی مانند زیستگاه پرندگان، تولید برنج با کیفیت و گردشگری محلی شده است (Farhad et al., 2015). به طور مشابه، در خلیج مانار، هند، ماهیگیران مبتنی بر جامعه شیوه‌های پایداری را اتخاذ کرده‌اند که حفاظت را ترویج می‌کند، ماهیگیری را بهبود می‌بخشد، و فعالیت‌های مضر مانند صید بیش از حد و ماهیگیری غیرقانونی را کاهش می‌دهد (NV et al., 2022).

چالش‌های مدیریت اکوسیستم مبتنی بر جامعه

جوامع محلی با وجود نقش حیاتی خود اغلب با چالش‌هایی در مدیریت پایدار منابع طبیعی خود مواجه هستند. در کوه مارسابیت، کنیا، جوامع محلی بهره‌برداری بیش از حد و نا امنی را به‌عنوان تهدیدهای اصلی برای اکوسیستم جنگل شناسایی کردند. عدم مشارکت جامعه در ساختارهای حاکمیتی به استخراج ناپایدار منابع کمک کرده است (Ouko et al., 2018).

علاوه بر این، سیاست‌های موجود به‌جای ادغام خدمات اکوسیستمی با نیازهای اساسی جوامع محلی که می‌تواند مانع توسعه پایدار شود، بیشتر بر حفاظت از منابع طبیعی تمرکز دارد (Zhang et al., 2020).

پل زدن سیستم‌های دانش برای پایداری

ادغام سیستم‌های دانش بومی و علمی برای ارتقای خدمات اکوسیستم و دستیابی به پایداری ضروری است. تعامل مؤثر بازیگران، مؤسسات و فرآیندهای اشتراک دانش می‌تواند این سیستم‌های دانش را پل کند، همان‌طور که پلتفرم‌های بین‌المللی مانند پلتفرم علمی- سیاست بین دولتی در زمینه تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی (IPBES)[1] و کنوانسیون تنوع زیستی (CBD)[2] نشان داده‌اند (Tengö et al., 2017). این ادغام می‌تواند به شیوه‌های مدیریتی آگاهانه‌تر و مرتبط‌تر منجر شود که هم برای جوامع محلی و هم برای محیط وسیع‌تر مفید است.

توصیه‌های خط مشی

برای حمایت از جوامع محلی در افزایش خدمات اکوسیستم از طریق شیوه‌های پایدار، چندین توصیه سیاستی می‌تواند ارائه شود:

ایجاد مکانیسم‌های مباشرت: توسعه و اجرای طرح‌های سرپرستی که نقش IPLC ها را در مدیریت منابع طبیعی شناسایی و پشتیبانی می‌کند (Sangha, 2020).

1- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
2- Convention on Biological Diversity

ترویج مشارکت جامعه: اطمینان از مشارکت معنادار جوامع محلی در ساختارهای حکمرانی و فرآیندهای تصمیم‌گیری برای تقویت مدیریت منابع پایدار (Ouko et al., 2018).

یکپارچه‌سازی سیستم‌های دانش: تسهیل ادغام سیستم‌های دانش بومی و علمی برای افزایش اثربخشی شیوه‌های مدیریت اکوسیستم (Tengö et al., 2017).

رفع نیازهای اساسی: مدیریت خدمات اکوسیستم را با نیازهای اساسی جوامع محلی برای ترویج توسعه پایدار هماهنگ کنید (Zhang et al., 2020). مشوق‌های اقتصادی، مانند پرداخت برای طرح‌های خدمات اکوسیستمی یا طرح‌های اکوتوریسم مبتنی بر جامعه می‌توانند مشارکت جامعه را در شیوه‌های پایداری افزایش دهند و به بهبود ارائه خدمات اکوسیستمی کمک کنند. با این حال، طراحی و اجرای این مشوق‌ها باید به‌دقت پویایی برابری و قدرت در جامعه را در نظر بگیرد تا از پیامدهای منفی ناخواسته جلوگیری شود.

عوامل خارجی: مانند سیاست‌های دولت، نیروهای بازار و دسترسی به فناوری و اطلاعات بر پذیرش و موفقیت شیوه‌های پایداری مبتنی بر جامعه تأثیر می‌گذارند. سیاست‌های حمایتی و دسترسی به منابع می‌تواند جوامع را برای مدیریت مؤثر اکوسیستم‌های خود توانمند کند.

برنامه‌های نظارتی مبتنی بر جامعه: در آن ساکنان محلی به‌طور فعال در جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها شرکت می‌کنند، پایداری طولانی‌مدت تلاش‌های مدیریت اکوسیستم را با تقویت حس مالکیت و مسئولیت‌پذیری افزایش می‌دهند.

تئوری و پیشینه تحقیق

در این زمینه پژوهش‌هایی انجام شده است که در ادامه به بخشی از آن‌ها اشاره می‌شود:

اسحاقی و محمودی (۱۳۹۴) مطالعه‌ای تحت عنوان"تحلیلی بر پژوهش‌های حوزه معیشت جوامع محلی جنگل‌نشین در کشور" انجام دادند. در این مطالعه سعی بر آن شد تا با مرور مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه معیشت جنگل‌نشینان به تحلیل آسیب‌ها و عوامل موثر این نوع معیشت بر مدیریت جنگل‌های کشور پرداخته شود و بدین منظور از روش تحلیل اسنادی بهره گرفته شد. در این راستا با جمع‌آوری اسناد و مطالعات مرتبط و طبقه‌بندی آن‌ها، تفسیر این مطالعات در بخش‌های تمرکز و پراکنش جغرافیایی و رویشگاهی، روش و ابزارشناسی و در نهایت تحلیل نتایج صورت گرفته، نتایج نشان داد که توجه و تمرکز طرح‌های جنگلداری و مدیریت جنگل به مسائل اجتماعی جنگل تنها راه مرتفع نمودن تدریجی تخریب جنگل توسط مردم محلی است که این امر در سایه توجه به مشارکت و دخالت موثر مردم در برنامه‌ریزی و اجرای این طرح‌ها است. اکبرزاده و همکاران (۱۳۹۸) مطالعه‌ای تحت عنوان" نقش توانمندسازی جوامع محلی در مدیریت پایدار منابع طبیعی (مطالعه موردی: حوزه رامه شهرستان آرادان)" انجام دادند. برای حفاظت منابع طبیعی تأکید بر همکاری جوامع محلی ضروری است. نتایج تحقیق نشان داد که اجرای توانمندسازی و توان‌افزایی جوامع محلی در نهایت منجر به حفاظت بهتر منابع طبیعی شده و گروه‌های محلی پایدار مانده و رضایت‌مندی مردم با مشارکت در مراحل برنامه‌ریزی، اجرا و پایش حاصل شده است. نتایج حاصل از تحلیل داده‌های کمی و کیفی مربوط به اثرات اجرای طرح و میزان واریانس تبیین شده آن‌ها نشان می‌دهد که مؤلفه مشارکت مردم در اجرای طرح اثربخش‌تر بوده و توجیه کننده واریانس بیشتری (۹۵/۳۲) نسبت به دیگر مؤلفه‌ها بود. به عبارت دیگر در تلخیص مؤلفه‌های مورد بررسی، مشارکت مردم در اجرای طرح بالاترین رتبه را به خود اختصاص داده است. امیرنژاد و همکاران (۱۴۰۳) پژوهشی تحت عنوان "بررسی راهکارهای عملیاتی برای ارتقای اقتصادی جوامع روستایی حاشیه جنگل هیرکانی" انجام دادند. آنها فعالیت‌های غیرقانونی مانند قاچاق چوب را به‌عنوان

تهدیدهای مهم برای این جنگل‌ها شناسایی کردند و بر نیاز به استراتژی‌های توسعه اقتصادی پایدار تأکید کردند. این مطالعه با استفاده از تحلیل SWOT، نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مربوط به جنگل‌های هیرکانی را ارزیابی کرد. این رویکرد استراتژیک به تدوین استراتژی‌های رقابتی برای استفاده از منابع جنگلی برای توسعه اقتصادی کمک می‌کند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که حمایت از پروژه‌های چوب و زنبورداری، ارائه وام‌های کم بهره و ترویج گردشگری، استراتژی‌های مؤثری برای ارتقای وضعیت اجتماعی- اقتصادی جوامع روستایی هستند. این مقاله ظرفیت کارآفرینی از طریق محصولات غیرچوبی جنگل و گردشگری را به‌عنوان ابزاری برای ایجاد فرصت‌های درآمدی جدید برجسته می‌کند. بر اهمیت توسعه کسب‌وکارهای کوچک و متوسط برای بهبود استانداردهای زندگی و ارتقای رشد اقتصادی تأکید می‌کند. به‌طور کلی، این مطالعه نتیجه می‌گیرد که توانمندسازی جوامع از طریق کارآفرینی روستایی می‌تواند شکاف شهری و روستایی را کاهش داده و برابری اجتماعی- اقتصادی را ارتقا دهد. Zhang et al. (2020) مطالعه‌ای تحت عنوان"چارچوب تجزیه و تحلیل اهمیت و رضایت چندگانه برای مدیریت پایدار مناطق حفاظت شده: ادغام خدمات اکوسیستم و نیازهای اساسی" انجام دادند. این چارچوب را برای پایلوت پارک ملی در چین اعمال کردند. نتایج نشان داد که این پایلوت هنوز به توسعه پایدار دست نیافته است. اگرچه ساکنان آن آگاهی زیادی از حفاظت از محیط زیست دارند، نیازهای مادی و اجتماعی آن‌ها هنوز به‌طور کامل برآورده نشده است. مدیران محلی پایلوت باید راه‌هایی را برای استفاده از خدمات نظارتی و فرهنگی برای رفع نیازهای اساسی مردم بررسی کنند. چارچوب ما تأکید می‌کند که در نظر گرفتن خدمات اکوسیستمی و نیازهای اساسی برای بهبود پایداری سیاست‌های مدیریت مناطق حفاظت شده مفید است. Khattra et al. (2024) مطالعه‌ای تحت عنوان" پیشبرد توسعه اکوسیستم پایدار" انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد که مدیریت اکوسیستم، سیستم‌های طبیعی و انسانی را یکپارچه می‌کند، اما درک مراحل اولیه همچنان یک چالش است. کمک سنجش از دور در پایش اکوسیستم‌های در معرض خطر، تئوری‌ها و مدل‌های رشد اکولوژیکی بینش‌هایی را ارائه می‌دهند، در حالی که گرایش‌های مرتبط با انرژی به درک جانشینی کمک می‌کنند. همکاری در کنار درک سیستم اجتماعی-اکولوژیکی، توسعه پایدار را پیش می‌برد. مدیریت تطبیقی تحول اکوسیستم را هدایت می‌کند، در حالی که مدیریت منابع استفاده پایدار را تضمین می‌کند. تعامل با جوامع، استفاده از فناوری‌های نوآورانه و حکمرانی مؤثر برای پایداری بلندمدت بسیار مهم است. حفظ تنوع زیستی برای سلامت اکوسیستم ضروری است و نیازمند اقدامات متمرکزی مانند بازسازی و حفظ زیستگاه است. پرداختن به اثرات تغییر آب و هوا، انعطاف پذیری اکوسیستم را تقویت می‌کند و آینده ای پایدار را تضمین می‌کند. ترویج آموزش و آگاهی محیط‌زیستی مشارکت جامعه را پرورش می‌دهد و از تلاش‌های حفاظتی حمایت می‌کند. ترکیب انگیزه‌های اقتصادی و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی، مدیریت منابع پایدار را تشویق می‌کند. یکپارچه‌سازی سیاست‌های مؤثر در بخش‌های کشاورزی، جنگل‌داری و برنامه‌ریزی شهری برای مدیریت جامع و پایدار اکوسیستم ضروری است.

روش تحقیق

روش تحقیق مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

بررسی ادبیات: یک بررسی اولیه ادبیات برای ایجاد یک چارچوب نظری برای درک رابطه بین جوامع محلی و خدمات اکوسیستم انجام شد. این بررسی بر شناسایی موضوعات کلیدی مرتبط با مشارکت جامعه، شیوه‌های پایداری و تأثیرات آن‌ها بر سلامت اکوسیستم متمرکز بود. این روش با هدف روشن کردن نقش جوامع محلی در افزایش خدمات اکوسیستمی جنگل

از طریق شیوه‌های پایدار است. پیش‌بینی می‌شود که یافته‌ها به توصیه‌های سیاستی کمک کند که از ابتکارات تحت رهبری جامعه برای پایداری محیط‌زیستی حمایت کرده و در نهایت به بهبود مدیریت منابع طبیعی کمک می‌کند. هدف این مطالعه با استفاده از طراحی ترکیبی و ادغام داده‌ها از منابع متعدد، ارائه بینش‌های ارزشمندی در مورد مشارکت جوامع محلی در مدیریت اکوسیستم و انعطاف‌پذیری است.

تجزیه و تحلیل داده های استخراج شده شامل:

تجزیه و تحلیل موضوعی: شناسایی مضامین مشترک مرتبط با چگونگی ارتقاء جوامع محلی خدمات اکوسیستم از طریق شیوه‌های پایدار است. این شامل طبقه‌بندی یافته‌ها براساس انواع شیوه‌ها (مانند تلاش‌های حفاظتی، کشاورزی پایدار) و تأثیرات آن‌ها بر خدمات خاص اکوسیستم (مانند تنوع زیستی، کیفیت آب) است.

ترکیب یافته‌ها: ادغام بینش از مطالعات مختلف برای ارائه یک نمای کلی جامع از وضعیت فعلی دانش. این ترکیب، مطالعات موردی موفق و همچنین چالش‌های پیش روی جوامع را برجسته می‌کند.

شناسایی شکاف‌های پژوهشی: براساس ترکیب، شکاف‌های موجود در ادبیات شناسایی می‌شوند تا جهت‌گیری‌های تحقیقاتی آینده را اطلاع دهند.

یافته‌ها

جوامع محلی نقشی محوری در افزایش خدمات اکوسیستمی جنگل از طریق شیوه‌های پایدار ایفا می‌کنند. دانش بوم‌شناختی محلی، مدیریت مبتنی بر جامعه و شیوه‌های بومی آن‌ها برای حفظ سلامت و انعطاف‌پذیری اکوسیستم ضروری است. حکمرانی مؤثر، درک ادراکات جامعه و ادغام شیوه‌های اکولوژیکی کشاورزی، مدیریت پایدار را بیشتر پشتیبانی می‌کند. ابزارهایی مانند یادگیری اجتماعی و شناخت خدمات اکوسیستم فرهنگی نیز برای مدیریت خدمات جامع اکوسیستم حیاتی هستند. (جدول ۱).

جدول ۱- بررسی نقش جوامع محلی در افزایش خدمات اکوسیستمی از طریق شیوه‌های پایدار (مأخذ: نویسنده)

مفهوم	توضیحات	نقل قول
دانش بوم‌شناختی محلی	جوامع محلی دانش قابل‌توجهی از دینامیک منابع و اکوسیستم دارند که برای شیوه‌های مدیریت پایدار بسیار مهم است. این دانش اغلب به زمینه خاص و سازگار با محیط‌های در حال تغییر است.	(Olsson and Folke, 2001) (Mistry and Berardi, 2016)
مدیریت اکوسیستم مبتنی بر جامعه	مدیریت موثر اکوسیستم شامل مشارکت فعال جوامع محلی، پیوند دادن سرپرستی به رفاه جامعه و ترویج فرآیندهای فراگیر و دموکراتیک است.	(Gray et al., 2001) (Farhad et al., 2015)
سیستم‌های دانش بومی	شیوه‌های استفاده از زمین‌های بومی نقش اساسی در حفظ ذخایر کربن و افزایش تنوع زیستی ایفا می‌کند. این شیوه‌ها اغلب توسط جامعه بدون تأثیر خارجی عمده توسعه یافته و اجرا می‌شوند.	(Mistry and Berardi, 2016) (Tengö et al., 2017)
خدمات حکومتی و اکوسیستمی	تعامل بین ساختارهای حاکمیتی و خدمات اکوسیستم حیاتی است. تطبیق بازیگران محلی با ساختارهای حکمرانی جدید می‌تواند به	(Farhad et al., 2015) (Zhang et al., 2020)

	شیوه‌های پایدارتر و خدمات اکوسیستمی پیشرفته تر منجر شود.	
درک خدمات اکوسیستمی	درک ادراکات جامعه از خدمات اکوسیستمی می‌تواند جوامع را توانمند کند و ذینفعان را برای تعریف اولویت‌های مدیریت پایدار هماهنگ کند. این شامل شناخت اهمیت خدماتی مانند بهره‌وری خاک، آب شیرین و ترسیب کربن است.	(Wangchuk et al., 2021) (Kosanic and Petzold, 2020)
شیوه‌های آگرواکولوژیکی	آگرواکولوژی جایگزینی پایدار برای کشاورزی متعارف ارائه می‌دهد که تأثیر مثبتی بر عرضه خدمات اکوسیستمی دارد. این رویکرد بر پایداری اکولوژیکی و برابری اجتماعی تأکید دارد.	(Palomo-Campesino et al., 2018)
یادگیری اجتماعی و معاوضه	بازی‌های نقش‌آفرینی و سایر ابزارهای یادگیری اجتماعی می‌توانند به ذینفعان کمک کنند تا مبادلات بین خدمات مختلف اکوسیستم را درک و مدیریت کنند و درک متقابل و روش‌های حاکمیتی نوآورانه را تقویت کنند.	(Moreau et al., 2019)
خدمات اکوسیستم فرهنگی	خدمات اکوسیستم فرهنگی، مانند ارزش معنوی و مقررات آب و هوای محلی، برای رفاه انسان بسیار مهم هستند، اما اغلب در تحقیقات کمتر ارائه می‌شوند. درک این خدمات می‌تواند به حفظ معنی‌دار محیط‌زیست کمک کند.	(Kosanic and Petzold, 2020)

با شناخت و حمایت از مشارکت‌های جوامع محلی، یکپارچه‌سازی سیستم‌های دانش متنوع و رسیدگی به چالش‌های پیش‌روی آن‌ها، می‌توانیم مدیریت پایدار منابع طبیعی را ارتقا دهیم. این به‌نوبه خود به حفاظت از تنوع زیستی، بهبود رفاه انسان و دستیابی به اهداف بلندمدت پایداری کمک خواهد کرد.

رویکردهای مبتنی بر جامعه برای توسعه گردشگری می‌تواند ساکنان محلی را توانمند کرده و شیوه‌های پایدار را ترویج کند (Nguyen et al., 2021). تحقیقات نشان داده است که مشارکت جوامع محلی در برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری برای دستیابی به چهار بعد پایداری یعنی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیطی ضروری است (Firdausia and Lestari, 2020). ادراک و مشارکت ساکنان در مراحل مختلف توسعه گردشگری متفاوت است، بنابراین مدیران باید استراتژی‌هایی را اتخاذ کنند که با زمینه خاص هماهنگ باشد (Lee and Jan, 2018).

ابتکارات مبتنی بر جامعه در مقیاس کوچک می‌تواند به‌طور مؤثری از دانش و منابع محلی برای رسیدگی به چالش‌های محیط‌زیستی و ترویج شیوه‌های پایدار استفاده کند (Nguyen et al., 2021). علاوه بر این، توانمندسازی جامعه برای پایداری بلندمدت ابتکارات گردشگری بسیار مهم است. موانع توانمندسازی جامعه، مانند کمبود منابع یا قدرت تصمیم‌گیری، می‌تواند اثربخشی رویکردهای جامعه محور را مختل کند (Nguyen et al., 2021).

در نهایت، ادغام شیوه‌های پایداری مبتنی بر جامعه با سیاست‌های منطقه‌ای و ملی گسترده‌تر می‌تواند تأثیر آن‌ها را تقویت کند و دوام بلندمدت آن‌ها را تضمین کند. توسعه گردشگری پایدار باید همراه با توانمندسازی جامعه باشد تا اطمینان حاصل شود که جوامع محلی به‌طور فعال در گردشگری در حال توسعه در منطقه خود مشارکت دارند و کنترل معناداری بر گردشگری دارند (Lee and Jan, 2018; Nguyen et al., 2021; Rachmawati, 2020; Firdausia and Lestari, 2020). این یافته‌ها نشان می‌دهد که سیاست‌گذاران و دست‌اندرکاران باید مشارکت و توانمندسازی جامعه را هنگام طراحی و اجرای

طرح‌های پایداری در اولویت قرار دهند (Rachmawati, 2020; Firdausia and Lestari, 2020; Nguyen et al., 2021).
جوامع محلی نه تنها برای امرار معاش خود به اکوسیستم جنگل وابسته هستند، بلکه دارای دانش سنتی ارزشمندی هستند که می‌تواند خدمات اکوسیستمی جنگل را افزایش دهد. با مشارکت این جوامع در فرآیندهای تصمیم‌گیری می‌توان شیوه‌های پایدار را ترویج کرد که منجر به بهبود نتایج حفاظتی می‌شود. این مطالعه بر ضرورت تعادل حفظ محیط‌زیست با نیازهای اجتماعی- اقتصادی و حمایت از سیاست‌هایی که از مشارکت جامعه و استفاده پایدار از منابع حمایت می‌کنند، تأکید می‌کند (سبحانی و دانه‌کار، ۱۴۰۳). ادغام دانش بومی و ابتکارات جامعه‌محور می‌تواند خدمات اکوسیستم را افزایش دهد و حفاظت طولانی مدت از این منابع حیاتی را تضمین کند. آموزش و تغییر سبک زندگی اجزای اساسی این استراتژی است که فرهنگ حفاظت و مسئولیت مشترک را ترویج می‌کند (حاجی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲). گسترش ابتکارات پایداری مبتنی بر جامعه به‌طور موثر نیاز به یک رویکرد چندوجهی دارد که مشارکت محلی، حکمرانی مشارکتی و فرآیندهای تقویت استراتژیک را ادغام می‌کند. با استفاده از این استراتژی‌ها، جوامع می‌توانند مزایای خدمات اکوسیستم خود را افزایش داده و تأثیرات محیط‌زیستی گسترده‌تری را تقویت کنند. ابتکارات محلی تحت رهبری جامعه نقش مهمی در ارتقای خدمات اکوسیستم از طریق شیوه‌های پایداری ایفا می‌کنند. اثربخشی آن‌ها تحت تأثیر چندین عامل کلیدی از جمله مشارکت جامعه، همکاری، دانش محلی و مدیریت تطبیقی است. درک این عناصر می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی نتایج چنین ابتکاراتی را بهبود بخشد.

مشارکت و توانمندسازی جامعه

رویکردهای پایین به بالا: مشارکت جوامع محلی در تصمیم‌گیری موجب تقویت مالکیت و تعهد به ابتکارات پایداری می‌شود (Eslit, 2023). مشارکت فعال اعضای جامعه سبب ایجاد حس مالکیت و مسئولیت نسبت به مسائل محیط‌زیستی محلی می‌شود (Eslit, 2023).
آموزش محیط‌زیست: ارتقاء آگاهی و آموزش سبب افزایش مشارکت جامعه و حمایت از تلاش‌های حفاظت می‌شود (Khattra et al., 2024). توانمندسازی از طریق آموزش و آگاهی، ظرفیت جامعه را برای اجرای اقدامات پایدار افزایش می‌دهد (Kurniawan et al., 2023).

حکمرانی مشارکتی

ایجاد ائتلاف: مقیاس‌بندی موفق شامل ائتلاف بازیگران دولتی، خصوصی و جامعه مدنی است که انگیزه‌ها و منابع آن‌هاست (Lambin et al., 2020) .
ادغام سیاست: گنجاندن ابتکارات پایداری در سیاست عمومی، حمایت بلندمدت و تخصیص منابع را تضمین می‌کند (Lambin et al., 2020).

فرآیندهای تقویت

استراتژی‌های متنوع: استفاده از یک نوع‌شناسی از فرآیندهای تقویت - مانند تکرار، انتقال و مقیاس‌بندی عمیق می‌تواند تأثیر ابتکارات را فراتر از زمینه اصلی آن‌ها افزایش دهد (Lam et al., 2020).
تبادل دانش: تسهیل انتقال دانش در زمینه‌های مختلف فرهنگی و محیط‌زیستی می‌تواند به غلبه بر چالش‌های اجتماعی و فرهنگی کمک کند (Marradi and Mulder, 2022).

همکاری

فرآیندهای تصمیم‌گیری مشارکتی اطمینان حاصل می‌کنند که دیدگاه‌های متنوع در نظر گرفته می‌شوند و منجر به استراتژی‌های موثرتری می‌شود (Eslit, 2023).

دانش و حکمت محلی

گنجاندن دانش بومی در شیوه‌های پایداری راه‌حل‌ها را متناسب با نیازهای خاص جامعه، افزایش می‌دهد (Kurniawan et al., 2023).

شرکت‌های مبتنی بر جامعه می‌توانند درک خدمات حفاظت و اکوسیستم را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشند و اقدامات پایدار را ارتقا دهند (Mugizi et al., 2022).

مدیریت تطبیقی

انعطاف‌پذیری در رویکردهای مدیریتی به جوامع اجازه می‌دهد تا به شرایط و چالش‌های متغیر محیطی پاسخ دهند (Khattra et al., 2024).

در حالی که ابتکارات مبتنی بر جامعه امیدوارکننده هستند، چالش‌هایی مانند محدودیت منابع و فشارهای خارجی می‌توانند مانع اثربخشی آن‌ها شوند. رسیدگی به این چالش‌ها از طریق سیاست‌ها و چارچوب‌های حمایتی برای حفظ این ابتکارات و تأثیرات مثبت آن‌ها بر خدمات اکوسیستم ضروری است. در حالی که این استراتژی‌ها موثر هستند، چالش‌ها در اطمینان از مشارکت عادلانه و رسیدگی به نیازهای متنوع همه اعضای جامعه باقی مانده است که می‌تواند مانع‌مقیاس پذیری ابتکارات شود.

بحث و نتیجه‌گیری

نقش جوامع محلی در افزایش خدمات اکوسیستمی جنگل از طریق شیوه‌های پایدار چندوجهی و برای نتایج محیط‌زیستی و اجتماعی-اقتصادی حیاتی است. مدیریت جنگل‌های اجتماعی (CFM) به‌طور قابل‌توجهی خدمات اکوسیستم و معیشت محلی را بهبود می‌بخشد.

به‌عنوان مثال، در شمال تایلند، افزایش مشارکت در فعالیت‌های CFM مانند تصمیم‌گیری، مدیریت آتش‌سوزی جنگل‌ها و اشتراک منافع منجر به بهبود خدمات اکوسیستم و بهبود معیشت شده است (Thammanu et al., 2021). به‌طور مشابه، در نپال، جنگل‌داری مبتنی بر جامعه، طیف گسترده‌ای از خدمات اکوسیستمی از مزایای محلی مانند چوب و هیزم گرفته تا مزایای جهانی مانند تنظیم آب و هوا و حفاظت از تنوع زیستی را ارائه کرده است (Paudyal et al., 2017). با این حال، اثربخشی CFM در مناطق و جوامع مختلف یکسان نیست. در برخی موارد، مانند پاپوآ، کالیمانتان مرکزی و ریاو، جوامع در مدیریت خدمات اکوسیستمی جنگل با محدودیت‌هایی مواجه هستند که نقش آن‌ها را در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از جنگل‌زدایی و تخریب جنگل‌ها مختل می‌کند (Muttaqin et al., 2019). این امر نیاز به تقویت ساختارهای سازمانی در سطح جامعه و توسعه برنامه‌های قوی برای مدیریت پایدار را برجسته می‌کند. ادغام دانش محلی و بومی با رویکردهای علمی یکی دیگر از جنبه‌های مهم است. در هیمالیاهای هند شرقی، دانش سنتی نقش حیاتی در حفاظت از تنوع زیستی و

حفظ خدمات اکوسیستم ایفا می‌کند. طبقه‌بندی جنگل‌ها توسط جامعه براساس شاخص‌های محیط‌زیستی، اجتماعی، فرهنگی و معیشت بینش‌های ارزشمندی را برای مدیریت پایدار جنگل ارائه می‌کند (Singh et al., 2018). به‌طور مشابه نشان داده شده است که شیوه‌های استفاده از زمین بومی به‌طور قابل‌توجهی به حفظ ذخایر کربن و افزایش تنوع زیستی کمک می‌کند (Mistry and Berardi, 2016). با وجود نتایج مثبت، چالش‌ها و محدودیت‌هایی وجود دارد. به‌عنوان مثال، یک بررسی سیستماتیک از اثربخشی CFM نشان داد که در حالی که شواهدی از تراکم درختان و مساحت پایه بیشتر وجود دارد، سایر شاخص‌های مزایای محیط‌زیستی جهانی به‌طور مداوم مشاهده نشدند (Bowler et al., 2012).

در نتیجه، موفقیت CFM در بهبود خدمات اکوسیستم و معیشت در مناطق مختلف از جمله شمال تایلند و نپال مشهود است. با این حال، چالش‌هایی مانند محدودیت در ظرفیت مدیریت و نیاز به ادغام دانش سنتی با رویکردهای علمی باید مورد توجه قرار گیرد. تقویت ساختارهای سازمانی در سطح جامعه و توسعه برنامه‌های مدیریت قوی برای به حداکثر رساندن مزایای CFM ضروری است. تحقیقات و سیاست‌های آینده می‌بایست بر روی این مناطق متمرکز شود تا از پایداری اکوسیستم‌های جنگلی و رفاه جوامع محلی اطمینان حاصل شود.

سپاسگزاری

نهایت تشکر و قدردانی صمیمانه خود را از یکایک شما به خاطر تلاش‌های بی نظیر شما در برگزاری ششمین همایش ملی جنگل‌های ایران ابراز می‌نمایم. این کنفرانس نه تنها بستری برای گفتگو و همکاری معنادار میان کارشناسان فراهم می‌نماید، بلکه بر اهمیت حفظ میراث طبیعی ما برای نسل‌های آینده نیز تاکید دارد. موضوعات مورد بحث، دانش به اشتراک گذاشته شده و ارتباطات ایجاد شده تأثیری ماندگار بر جای گذاشته است و همه ما را ترغیب می‌کند تا نقش‌های فعال‌تری در حفاظت از جنگل و مدیریت پایدار داشته باشیم. مقاله حامی مالی نداشته و حاصل کار نویسندگان مقاله است.

منابع

اسحاقی، فاطمه و محمودی، بیت اله. (۱۳۹۴). تحلیلی بر پژوهش های حوزه معیشت جوامع محلی جنگل نشین در کشور.

اکبرزاده، پیمان؛ کابلی، سید حسن و رجبی، محمدرضا. (۱۳۹۸). نقش توانمندسازی جوامع محلی در مدیریت پایدار منابع طبیعی (مطالعه موردی: حوزه رامه شهرستان آرادان). فصلنامه علمی و پژوهشی نگرش های نو در جغرافیای انسانی، ۱۲(۱): ۵۷۳-۵۹۴.

امیرنژاد، حمید؛ حسینی، ساره؛ حسینی، سید محسن؛ اسدپور کردی، مریم؛ تسلیمی، مهسا و بستان، یداله. (۱۴۰۳). بررسی راهکارهای عملیاتی برای ارتقای اقتصادی جوامع روستایی حاشیه جنگل هیرکانی راهبردهای کارآفرینی در کشاورزی ، ۱۱ (۱): ۱۰۷-۹۲.

محمودی، بیت الله و فقهی، جهانگیر. (۱۳۹۵). شناسایی، طبقه‌بندی و اولویت‌بندی کارکردهای اکوسیستمی جنگل‌های کشور. فصلنامه برنامه‌ریزی منابع جنگلی، ۱(۲)، ۱۴۶.

حاجی زاده، حمید؛ فلاح، اصغر و حسینی، ساره. (۱۴۰۲). بررسی نگرش نوین محیطزیستی جوامع بومی نسبت به خدمات اکوسیستم جنگل (مطالعه موردی: جنگل‌های شیاده و دیوا، فصلنامه علوم محیطی، ۱(۱۲): ۱۳۲۴-۱۳۳۵.

سبحانی، پروانه و دانه کار، افشین. (۱۴۰۳). شناسایی نوع استفاده و میزان وابستگی جوامع محلی به جنگل‌های مانگرو خمیر-قشم. بوم‌شناسی جنگل های ایران، ۱۲(۱): ۱۱۳-۱۲۳.

Abdurrahim, A. Y., Adhuri, D. S., Ross, H., and Phelan, A. (2022). Community champions of ecosystem services: The role of local agency in protecting Indonesian coral reefs. Frontiers in Ecology and Evolution, 10, 868218.

Basu, S., Nagendra, H., Verburg, P., and Plieninger, T. (2024). Perceptions of ecosystem services and knowledge of sustainable development goals around community and private wetlands users in a rapidly growing city. Landscape and Urban Planning, 244, 104989.

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L. M., Healey, J. R., Jones, J. P., Knight, T. M., and Pullin, A. S. (2012). Does community forest management provide global environmental benefits and improve local welfare?. Frontiers in Ecology and the Environment, 10(1): 29-36.

Dai, H., Zhu, Z., Trachung, B., Golog, D., Riley, M., Lü, Z., and Li, L. (2024). Communities in ecosystem restoration: The role of inclusive values and local elites' narrative innovations. People and Nature, 6(4): 1655-1667.

Eslit, E. (2023). Empowering Change at the Grassroots: Community-Led Initiatives for Local Environmental Protection.

Farhad, S., Gual, M. A., and Ruiz-Ballesteros, E. (2015). Linking governance and ecosystem services: The case of Isla Mayor (Andalusia, Spain). Land Use Policy, 46: 91-102.

Firdausia, S., and Lestari, Y. D. (2020). The level of community participation in developing tourism sustainability: impact of locals' perception and opportunity. International Journal of Business and Globalisation, 26(1-2): 165-185.

Gray, G. J., Enzer, M. J., and Kusel, J. (2001). Understanding community-based forest ecosystem management: an editorial synthesis. Journal of Sustainable Forestry, 12(3-4): 1-23.

Ibouroi, M. T., Dhurham, S. A. O., Besnard, A., and Lescureux, N. (2021). Understanding drivers of unsustainable natural resource use in the Comoro Islands. Tropical Conservation Science, 14, 19400829211032585.

Kamakaula, Y., Amruddin, A., Demmanggasa, Y., Saprudin, S., and Nugroho, R. J. (2024). The Role of Local Knowledge in Natural Resources Conservation: An Environmental Anthropological Perspective in Traditional Agriculture. Global International Journal of Innovative Research, 1(2): 97-106.

Khattra, S. K., Balaut, A., and Dogra, R. (2024). Advancing Sustainable Ecosystem Development. Journal of Geography, Environment and Earth Science International, 28(7): 52-59.

Kosanic, A., and Petzold, J. (2020). A systematic review of cultural ecosystem services and human wellbeing. Ecosystem Services, 45, 101168.

Kurniawan, H., Yulianto, R. S., Mladenov, S. V., and Ardiansyah, M. (2023). Sustainable development through community empowerment based on local wisdom. Int. J. Prog. Sci. Technol, 41: 164-176.

Lam, D. P., Martín-López, B., Wiek, A., Bennett, E. M., Frantzeskaki, N., Horcea-Milcu, A. I., and Lang, D. J. (2020). Scaling the impact of sustainability initiatives: a typology of amplification processes. Urban Transformations, 2: 1-24.

Lambin, E. F., Kim, H., Leape, J., and Lee, K. (2020). Scaling up solutions for a sustainability transition. One Earth, 3(1): 89-96.

Lee, T. H., and Jan, F. H. (2019). Can community-based tourism contribute to sustainable development? Evidence from residents' perceptions of the sustainability. Tourism Management, 70: 368-380.

Marradi, C., and Mulder, I. (2022). Scaling local bottom-up innovations through value co-creation. Sustainability, 14(18), 11678.

Mistry, J., and Berardi, A. (2016). Bridging indigenous and scientific knowledge. Science, 352(6291): 1274-1275.

Moreau, C., Barnaud, C., and Mathevet, R. (2019). Conciliate agriculture with landscape and biodiversity conservation: a role-playing game to explore trade-offs among ecosystem services through social learning. Sustainability, 11(2), 310.

Morri, E., and Santolini, R. (2021). Ecosystem services valuation for the sustainable land use management by nature-based solution (NbS) in the common agricultural policy actions: A case study on the Foglia river basin (Marche region, Italy). Land, 11(1), 57.

Mugizi, F., Ayorekire, J., and Obua, J. (2022). Community-based conservation for sustainable ecosystem services and tourism: A case study of Murchison Falls conservation area, Uganda. In Management of Tourism Ecosystem Services in a Post Pandemic Context (pp. 30-52). Routledge.

Muttaqin, M. Z., Alviya, I., Lugina, M., and Hamdani, F. A. U. (2019). Developing community-based forest ecosystem service management to reduce emissions from deforestation and forest degradation. Forest policy and economics, 108, 101938.

Nguyen, D. T. N., d'Hauteserre, A. M., and Serrao-Neumann, S. (2022). Intrinsic barriers to and opportunities for community empowerment in community-based tourism development in Thai Nguyen province, Vietnam. Journal of Sustainable Tourism, 30(4): 723-741.

Nguyen, M. P., Vaast, P., Pagella, T., and Sinclair, F. (2020). Local knowledge about ecosystem services provided by trees in coffee agroforestry practices in northwest Vietnam. Land, 9(12), 486.

NV, S. K., KEER, N. R., and YADAV, R. (2022). Ecosystem service approach for community-based management towards sustainable blue economy.

Olsson, P., and Folke, C. (2001). Local ecological knowledge and institutional dynamics for ecosystem management: a study of Lake Racken watershed, Sweden. Ecosystems, 4: 85-104.

Ouko, C. A., Mulwa, R., Kibugi, R., Owuor, M. A., Zaehringer, J. G., and Oguge, N. O. (2018). Community perceptions of ecosystem services and the management of Mt. Marsabit Forest in Northern Kenya. Environments, 5(11), 121.

Palomo-Campesino, S., González, J. A., and García-Llorente, M. (2018). Exploring the connections between agroecological practices and ecosystem services: A systematic literature review. Sustainability, 10(12), 4339.

Pandeya, B., Buytaert, W., Zulkafli, Z., Karpouzoglou, T., Mao, F., and Hannah, D. M. (2016). A comparative analysis of ecosystem services valuation approaches for application at the local scale and in data scarce regions. Ecosystem Services, 22: 250-259.

Pandey, B., and Ghosh, A. (2023). Urban ecosystem services and climate change: a dynamic interplay. Frontiers in Sustainable Cities, 5, 1281430.

Paudyal, K., Baral, H., Lowell, K., and Keenan, R. J. (2017). Ecosystem services from community-based forestry in Nepal: Realising local and global benefits. Land use policy, 63: 342-355.

Rachmawati, E. (2020). Tourism and community empowerment at gunung leuser national park, Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 528, No. 1, p. 012001. IOP Publishing.

Rehman, A., Farooq, M., Lee, D. J., and Siddique, K. H. (2022). Sustainable agricultural practices for food security and ecosystem services. Environmental Science and Pollution Research, 29(56): 84076-84095.

Sangha, K. K. (2020). Global importance of indigenous and local communities' managed lands: building a case for stewardship schemes. Sustainability, 12(19), 7839.

Singh, R. K., Hussain, S. M., Riba, T., Singh, A., Padung, E., Rallen, O., and Bhardwaj, A. K. (2018). Classification and management of community forests in Indian Eastern Himalayas: implications on ecosystem services, conservation and livelihoods. Ecological Processes, 7: 1-15.

Telo da Gama, J. (2023). The role of soils in sustainability, climate change, and ecosystem services: Challenges and opportunities. Ecologies, 4(3): 552-567.

Tengö, M., Hill, R., Malmer, P., Raymond, C. M., Spierenburg, M., Danielsen, F., and Folke, C. (2017). Weaving knowledge systems in IPBES, CBD and beyond—lessons learned for sustainability. Current opinion in environmental sustainability, 26: 17-25.

Thammanu, S., Han, H., Ekanayake, E. M. B. P., Jung, Y., and Chung, J. (2021). The Impact on Ecosystem Services and the Satisfaction Therewith of Community Forest Management in Northern Thailand. Sustainability, 13(23), 13474.

Wangchuk, J., Choden, K., Sears, R. R., Baral, H., Yoezer, D., Tamang, K. T. D., and Dhendup, T. (2021). Community perception of ecosystem services from commercially managed forests in Bhutan. Ecosystem services, 50, 101335.

Zhang, J., Yin, N., Wang, S., Yu, J., Zhao, W., and Fu, B. (2020). A multiple importance–satisfaction analysis framework for the sustainable management of protected areas: Integrating ecosystem services and basic needs. Ecosystem Services, 46, 101219.

Exploring the role of local communities in enhancing forest ecosystem services through sustainable practices

H. Taheri [1*] and M. Jadidi[2]

1- M.Sc. Student of Environmental Education, Faculty of Environment, University of Tehran.
2- Ph.D. in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran.

Abstract

The myriad benefits that humans derive from natural ecosystem services are essential to their well-being. Increasingly, the importance of local communities in monitoring and sustainably managing these services is being recognized. This study examines the dynamic interaction between local communities and forest ecosystem services, focusing on how sustainable practices implemented at the local level can significantly contribute to maintaining and enhancing these vital natural benefits. The research examines the various ways in which forest-dwelling local communities are actively involved in ecosystem management, from traditional agricultural practices that maintain biodiversity to community-based conservation initiatives that protect critical habitats. This article highlights the effectiveness of community-based approaches in achieving sustainable ecosystem management, by reviewing case studies and drawing on recent research. It also analyses the socio-economic factors that influence community participation in such initiatives, including access to resources, power dynamics and cultural values. It also addresses the challenges and opportunities associated with empowering local communities to become active participants in forest ecosystem management. It examines the role of policy frameworks, educational programmes and collaborative partnerships in supporting community-based conservation efforts. It also examines how the integration of indigenous knowledge and traditional ecological practices can enhance ecosystem resilience and contribute to long-term sustainability. The research findings suggest that recognizing and supporting the critical role of local communities is essential to ensuring the continued provision of ecosystem services, and by strengthening collaboration between local stakeholders, policy makers and researchers, more effective and equitable strategies can be developed to manage natural resources and promote a sustainable future for all.

Keywords: Partnership, Ecosystem Services, Forest, Local Communities, Nature-based Solutions, Sustainable Development.

*Corresponding author Tel: +98 9222398193 Email: hamideh.taheri@ut.ac.ir@ut.ac.ir

روش آبیاری بهینه برای توسعه پایدار زراعت چوب صنوبر در ایران

امید حسین‌زاده[1]* و فریبا نیکجو[2]

۱- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

باتوجه به افزایش تقاضا برای محصولات چوبی و کمبود منابع آب، انتخاب روش آبیاری مناسب برای کشت صنوبر به یک چالش مهم تبدیل شده است. این پژوهش باهدف تعیین بهترین روش آبیاری برای کشت پایدار صنوبر در ایران، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس استفاده کرد. نتایج نشان داد که آبیاری قطره‌ای به‌دلیل بهره‌وری زیاد مصرف آب، تأثیر مثبت بر عملکرد محصول و تطابق با شرایط اکولوژیکی منطقه، به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب شده است. این مطالعه بر اهمیت در نظر گرفتن عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در انتخاب روش‌های آبیاری تأکید داشته و برای سیاست‌گذاران و کشاورزان در جهت ارتقای کشت پایدار صنوبر مفید خواهد بود.

واژگان کلیدی: کشت صنوبر، روش‌های آبیاری، تاپسیس، کمبود آب، کشاورزی پایدار.

مقدمه

با رشد روزافزون جمعیت و افزایش تقاضا برای منابع چوبی در سطح جهان، زراعت درختانی که به تولید چوب می‌پردازند به یکی از مهم‌ترین بخش‌های کشاورزی و مدیریت منابع طبیعی تبدیل شده است. در این زمینه انتخاب روش آبیاری مناسب برای زراعت چوب اهمیت ویژه‌ای دارد، چرا که روش آبیاری می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر کیفیت و کمیت چوب تولیدی، مصرف آب و هزینه‌های عملیاتی داشته باشد. با توجه به بحران کمبود منابع آبی در بسیاری از نقاط جهان و ضرورت مدیریت بهینه این منابع، این مقاله به بررسی انواع روش‌های آبیاری مختلف از جمله روش‌های سنتی و مدرن برای زراعت چوب می‌پردازد (Ishaq et al., 2021; FAO, 2020). درخت صنوبر به‌دلیل سرعت رشد زیاد و قابلیت سازگاری با شرایط آب و هوایی متنوع، به یکی از گزینه‌های مطلوب برای تولید چوب در ایران تبدیل شده است. با این حال، کمبود منابع آب و تغییرات اقلیمی، بهره‌برداری از روش‌های آبیاری کارآمدتر را برای کشت صنوبر الزامی کرده است. استفاده از روش‌های بهینه آبیاری نه‌تنها در حفظ و بهره‌وری آب مؤثر است، بلکه تأثیر بسزایی در رشد و کیفیت چوب تولیدی نیز دارد. این مقاله به بررسی و ارزیابی روش‌های آبیاری مختلف مانند آبیاری قطره‌ای، بارانی و سطحی می‌پردازد تا بهترین گزینه برای زراعت صنوبر در ایران را مشخص کند.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۴۴۳۲۷۵۲۷۴۱ ایمیل: o.hoseinzadeh@urmia.ac.ir

تعریف مسئله

با توجه به نیاز روزافزون به محصولات چوبی و تقاضای زیاد صنایع چوب در ایران، کشت صنوبر به‌عنوان یک منبع سریع‌الرشد و قابل تجدید اهمیت یافته است. با این وجود، کمبود منابع آبی و تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی، کشاورزان و متخصصان را به چالش کشیده تا با انتخاب روش‌های مناسب آبیاری از بهره‌وری حداکثری منابع و رشد بهینه درختان اطمینان حاصل کنند (Ishaq et al., 2021; MDPI, 2021). در حالی که روش‌های مختلف آبیاری مانند آبیاری سطحی، قطره‌ای و بارانی برای تأمین نیاز آبی زراعت چوب وجود دارد، هر کدام از این روش‌ها دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود هستند که بسته به اقلیم، نوع خاک و میزان دسترسی به آب، تأثیرات متفاوتی بر بهره‌وری و کیفیت محصول دارند. برای نمونه، آبیاری سطحی نیاز به هزینه کمتری دارد؛ اما در مصرف آب، بهره‌وری پایینی دارد، در حالی که آبیاری قطره‌ای، گرچه هزینه نصب بیشتری دارد، اما در بلندمدت سبب کاهش مصرف آب و افزایش کارایی آبیاری می‌شود (Bai et al., 2019; Pande et al., 2021).

ضرورت تحقیق

با توجه به افزایش بحران کم‌آبی در بسیاری از مناطق جهان و نقش اساسی جنگل‌ها و مزارع چوب در تعدیل تغییرات اقلیمی و حفظ تنوع زیستی، ضرورت انتخاب روش‌های آبیاری بهینه برای زراعت چوب بیش از پیش احساس می‌شود. این تحقیق با هدف بررسی کارایی و هزینه‌های روش‌های مختلف آبیاری در شرایط اقلیمی و خاکی گوناگون انجام می‌شود تا بتوان به انتخابی بهینه و پایدار در مدیریت آب برای زراعت چوب رسید (USDA, 2018; FAO, 2020).

با در نظر گرفتن شرایط کمبود آب در ایران، بهینه‌سازی مصرف آب در کشت صنوبر یکی از اولویت‌های اصلی برای پایداری منابع طبیعی و اقتصادی کشور است. انتخاب روش آبیاری مناسب علاوه بر بهبود رشد درختان می‌تواند در کاهش هزینه‌ها و مدیریت بهتر منابع آب مؤثر باشد (Benye, 2021; Apni Kheti, 2023). بنابراین بررسی مزایا و معایب روش‌های آبیاری مختلف از جمله آبیاری قطره‌ای که به کاهش تلفات آب کمک می‌کند، آبیاری بارانی که می‌تواند پوشش بهتری در نواحی شیب‌دار داشته باشد و آبیاری سطحی که در مناطق دارای خاک غنی مناسب‌تر است، ضروری به‌نظر می‌رسد.

فرضیه

آبیاری قطره‌ای به‌دلیل کاهش تبخیر و استفاده بهینه از آب، بهترین روش آبیاری برای مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Ishaq et al., 2021).

آبیاری قطره‌ای (Drip Irrigation)

فرآیند آبیاری: در روش آبیاری قطره‌ای، آب از طریق لوله‌های پلی‌اتیلن و قطره‌چکان‌هایی که در نزدیکی ریشه درخت صنوبر نصب شده‌اند، به‌طور مداوم و قطره قطره به خاک تزریق می‌شود. این سیستم از یک مخزن، پمپ و شبکه‌ای از لوله‌ها تشکیل شده که آب را مستقیماً به‌پای درختان می‌رساند، به‌طوری که آب کم‌کم و به‌صورت متمرکز به ناحیه ریشه می‌رسد (Bai et al., 2019). میزان مصرف آب: مصرف آب در این روش بسیار بهینه است و تقریباً ۳۰ تا ۴۰ درصد کمتر از سایر روش‌ها آب

مصرف می‌کند، زیرا آب به‌صورت مستقیم و کنترل شده به گیاه تزریق می‌شود که از تبخیر زیاد و رواناب جلوگیری می‌کند (Ishaq et al., 2021).

آبیاری بارانی (Sprinkler Irrigation)

آبیاری بارانی می‌تواند در مناطقی با شیب ملایم و خاک‌های با زهکشی مناسب، بازدهی خوبی داشته باشد، هر چند نیازمند زیرساخت‌های خاص است (Apni Kheti, 2023). آبیاری بارانی در مناطق با خاک سبک و مناطقی که بارندگی طبیعی دارد، کارایی زیادی دارد و می‌تواند به‌خوبی نیاز آبی مزارع چوب را تأمین کند، هر چند هزینه نصب و انرژی بیشتری نیاز دارد (Bai et al., 2019). در آبیاری بارانی، آب از طریق شبکه‌ای از لوله‌ها و با استفاده از نازل‌ها به‌صورت قطرات ریز روی درختان اسپری می‌شود. این روش بیشتر شبیه به بارش طبیعی باران عمل می‌کند و می‌تواند مساحت بیشتری را با آبدهی یکنواخت پوشش دهد (Pande et al., 2021). این روش در مقایسه با آبیاری قطره‌ای مصرف آب بیشتری دارد؛ اما با این حال در مقایسه با روش سطحی به‌طور مؤثرتری از آب استفاده می‌کند. به‌طور معمول، در آبیاری بارانی ۲۰ تا ۳۰ درصد آب بیشتری نسبت به آبیاری قطره‌ای مصرف می‌شود (Ishaq et al., 2021).

آبیاری سطحی (Surface Irrigation)

آبیاری سطحی در مناطقی که دارای خاک‌های سنگین‌تر هستند، ممکن است به‌دلیل فراهم‌سازی رطوبت عمیق، رشد بهتری ایجاد کند، اما مصرف آب بیشتری دارد و برای شرایط ایران کمتر توصیه می‌شود (Benye, 2021). آبیاری سطحی به‌دلیل هزینه کمتر در مناطقی با منابع آبی غنی و خاک‌های سنگین، گزینه‌ای مناسب است؛ اما به‌دلیل تبخیر بیشتر، مصرف آب بیشتری دارد و ممکن است منجر به کاهش بهره‌وری آبیاری در طولانی مدت شود (Pande et al., 2021). در آبیاری سطحی، آب به‌صورت آزاد در سطح زمین جریان پیدا می‌کند و به ناحیه ریشه نفوذ می‌کند. این روش شامل سیستم‌های جویچه‌ای، نواری و غرقابی است که در آن‌ها آب از طریق کانال‌ها به نواحی مختلف مزرعه توزیع می‌شود (USDA, 2018). میزان مصرف آب: این روش بیشترین میزان مصرف آب را دارد و کارایی آبیاری در این روش پایین است، زیرا تبخیر و نفوذ عمیق در این سیستم بیشتر است. میزان مصرف آب در این روش ممکن است تا ۴۰ تا ۵۰ درصد بیشتر از آبیاری قطره‌ای باشد (Pande et al., 2021).

مواد و روش‌ها

به‌منظور وزن‌دهی شاخص‌ها و اولویت‌بندی روش‌های مختلف آبیاری از روش تاپسیس استفاده شد. مراحل انجام روش تاپسیس به‌شرح زیر است:

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

$$X=\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

که در آن x_{ij} عملکرد گزینه i در رابطه با معیار j است.

گام دوم: بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم

برای این کار روش‌های مختلفی وجود دارد، اما معمولاً از رابطه زیر استفاده می‌شود که هر عدد تقسیم بر مجموع ستونی می‌شود:

$$F=\begin{pmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \cdots & f_{mn} \end{pmatrix}$$

$$f_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^2}}$$

گام سوم: تعیین بردار وزن معیارها

$$w=[w_1,w_2 \ldots w_n]$$

ضریب اهمیت معیارها توسط صورت مسئله یا n به ما داده می‌شود.

گام چهارم: تعیین ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار

در این مرحله هر عنصر از ماتریس R را در وزن مربوطه شاخص ضرب می‌کنیم و در سر جایش در ماتریس قرار می‌دهیم.

$$V_{ij} = w_j r_{ij} \qquad i=1 \ldots n \quad j=1 \ldots m$$

گام پنجم: یافتن حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل

در ماتریس به‌وجود آمده در مرحله قبل در هر ستون، اگر شاخص مربوطه از نوع سود است آن را یک شاخص مثبت در نظر می‌گیریم و گزینه‌ای را که دارای بیشترین مقدار V_{ij} است، به‌عنوان گزینه ایده‌آل آن شاخص و گزینه‌ای را که دارای کمترین V_{ij} است، به‌عنوان گزینه ضد ایده‌آل آن شاخص در نظر می‌گیریم.

در صورتی که شاخص از نوع هزینه است، آن شاخص را از نوع منفی در نظر گرفته و گزینه ایده‌آل گزینه‌ای است که کمترین مقدار را در ستون مربوطه داشته باشد. همچنین گزینه ضد ایده‌آل گزینه‌ای است که بیشترین مقدار را در ستون مربوطه داشته باشد. در نهایت گزینه ایده‌آل هر ستون را با V^*_j و گزینه ضد ایده‌آل را با V^-_j نشان می‌دهیم.

گام ششم: محاسبه فاصله از حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل

در این مرحله برای هر گزینه به‌صورت سطری، فاصله آن از حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل را از روابط زیر محاسبه می‌کنیم. روش کار بدین صورت است که به‌صورت سطری جلو می‌رویم و هر عدد را از ایده‌آل همان ستون کم می‌کنیم. سپس به سراغ عنصر بعدی در سطر مربوط به همان گزینه می‌رویم و ادامه می‌دهیم.

$$S^*_i = \sqrt{\sum (V_{ij} - V^*_j)^2} \qquad S^-_i = \sqrt{\sum (V_{ij} - V^-_j)^2}$$

گام هفتم: محاسبه شاخص شباهت

برای هر گزینه شاخص شباهت را به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$C^*_i = S^-_i / S^*_i + S^-_i$$

گام هشتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها

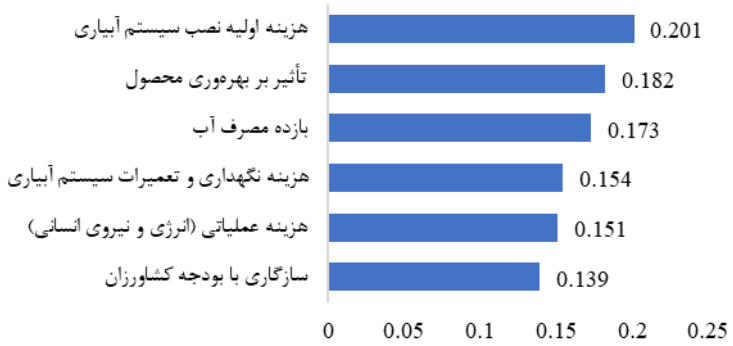
براساس شاخص شباهت صورت می‌گیرد. مقدار شاخص شباهت بین صفر و یک تغییر می‌کند. هرچه گزینه به ایده‌آل مشابه‌تر باشد شاخص شباهت به یک نزدیک‌تر خواهد بود.

پانل متخصصین

پانل متخصصین شامل ۱۵ نفر از اساتید دانشگاه، ۹ نفر از متخصصین سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و ۶ نفر از متخصصین موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور بود.

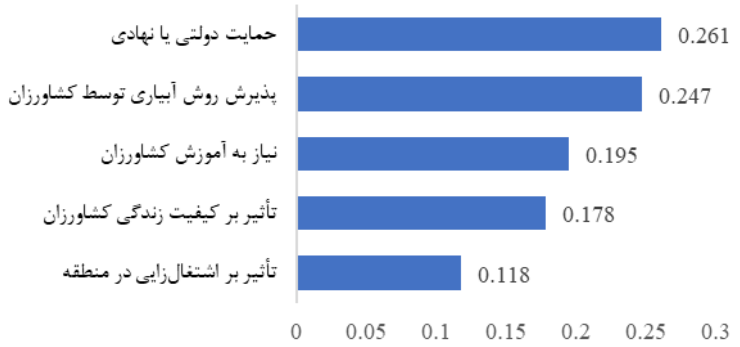
یافته‌ها

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده، در بخش اقتصادی، بیشترین وزن به هزینه اولیه نصب سیستم آبیاری (۰,۲۰۱) اختصاص یافته است که نشان می‌دهد توان مالی اولیه کشاورزان برای نصب سیستم از اهمیت زیادی برخوردار است. پس از آن تأثیر بر بهره‌وری محصول (۰,۱۸۲) و بازده مصرف آب (۰,۱۷۳) در اولویت قرار دارند؛ زیرا بهره‌وری و کارایی منابع آب نقش مهمی در افزایش سوددهی دارند. هزینه‌های عملیاتی و نگهداری نیز مهم ارزیابی شده‌اند، اما با وزن‌های کمی کمتر (۰,۱۵۴ و ۰,۱۵۱) نشان می‌دهند که هزینه‌های بلندمدت مدیریت سیستم به دقت بررسی می‌شوند. کمترین اهمیت به سازگاری با بودجه کشاورزان (۰,۱۳۹) داده شده است، شاید به این دلیل که بیشتر کشاورزان حاضر به سرمایه‌گذاری در روش‌های مؤثرتر هستند.



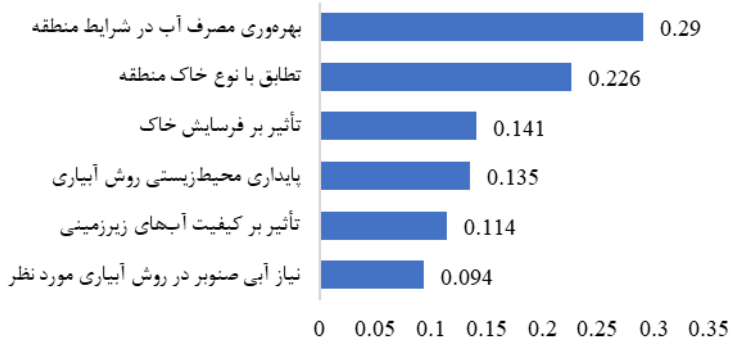
شکل ۱- وزن معیارهای اقتصادی

در بخش اجتماعی، حمایت دولتی یا نهادی (۰,۲۶۱) و پذیرش روش آبیاری توسط کشاورزان (۰,۲۴۷) به‌عنوان عوامل کلیدی برجسته شده‌اند (شکل ۲) که نشان می‌دهد موفقیت روش‌های آبیاری به‌شدت وابسته به سیاست‌های حمایتی و اعتماد کشاورزان است. نیاز به آموزش کشاورزان نیز وزن قابل‌توجهی دارد (۰,۱۹۵)، زیرا آشنایی با روش‌های جدید برای پذیرش و استفاده درست ضروری است. بهبود کیفیت زندگی کشاورزان (۰,۱۷۸) و اشتغال‌زایی (۰,۱۱۸) در مقایسه با عوامل دیگر اهمیت کمتری دارند، اما همچنان جزو عوامل مهم اجتماعی محسوب می‌شوند.



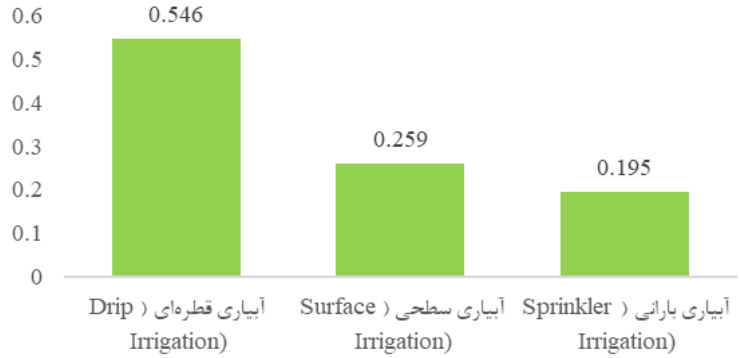
شکل ۲- وزن معیارهای اجتماعی

در بخش اکولوژیکی، بیشترین اهمیت به بهره‌وری مصرف آب در شرایط منطقه (۰,۲۹) و تطابق با نوع خاک منطقه (۰,۲۲۶) داده شده است (شکل ۳). این امر نشان می‌دهد که انتخاب روش آبیاری مناسب باید به‌طور خاص با شرایط خاک و منابع آبی سازگار باشد تا تأثیر اکولوژیکی مثبتی داشته باشد. تأثیر بر فرسایش خاک (۰,۱۴۱) و پایداری محیط‌زیستی (۰,۱۳۵) نیز اولویت دارند، زیرا جلوگیری از تخریب منابع طبیعی و پایداری زیست‌محیطی در بلندمدت حیاتی است. عوامل دیگر مانند تأثیر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی و نیاز آبی صنوبر، وزن‌های پایین‌تری (۰,۱۱۴ و ۰,۰۹۴) دارند که نشان دهنده اهمیت نسبی کمتر این موارد در تصمیم‌گیری نهایی است.



شکل ۳- وزن معیارهای اکولوژیکی

نتایج نشان می‌دهد که آبیاری قطره‌ای با وزن ۰,۵۴۶ به‌عنوان بهترین گزینه برای صنوبرکاری در ارومیه انتخاب شده است. این روش با وزن بسیار بیشتری نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد که می‌تواند به‌دلیل مزایای اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی آن باشد. آبیاری قطره‌ای معمولاً به بهره‌وری زیاد مصرف آب کمک می‌کند و برای مناطق کم‌آب مانند ارومیه که مدیریت منابع آب حیاتی است، گزینه‌ای ایده‌آل محسوب می‌شود. همچنین کاهش هزینه‌های عملیاتی، نیاز کم به نیروی انسانی و کاهش تبخیر آب از دیگر مزایای اقتصادی و فنی این روش هستند.



شکل ۴- وزن گزینه‌ها

آبیاری سطحی با وزن ۰,۲۵۹ در جایگاه دوم قرار دارد. این روش به‌دلیل سادگی و هزینه اولیه کم ممکن است برای کشاورزانی که منابع مالی محدودی دارند یا تمایل به استفاده از فناوری‌های پیشرفته ندارند، جذاب باشد. با این حال، بازده مصرف آب در این روش کمتر از آبیاری قطره‌ای است و ممکن است سبب هدررفت آب و افزایش خطر فرسایش خاک شود. آبیاری بارانی با وزن ۰,۱۹۵ در پایین‌ترین جایگاه قرار گرفته است. این روش هرچند در برخی شرایط ممکن است مفید باشد، اما به‌دلیل نیاز به تجهیزات پیچیده‌تر، هزینه‌های بیشتر و کارایی کمتر در کاهش تبخیر و تطابق با شرایط اقلیمی خاص ارومیه، اهمیت کمتری نسبت به دیگر روش‌ها دارد. در مجموع، نتایج حاکی از آن است که انتخاب روش آبیاری مناسب باید به گونه‌ای باشد که با شرایط خاص منطقه، از جمله محدودیت منابع آب و نوع خاک، هماهنگی داشته باشد. برتری آبیاری قطره‌ای نشان دهنده توجه به بهره‌وری زیاد و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی در کنار پشتیبانی از بهره‌وری اقتصادی است.

بحث و نتیجه‌گیری

براساس تحلیل شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی و ارزیابی روش‌های آبیاری مناسب برای صنوبرکاری در ارومیه، نتایج نشان می‌دهد که آبیاری قطره‌ای به‌عنوان گزینه‌ای برتر انتخاب شده است. این روش با بیشترین وزن‌دهی در معیارهای بهره‌وری مصرف آب، تأثیر مثبت بر بهره‌وری محصول و تطابق با شرایط اکولوژیکی منطقه، بهترین تعادل میان کارایی اقتصادی، پذیرش اجتماعی و پایداری زیست‌محیطی را ارائه می‌دهد. اهمیت هزینه اولیه و بهره‌وری محصول در بخش اقتصادی، نقش حمایت نهادی و پذیرش کشاورزان در بخش اجتماعی و بهره‌وری مصرف آب و تطابق با نوع خاک در بخش اکولوژیکی به‌وضوح مشخص می‌کند که آبیاری قطره‌ای بیشترین تأثیر را در رفع چالش‌های موجود دارد. از سوی دیگر، آبیاری سطحی به‌دلیل سادگی و هزینه اولیه کمتر به‌عنوان یک گزینه میانه ارزیابی شد، اما محدودیت‌های آن در بهره‌وری آب و اثرات زیست‌محیطی موجب شده است که در اولویت پایین‌تری قرار گیرد. در نهایت، آبیاری بارانی با وجود کاربردهای خاص به‌دلیل هزینه‌های بیشتر و کارایی کمتر در شرایط منطقه‌ای ارومیه، کمترین اهمیت را در این ارزیابی داشت. این مطالعه تأکید می‌کند که انتخاب روش آبیاری باید نه‌تنها براساس معیارهای اقتصادی، بلکه با در نظر گرفتن ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی انجام شود. آبیاری قطره‌ای با توجه به برتری آن در این سه حوزه می‌تواند به بهبود پایداری کشاورزی و مدیریت منابع آب در منطقه ارومیه کمک شایانی کند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از تمامی اساتید محترم دانشگاه‌ها، متخصصین سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور که با ارائه نظرات کارشناسی و اطلاعات تخصصی خود ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

Bai, Y., Yang, S., Zhang, X., and Wang, H. (2019). Efficient irrigation for timber trees. Journal of Forestry Research, 24(3): 207-218.

Benye, X., Brent, C., Coleman, M., Jie, D., Wei. H., Doudou, L., Nan, D., Yang, L ., Jingyi, F., Jiusheng, L., Li-ming, J and José, F. (2021). Irrigation management in poplar (*Populus* spp.) plantations: A review. Forest Ecology and Management. 494. 10.1016/j.foreco.2021.119330.

FAO. (2020). Irrigation and water management in forestry. Food and Agriculture Organization.

Ishaq, M., Imran, M., and Shahbaz, M. (2021). Optimal irrigation techniques in arid regions: A case study in poplar plantation. Journal of Agricultural Water Management.

MDPI. (2021). Deficit irrigation for efficiency and water saving in poplar plantations. MDPI. Retrieved from https://www.mdpi.com

Pande, V., Saini, R., and Rana, V. (2021). A review of irrigation techniques for sustainable wood production. Environmental Science and Policy.

USDA. (2018). Sustainable forestry and water management. United States Department of Agriculture.

Apni Kheti. (2023). Poplar Farming. Apni Kheti. Retrieved from https://www.apnikheti.com

Optimal irrigation method for sustainable development of poplar wood cultivation in Iran

O. Hossein Zadeh[1*] and F. Nikjou[2]

1- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2- M.Sc. Student, Sciences and Engineering of Forest, Natural Resources Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract
The increasing demand for wood products and the scarcity of water resources have made the selection of appropriate irrigation methods a critical issue in poplar cultivation. This study aimed to determine the optimal irrigation method for sustainable poplar cultivation in Iran, considering economic, social, and environmental factors. A multi-criteria decision-making (MCDM) approach, specifically the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), was employed to evaluate three irrigation methods: surface, drip, and sprinkler. A panel of experts from agricultural, forestry, and natural resources departments was involved in determining the criteria weights. The results indicated that drip irrigation emerged as the most suitable option due to its higher water use efficiency, positive impact on crop yield, and better adaptation to local ecological conditions. This study underscores the importance of considering both economic and environmental factors in selecting irrigation methods and provides valuable insights for policymakers and farmers in promoting sustainable poplar cultivation.

Keywords: Irrigation methods, Poplar cultivation, Sustainable agriculture, TOPSIS, Water scarcity.

* Corresponding author Tel: +98 4432752741 Email: o.hoseinzadeh@urmia.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

گونه‌های مناسب برای توسعه پایدار زراعت چوب در استان آذربایجان غربی

امید حسین‌زاده[1]* و مهدیه مفتوح قوطورلار[2]

۱- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

صنوبر به‌دلیل رشد سریع و کاربردهای متنوع چوب آن، به‌طور گسترده در استان آذربایجان غربی کشت می‌شود. با این حال به‌دلیل کمبود منابع آب و حساسیت به آفات، بررسی گونه‌های درختی دیگر برای تولید چوب ضروری است. در این مطالعه با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی، محیطی و اجتماعی، به‌کمک روش تاپسیس، گونه‌های مناسب برای توسعه پایدار زراعت چوب در استان آذربایجان غربی ارزیابی و اولویت‌بندی شدند. متخصصان گونه‌های مختلف را براساس معیارهایی مانند نرخ رشد، کیفیت چوب، نیاز آبی و بازده اقتصادی ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که به‌ترتیب بید، کاج و گردو می‌توانند گونه‌های مناسبی برای تولید چوب در استان آذربایجان غربی باشند. این مطالعه بینش‌های ارزشمندی را برای سیاست‌گذاران و مدیران در انتخاب گونه‌های درختی که می‌توانند تولید پایدار چوب را تضمین کنند و تقاضای رو به رشد برای محصولات چوبی در ایران را برآورده کنند، ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: انتخاب گونه، بید، تاپسیس، مدیریت منابع طبیعی.

مقدمه

زراعت چوب با هدف تولید منابع پایدار چوب، نقش کلیدی در تأمین مواد اولیه صنایع لیگنوسلولزی ایفا می‌کند. در ایران، صنوبر (*Populus* spp.) به‌دلیل رشد سریع، کاربردهای متنوع چوب و سازگاری با شرایط مختلف اقلیمی، یکی از مهم‌ترین گونه‌های مورد استفاده در زراعت چوب به‌شمار می‌رود. این گونه در مناطقی مانند استان آذربایجان غربی به‌صورت گسترده کشت شده و کاربردهای زیادی در تولید الوار، کاغذسازی و محصولات چوبی دارد.

با وجود مزایای فراوان، زراعت صنوبر با چالش‌های جدی زیست‌محیطی و اقتصادی مواجه است. مصرف زیاد آب، حساسیت به آفات و بیماری‌ها و کاهش ظرفیت تولید در شرایط کم‌آبی، از جمله مشکلاتی هستند که تولید پایدار این گونه را تهدید می‌کنند. به‌ویژه در مناطقی که با خشکسالی‌های فزاینده و تغییرات اقلیمی روبرو هستند، وابستگی بیش از حد به صنوبر موجب افزایش فشار بر منابع طبیعی شده است (خیاطی نژاد و همکاران، ۱۳۹۵).

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۴۴۳۲۷۵۲۷۴۱ ایمیل: o.hoseinzadeh@urmia.ac.ir

از سوی دیگر، رشد تقاضا برای چوب و محدودیت‌های ناشی از بهره‌برداری جنگل‌ها، نیاز به جایگزینی گونه‌های مقاوم‌تر و اقتصادی‌تر را افزایش داده است. انتخاب گونه‌های مناسب می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی در افزایش بهره‌وری، کاهش مصرف آب و حفاظت از منابع طبیعی داشته باشد.

چالش‌های مرتبط با زراعت صنوبر از یک سو و ظرفیت‌های زیاد اقلیمی و اکولوژیکی استان آذربایجان غربی از سوی دیگر، ضرورت شناسایی گونه‌های مناسب برای زراعت چوب را دوچندان کرده است. برخی از گونه‌های درختی، مانند اکالیپتوس (*Eucalyptus* spp.)، گردو (*Juglans* spp.)، بلوط (*Quercus* spp.) و زبان‌گنجشک (*Fraxinus* spp.)، به‌دلیل مقاومت به شرایط سخت اقلیمی و تولید چوب باکیفیت، به‌عنوان گزینه‌های قابل بررسی معرفی شده‌اند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸).

اکالیپتوس با رشد سریع، مقاومت به خشکی و تولید چوبی با استحکام مناسب، یکی از گزینه‌های اصلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. گردو و گیلاس وحشی نیز علاوه بر تولید چوب با ارزش افزوده زیاد، با تولید میوه‌های اقتصادی نقش مهمی در افزایش درآمد دارند. گونه‌های دیگری مانند بلوط و زبان‌گنجشک با مقاومت زیاد به تغییرات اقلیمی و کیفیت زیاد چوب می‌توانند برای تولید چوب صنعتی در مناطق معتدل و کوهستانی استفاده شوند (دستمالچی و همکاران، ۱۳۷۷).

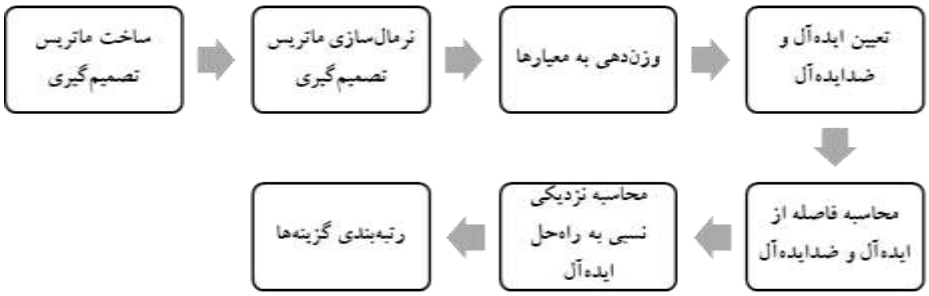
این گونه‌ها نه تنها به کاهش مصرف منابع آبی و افزایش پایداری زراعت چوب کمک می‌کنند، بلکه سبب حفظ تنوع زیستی و کاهش فرسایش خاک نیز می‌شوند. از این منظر، انتخاب گونه‌های مناسب با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و اجتماعی منطقه گامی مؤثر در توسعه پایدار خواهد بود.

بنابراین هدف اصلی این مطالعه، شناسایی و ارزیابی گونه‌های مناسب برای زراعت چوب در استان آذربایجان غربی است. به‌ویژه تمرکز تحقیق بر گونه‌هایی است که علاوه بر تولید چوب با کیفیت، نیاز آبی کمتری دارند و سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی منطقه از خود نشان می‌دهند.

با توجه به رشد تقاضای چوب، تغییرات اقلیمی و محدودیت‌های منابع طبیعی، شناسایی و معرفی گونه‌های مناسب می‌تواند به حفظ منابع آبی، افزایش بهره‌وری اقتصادی و پایداری زیست‌محیطی در زراعت چوب کمک کند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور وزن‌دهی شاخص‌ها و اولویت‌بندی گونه‌های مناسب برای تولید چوب در استان آذربایجان غربی از روش تاپسیس استفاده شد. مراحل انجام روش تاپسیس به‌شرح زیر است (شکل ۱).



شکل ۱- مراحل انجام روش تاپسیس

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

$$X=\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

که در آن x_{ij} عملکرد گزینه i در رابطه با معیار j است.

گام دوم: بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم

بدین منظور هر عدد تقسیم بر مجموع ستونی شد.

$$F=\begin{pmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \cdots & f_{mn} \end{pmatrix}$$

$$f_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} X_{ij}^2}}$$

گام سوم: تعیین بردار وزن معیارها

$$w=w_1,w_2 \ldots w_n$$

وزن معیارها توسط متخصصین و به‌کمک پرسش‌نامه مشخص شد و میانگین وزن‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

گام چهارم: تعیین ایده‌آل و ضد ایده‌آل

در ماتریس به‌وجود آمده در مرحله قبل در هر ستون، اگر شاخص مربوطه از نوع سود بود به‌عنوان یک شاخص مثبت در نظر گرفته شد و گزینه‌ای را که دارای بیشترین مقدار V_{ij} بود به‌عنوان گزینه ایده‌آل آن شاخص و گزینه‌ای را که دارای کمترین V_{ij}بود به‌عنوان گزینه ضد ایده‌آل آن شاخص در نظر گرفته شد.

در صورتی که شاخص از نوع هزینه بود، آن شاخص را از نوع منفی در نظر گرفته و گزینه ایده‌آل گزینه‌ای در نظر گرفته شد که کمترین مقدار را در ستون مربوطه داشت و همچنین گزینه ضد ایده‌آل گزینه‌ای در نظر گرفته شد که بیشترین مقدار را در ستون مربوطه داشت. نهایتاً گزینه ایده‌آل هر ستون با V^*_j و گزینه ضد ایده‌آل با V^-_j نشان داده شد.

گام ششم: محاسبه فاصله از حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل

در این مرحله برای هر گزینه به‌صورت سطری فاصله آن از ایده‌آل و ضد ایده‌آل از روابط زیر محاسبه شد:

$$S^*_i=\sqrt{\sum}(V_{ij}-V^*_j)^2 \qquad S^-_i=\sqrt{\sum}(V_{ij}-V^-_j)^2$$

گام هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها

براساس شاخص شباهت انجام شد.

برای هر گزینه شاخص شباهت طبق رابطه زیر محاسبه شد:

$$C^*_i = S^-_i / S^*_i + S^-_i$$

پانل متخصصین

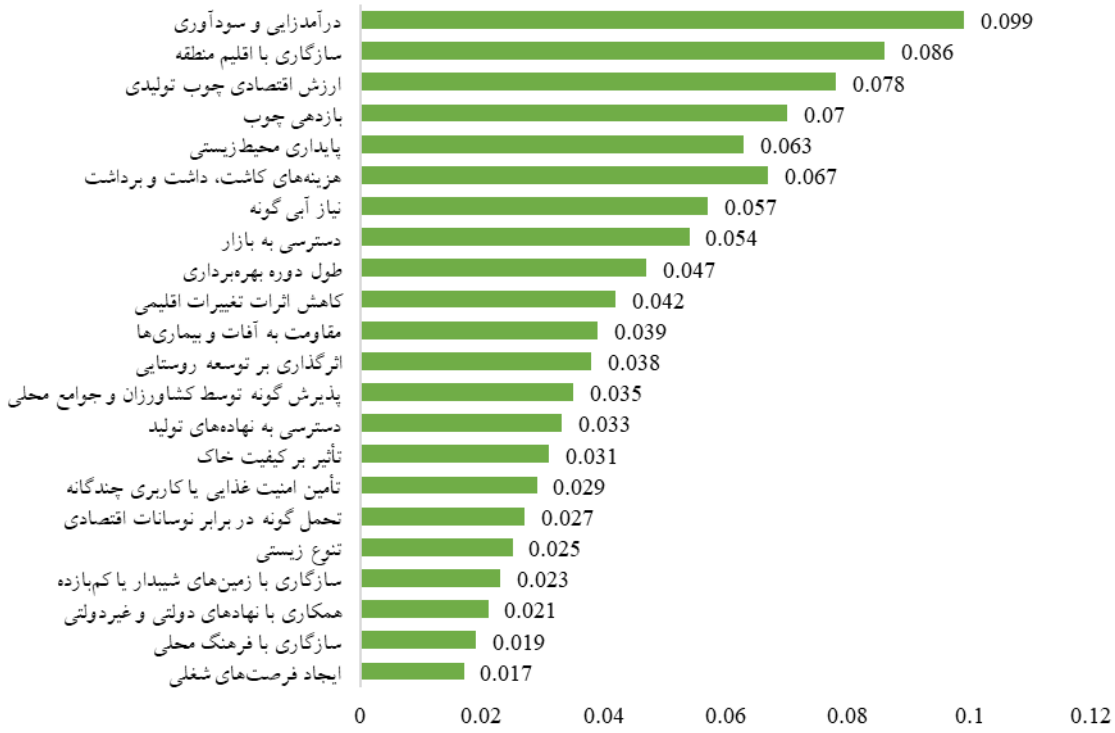
پانل متخصصین شامل ۱۲ نفر از اساتید دانشگاه، ۷ نفر از متخصصین سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و ۵ نفر از متخصصین موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور بود.

پرسش‌نامه

شاخص‌ها و گزینه‌ها به‌کمک پرسش‌نامه و با استفاده از روش گلوله غلطان تعیین شد. همچنین پرسش‌نامه‌ای به‌منظور انجام اولویت‌بندی به‌کمک روش تاپسیس تهیه شد و پرسش‌نامه‌ها به‌کمک روش مصاحبه پاسخ داده شد.

یافته‌ها

نتایج نشان داد، شاخص‌های درآمدزایی و سودآوری (۰,۰۹۹) و سازگاری با اقلیم منطقه (۰,۰۸۶) بیشترین اهمیت را داشتند، زیرا گونه‌ای که برای زراعت چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید هم از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه باشد و هم با شرایط اقلیمی سازگار باشد تا رشد پایدار داشته باشد. شاخص ارزش اقتصادی چوب تولیدی (۰,۰۷۸) نیز اهمیت زیادی داشت، زیرا کیفیت و بازارپسندی چوب نقش کلیدی در موفقیت تجاری آن ایفا می‌کند. در مقابل، شاخص‌هایی مانند ایجاد فرصت‌های شغلی، سازگاری با فرهنگ محلی و تنوع زیستی وزن کمتری داشت. زیرا اگرچه این عوامل مفیدند، اما به‌طور مستقیم بر عملکرد گونه تأثیر نمی‌گذارند. وزن شاخص‌هایی مانند نیاز آبی گونه و طول دوره بهره‌برداری (۰,۰۵۷ و ۰,۰۴۷) نشان‌دهنده اهمیت این عوامل در کاهش فشار بر منابع طبیعی و بهره‌وری پایدار است. به‌طور کلی، این وزن‌دهی بر توازن میان بهره‌وری اقتصادی، سازگاری اقلیمی و ملاحظات محیط‌زیستی تمرکز داشت و نشان داد که انتخاب گونه باید هم‌زمان به نیازهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی اکوسیستم منطقه پاسخ دهد (شکل ۲).



شکل ۲- وزن معیارهای انتخاب گونه مناسب

از سوی دیگر، شاخص‌هایی مثل ایجاد فرصت‌های شغلی و سازگاری با فرهنگ محلی (۰،۰۱۷ و ۰،۰۱۹) وزن کمتری داشتند، زیرا این عوامل به‌صورت غیرمستقیم بر انتخاب گونه اثر می‌گذارند و وابسته به شرایط اجتماعی و فرهنگی خاص هر منطقه هستند. به‌طور کلی، این وزن‌دهی منعکس‌کننده یک رویکرد متعادل بود که بین نیازهای اقتصادی کشاورزان، حفاظت از محیط‌زیست و ملاحظات اقلیمی و اجتماعی تعادل ایجاد می‌کند. این اولویت‌بندی می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا در تصمیم‌گیری، گونه‌هایی را انتخاب کنند که حداکثر بهره‌وری اقتصادی و محیط‌زیستی را در کنار پذیرش اجتماعی داشته باشند (شکل ۲).

وزن گزینه‌ها

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده، وزن گزینه‌ها (گونه های مناسب برای زراعت چوب در استان آذربایجان غربی) به‌شرح زیر بود:

بید (*Salix* L.) وزن ۰،۲۳۲

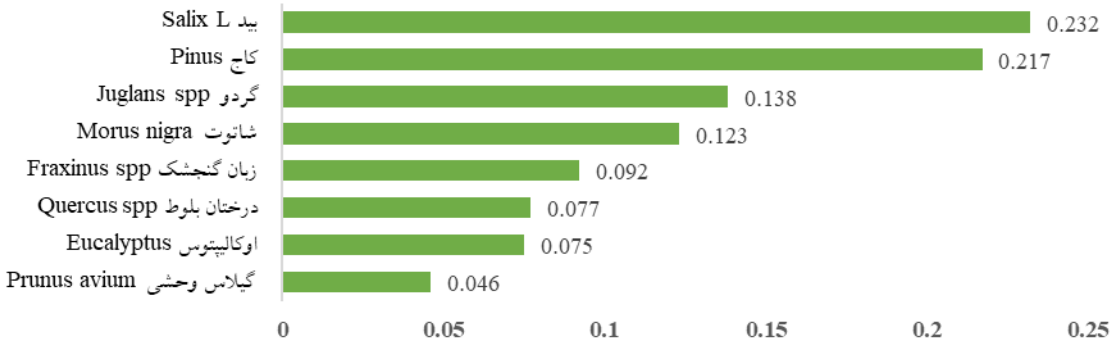
بید به‌عنوان اولویت اول انتخاب شد که نشان‌دهنده اهمیت ویژگی‌های آن است. این‌گونه به‌دلیل رشد سریع، توانایی رشد در خاک‌های مرطوب و فقیر و تولید چوب نرم و چندمنظوره در صنایع مختلف مانند کاغذسازی، جایگاه نخست را دارد. همچنین، سهولت کشت و نگهداری و سازگاری آن با اقلیم آذربایجان غربی از عوامل مؤثر بر این وزن زیاد هستند.

کاج (*Pinus*) وزن ۰,۲۱۷

کاج به‌دلیل تولید چوب مقاوم و سبک که کاربردهای متعددی در صنایع ساختمانی، مبلمان و کاغذسازی دارد، جایگاه دوم را به‌خود اختصاص داد. این درخت تحمل خوبی در برابر شرایط خشک دارد و نیاز آبی کمتری نسبت به بید دارد که آن را برای مناطقی با منابع آبی محدود مناسب می‌سازد.

گردو (*Juglans* spp.) وزن ۰,۱۳۸

گردو به‌دلیل تولید چوب سخت و باکیفیت که در صنایع لوکس و گران‌قیمت (مانند مبلمان و تزیینات) استفاده می‌شود، در جایگاه سوم قرار گرفت. تولید محصول جانبی مانند میوه گردو نیز ارزش اقتصادی زیادی به این‌گونه افزوده است. با این حال، رشد نسبتاً کند و نیاز به شرایط خاکی خاص، وزن آن را نسبت به بید و کاج کاهش داده است.



شکل ۳- وزن گونه های مناسب برای زراعت چوب

شاتوت (*Morus nigra*) وزن ۰,۱۲۳

شاتوت به‌دلیل تولید چوب صاف و نرم که در صنایع‌دستی و ساخت ابزارهای خاص کاربرد دارد، در رتبه چهارم قرار گرفته است. رشد مناسب و مقاومت نسبی به شرایط محیطی از مزایای این درخت است، اما ممکن است به‌دلیل تولید چوب کمتر نسبت به برخی گونه‌ها وزن کمتری داشته باشد.

زبان‌گنجشک (*Fraxinus* spp.) وزن ۰,۰۹۲

زبان‌گنجشک به‌دلیل تولید چوب سخت و بادوام که برای صنایع مختلف مانند مبلمان و ابزارآلات استفاده می‌شود، وزن متوسطی دریافت کرده است. این درخت در شرایط مختلف اقلیمی مقاوم است، اما رشد کندتر و نیاز به مراقبت بیشتر نسبت به گونه‌های دارای وزن زیادتر، ممکن است اولویت آن را کاهش داده باشد.

بلوط (*Quercus* spp.) وزن ۰,۰۷۷

بلوط به‌دلیل تولید چوب بسیار محکم و مقاوم در برابر سایش، ارزش زیادی در صنایع سنگین‌تر دارد. اما رشد کند، نیاز به شرایط خاکی و اقلیمی خاص و امکان‌پذیری کمتر کشت انبوه، دلیل کاهش وزن این‌گونه است، هرچند کیفیت چوب آن بسیار زیاد است.

اکالیپتوس (*Eucalyptus*) وزن ۰٫۰۷۵

اکالیپتوس به‌دلیل رشد سریع و تولید چوب مقاوم، گزینه‌ای جذاب است، اما اثرات زیست‌محیطی منفی مانند کاهش منابع آب زیرزمینی و تأثیر بر تنوع زیستی، سبب کاهش اولویت آن شده است. این‌گونه می‌تواند در مناطق خاصی که منابع آبی مناسب دارند به‌صورت محدود استفاده شود.

گیلاس وحشی (*Prunus avium*) وزن ۰٫۰۴۶

کم‌ترین وزن به گیلاس وحشی اختصاص داده شده است. اگرچه چوب این درخت برای ساخت محصولات خاص مانند مبلمان ظریف ارزشمند است، رشد کند، حساسیت به شرایط اقلیمی، و تولید محدود چوب، آن را به گزینه‌ای با اولویت پایین‌تر تبدیل کرده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که انتخاب گونه‌های دیگر علاوه بر صنوبر، برای زراعت چوب در استان آذربایجان غربی یک فرایند چندوجهی است که نیازمند تحلیل دقیق اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی است. با استفاده از روش تاپسیس، گونه‌های بید، کاج و گردو به‌عنوان گزینه‌های برتر معرفی شدند. این یافته‌ها با نتایج تحقیقات مختلفی تطابق دارد. محمدنژاد کیاسری و همکاران (۱۳۹۱) تأکید کرده‌اند که کاج به‌دلیل نیاز آبی کمتر و مقاومت زیاد در برابر شرایط نامساعد، گزینه‌ای ایده‌آل برای زراعت چوب در مناطق نیمه‌خشک است. از سوی دیگر، بید نیز به‌دلیل نرخ رشد سریع و توانایی تطبیق با خاک‌های فقیر در مطالعات متعددی، مانند پژوهش طالبی و همکاران (۱۳۹۹)، به‌عنوان گونه‌ای پایدار شناخته شده است.

همچنین، توکلی نکو و پورمیدانی (۱۴۰۰) به تأثیرات زیست‌محیطی اکالیپتوس در مقایسه با سایر گونه‌ها اشاره کردند و نشان دادند که هرچند این گونه از رشد سریعی برخوردار است، اما اثرات منفی آن بر منابع آبی و تنوع زیستی محدودیت‌های زیادی ایجاد می‌کند.

تحقیقات نجفیان اشرفی و همکاران (۱۴۰۲) ارزش اقتصادی گردو را به‌دلیل تولید چوب باکیفیت و محصولات جانبی مانند میوه مورد تأکید قرار داده‌اند. این یافته‌ها در مقایسه با نتایج مطالعاتی که گردو را گونه‌ای اقتصادی در صنایع مبلمان و دکوراسیون معرفی می‌کنند، نشان‌دهنده ارزش افزوده این درخت است. با این حال، رشد کند گردو و نیاز به شرایط خاکی خاص در رتبه‌بندی آن تأثیرگذار بوده است.

مقایسه گونه‌های کاج و بید نیز نشان‌دهنده یک توازن کلیدی بین بهره‌وری اقتصادی و زیست‌محیطی است. در حالی که بید به‌دلیل نرخ رشد سریع و نیاز کمتر به خاک باکیفیت جایگاه نخست را دارد، کاج به‌دلیل مقاومت در برابر خشکی و کاربرد گسترده در صنایع ساختمانی، برای مناطقی با منابع آبی محدود، گزینه‌ای ارزشمند است.

از سوی دیگر، در حالی که نتایج نشان‌دهنده اولویت زیاد شاخص‌های اقتصادی مانند درآمدزایی و کیفیت چوب است، عواملی مانند تأثیرات زیست‌محیطی و ایجاد تعادل در اکوسیستم نیز نباید نادیده گرفته شوند. بختیاروند و همکاران (۱۴۰۱) تأکید کرده‌اند که گونه‌های منتخب باید با شرایط اکوسیستمی منطقه همخوانی داشته باشند و از تخریب منابع طبیعی جلوگیری کنند. این یافته‌ها با شاخص‌های نیاز آبی و سازگاری اقلیمی که در این پژوهش مطرح شده‌اند، هم‌سو هستند.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش تأکید می‌کند که توسعه زراعت پایدار چوب در استان آذربایجان غربی مستلزم انتخاب گونه‌هایی است که علاوه بر بازدهی اقتصادی، فشار کمتری بر منابع طبیعی و منابع آبی وارد کنند. گونه‌های بید، کاج و گردو با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فردشان، می‌توانند این الزامات را برآورده کنند. اما اجرای موفق این استراتژی نیازمند برنامه‌ریزی جامع، توسعه زیرساخت‌های مناسب و همکاری مؤثر بین دولت، بخش خصوصی و جوامع محلی است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از تمامی اساتید محترم دانشگاه‌ها، متخصصین سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور که با ارائه نظرات کارشناسی و اطلاعات تخصصی خود ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

بختیاروند، س، یارعلی، ن، محمودی، ب.، (۱۴۰۱). معیارها و شاخص‌های انتخاب گونه برای جنگل‌های دست‌کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوم شناسی جنگل های ایران، ۱۰ (۲۰) :۱۱۹-۱۱۰

توکلی نکو، ح.، پورمیدانی، ع.، (۱۴۰۰). امکان‌سنجی اقتصادی زراعت اکالیپتوس در مناطق مرکزی ایران، نشریه فنی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۴۹ صفحه.

حسینی, ب.، عزیزی، م.، کلاگر، م.، مرادی پور، م.، (۱۳۹۸). مدل تصمیم گیری چند معیاره برای تعیین محصول بهینه و شناسایی بازارهای هدف بر مبنای گونه های صنوبر، توسکا و کاج تدا. مجله صنایع چوب و کاغذ ایران، ۱۰ (۲): ۲۰۳-۱۸۹.

خیاطی نژاد آق گنبد، س.، حسین زاده، ا.، حجاریان، م.، عبدی، م.، (۱۳۹۵). تحلیل توسعه زراعت چوب صنوبر در استان آذربایجان غربی، دومین کنفرانس بین‌المللی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط‌زیست و گردشگری. اردبیل.

دستمالچی, س.، قیسی، م.، ثاقب طالبی، خ.، (۱۳۷۷). نتایج آزمایش‌های سازگاری و پیشاهنگ گونه‌های درختی در استان آذربایجان غربی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران doi: 10.22092/ijfpr.1998.109767

طالبی، م.، ایران منش، ی.، جهانبازی، ح.، محمدی، ح.، قلی پور، ز.، (۱۳۹۹). بررسی کمی و کیفی گونه های مختلف بید (*Salix*) در استان چهارمحال و بختیاری، نشریه بوم شناسی جنگل های ایران، (15)8، magiran.com/p2136519 .62-71.

نجفیان اشرفی، م.، قربانیان فر، م.، راست بود، ا.، صالحی، م.، شمشیری، م.، (۱۴۰۲). بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی دو گونه گردو ایران از مناطق نور و شهرکرد، مجله تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، magiran.com/p2625970 .224-215.

محمدنژاد کیاسری، ش.، موسوی، ع.، امینی، ش.، نجفی، ف.، بریمانی، ح.، فارسی، م.، (۱۳۹۱). سازگاری سوزنی برگان مهم جهان در منطقه ارتفاعی پایین بند جنگل های نکا (کوهسار کنده). فصلنامه جنگل و فرآورده های چوب، magiran.com/p1052836 .199.

Suitable Tree Species for Sustainable Wood Cultivation in West Azerbaijan province

O. Hossein Zadeh[1*] and M. Maftouh Ghotourlar[2]

1- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2- M.Sc. Student, Sciences and Engineering of Forest, Natural Resources Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract

Poplar is widely cultivated in West Azerbaijan province due to its rapid growth and diverse wood applications. However, given water resource limitations and vulnerability to pests, exploring alternative tree species for wood production is essential. This study evaluates and prioritizes suitable species for sustainable wood cultivation in West Azerbaijan Province using the TOPSIS method, considering economic, environmental, and social factors. Experts assessed various species based on criteria such as growth rate, wood quality, water requirements, and economic yield. The results indicated that willow, pine, and walnut are, respectively, the most suitable species for wood production in the region. This study provides valuable insights for policymakers and managers in selecting tree species that ensure sustainable wood production and meet the growing demand for wood products in Iran.

Keywords: Natural resource management, Species selection, Sustainable forestry, TOPSIS, Willow.

* Corresponding author Tel: +98 4432752741 Email: o.hoseinzadeh@urmia.ac.ir

بررسی عوامل مؤثر بر طرح‌های جنگلکاری در سردشت با به‌کارگیری تحلیل عاملی اکتشافی

پریناز صالحی[۱]، عباس بانج شفیعی[۱۲] و هادی بیگی حیدرلو[۳]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- استاد، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- استادیار، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

جنگل‌کاری به‌عنوان یکی از راهبردهای مؤثر در کاهش فشار ناشی از جنگل‌زدایی نیازمند بررسی جامع عوامل تعیین‌کننده موفقیت آن است. این مطالعه با هدف شناسایی و تحلیل عوامل کلیدی مؤثر بر موفقیت طرح‌های جنگل‌کاری، به‌منظور کاهش اثرات مخرب جنگل‌زدایی، طراحی و اجرا شد. روش تحقیق به‌صورت تحلیلی-پیمایشی بوده و داده‌ها از طریق توزیع پرسشنامه میان جوامع محلی و کارشناسان جمع‌آوری شد. تحلیل داده‌ها با بهره‌گیری از روش تحلیل عاملی اکتشافی انجام شد. نتایج نشان داد که عواملی مانند آموزش مؤثر، نظارت و پایش مستمر، مشارکت فعال جوامع محلی و حفاظت از عرصه‌های جنگل‌کاری شده از مهم‌ترین مؤلفه‌های موفقیت این طرح‌ها محسوب می‌شوند. علاوه بر این، عواملی مانند فاصله مناسب عرصه‌های جنگل‌کاری از مناطق مسکونی، عدم حضور دام در این مناطق، فعالیت قرقبان‌ها و اجرای طرح‌های توانمندسازی جوامع محلی نقش بسزایی در بهبود نتایج جنگل‌کاری داشته‌اند. تقویت آموزش، ارتقای مشارکت جوامع محلی و بهبود نظارت می‌تواند به افزایش اثربخشی طرح‌های جنگل‌کاری کمک کند. این یافته‌ها می‌توانند به سیاست‌گذاران و مجریان در تدوین برنامه‌های مؤثرتر برای احیای جنگل‌ها و مدیریت پایدار منابع طبیعی یاری رسانند.

واژگان کلیدی: بذرکاری، نهالکاری، حفاظت جنگل، جنگل‌های بلوط.

مقدمه

طی سال‌های اخیر رشد جمعیت، تغییرات کاربری اراضی و فقدان رویکردهای علمی و یکپارچه مدیریتی به کاهش سطح و کیفیت جنگل‌ها منجر شده است (Parvaneh et al., 2011). مطالعات نشان می‌دهند که گسترش فعالیت‌های انسانی به تدریج منجر به تخریب و تغییر در جنگل‌ها شده است، بنابراین پایداری جنگل‌های جهانی نیازمند اقداماتی جامع و هماهنگ برای حفاظت و احیای آن‌ها است (Roberts et al., 2017). یکی از اصلی‌ترین رویکردهای مدیریت و توسعه پایدار، جنگل‌کاری و حفاظت از جنگل‌ها به‌منظور حفظ منابع طبیعی و بهبود شرایط محیط‌زیستی است (حیدری و همکاران، ۱۴۰۰).

[۱] نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۱۹۳۲۷۸۸ ایمیل: a.banjshafiei@urmia.ac.ir

افزایش فشارها و محدودیت‌های زیست‌محیطی و همچنین نیاز به کنترل تخریب مداوم جنگل‌ها منجر به بررسی رویکردهای مختلف برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل‌ها شده است تا از خدمات جنگلی بهره‌برداری شود و زیستگاه‌های حیات‌وحش حفظ و بازسازی شوند (Aguilar and Wen, 2021). با توجه به تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی موجود در جنگل‌های مختلف، استفاده از رویکردهای متنوع و جامع برای ارزیابی طرح‌های مدیریتی و استراتژی‌های جنگلداری و احیای جنگل‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. این امر می‌تواند به شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های خاص هر منطقه کمک کند و راهکارهای مناسب‌تری برای مدیریت و حفظ منابع جنگلی ارائه دهد (Tritsch et al., 2020).

ارزیابی برنامه‌های ناموفق گذشته و تحلیل علل استمرار تخریب جنگل‌ها در برخی از کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که تمرکز صرف بر مدیریت زیست‌محیطی، بدون در نظر گرفتن ابعاد اجتماعی و اقتصادی جوامع محلی و کاربران زمین موجب شکست سیاست‌ها و برنامه‌های حفاظتی و احیای منابع طبیعی می‌شود. بنابراین توجه به این ابعاد به‌عنوان بخش‌های اساسی در فرآیند مدیریت منابع طبیعی ضروری است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). شناخت و درک عوامل مؤثر بر موفقیت طرح‌ها به‌عنوان عوامل کلیدی این امکان را فراهم می‌آورد که مجریان طرح‌ها بتوانند با بهبود ظرفیت‌ها و اقدامات لازم، احتمال دستیابی به نتایج مطلوب را افزایش دهند و اهداف مورد نظر را به‌طور مؤثرتر تحقق بخشند (Yadav and Kumar, 2022). شناسایی عواملی که به‌طور مستمر و مؤثر بر موفقیت طرح‌های جنگلداری و تحقیقاتی در این زمینه تأثیر می‌گذارند با توجه به پیچیدگی‌های سیستم‌های جنگلداری و دوره‌های تولید طولانی چالش‌های خاصی را به همراه دارد. این امر نیازمند تعهدات طولانی‌مدت و برنامه‌های چندوجهی است که بتوانند تأثیرات پایدار و قابل‌توجهی در این حوزه ایجاد کنند (Benner and Lertzman, 2022).

یکی از مشکلات اصلی در فرآیند احیای جنگل‌ها، عدم مشارکت مؤثر جوامع محلی در تصمیم‌گیری‌ها، توزیع ناعادلانه منافع و نظارت ناکافی بر مدیریت تطبیقی است. علاوه بر این تضاد میان اهداف جوامع محلی و مدیران، به‌اضافه چالش‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و فنی موانعی جدی در راستای احیای پایدار جنگل‌ها ایجاد کرده است (Hohl et al., 2020). موفقیت پروژه‌ها به عواملی همچون تعهد و همکاری متخصصان، تعریف دقیق محدوده و طراحی مشارکتی، تأمین منابع مالی و تجهیزات، ایجاد شبکه‌های ارتباطی مؤثر، انعطاف‌پذیری در اجرا، نظارت و ارزیابی مداوم، بهره‌گیری از مهارت‌های متنوع و مدیریت بهینه زمان وابسته است (Bartlett, 2018). علاوه بر این، طراحی و اجرای پروژه با توجه به عوامل کلیدی موفقیت، مانند برنامه‌ریزی دقیق، اجرای مؤثر، و جلب مشارکت ذینفعان، نقشی اساسی در دستیابی به اهداف پروژه دارد (Grey Bartlett, 2018). بسیاری از طرح‌های منابع طبیعی به‌دلیل بی‌توجهی به نقش جوامع محلی و ابعاد اجتماعی و اقتصادی مرتبط با آن‌ها با شکست مواجه شده‌اند (Heidari et al., 2014; Karami Dehkordi and Ansari, 2012). عدم مشارکت مؤثر جوامع محلی در فرآیندهای برنامه‌ریزی، طراحی، و اجرای پروژه‌ها، یکی از عوامل کلیدی شکست بسیاری از طرح‌ها محسوب می‌شود. این مسئله به‌ویژه در حوزه بازسازی و احیای جنگل‌ها به‌عنوان یک چالش گسترده و رایج مورد تأکید قرار گرفته است (Sabogal et al., 2015).

تاکنون طرح‌های متعددی برای اعمال مدیریت دولتی و اجرای طرح‌های احیا و غنی‌سازی جنگل‌ها در ناحیه رویشی زاگرس و شهرستان سردشت اجرا شده است. با این حال به دلیل وجود نواقص و مشکلات در این طرح‌ها، نتایج آن‌ها نتوانسته‌اند به‌طور کامل نیازهای مدیریت جنگل‌های زاگرس را تأمین کنند. طرح‌های جنگل‌کاری به‌عنوان یکی از ابزارهای مؤثر در مقابله با تغییرات اقلیمی و حفاظت از محیط‌زیست شناخته می‌شوند (طهوری و پروین، ۱۳۹۵). با این حال بسیاری از این طرح‌ها به دلایل متعدد با شکست مواجه می‌شوند که این امر نه تنها منجر به اتلاف منابع مالی و انسانی می‌شود، بلکه

می‌تواند به تخریب بیشتر زیستگاه‌ها و افزایش احساس نا امیدی در جوامع محلی منتهی شود. از این رو ضروری است که عوامل مؤثر بر موفقیت و شکست طرح‌های جنگل‌کاری به‌طور جامع و دقیق تحلیل شوند. این تحقیق با هدف شناسایی و ارزیابی این عوامل در جنگل‌های زاگرس شمالی، شهرستان سردشت، انجام شد تا با ارائه راهکارهای علمی و عملی، فرآیند طراحی و اجرای این طرح‌ها بهبود یابد. نتایج این تحقیق می‌تواند به سیاست‌گذاران، مجریان طرح‌ها و جوامع محلی در اتخاذ تصمیمات مؤثرتر و کارآمدتر کمک کرده و در نهایت به تحقق اهداف حفاظتی و توسعه‌ای یاری رساند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

شهرستان سردشت با مساحت ۱۳۸۱۸۳ هکتار به‌عنوان منطقهٔ مورد بررسی در این پژوهش انتخاب شد. شهرستان سردشت بین ´´۴۸ ´۱۳ °۴۵ تا ´´۰۰ ´۴۲ °۴۵ طول شرقی و ´´۳۶ ´۳۷ °۳۵ تا ´´۱۲ ´۲۸ °۳۶ عرض شمالی قرار دارد. متوسط ارتفاع از سطح دریای سردشت ۱۵۱۰ متر است (Beygi Heidarlou et al., 2019). شهرستان سردشت از نظر شرایط آب و هوایی و اقلیمی جزو مناطق سرد و مرطوب به شمار می‌آید. این شهرستان با داشتن تا ۱۰۱ روز سرد و یخبندان در سال دارای میانگین سالانه بارندگی ۹۵۰ میلی‌متر است (احمدی، ۱۳۹۹). جنگل‌های شهرستان سردشت با وسعتی حدود ۶۴۸۸۸ هکتار از مناطق مهم و نسبتاً بحرانی جنگل‌های زاگرس برای تغییر کاربری و کاهش جنگل‌ها محسوب می‌شوند (Beygi Heydarlou et al., 2020). از جنگل‌های این ناحیه با وجود گونه‌های با ارزش می‌توان محصولات فرعی از قبیل مازوج، گزنگبین، سقز و حتی مواد دارویی به‌دست آورد.

روش پژوهش

ابتدا اطلاعات و آمار مناطق و روستاهایی که طرح‌های جنگل‌کاری در آنها اجرا شده، از اداره منابع طبیعی شهرستان سردشت استخراج شد. پس از انجام بررسی‌های لازم، تعدادی روستا که طرح‌های اجرا شده در آنها نتایج متفاوت (یعنی موفق و ناموفق) داشته‌اند انتخاب شدند. اطلاعات مربوط به طرح‌ها، شامل نوع عملیات، نوع گونه‌ها، سال اجرا، مساحت کاشت، وجود قرقبانان بومی، وجود تسهیل‌گر، نزدیکی به مراکز تفریحی و تفرجگاه‌ها، نزدیکی به روستاها و جاده‌ها، وجود یا عدم وقوع آتش‌سوزی و آبیاری، از طریق اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان سردشت جمع‌آوری شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات، از میان روستاهایی که نتایج متفاوتی در اجرای طرح‌های جنگل‌کاری داشتند، هفت روستا انتخاب شدند که سه روستا نتایج ناموفق و چهار روستا نتایج موفق در اجرای این طرح‌ها داشتند.

جمع‌آوری داده‌ها

پس از انتخاب روستاهای موردنظر، پرسشنامه‌هایی برای بررسی عوامل مؤثر بر موفقیت و عدم موفقیت طرح‌های جنگل‌کاری توسط محقق طراحی و برای تأیید صحت آن به صاحب‌نظران ارائه شد. جامعه آماری این پژوهش شامل خانوارهای روستاهای مجاور جنگل در شهرستان سردشت است که تجربه اجرای طرح‌های جنگل‌کاری را دارند. در این تحقیق از روش نمونه‌گیری تصادفی - طبقه‌ای استفاده شد و تعداد نمونه‌ها براساس جدول کرجسی مورگان تعیین شد. سؤالات پرسشنامه‌ها به‌صورت ترکیبی از سؤالات باز و بسته طراحی شده‌اند. برای سؤالات بسته، از طیف پنج درجه‌ای لیکرت (از خیلی موافقم تا خیلی مخالفم) استفاده شد. پرسشنامه علاوه بر سؤالات فردی، حرفه‌ای و جامعه‌شناختی (سؤالات ۱ تا ۱۷)، شامل ۲۸ گویه

بود که از طریق مرور منابع مکتوب و مصاحبه با کارشناسان و متخصصین جمع‌آوری شد. پس از طراحی پرسشنامه‌ها در میان جامعه آماری توزیع و پس از تکمیل فرایند پاسخ‌دهی، جمع‌آوری شدند.

تحلیل‌های آماری

پس از جمع‌آوری پاسخ‌های مشارکت‌کنندگان تحلیل آماری داده‌ها به‌منظور شناسایی عوامل مؤثر بر موفقیت و عدم موفقیت طرح‌های جنگل‌کاری در روستاهای منتخب شهرستان سردشت انجام شد. جامعه آماری این پژوهش شامل ۱۹۲ نفر بوده که از ذینفعان مرتبط با ساکنین روستاهای منتخب و کارشناسان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان سردشت تشکیل می‌شوند. در انتخاب نمونه‌ها، دقت کافی به عمل آمد تا افراد آگاه، کلیدی و ترجیحاً با سواد انتخاب شوند. پس از گردآوری پرسشنامه‌ها، داده‌ها وارد نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ شدند. برای ارزیابی پایایی ابزار تحقیق، از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد که ضریب آن برابر با ۰/۸۶ به‌دست آمد. این مقدار نشان‌دهنده پایایی قابل قبول ابزار سنجش در تحقیقات اجتماعی است.

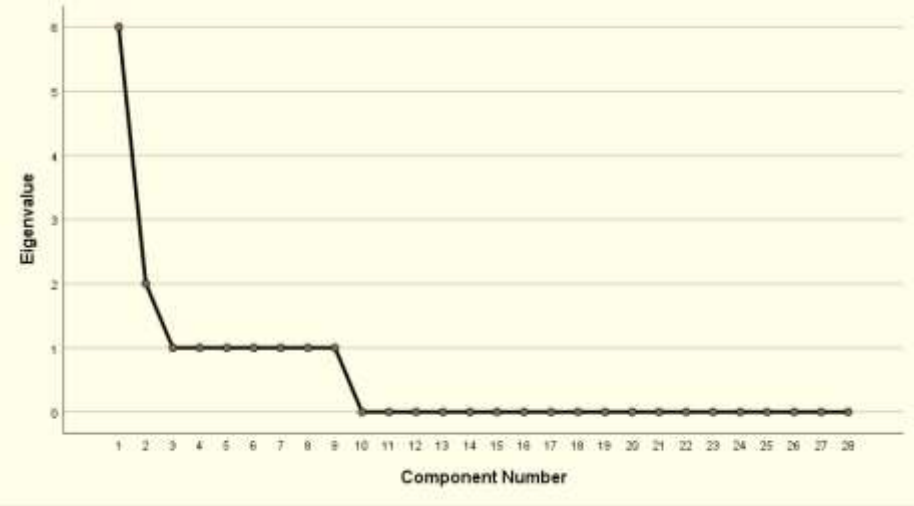
در این پژوهش به‌منظور پی بردن به متغیرهای زیربنایی و شناسایی عوامل اساسی به‌منظور تبیین الگوی همبستگی بین متغیرهای مشاهده شده از روش تحلیل عاملی اکتشافی (EFA) استفاده شد. تحلیل عاملی (FA) برای پی بردن به متغیرهای زیربنایی یک پدیده یا تلخیص مجموعه‌ای از داده‌ها استفاده می‌شود (حبیبی و عدن‌ور، ۱۳۹۶). در انجام تحلیل عاملی، ابتدا باید از این مسئله اطمینان یافت که می‌توان داده‌های موجود را برای تحلیل به کار برد یا خیر. به‌عبارت دیگر، آیا تعداد داده‌های موردنظر (اندازه نمونه و رابطه بین متغیرها) برای تحلیل عاملی مناسب‌اند یا خیر. بدین منظور از آزمون بارتلت و شاخص KMO استفاده شد. در صورتی‌که مقدار آن کمتر از ۰/۵ باشد داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهند بود و اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد می‌توان با احتیاط بیشتر به تحلیل عاملی پرداخت. اما درصورتی‌که مقدار آن بزرگ‌تر از ۰/۷ باشد همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای تحلیل مناسب خواهند بود. با توجه به اینکه مقدار آماره KMO در این پژوهش ۰/۸۱۲ و مقدار آزمون بارتلت ۱۶۱۷/۷۹ (p=۰/۰۰۰) به‌دست آمد که با توجه به مقدار معناداری فرض صفر رد می‌شود (وجود ارتباط معنی‌دار بین متغیرها)، نتایج این آماره‌ها بیانگر مناسب بودن داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی هستند.

یافته‌ها

نتایج تحلیل عاملی

پس از تأیید مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی با استفاده از آزمون‌های KMO و بارتلت، گام بعدی در این فرآیند تشکیل ماتریس داده‌ها بود. استخراج عوامل از طریق ماتریس همبستگی انجام شد و با استفاده از ماتریس عاملی، عوامل مشترک و اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌های ارزیابی تعیین شد. استخراج عوامل براساس مقدار ویژه بارگذاری شده برای هر عامل انجام گرفت که معیار انتخاب عوامل، مقدار ویژه بیشتر از دو بود. همچنین از روش چرخش واریماکس برای انتخاب عوامل استفاده شد (شکل ۱). نتیجه حاصل از این تحلیل، کاهش ۲۸ شاخص به دو عامل اصلی بود که حدود ۳۱/۷۳ درصد از واریانس کل را توضیح می‌دهند. این نتایج نشان دهنده رضایت‌بخش بودن تحلیل عاملی و شاخص‌های مورد استفاده در بررسی موفقیت و عدم موفقیت طرح‌های جنگلکاری در این تحقیق است. عامل اول و دوم به ترتیب ۱۹/۴۶ و ۱۲/۲۷ درصد از واریانس کل داده‌ها را توضیح داده‌اند که مجموعاً ۳۱/۷۳ درصد از واریانس کل را پوشش می‌دهند. با توجه به نتایج جدول

و نمودار Scree Plot می‌توان نتیجه گرفت که این دو عامل برای تحلیل داده‌ها کافی هستند و دیگر مؤلفه‌ها اطلاعات جدید و مفیدی به مدل اضافه نمی‌کنند.



شکل ۱- آزمون سنگ‌ریزه برای تعیین مولفه های اصلی

در نهایت آخرین مرحله از تحلیل عاملی شامل نامگذاری عوامل است. این نامگذاری با توجه به ماهیت و نوع گویه‌ها و براساس دیدگاه کارشناسان صورت گرفت. عامل‌های اول و دوم که به‌ترتیب حدود ۱۹/۴۶ و ۱۲/۲۷ درصد از واریانس مربوط به تحلیل عاملی را توضیح داده‌اند، با توجه به ویژگی‌های متغیرهای موجود به نام‌های "مشارکت و حفاظت" و "فاصله از سکونتگاه‌های انسانی" نام‌گذاری شدند. عامل اول و دوم به ترتیب از پانزده و شش متغیر با بارهای عاملی مشخص شده در جدول ۱ تشکیل شده‌اند. این متغیرها تأثیر بیشتری در تغییرات کلی (واریانس) متغیر مورد نظر دارند. علاوه بر این، در طی تحلیل عاملی، متغیرها یا سوالاتی که بار عاملی یا ارتباطات کمتری داشتند، یعنی مقدار ضریب تعیین (R^2) آنها کمتر از ۰/۴ بود، در تحلیل شرکت داده نشدند.

جدول ۱- متغیرهای مرتبط با هر عامل و میزان بار عاملی به دست آمده از ماتریس چرخیده

عامل		متغیرهای مربوط به موفقیت طرح	بار عاملی
مشارکت و حفاظت	۲۴	برگزاری دوره‌های آموزشی و ترویجی درباره منابع طبیعی در موفقیت طرح‌های جنگلکاری موثر است.	۰/۶۵۰
	۲۵	استفاده از دانش بومی جوامع محلی سبب موفقیت در طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۵۰۶
	۲۹	محصور کردن عرصه جنگلکاری سبب موفقیت طرح می‌شود.	۰/۴۲۹
	۳۰	اعمال قانون و مجازات متجاوزان به عرصه‌های منابع طبیعی موجب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۶۳۷
	۳۱	برگزاری دوره‌های آشنایی با قوانین منابع طبیعی و مجازات‌ها از عوامل موفقیت طرح‌های جنگلکاری است.	۰/۶۴۷
	۳۲	نظارت و کنترل اجرای صحیح طرح‌های جنگلکاری از عوامل مؤثر بر موفقیت آنها است.	۰/۵۵۰

	۳۳	مشارکت مردم و جوامع محلی در اجرای طرح‌های جنگلکاری سبب موفقیت طرح می‌شود.	۰/۵۳۹
	۳۴	ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه می‌تواند سبب موفقیت طرح‌های جنگلکاری شود.	۰/۵۹۴
	۳۵	پایش محلی طرح‌های جنگلکاری به‌منظور بررسی موفقیت و تدوین برنامه جنگلکاری مطابق شرایط عرصه و منطقه موجب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۶۱۱
	۳۶	اجرای عملیات مراقبتی در عرصه‌های جنگلکاری شده سبب موفقیت طرح می‌شود.	۰/۵۷۸
	۳۷	ایجاد آتشبُر با فواصل مناسب بر کاهش صدمات ناشی از حریق مؤثر بوده و سبب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۴۸۷
	۳۸	آبیاری منظم و عملیات پرورشی و احیایی عرصه‌های جنگلکاری شده سبب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۴۷۶
	۴۰	میزان سواد بهره‌برداران محلی و آگاهی آنها از اهداف طرح‌های جنگلکاری سبب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۴۷۱
	۴۴	اعتماد بهره‌برداران محلی و روستائیان به عملکرد اداره منابع طبیعی در مورد اجرای طرح‌های جنگلکاری سبب موفقیت این طرح‌ها می‌شود.	۰/۵۳۸
	۴۵	مشارکت بهره‌برداران محلی و روستائیان در اجرای طرح‌های جنگلکاری سبب موفقیت این طرح‌ها می‌شود.	۰/۵۵۹
	۱۸	دوری عرصه‌های جنگلکاری شده از مناطق مسکونی سبب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۴۷۵
	۱۹	دوری عرصه‌های جنگلکاری شده از مناطق تفرجگاهی سبب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۵۵۰
فاصله از			
سکونتگاه	۲۰	نبود دام در در عرصه از عوامل موفقیت در اجرای طرح‌های جنگلکاری است.	۰/۶۰۰
انسانی	۲۱	وجود قرقبان سبب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۵۸۵
	۲۶	دوری از زمین‌های کشاورزی سبب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۵۷۰
	۲۸	اجرای طرح‌های توانمندسازی سبب موفقیت طرح‌های جنگلکاری می‌شود.	۰/۵۱۲

بحث و نتیجه‌گیری

جنگل‌ها یکی از مهم‌ترین اجزای اکوسیستم‌های طبیعی هستند که نقش حیاتی در تنظیم آب و هوا، حفاظت از تنوع زیستی و تأمین منابع انسانی دارند (Chivulescu et al., 2023). با این حال، فعالیت‌های انسانی مانند قطع درختان، تغییر کاربری و بهره‌برداری غیرمجاز فشار زیادی بر این اکوسیستم‌ها وارد کرده است (Teng et al., 2020).

جنگل‌کاری به‌عنوان راهکاری مؤثر، به احیای اراضی تخریب‌شده، جذب دی‌اکسید کربن و حفاظت از تنوع زیستی کمک می‌کند (Singh et al., 2021; Oraon et al., 2023). اما موفقیت این طرح‌ها وابسته به عوامل مختلفی است که نیاز به ارزیابی دقیق دارند (Zhu et al., 2017). تحلیل عاملی نشان داد که از میان ۲۸ شاخص اولیه، دو عامل اصلی شناسایی شدند که ۷۳,۳۱ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کنند. این دو عامل نقش مهمی در توضیح همبستگی‌های داده‌ها و شناسایی عوامل مؤثر بر موفقیت یا شکست طرح‌های جنگل‌کاری دارند.

عامل اول: مدیریت مشارکتی و آموزش

این عامل ۴۶/۱۹ درصد از واریانس کل را تبیین کرده و شامل متغیرهایی مانند آموزش، نظارت مستمر و مشارکت فعال جوامع محلی است. ارتقای آگاهی و توانمندسازی جوامع محلی، نظارت دقیق و اجرای قوانین از مهم‌ترین عناصر این عامل محسوب می‌شوند. آموزش می‌تواند آگاهی عمومی درباره اهمیت منابع طبیعی و روش‌های حفاظت را افزایش دهد و مشارکت محلی نیز سبب بهبود همکاری و پایداری طرح‌ها می‌شود (Ullah et al., 2021). همچنین نظارت مداوم به شناسایی مشکلات و اصلاح فرآیندها کمک می‌کند (Nobre et al., 2019).

عامل دوم: شرایط محیطی و فیزیکی

این عامل ۲۷/۱۲ درصد از واریانس کل را تبیین کرده و شامل متغیرهایی مانند فاصله از مناطق مسکونی، حضور دام و وجود قرقبان است. فاصله بیشتر از مناطق مسکونی می‌تواند تهدیدات انسانی را کاهش دهد و نبود دام در منطقه از آسیب به درختان جلوگیری می‌کند (Spiric and Ramirez, 2024). این عامل بر اهمیت ویژگی‌های محیطی و جغرافیایی در موفقیت طرح‌ها تأکید دارد.

در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که مدیریت مشارکتی، آموزش و نظارت مستمر، همراه با درنظرگرفتن شرایط محیطی از عوامل کلیدی در موفقیت طرح‌های جنگل‌کاری هستند. توجه به این عوامل می‌تواند به بهبود برنامه‌ریزی و اجرای مؤثر این طرح‌ها کمک کند و پایداری منابع طبیعی را در بلندمدت تضمین کند.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که موفقیت طرح‌های جنگل‌کاری در مناطق حساس مانند جنگل‌های زاگرس شمالی مستلزم اتخاذ رویکردی جامع و چند بعدی است که به عوامل متعددی بستگی دارد. از جمله این عوامل می‌توان به مشارکت فعال جوامع محلی، مدیریت کارآمد، آموزش و توانمندسازی، نظارت دقیق و هماهنگی میان نهادهای دولتی و خصوصی اشاره کرد. مشارکت و اعتماد جوامع محلی به نهادهای اجرایی، نقش بسزایی در بهبود کارایی و پایداری این طرح‌ها ایفا می‌کند. علاوه بر این، رعایت فاصله مناسب عرصه‌های جنگل‌کاری از مناطق مسکونی و تفرجگاهی و حذف دام‌ها از این عرصه‌ها به‌عنوان عوامل فیزیکی مهم در موفقیت طرح‌ها شناسایی شده‌اند. تحلیل‌ها همچنین نشان می‌دهند که برگزاری دوره‌های آموزشی و ترویجی، اعمال قوانین مرتبط و نظارت مستمر از دیگر عوامل کلیدی هستند که باید مورد توجه قرار گیرند. تقویت زیرساخت‌های قانونی و حفاظتی و بهبود اعتماد و تعامل بین نهادهای دولتی و جوامع محلی نیز می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در افزایش موفقیت این طرح‌ها داشته باشد. این تحقیق در نهایت بر اهمیت رویکردی چندوجهی برای تحقق اهداف بلندمدت حفاظت از منابع طبیعی تأکید دارد. چنین رویکردی مستلزم همکاری مؤثر میان تمامی ذینفعان، برنامه‌ریزی جامع و پایش مداوم است. بنابراین، برای تضمین موفقیت طرح‌های جنگل‌کاری، ضروری است که جنبه‌های مدیریتی، آموزشی، اجتماعی و محیطی به‌صورت همزمان مورد توجه قرار گیرند.

منابع

احمدی، ش.، (۱۳۹۹). بررسی عوامل مؤثر بر سکونتگاه‌های زیستی روستایی (مطالعه موردی: شهرستان سردشت). پایداری، توسعه و محیط زیست، ۱ (۱): ۲۹-۵۰.

حبیبی، آ. عدن‌ور، م.، (۱۳۹۶). مدل‌یابی معادلات ساختاری و تحلیل عاملی، چاپ اول، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی.

حیدری، م.، پورهاشمی، م.، هناره خلیانی، ج. جعفری، ا.، (۱۴۰۰). الزامات احیاء و توسعه جنگل در ناحیه رویشی هیرکانی، مدیریت پایدار جنگل‌های هیرکانی، ۳ (۲): ۱-۵.

طهوری، پ.، پروین، م.، (۱۳۹۵). حفاظت و بهره‌برداری پایدار از خاک و جایگاه آن در حقوق بین‌الملل محیط‌زیست، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۸ (۲): ۱۴۵-۱۶۱.

کریمی، ح.، کرمی، غ. و موسوی، م.، (۱۳۹۸). بررسی ویژگی و زمینه‌های توسعه نظام جنگل ـ زراعی، انسان و محیط زیست، ۱۷ (۲): ۷۹-۹۰.

Aguilar, F. X. and Wen, Y. (2021). Socio-economic and ecological impacts of China's forest sector policies. Forest Policy and Economics, Vol. 127.

Bartlett, A. G. (2018). Factors affecting the relative success of collaborative forestry research projects in Indonesia. The European Journal of Development Research, 30 (5): 892-913.

Bartlett, A. G. (2018). Understanding and evaluating success in international forestry research projects: experience from ACIAR projects in Vietnam, Indonesia and Papua New Guinea. International Forestry Review, 20 (3): 274-295.

Benner, J. and Lertzman, K. (2022). Policy interventions and competing management paradigms shape the long-term distribution of forest harvesting across the landscape. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol 119, No. 42.

Beygi Heidarlou, H. and Banj Shafiei, A. and Erfanian, M. and Tayyebi, A. and Alijanpour, A. (2019). Effects of preservation policy on land use changes in Iranian Northern Zagros forests. Land use policy, 81: 76-90.

Beygi Heidarlou, H. and Banj Shafiei, A. and Erfanian, M. and Tayyebi, A., and Alijanpour, A. (2020). Underlying driving forces of forest cover changes due to the implementation of preservation policies in Iranian northern Zagros forests. International Forestry Review, 22 (2): 241-256.

Chivulescu, S. and Cadar, N. and Hapa, M. and Capalb, F. and Radu, R. G. and Badea, O. (2023). The necessity of maintaining the resilience of Peri-urban forests to secure environmental and ecological balance: a case study of Forest stands located on the Romanian sector of the Pannonian plain. Diversity, Vol. 15, No. 3. 380.

Heidari, G. and Rastegar, S. and Forotani, B. (2014). Investigating socio-economic factors affecting the participation of local communities in the sustainable management of rangelands (case study: Bahar rangelands in Hamadan province). Journal of Rangeland Management, 1 (2): 89-110.

Höhl, M. and Ahimbisibwe, V. and Stanturf, J. A. and Elsasser, P. and Kleine, M. and Bolte, A. (2020). Forest landscape restoration—what generates failure and success? Forests, Vol. 11, No. 9. 938.

Karami Dehkordi, E. and Ansari, A. (2012). Impact of rangeland and watershed management on sustainable rural households' livelihoods in the Zanjan Township. Agricultural Modern Technologies, Special Issue of Agricultural Extension and Education, 5 (2): 136-107.

Nobre, S. R. and Borges, J. G. and Diaz-Balteiro, L. and Rodriguez, L. C. E. and von Glehn, H. C. and Zakia, M. J. (2019). A generalizable monitoring model to implement policies to promote forest restoration–A case study in São Paulo-Brazil. Forest Policy and Economics, VOL. 103. 123-135.

Oraon, P. R. and Sagar, V. and Beauty, K. (2023). Ecological restoration of degraded land through afforestation activities. Land and Environmental Management through Forestry, 201-216.

Parvaneh, E. and Eetemad, V. and Zobeiri, M. and Marvie, M. M. (2011). Investigation on the effect of tree forms on characteristics of quercus brantii (quercus persica) seeds (case study: Zagros forests, Gilane gharb). Iranian Journal of Forest, 3 (3): 223-232.

Roberts, P. and Hunt, C. and Arroyo-Kalin, M. and Evans, D. and Boivin, N. (2017). The deep human prehistory of global tropical forests and its relevance for modern conservation. Nature plants, 3: 1-9.

Sabogal, C. and Besacier, C. and McGuire, D. (2015). Forest and landscape restoration: concepts, approaches and challenges for implementation. Unasylva, 245 (66): 3-10.

Singh, L. and Thul, S. T. and Manu, T. M. (2021). Development of bamboo biodiversity on mining degraded lands: A sustainable solution for climate change mitigation. Phytorestoration of abandoned mining and oil drilling sites, 439-45.

Špirić, J. and Ramírez, M. I. (2024). Silvopastoral systems in local livestock landscapes in Hopelchén, Southern Mexico. Agroforestry Systems, 98 (5): 1123-1137.

Teng, M. and Zeng, L. and Hu, W. and Wang, P. and Yan, Z. and He, W. and Xiao, W. (2020). The impacts of climate changes and human activities on net primary productivity vary across an ecotone zone in Northwest China. Science of the Total Environment, Vol. 714.

Tritsch, I. and Le Velly, G. and Mertens, B. and Meyfroidt, P. and Sannier, C. and Makak, J. S. and Houngbedji, K. (2020). Do forest-management plans and FSC certification help avoid deforestation in the Congo Basin? Ecological Economics, Vol. 175.

Ullah, A. and Sam, A. S. and Sathyan, A. R. and Mahmood, N. and Zeb, A. and Kächele, H. (2021). Role of local communities in forest landscape restoration: Key lessons from the Billion Trees Afforestation Project, Pakistan. Science of the Total Environment, Vol. 772.

Yadav, V. K. and Yadav, S. and Adhikari, B. S. and Rawat, L. (2022). Forest provisioning services use pattern: A case study from Renuka Forest Division, Western Himalaya. Small-scale Forestry, 21: 55-70.

Zhu, J. J. and Zheng, X. and Wang, G. G. and Wu, B. F. and Liu, S. R. and Yan, C. Z. and Ellison, A. M. (2017). Assessment of the world largest afforestation program: success, failure, and future directions. BioRxiv, 105619. https://doi.org/10.1101/105619.

Analysis of factors influencing afforestation projects in Sardasht using exploratory factor analysis

P. Salehi [1], A. Banj Shafiei [2*] and H. Beygi Heidarlou [3]

1- PhD. Student of Forest Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Prof., Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
3- Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract

Afforestation, as one of the effective strategies for reducing pressure from deforestation, requires a comprehensive examination of the factors determining its success. This study was designed and conducted with the aim of identifying and analyzing the key factors influencing the success of afforestation projects to mitigate the adverse impacts of deforestation. The research employed an analytical-survey approach, and data were collected through questionnaires distributed among local communities and experts. Data analysis was carried out using the exploratory factor analysis (EFA) method. The results revealed that factors such as effective training, continuous monitoring and evaluation, active participation of local communities, and protection of afforested areas are among the most critical components of successful afforestation projects. Additionally, other influential factors included maintaining an appropriate distance of afforested areas from residential zones, the absence of livestock in these areas, the activities of forest rangers, and the implementation of empowerment programs for local communities. Strengthening education, enhancing community participation, and improving monitoring mechanisms can significantly increase the effectiveness of afforestation initiatives. These findings can assist policymakers and practitioners in developing more effective programs for forest restoration and sustainable natural resource management.

Keywords*:* Direct seeding, Planting, Forest conservation, Oak forests.

* Corresponding author Tel: +98 9111932788 Email: a.banjshafiei@urmia.ac.ir

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

تأثیر تاج پوشش بر روی خصوصیات آنزیمی و رطوبت خاک در جنگل‌های دست کاشت افرا و زبان‌گنجشک با تصویر ماهواره لندست ۸ (مطالعه موردی: منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر)

سیده مرضیه میرصفا [۱]، سید آرمین هاشمی [۲]، وحید همتی [۲*]، سید یوسف ترابیان [۲]، امیرحسین فیروزان [۲] و سارا مهدوی [۳]

۱- دانشجوی دکترای مدیریت جنگل، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.
۲- گروه جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.
۳- دانشجوی دکترای علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، صومعه سرا، ایران.

چکیده

این تحقیق به منظور مقایسه تأثیر تاج پوشش بر روی خصوصیات آنزیمی خاک و برآورد رطوبت خاک در جنگل‌های دست‌کاشت افرا و زبان‌گنجشک با تصویر ماهواره لندست ۸ در منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر انجام شد. در محدوده مطالعاتی، برای افرا ۱۳ نقطه، برای ون ۱۰ نقطه و برای مناطق بدون باز و تاج‌پوشش ۹ نقطه انتخاب و برای نمونه‌برداری بر روی نقشه انتخاب شد و برای نمونه‌برداری از خاک از روش نمونه‌گیری تصادفی- سیستماتیک استفاده شد. برای ارزیابی خصوصیات خاک در هر منطقه، تعداد پروفیل‌های خاک از عمق ۵-۰ و ۱۵-۵ سانتی متر حفر شده و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ویژگی‌های نمونه خاک از نظر کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آنزیم‌های اسید فسفاتاز و ... اندازه‌گیری شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و آزمون t غیر جفتی استفاده شد. نتایج نشان داد در میانگین فسفاتاز اسیدی خاک، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ درصد مشاهده نشد. در میانگین فسفاتاز بازی خاک در توده افرا اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ درصد مشاهده شد. نمودار رگرسیونی رابطه شاخص NDVI با رطوبت حجمی لایه سطحی خاک به دست آمده بیانگر وجود همبستگی مثبت بین رطوبت حجمی لایه سطحی خاک و متوسط شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده می‌باشد. نمودار رگرسیونی رابطه شاخص LST با رطوبت حجمی لایه سطحی خاک به دست آمده بیانگر وجود همبستگی مثبت بین رطوبت حجمی لایه سطحی خاک و LST می‌باشد.

واژگان کلیدی: تاج پوشش، آنزیم خاک، رطوبت خاک، رودسر.

مقدمه

حفاظت و نگهداری از تنوع زیستی یک هدف مهم در مدیریت منابع طبیعی و یک شرط لازم برای جنگلداری پایدار است و برای درک پویایی و ناهمگونی جنگل‌های طبیعی در راستای تهیه دستورالعمل‌های مدیریتی ضروری می‌باشد (Torras and Saura, 2008). پوشش گیاهی بخش مهمی از بوم‌سازگان‌های طبیعی را تشکیل می‌دهد. گونه‌های گیاهی براساس خواص، سرشت و نیز شرایط محیطی اطراف خود در هر بوم‌سازگان انتشار می‌یابند (Nimis, 1985). بقایای گیاهی از جمله برگ‌ها،

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۴۰۳۹۷۲۲ ایمیل: vahidhemmatiliau@gmail.com

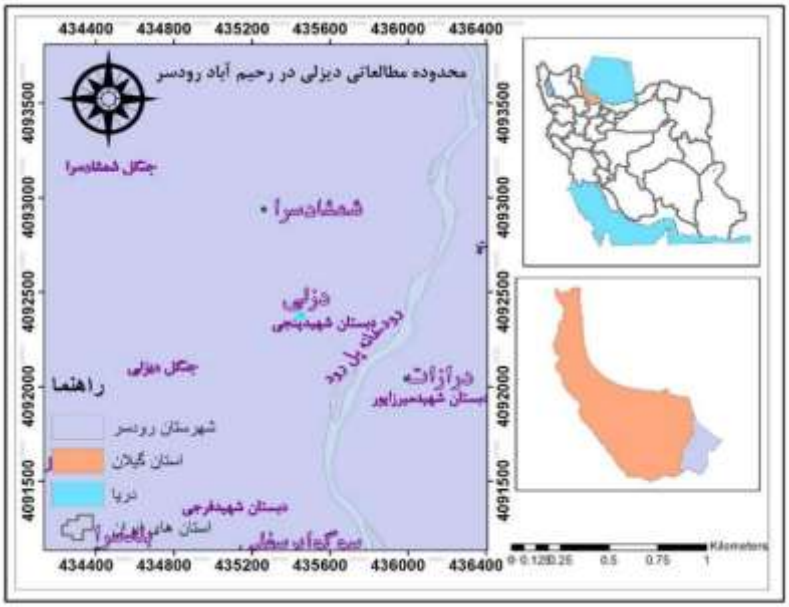
شاخه‌ها و ریشه‌های مرده که بر روی خاک باقی می‌مانند منبع اصلی ماده آلی را شکل می‌دهند و به محض قرار گرفتن در خاک در اثر فعالیت بیولوژیکی به طور کم و بیش سریع تخریب می‌شوند. بیولوژی خاک به نقش میکروارگانیسم‌ها (کرم‌خاکی، نماتدها، پروتوزوآ، قارچ‌ها و باکتری‌ها) و فعالیت‌های میکروبی در تبدیل مواد آلی به عناصر معدنی، چرخه مواد غذایی، تنفس خاک، بیومس میکروبی، معدنی شدن نیتروژن و فعالیت آنزیم‌ها گفته می‌شود که بررسی این شاخص‌ها بسیار با ارزش است. در بلندمدت مشخصات خاک بر پایه فعالیت‌های بیولوژی و بیوشیمی مانند آنزیم‌های خاک و جمعیت باکتری‌ها به تغییرات کوچک واکنش می‌دهند که اطلاعات دقیقی در مورد کیفیت خاک ارائه می‌شود. یکی دیگر از اجزای تشکیل‌دهندهٔ خاک، رطوبت خاک می‌باشد. اطلاع دقیق از میزان رطوبت خاک و نوسان‌های مکانی و زمانی آن می‌تواند منجر به بهره‌برداری بهینه از امکانات زمین شود (Movahedi Naini, 2008). همچنین رطوبت خاک بسیاری از فرآیندها را در سیستم آب و هوایی کنترل می‌کند که یک ارتباط مهم برای چرخه جهانی آب، انرژی و کربن است. رطوبت خاک یکی از پارامترهای بنیادی محیط‌زیست می‌باشد که بر زندگی گیاهی، جانوری و میکروارگانیسم‌ها مستقیماً تأثیرگذار است. به همین دلیل توزیع مکانی و تغییرات زمانی آن، یکی دیگر از اجزای بسیار مهم در مدل‌های آب و هوایی، اکولوژی و هیدرولوژی در مقیاس جهانی، منطقه‌ای و محلی محسوب می‌شود (Shirani ،2000). رطوبت خاک، به‌ویژه رطوبت سطحی خاک نقش بسیار مهمی در مدیریت منابع آب و خاک دارد و همچنین نقش مهمی در چرخه آبی طبیعت، به ویژه در توزیع باران بین رواناب سطحی و نفوذ، که فرآیند مهمی بعد از فرآیندهای هیدرولوژیک و ژئومرفولوژیک است، ایفا می‌کند. امروزه با پیشرفت علوم، استفاده از فناوری‌های جدید مانند دریافت و پردازش داده‌ها (از طریق ماهواره)، استفاده از نرم‌افزارها و سیستم‌های پردازش اطلاعات، نقش مهمی در مدیریت منابع محدود آب و خاک دارد. استفاده از سنجش از دور ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد آن از قبیل دید وسیع و یکپارچه، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، پوشش‌های تکراری و سرعت انتقال و تنوع اشکال داده‌ها و امکان به کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای ویژه رایانه‌ای در سطح دنیا با استقبال زیادی روبرو شده است. سنجش از دور به عنوان ابزاری مناسب در ارزیابی و نظارت، کنترل و مدیریت منابع آب و خاک، جنگل، مرتع، کشاورزی و محیط زیست بکار گرفته شده و به مرور بر دامنه وسعت کاربری آن افزوده شده است. در این زمینه تحقیقاتی در ایران و جهان انجام شده است. متینی زاده و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر تاج پوشش و فصل نمونه‌برداری بر فعالیت آنزیم‌های خاک در چند رویشگاه اُرس ایران را مورد مطالعه قرار دادند. رنجبر و آخوندزاده (۱۳۹۸) به برآورد رطوبت سطح خاک با استفاده از روش‌های SVR و ANN در تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۱ و ۲ پرداختند. غفاری و فریدحسینی (۱۳۹۹)، مروری بر تکنیک‌های سنجش از دور رطوبت خاک و روش‌های ریز مقیاس‌سازی مکانی را مورد بررسی قرار دادند. ابتسام و همکاران (۱۴۰۰) تحقیقی در مورد برخی از آنزیم‌های خاک انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که در خاک‌های که دارای پوشش گیاهی می‌باشد، فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز زیادتر بوده است. اصغری سراسکانرود (۱۴۰۱) بررسی رطوبت سطح خاک شهرستان اردبیل را با استفاده داده های ماهواره‌ای لندست ۸ و سنتیل ۱ انجام داد. شاه مرادی و همکاران (۱۴۰۱) مدل‌سازی و نقشه‌برداری شوری و رطوبت خاک را با استفاده از سنجش از دور طیفی و راداری انجام دادند.

Konijnendijk et al. (2006) برای تخمین سطح تاج پوشش زمین‌های جنگلی در کشور پرتغال از تصاویر لندست و ماهواره‌ای استفاده کردند. Palace et al. (2008) الگوریتم آشکارسازی اتوماتیک تاج درختان را ایجاد کرده و به این نتیجه رسیدند که این روش متوسط عرض تاج درخت را نسبت به روش دستی بهتر تخمین می‌زند. Ambrosone et al. (2020)

برای بازیابی رطوبت خاک در مزارع دیم و آبیاری مناطق ایتالیا مطالعاتی انجام داده اند. Natival et al. (2022) روش ترکیبی با استفاده از Sentinel-1/Sentinel-2 را برای تخمین رطوبت خاک استفاده کردند.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی پژوهش، منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر است که در میان آبادی‌های بلدسرا، لوسرا، جنگل شمشادسرا، درازات و سوگوابرسفلی قرار دارد. این محدوده در مختصات ۵۰ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد.



شکل ۱ – ارزیابی مدل Maxent براساس شاخص AUC

مطالعه به صورت میدانی و تحلیلی مکانی است که با نمونه‌برداری از خاک در زیر تاج پوشش دو گونه درختی افرا و زبان گنجشک و همچنین مناطق بدون تاج پوشش صورت گرفته است. نمونه‌برداری در ابتدا با جنگل گردشی‌های مکرر در محدوده انتخابی برداشت انجام شد. در جنگل‌های محدوده، گونه خالص زبان گنجشک و افرا شناسایی و سپس با نقشه موردنظر از اداره منابع طبیعی برای مطالعه از روش تصادفی- سیستماتیک برای آماربرداری استفاده شد. در ابتدا یک شبکه نقطه‌چین با ابعاد ۱۰۰×۱۵۰ متر بر روی منطقه نمونه‌برداری قرار داده شد. پس از انداختن شبکه آماربرداری بر روی نقشه، با توجه به ابعاد شبکه و مساحت قطعه نمونه، نقاط با استفاده از دستگاه GPS برداشت شدند. برای نمونه‌برداری خاک از اگُر استوانه‌ای استفاده شد. نوع استوانه‌ای برای خاک‌های شنی و خشک و نوع مارپیچی برای خاک‌های مرطوب مناسب می‌باشد. از سیلندر نمونه‌برداری برای برداشت نمونه‌های خاک می‌توان استفاده کرد. نمونه‌ها در عمق ۵-۰ و ۱۵-۵ سانتی متر برداشت شدند.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی و فسفاتاز اسیدی، سوبسترا یا ماده اولیه برای آلکالین فسفاتاز و اسید فسفاتاز، پارانیتروفنیل دی سدیم فسفات است. ۰/۴۲۷ گرم پارافنیل دی سدیم فسفات (حساس به نور) با بافر اسیدی/ قلیایی به

حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و آنچه حاصل شده سوبسترا است. ۱ میلی‌لیتر سوبسترا درون نمونه‌های a و b ریخته شد. ۴ میلی‌لیتر از بافر اسیدی/ قلیایی در تمامی نمونه‌های a و b و c ریخته شد. نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در انکوباتر گذاشته شدند و استاندارد سازی نیز انجام شد. پس از پایان یک ساعت نمونه‌ها را خارج کرده و ۱ میلی‌لیتر کلرید کلسیم و ۴ میلی‌لیتر سود ۰/۵ مولار به تمام نمونه‌ها (a، b، c) و ۱ میلی‌لیتر سوبسترا فقط در کنترل‌ها (نمونه‌های c) ریخته شد. در مرحله بعد ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر به تمامی نمونه‌ها اضافه شد و سپس نمونه‌ها فیلتر شده و با اسپکتروفتومتر خوانده شد.

رابطه ۱، محاسبه فسفاتازها:

وزن خاک/۱۰×(غلظت کنترل- غلظت نمونه)

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره‌آز (به روش بدون بافر)، با ماده اولیه آنزیم اوره‌آز اوره است. طبق دستورالعمل ۰/۰۱۲ گرم اوره در ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر حل می‌شود. به هر یک از نمونه خاک‌های A و B و C که ۵ گرم است، ۲/۵ میلی‌لیتر سوبسترا اضافه شد. به کنترل‌ها فقط ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در انکوباکتر در دمای ۳۷ درجه گذاشته شد. کلرید پتاسیم، SDCI و ریجنت ساخته و استانداردسازی صورت گرفت. پس از پایان ۲ ساعت: ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر به نمونه‌های A و B و C و ۲/۵ میلی‌لیتر از محلول اوره به کنترل‌ها اضافه شد.۵۰ میلی‌لیتر از محلول کلرید پتاسیم به همه نمونه‌های A و B وC و کنترل‌ها (D) اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه روی شیکر گذاشته شد. پس از پایان ۳۰ دقیقه تمام نمونه‌ها فیلتر شدند و از هر نمونه ۱ میلی‌لیتر جدا شد و در نهایت ۹ میلی‌لیتر آب مقطر، ۵ میلی‌لیتر ریجنت، ۲ میلی‌لیتر SDCI به تمامی نمونه‌ها و هر ۵ استاندارد اضافه شد. لوله‌ها ورتکس شدند و همه استانداردها و نمونه‌ها با اسپکتروفتومتر روی طول موج ۶۹۰ نانومتر خوانده شد.

رابطه ۲، محاسبه اوره‌آز: وزن خاک/۱۰۰×۵۵×۱۰× (غلظت کنترل – غلظت نمونه)

در بخش سنجش از دور نیز پایگاه داده‌های تصاویر ماهواره‌ای ساخته شد. در بخش سنجش از دور پس از دریافت تصاویر لندست ۸ از usgs به تهیه نقشه‌های NDVI و LST و اعمال آماره موران پرداخته و استخراج رطوبت خاک انجام شده است. در انتها همبستگی بین رطوبت LST و NDVI با استفاده از GWR انجام شده است.

نتایج

فسفاتاز اسیدی

نتایج حاصل از تحلیل واریانس میانگین فسفاتاز اسیدی در دو توده افرا و زبان گنجشک در عمق‌های ۰-۵ و ۵-۱۵ سانتی متر نشان داد که بین دو مورد برررسی، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ وجود ندارد (جدول ۱).

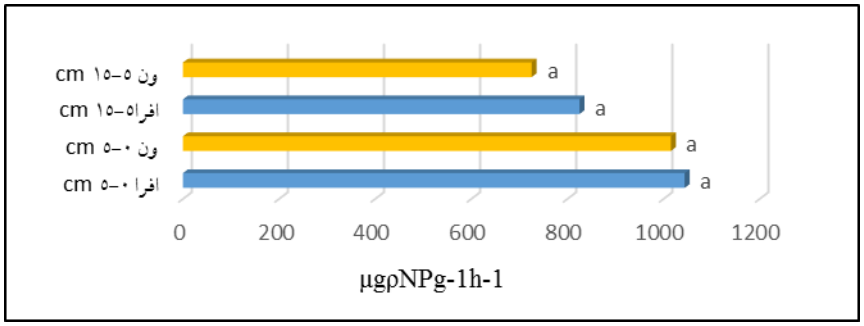
جدول ۱- تحلیل واریانس مقدار آنزیم فسفاتاز اسیدی در دو توده افرا و ون در دو عمق خاک

توده‌های مورد بررسی	عمق خاک (cm)	درجه آزادی	F	سطح معنی‌داری
افرا	۰-۵ و ۵-۱۵	۸	۱,۸۸	۰,۲۰۷
ون		۸	۰,۰۲۳	۰,۸۸۳

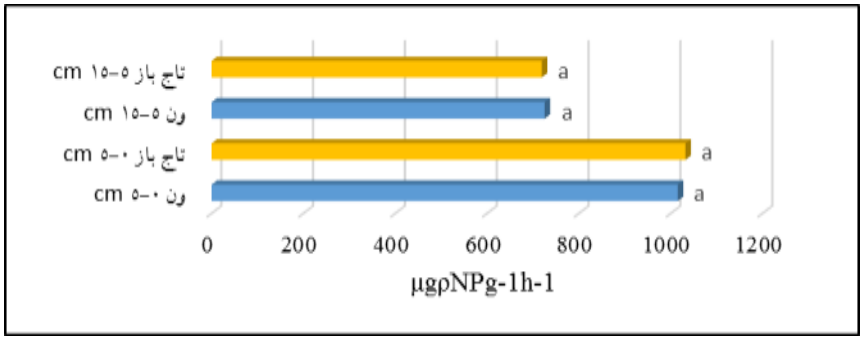
نتایج آزمون t تک نمونه‌ای نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، برای آنزیم فسفاتاز اسیدی در عمق‌های مختلف تاج باز دارای میانگین بزرگتر از حد وسط ۰,۴۸۰ است و این بدان معنا است که بین آنزیم فسفاتاز اسیدی در عمق‌های مختلف تاج باز تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و بنابراین فرض صفر رد نمی‌شود.

جدول ۲- تحلیل واریانس مقدار آنزیم فسفاتاز اسیدی در تاج باز در عمق‌های مختلف

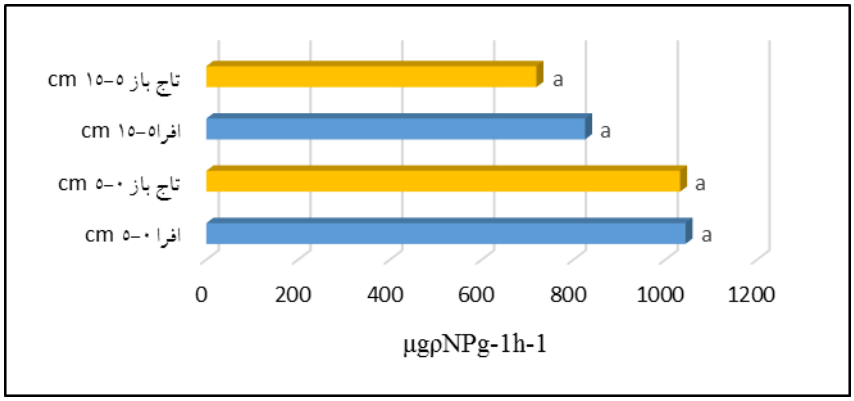
توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
تاج باز- عمق ۰-۵، ۵-۱۵	۸	۰,۵۴۹	۰,۴۸۰



شکل ۲- نمودار مقایسه مقدار آنزیم فسفاتاز اسیدی در ون و افرا در عمق‌های مختلف



شکل ۳- نمودار مقایسه مقدار آنزیم فسفاتاز اسیدی در ون و تاج باز در عمق‌های مختلف



شکل ۴- نمودار مقایسه مقدار آنزیم فسفاتاز اسیدی در افرا و تاج باز در عمق‌های مختلف

نتایج آزمون t تک نمونه‌ای نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، برای آنزیم فسفاتاز قلیایی در عمق‌های مختلف افرا دارای میانگین بزرگتر از حد وسط ۰,۱۴۴ است و این بدان معنا است که بین آنزیم فسفاتاز قلیایی در عمق‌های مختلف افرا تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و بنابراین فرض صفر رد نمی شود.

جدول ۳- تحلیل واریانس مقدار آنزیم فسفاتاز قلیایی در افرا در عمق‌های مختلف

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
افرا- عمق ۰-۵، ۵-۱۵	۸	۲,۶۱۷	۰,۱۴۴

نتایج آزمون t تک نمونه‌ای نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، برای آنزیم فسفاتاز قلیایی در عمق‌های مختلف ون دارای میانگین کمتر از حد وسط ۰,۰۱۶ است و این بدان معنا است که بین آنزیم فسفاتاز قلیایی در عمق‌های مختلف ون تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بنابراین فرض صفر رد می‌شود.

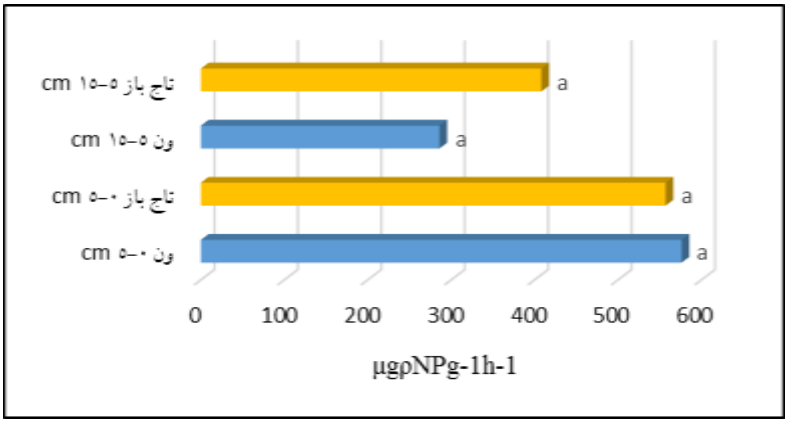
جدول ۴- تحلیل واریانس مقدار آنزیم فسفاتاز قلیایی در ون در عمق‌های مختلف

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
ون- عمق ۰-۵، ۵-۱۵	۸	۹,۲۶۳	۰,۰۱۶

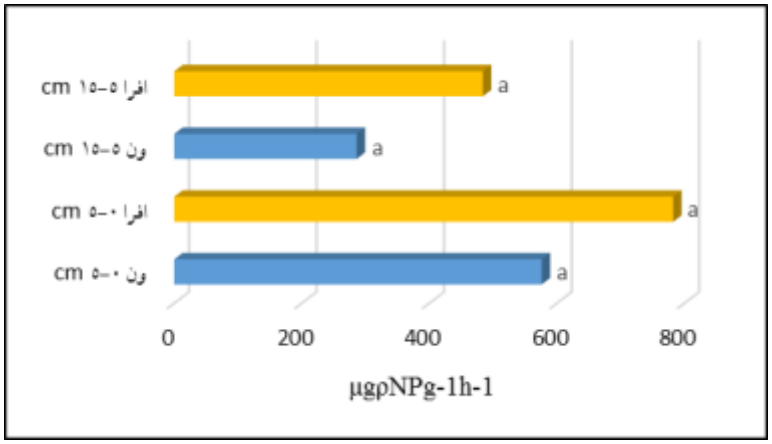
نتایج آزمون t تک نمونه‌ای نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، برای آنزیم فسفاتاز قلیایی در عمق‌های مختلف تاج باز دارای میانگین کمتر از حد وسط ۰,۶۶۵ است و این بدان معنا است که بین آنزیم فسفاتاز قلیایی در عمق‌های مختلف تاج باز تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و بنابراین فرض صفر رد نمی‌شود.

جدول ۵- تحلیل واریانس مقدار آنزیم فسفاتاز قلیایی در تاج باز در عمق‌های مختلف

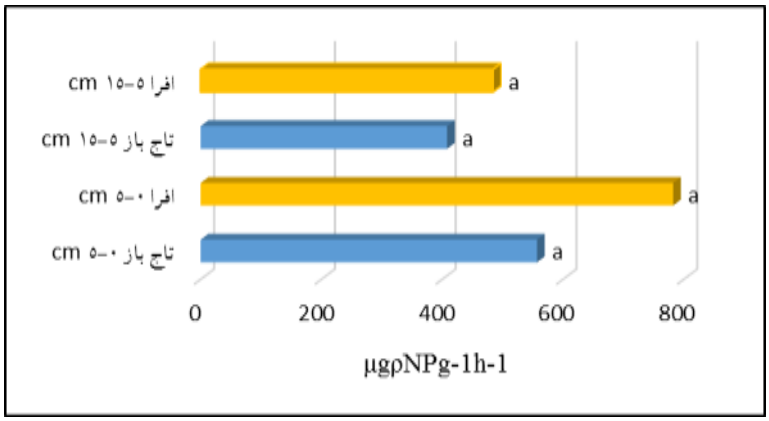
توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
تاج باز- عمق ۰-۵، ۵-۱۵	۸	۰,۲۰۲	۰,۶۶۵



شکل ۵- نمودار مقایسه مقدار آنزیم فسفاتاز قلیایی در تاج باز و ون در عمق‌های مختلف



شکل ۶- نمودار مقایسه مقدار آنزیم فسفاتاز قلیایی در افرا و ون در عمق‌های مختلف



شکل ۷- نمودار مقایسه مقدار آنزیم فسفاتاز قلیایی در افرا و تاج باز در عمق‌های مختلف

نتایج آزمون t تک نمونه‌ای نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، برای آنزیم اوره‌آز در عمق‌های مختلف افرا دارای میانگین کمتر از حد وسط ۰,۹۱۹ است و این بدان معنا است که بین آنزیم اوره آز در عمق‌های مختلف افرا تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و بنابراین فرض صفر رد نمی‌شود.

جدول ۶- تحلیل واریانس مقدار آنزیم اوره آز در افرا در عمق‌های مختلف

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
افرا- عمق ۰-۵، ۵-۱۵	۸	۰,۰۱۱	۰,۹۱۹

نتایج آزمون t تک نمونه‌ای نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، برای آنزیم اوره‌آز در عمق‌های مختلف ون دارای میانگین کمتر از حد وسط ۰,۱۹۹۹ است و این بدان معنا است که بین آنزیم اوره‌آز در عمق‌های مختلف ون تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و بنابراین فرض صفر رد نمی‌شود.

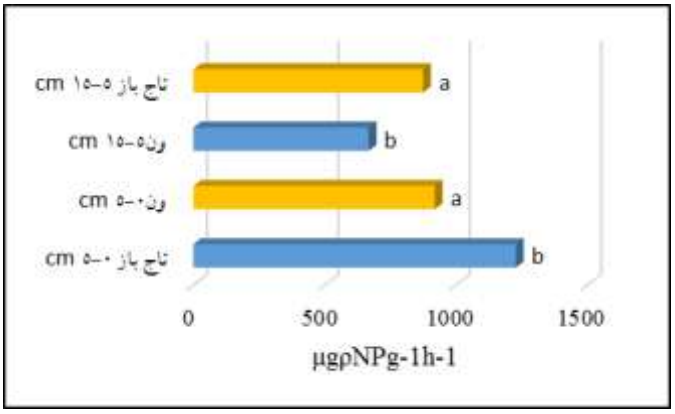
جدول ۷- تحلیل واریانس مقدار آنزیم اوره‌آز در ون در عمق‌های مختلف

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
ون- عمق ۰-۵، ۵-۱۵	۸	۱,۹۵۹	۰,۱۹۹

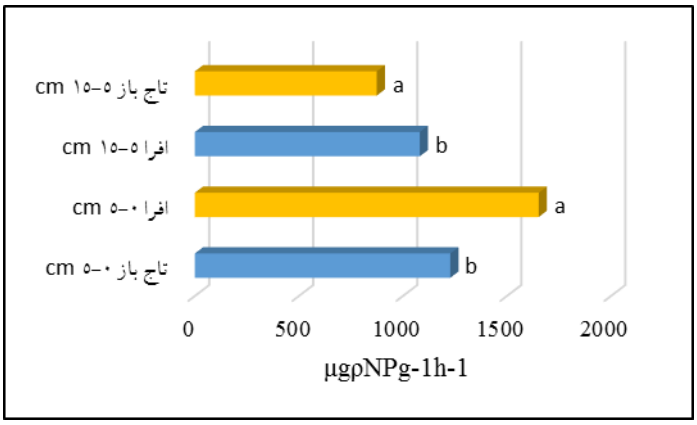
نتایج آزمون t تک نمونه‌ای نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، برای آنزیم اوره‌آز در عمق‌های مختلف تاج باز دارای میانگین کمتر از حد وسط ۰,۵۲۷ است و این بدان معنا است که بین آنزیم اوره‌آز در عمق‌های مختلف تاج باز تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و بنابراین فرض صفر رد نمی‌شود.

جدول ۸- تحلیل واریانس مقدار آنزیم اوره‌آز در تاج باز در عمق‌های مختلف

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
تاج باز- عمق ۰-۵، ۵-۱۵	۸	۰,۴۳۷	۰,۵۲۷



شکل ۸- نمودار مقایسه مقدار آنزیم اوره‌آز در ون و تاج باز در عمق‌های مختلف



شکل ۹- نمودار مقایسه مقدار آنزیم اوره‌آز در افرا و تاج باز در عمق‌های مختلف

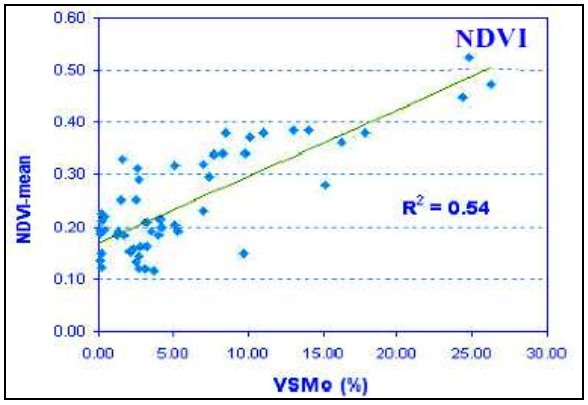


شکل ۱۰- نمودار مقایسه مقدار آنزیم اوره‌آز در افرا و ون در عمق‌های مختلف

نتایج تحلیل‌های تصاویر ماهواره ای

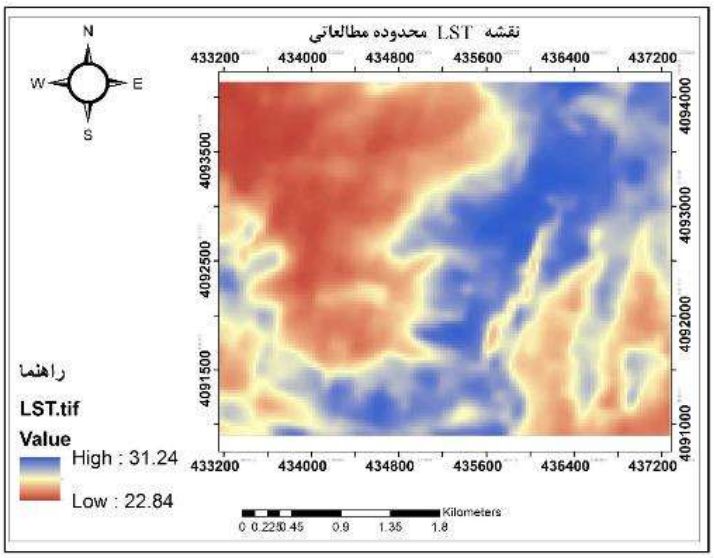
جدول ۹- مدل برآورد رطوبت لایه سطحی خاک با استفاده از NDVI

مدل	معادله	R	R^2	R^2-adj	RMSE
۱	SM_O=4.765+34.745NDVI	۰,۷۲	۰,۵۱	۰,۵۰	۳,۴۳



شکل ۱۱- رابطه شاخص NDVI با رطوبت مشاهده شده

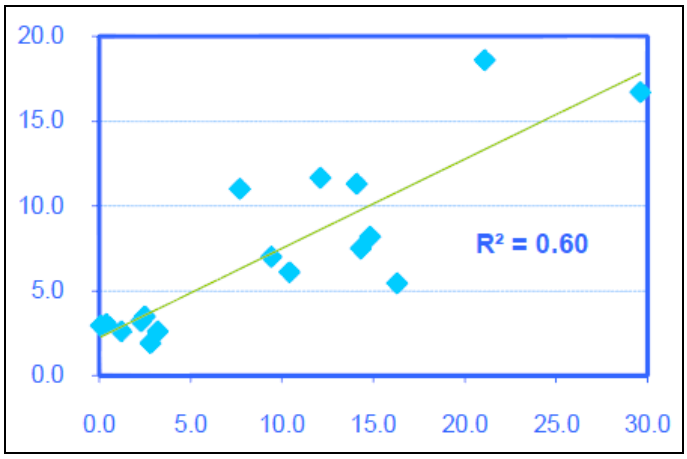
در مرحله بعد با استفاده از باندهای ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست سنجنده OLI نقشه LST محدوده مطالعاتی استخراج گردید که مقادیر زیاد LST در نقشه به دست آمده نشان دهنده دمای بیشتر است.



شکل ۱۲- نقشه LST محدوده مطالعاتی

جدول ۱۰- مدل برآورد رطوبت لایه سطحی خاک با استفاده از LST

مدل	R	R^2	R^2-adj	RMSE
۱	۰,۶۲	۰,۴۳	۰,۴۰	۳,۱۳



شکل ۱۳- رابطه LST با رطوبت مشاهده شده

بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی، فعالیت آنزیم‌ها با افزایش عمق کاهش می‌یابد. با این حال، این الگو همیشه یکسان نیست و ممکن است بسته به شرایط خاص خاک و محیط تغییر کند. برخی از آنزیم‌ها ممکن است در عمق‌های بیشتر فعالیت بیشتری داشته باشند، مانند آنزیم‌های مرتبط با تجزیه مواد آلی پایدارتر. در این پژوهش در میانگین فسفاتاز اسیدی خاک در توده‌های افرا، ون و تاج باز از لحاظ اسیدیته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ درصد مشاهده نشد. در میانگین فسفاتاز بازی خاک در توده افرا از لحاظ بازی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ درصد مشاهده شد. در میانگین فسفاتاز بازی خاک در توده ون از لحاظ اسیدیته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ درصد مشاهده نشد. در میانگین فسفاتاز بازی خاک در توده تاج باز از لحاظ بازی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ درصد مشاهده نشد. در میانگین فسفاتاز بازی خاک در توده‌های افرا، ون و تاج باز از لحاظ بازی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ درصد مشاهده نشد. در میانگین اوره‌آز خاک در توده افرا از لحاظ بازی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ درصد مشاهده نشد. در میانگین اوره‌آز خاک در توده ون از لحاظ اسیدیته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ درصد مشاهده نشد. در میانگین اوره‌آز خاک در توده تاج باز از لحاظ بازی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ درصد مشاهده نشد. در میانگین اوره‌آز خاک در توده‌های افرا، ون و تاج باز از لحاظ بازی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ درصد مشاهده شد. با توجه به تحقیق انجام شده تفاوت مقدار آنزیم‌ها فقط در عمق‌های مختلف ون برای آنزیم فسفاتاز قلیایی مشاهده شد. نتایج نشان داد فعالیت آنزیم‌های خاک در زیر تاج‌پوشش به‌دلیل افزایش مواد آلی و رطوبت خاک بیشتر شده است. نتایج این تحقیق با تحقیقات Pham Witt et al. (2019)، Gong et al. (2013) و De Barros et al. (2020) مطابقت دارد. تاج‌پوشش درختان به عنوان یک عامل مهم در تنظیم فرآیندهای بیولوژیکی خاک، نقش اساسی در حفظ حاصلخیزی و پایداری خاک ایفا می‌کند. گونه‌های مختلف درختان با تأثیر بر ورودی مواد آلی، رطوبت خاک و فعالیت میکروبی، فعالیت آنزیمی خاک را به روش‌های مختلفی تحت

تأثیر قرار می‌دهند. مطالعه این تغییرات به ما کمک می‌کند تا درک بهتری از فرآیندهای بیولوژیکی خاک داشته باشیم و مدیریت بهتری برای حفظ حاصلخیزی و پایداری خاک انجام دهیم. آزمون‌های همبستگی به منظور تعیین ارتباط شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) با داده‌های مشاهده شده رطوبت خاک انجام شد. نمودار رگرسیونی رابطه شاخص NDVI با رطوبت حجمی لایه سطحی خاک به دست آمد که بیانگر وجود همبستگی مثبت بین رطوبت حجمی لایه سطحی خاک و متوسط شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده می‌باشد. آزمون‌های همبستگی به منظور تعیین ارتباط نقشه دمای سطح زمین (LST) با داده‌های مشاهده شده رطوبت خاک انجام شد. نمودار رگرسیونی رابطه شاخصLST با رطوبت حجمی لایه سطحی خاک به دست آمد که بیانگر وجود همبستگی مثبت بین رطوبت حجمی لایه سطحی خاک و LST می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از مدل برآورد رطوبت خاک در این پژوهش نشان داد که این مدل قادر به برآورد مقدار رطوبت خاک در پهنه‌های وسیع جغرافیایی با دقت قابل قبول است. با مقایسه میزان خطای مدل پیشنهادی، افزایش شاخص NDVI به مدل سبب افزایش میزان دقت در برآورد رطوبت خاک شد. همچنین مقدار ضریب R^2 در محاسبه NDVI و LST برابر با ۰/۵۱ و ۰/۴۳ به دست آمد که نشان دهنده دقت زیاد مدل بود. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات شاه مرادی و همکاران (۱۴۰۱)، ابتسام و همکاران (۱۴۰۰) همخوانی داشت. با توجه به اهمیت رطوبت خاک در مطالعات مختلف، توسعه و بهبود روش‌های برآورد رطوبت خاک با استفاده از سنجش از دور، همچنان یکی از زمینه‌های فعال تحقیقاتی است.

منابع

ابتسام ح. پاینده خ، کریمی نژاد م.، (۱۴۰۰). بررسی کربن آلی، نیتروژن، فسفر و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک‌های ساحلی تالاب شادگان. مجله زیست شناسی خاک، ۹ (۱):۴۱-۵۹.

اصغری سراسکانرود، ص.، اسفندیاری درآباد، ف.، ملانوری، ا.، صفری، ش.، (۱۴۰۱). بررسی رطوبت سطح خاک شهرستان اردبیل با استفاده داده های ماهواره ای لندست ۸ و و سنتیل۱.

رنجبر، ص، آخوندزاده هنزائی م.، (۱۳۹۸). برآورد رطوبت سطح خاک با استفاده از روش‌های SVR و ANN در تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۱ و ۲. مهندسی فناوری اطلاعات مکانی. ۷ (۴) :۲۱۵-۲۳۲.

شاه مرادی، ص.، غفاریان مالمیری، ح.، شریفی پیچون، م.، (۱۴۰۱). مدلسازی و نقشه برداری شوری و رطوبت خاک با استفاده از سنجش از دور طیفی و راداری، تحقیقات کاربردی خاک، ۱۰ (۳): ۴۳-۶۵.

غفاری، ا.، فریدحسینی، ع.، (۱۳۹۹). مروری بر تکنیک‌های سنجش از دور رطوبت خاک و روش‌های ریزمقیاس سازی مکانی. نشریه آب و توسعه پایدار، ۷ (۴):-۷۲.

متینی زاده، م.، خوشنویس، م.، تیموری، م. و قاسمی، م.ح.، (۱۳۸۹). تأثیر تاج پوشش و فصل نمونه‌برداری بر فعالیت آنزیم‌های خاک در چندرویشگاه اُرس ایران. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۱): ۱۶۲-۱۵۲.

Ambrosone, m., Matese, a., Gennaro, s., Gioli, b., Tudoroiub, m., Genesio, l., Miglietta, f., Baronti, s., Maienza, a., Ungaro, f. and Toscano, p. (2020). Retrieving soil moisture in rainfed and irrigated fields using Sentinel-2 observations and a modified OPTRAM approach, journal Int J Appl Earth Obs Geoinformation, 102113: 1-10.

De Barros, J.A., De Medeiros, E.V., Da Costa, D.P., Duda, G.P., De Sousa Lima, J.R., Dos Santos, U.J., Dantas Antonino, A.C. and Hammecker, C. (2020). Human disturbance affects enzyme activity, microbial biomass and organic carbon in tropical dry sub-humid pasture and forest soils. Archives of Agronomy and Soil Science, 66(4): 458-477.

Gong, H., Shao, Y., Brisco, B., Hu, Q., and Tian, W. (2013). Modeling the dielectric behavior of saline soil at microwave frequencies. Canadian Journal of Remote Sensing, 39 (1), 17-26.

Konijnendijk, C.C., Ricard, R.M., Kenney, A., and Randrup, T.B. (2006). Defining urban forestry–a comparative perspective of North America and Europe. Urban Forestry and Urban Greening 4, 93–103.

Natível, Simon., Emna, Ayari., Nemesio, Rodriguez-Fernandez., Nicolas, Baghdadi., Remi,Madelon., Clement, Albergel., Mehrez, Zribi. (2022). Hybrid Methodology Using Sentinel-1/Sentinel-2 for Soil Moisture Estimation, Remote Sens. 2022, 14, 2434. https://doi.org/10.3390/rs14102434.

Nimis P. L. (1985). Stracture and floristic composition of a high arctic tundra:Ny-Alesund (Svalbard Archipelag). Nordic Journal of Botany, 17:47-58.

Palace, M., Keller, M., Asner, G.P., Hagen, S., and Braswell, B. (2008) . Amazon forest structure from IKONOS satellite data and the automated characterization of forest canopy properties. Biotropica, 40(2): 141-150.

Torras O., Saura S. (2008). Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. Forest Ecology and Management, 255: 3322-3330.

Effect of canopy cover on enzymatic properties and soil moisture in manually planted maple and lingonberry forests using Landsat 8 satellite images (Case study: Dizli in Rahimabad, Roudsar)

S.M. Mirsafa[1], S.A. Hashemi[2] V. Hemmati[2*], S.Y. Torabian[2], A.H. Firouzan[2] and S. Mahdavi[3]

1- Ph.D. student of Forest Engineering, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran.
2- Department of Forestry, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran.
3- Ph.D. student of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan Some Sara, Iran.

Abstract

This study was conducted to compare the effect of canopy cover on soil enzymatic properties and soil moisture estimation in maple and lingonberry plantations using Landsat 8 satellite images in the Rahim Abad Dizli region of Roudsar. In the study area, 13 points for maple, 10 points for van, and 9 points for open crown were selected and selected for sampling on the map, and a random-systematic sampling method was used for soil sampling. To evaluate soil properties in each area, the number of soil profiles was dug from a depth of 0-5 and 5-15 cm, and after transferring the samples to the laboratory, the characteristics of the soil sample were measured in terms of organic carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, acid phosphatase enzymes, etc. SPSS software and unpaired t-test were used to analyze the data. The results showed that no significant difference was observed in the mean soil acid phosphatase at the 95% confidence level. A significant difference was observed in the mean soil alkaline phosphatase in the maple stand at the 95% confidence level. The regression diagram of the relationship between the NDVI index and the volumetric moisture of the surface layer of the soil obtained indicates the existence of a positive correlation between the volumetric moisture of the surface layer of the soil and the average normalized differential vegetation cover index. The regression diagram of the relationship between the LST index and the volumetric moisture of the surface layer of the soil obtained indicates the existence of a positive correlation between the volumetric moisture of the surface layer of the soil and LST.

Keywords: canopy cover, soil enzyme, soil moisture, Roudsar.

*Corresponding author Tel: +98 9124039722 Email: vahidhemmatiliau@gmail.com

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

تاثیر جنگلکاری افرا پلت و توسکای ییلاقی برروی آنزیم‌های اسیدفسفاتاز، آلکالین فسفاتاز و اوره‌آز خاک (مطالعه موردی: منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر)

خیراله پورحسن[۱]، سید یوسف ترابیان[۲]، وحید همتی[۲*]، سید آرمین هاشمی[۲] و سارا مهدوی[۳]

۱- دانشجوی دکترای مدیریت جنگل، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.
۲- گروه جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.
۳- دانشجوی دکترای علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، صومعه سرا، ایران.

چکیده

این پژوهش به‌منظور مقایسه برخی از خصوصیات آنزیمی و شیمیایی خاک در ارتباط با دو توده جنگل‌کاری افرا پلت (*Acer velutinum*) و توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata*) در منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر انجام شد. برای هر منطقه جنگل‌کاری ۵ نقطه برای نمونه‌برداری بر روی نقشه انتخاب شد و برای نمونه‌برداری از خاک از روش نمونه‌برداری تصادفی- سیستماتیک استفاده شد. برای ارزیابی خصوصیات خاک در هر منطقه پروفیل خاک از عمق ۰-۵ سانتیمتر حفر و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خصوصیات نمونه خاکها از نظر کربن آلی، نیتروژن، فسفر، آنزیم‌های اسید فسفاتاز، فسفاتاز قلیایی و اوره‌آز اندازه‌گیری شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS و آزمون t-test غیرجفتی استفاده شد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اگرچه در تمام موارد میزان آنزیم‌ها و عناصر فسفر، کربن عالی و نیتروژن در توده افرا نسبت به توسکا بیشتر بوده است، ولی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد در آنزیم فسفاتاز قلیایی و اوره‌آز مشاهده شد که بیشتر بودن آن در توده افرا نسبت به توسکا حاکی از آن است که افرا تاثیری بیشتری برروی میکروارگانیسم‌های خاک جنگل داشته است و از این نظر بر توسکا برتری دارد.

واژگان کلیدی: توسکا، افرا، دیزلی رحیم‌آباد، آنزیم اسیدفسفاتاز، آنزیم اوره‌آز، آنزیم فسفاتاز قلیایی.

مقدمه

در کشور ایران که با وجود دارا بودن اکوسیستمی خشک و شکننده سرعت تخریب جنگل بیش از احیا است، با توجه به مزایای زیاد جنگلها باید سعی شود این منابع با اجرای مدیریتی اصولی هر چه بهتر حفظ و توسعه یابد. شناخت ویژگی‌های خاک یکی از پایه‌های مدیریت اصولی جنگل است که بسیاری از گزینه‌های جنگل‌شناسی از جمله انتخاب گونه، تعیین حاصلخیزی خاک جنگل، نرخ رویش توده و میزان سطح ذخیره‌گاه لازم در جنگل، پی بینی درصد زنده‌مانی و رشد نهال‌ها را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. بنابراین به‌منظور کمک به حفظ و احیاء جنگلها، اطلاعات موجود در رابطه با تاثیر گونه‌های جنگلی بر این ویژگی‌ها مشخص می‌شود. همچنین اثر گونه‌های مختلف درختی از طریق اضافه شدن لاشبرگ آن‌ها برروی

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۴۰۳۹۷۲۲ ایمیل: vahidhemmatiliau@gmail.com

سطح جنگل در جنگل‌های طبیعی و مناطق جنگل‌کاری شده می‌تواند تاثیرات مثبت و منفی برروی خصوصیات خاک و میکروارگانیسم‌ها خاک داشته باشد (عرب، ۱۳۸۴).

کاهش سطح جنگلهای شمال ایران و سیاست های اخیر کشور مبنی بر حداقل بهره‌برداری از جنگلها که ره‌آورد آن عدم تولید چوب کافی برای تامین نیاز گسترده صنایع وابسته به چوب بوده است، ضرورت توسعه گونه‌های درختی سریع‌الرشد مانند صنوبر و توسکا را واجب می‌کند. توان سازش و سرعت زیاد این گونه‌های گیاهی و در نتیجه گسترش زیاد و موفق آنها و همچنین به‌دلیل کاهش فشار بر جنگل‌های طبیعی و نیز نقش آنها در اشتغال‌زایی و توسعه اقتصادی– اجتماعی مناطق روستایی از اهمیت بسزایی برخوردار است. گسترش صنوبرکاری‌ها و توسکا به عنوان یک راهکار علمی در تولید و تامین چوب کافی برای نیل به خودکفایی کشور و با توجه به تولید آنها امری اجتناب ناپذیر می‌باشد (صیاد، ۱۳۸۴). از سویی دیگر در سالیان اخیر یکی از راه‌های صیانت از جنگل‌های بکر و طبیعی کشور که توسط کارشناسان و سازمان جنگلها مطرح شده است، کاشت گونه‌های سریع‌الرشد می‌باشد که با توجه به مزایای اقتصادی کاشت این گونه‌ها، سطح زیرکشت آن روز به روز در حال افزایش است. بنابراین بررسی تاثیرات این گونه‌ها بر روی خواص خاک و میکرو ارگانیسم‌ها الزامی به‌نظر می‌رسد.

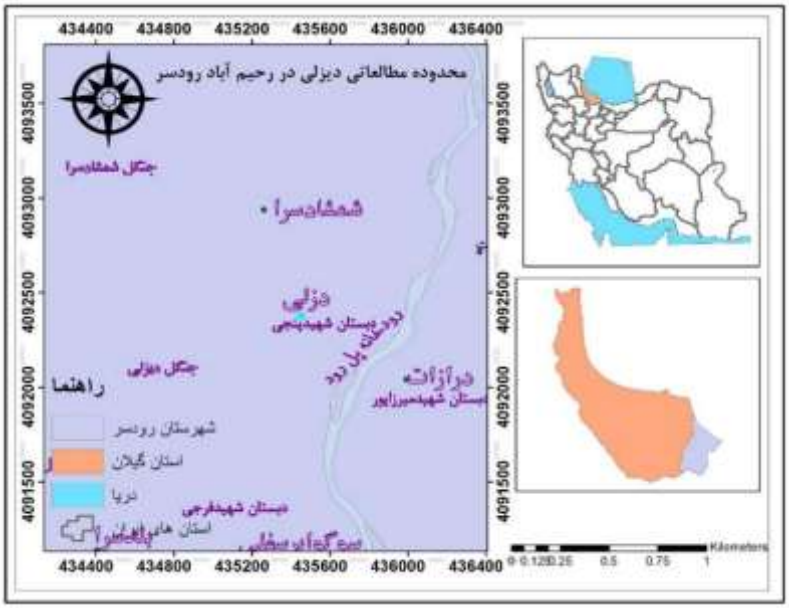
کیفیت خاک، ظرفیت خاک در اکوسیستم به عنوان جزء زنده است (Doran, 2000). کیفیت خاک مفهومی می‌باشد که عوامل زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک را در قالب ارزیابی منابع خاکی مطرح می‌کند. عنوان کرده‌اند که خصوصیات خاک منعکس‌کننده تأثیر نوع مدیریت اراضی و اقلیم می‌باشد. تغییر کاربری به‌ویژه کشت و کار در اراضی جنگلی تخریب شده به‌سرعت کیفیت خاک را کاهش داده و از آنجا که ترکیبات حساس در اکوسیستم جنگل قادر به تعدیل اثرات عملیات-کشاورزی بر خاک نمی‌باشد، کاهش کیفیت خاک سبب از بین رفتن دائمی باروری و حاصلخیزی در این مناطق می‌شود. البته کاهش ویژگی‌های کیفی خاک در اثر فشار جمعیت، مدیریت غیر اصولی و عوامل تخریب محیط‌زیست و منابع طبیعی در کشورهای در حال توسعه سبب از بین رفتن جنگل‌ها، مراتع و پوشش گیاهی طبیعی است (Schoenholtz, 2000). نوع کاربری و پوشش گیاهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها اثر گذار است. از جهات دیگر، مطالعه تأثیر نوع کاربری و پوشش گیاهی بر نحوه عملکرد خاک در اکوسیستم از طریق ارزیابی شاخص‌های کیفی خاک امکان‌پذیر است (Lal, 2004). خصوصیات خاک در ارزیابی کیفیت خاک از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند، چون این خصوصیات پویا بوده و بوسیله اعمال مدیریت‌های مختلف قادر به تغییر است. شاخص پایداری خاکدانه ها، مقدار ماده آلی و مقدار رس قابل انتشار از شاخص‌های مهم در ارزیابی ویژگی‌های کیفی خاک است. پوشش گیاهی، اعم از درختی، درختچه‌ای یا علفی، پهن‌برگ یا سوزنی‌برگ بر محیط اطراف خود اثر دارد و این تأثیرات براساس نحوه مدیریت پوشش گیاهی، نوع پوشش گیاهی، قدمت آن و... قابل تغییر است (حق‌نیا، ۱۳۷۵).

خاک‌های تحت پوشش گیاهان متفاوت، اعم از درختی و علفی، به طور مشخص با یکدیگر متفاوت هستند. مساله تأثیرات گونه‌های درختان جنگلی بر روی ویژگی‌های خاک قدمتی صد ساله دارد (Binkley, 1995). اما پیش از آن هم اظهار نظرهای مختلفی درباره نقش و تأثیر پوشش گیاهی بر روی خاک مطرح شده است. می‌توان گفت که بشر از زمان‌های گذشته به نقش پوشش گیاهی و تأثیر آن بر خاک پی برده و از آن استفاده می‌کرده است. در سالهای خیلی دور (۲۰۰۰ سال پیش) نیز گزنفون در ارتباط با اهمیت استفاده از کود برای رشد بهتر گیاهان، لیستی از گیاهان مغذی برای خاک از جمله حبوبات را بیان نموده است (سالاردینی، ۱۳۸۲). کلمه خاک به عنوان یک واژه علمی می‌باشد که به لایه‌های سطحی خاک گفته که تحت تأثیر آب، هوا و اشکال مختلف موجودات زنده و مرده تغییر می‌یابند که برای هر ۱ سانتی‌متر خاک زمانی حدود ۱۰۰

مورد نیاز است که تحت تأثیر ۵ عامل زمان، اقلیم، شرایط توپوگرافی، مواد مادری و موجودات زنده گیاهی و جانوری تشکیل می‌شوند و در بین این عوامل پوشش گیاهی مهمترین رکن آن به حساب می‌آید (حق نیا و لکزیان، ۱۳۷۵).

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی پژوهش در منطقه دیزلی رحیم‌آباد رودسر و در میان آبادی‌های بلدسرا، لوسرا، جنگل شمشادسرا، درازات و سوگوابرسفلی قرار دارد. این محدوده در مختصات ۵۰ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد.



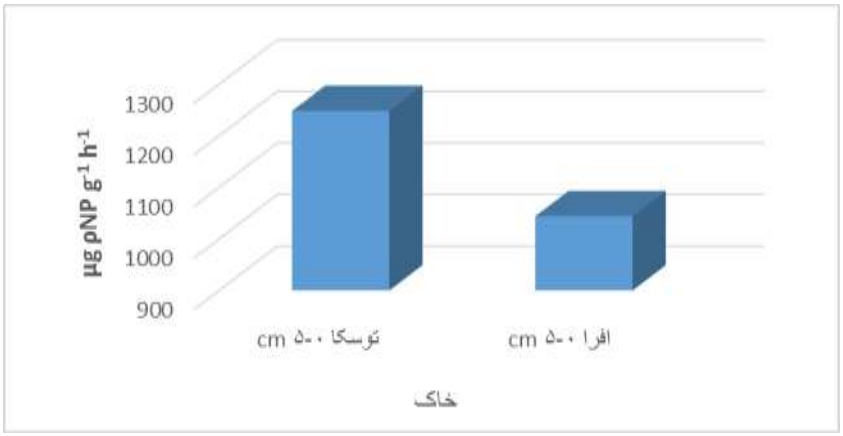
شکل ۱ - منطقه مورد مطالعه

برای هر منطقه جنگل‌کاری ۵ نقطه برای نمونه‌برداری بر روی نقشه انتخاب شد و برای نمونه‌برداری از خاک از روش نمونه‌برداری تصادفی- سیستماتیک استفاده شد. برای ارزیابی خصوصیات خاک در هر منطقه پروفیل خاک از عمق ۰-۵ سانتیمتر حفر و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خصوصیات نمونه خاک‌ها از نظر کربن آلی، نیتروژن، فسفر، آنزیم‌های اسید فسفاتاز، فسفاتاز قلیایی و اوره‌آز اندازه‌گیری شدند.

نتایج

مقایسه اثر توده درختی توسکا و افرا در فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به آنزیم فسفاتاز اسیدی در عمق۰-۵ خاک درختان توسکا و افرا نشان می‌دهد که بین میانگین آنزیم فسفاتاز اسیدی خاک در دو توده افرا و توسکا اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد (شکل ۱ و جدول ۱).



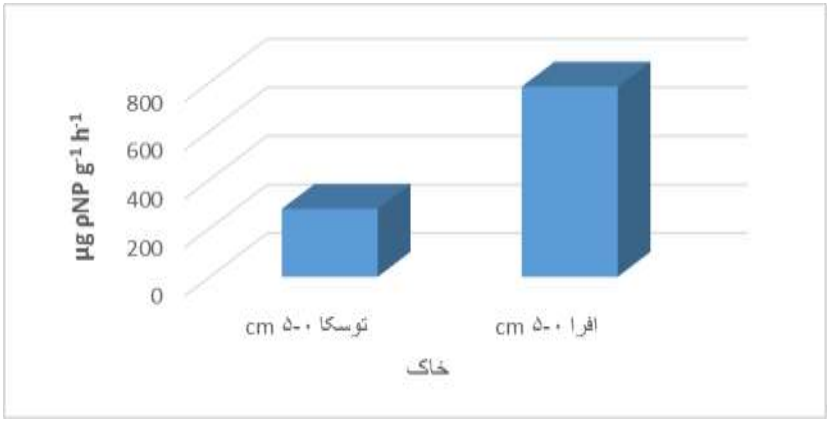
شکل ۱- مقایسه فعالیت آنزیم اسیدفسفاتاز (µg ρNP g^{-1} h^{-1}) در دو توده افرا و توسکا

جدول ۱-تجزیهٔ واریانس فعالیت آنزیم اسیدفسفاتاز (µg ρNP g^{-1} h^{-1}) در دو توده افرا و توسکا

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
افرا و توسکا ۰-۵	۸	۶/۶۰۲	۰/۳۳۳ n.s

بررسی اثر عمق خاک در مقایسه آنزیم فسفاتاز قلیایی درختان توسکا و افرا

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان مقایسه آنزیم فسفاتاز قلیایی درختان توسکا و افرا نشان داد که در مقایسه آنزیم فسفاتاز قلیایی در دو توده افرا و توسکا اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد (شکل ۲ و جدول ۲).



شکل ۲- مقایسه فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی (µg ρNP g^{-1} h^{-1}) در دو توده افرا و توسکا

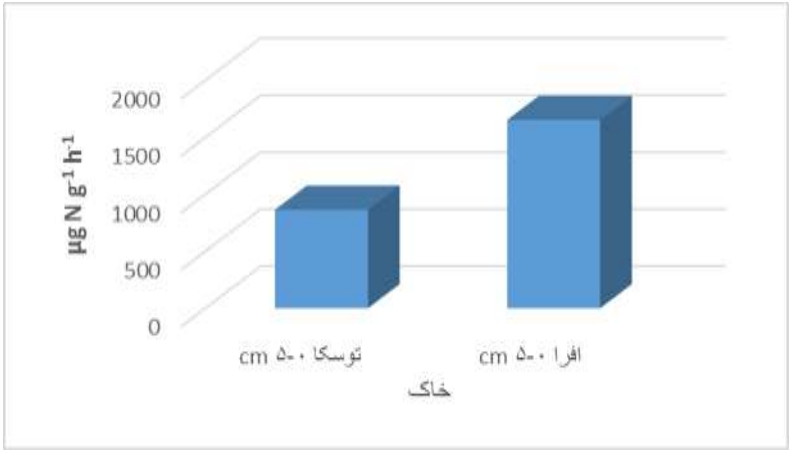
جدول ۲-تجزیهٔ واریانس فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی (µg ρNP g^{-1} h^{-1}) در دو توده افرا و توسکا

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری

افرا و توسکا ۰-۵	۸	۲/۵۵	** ۰/۰۰

مقایسه آنزیم اوره‌آز درختان افرا و توسکا در عمق ۰-۵

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به مقایسه آنزیم اوره‌آز درختان افرا و توسکا نشان داد که بین میانگین آنزیم اوره‌آز درختان افرا و توسکا در عمق ۰-۵ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد (شکل ۳ و جدول ۳).



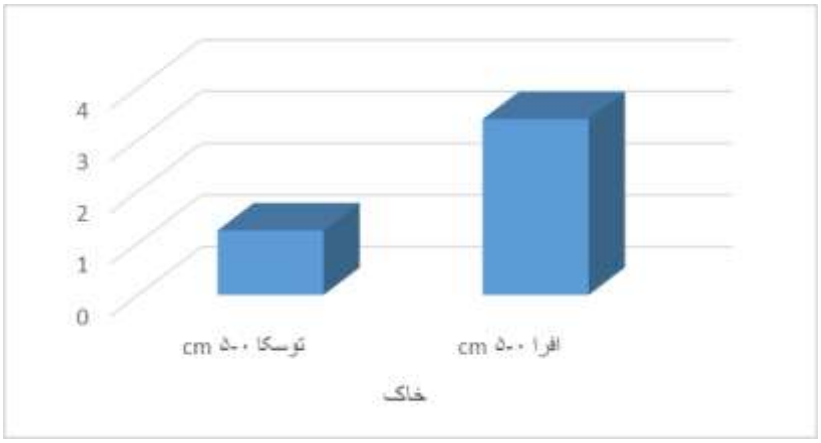
شکل ۳- مقایسه فعالیت آنزیم اوره‌آز ($\mu g\ N\ g^{-1}\ h^{-1}$) در دو توده افرا و توسکا

جدول ۳-تجزیهٔ واریانس فعالیت آنزیم اوره‌آز ($\mu g\ N\ g^{-1}\ h^{-1}$) در دو توده افرا و توسکا

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
صنوبر و توسکا	۸	۱۲,۹	**۰/۰۱۰

اثر عمق خاک در مقایسه عنصر فسفر درختان افرا و توسکا در عمق ۵-۰ سانتی‌متر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عنصر فسفر درختان افرا و توسکا نشان داد که بین دو توده افرا و توسکا اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد (شکل ۴ و جدول ۴).



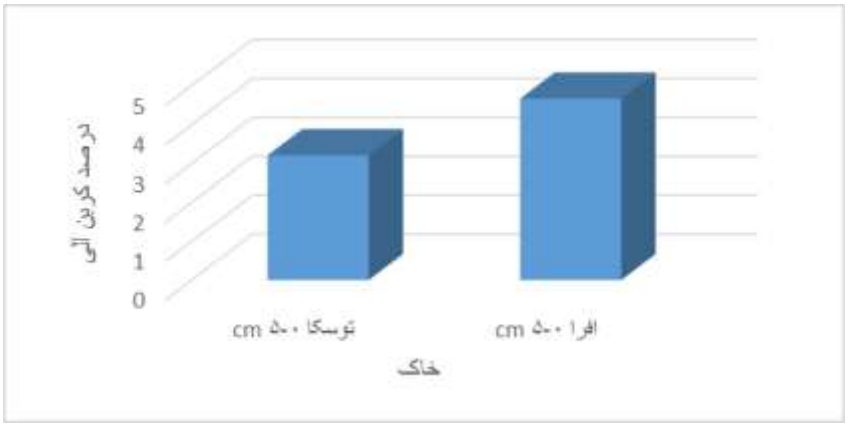
شکل ۴- مقایسه فسفر در عمق خاک درخت توسکا و افرا

جدول ۴- تجزیه واریانس عنصر فسفر خاک در توده درختان افرا و توسکا

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
افرا، توسکا عمق ۰-۵ cm	۸	4.1	n.s ۰/195

اثر گونه درختان توسکا و افرا رروی کربن آلی خاک در عمق ۵-۰ سانتی‌متر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کربن آلی درختان افرا و توسکا نشان داد که بین دو توده افرا و توسکا اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد (شکل ۵ و جدول ۵).



شکل ۵- مقایسه کربن آلی در عمق خاک درختان توسکا و افرا

جدول ۵- تجزیه واریانس کربن آلی خاک در توده درختان افرا و توسکا

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
افرا، توسکا عمق ۰-۵ cm	۸	۰,۷۶۱	n.s۰/۰۹

اثر درختان توسکا و افرا بر روی نیتروژن خاک در عمق ۵-۰ سانتی‌متر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط کربن آلی درختان افرا و توسکا نشان می‌دهد که بین دو توده افرا و توسکا اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد (شکل ۶ و جدول ۶).



شکل ۶- مقایسه نیتروژن در عمق خاک درختان توسکا و افرا

جدول ۶- تجزیه واریانس نیتروژن خاک در توده درختان افرا و توسکا

توده‌های مورد بررسی	درجه آزادی	F	معنی‌داری
افرا، توسکا عمق ۵-۰ cm	۸	۰,۷۶۴	**۰/۲۹۱

بحث و نتیجه‌گیری

کربن آلی خاک

میانگین درصد کربن خاک در توده‌های افرا و توسکا بدست آمد که از لحاظ میزان کربن در توده افرا بیشتر بود، ولی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد مشاهده نشد. هر چقدر میزان درصد کربن آلی خاک زیادتر باشد، حاکی از آن است که مواد آلی در آن منطقه بیشتر است (زرین‌کفش، ۱۳۷۶).

نیتروژن خاک

میانگین درصد نیتروژن در توده‌های افرا و توسکا بدست آمد که از لحاظ میزان نیتروژن در توده افرا بیشتر بود، ولی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد مشاهده نشد. بیشتر بودن میزان نیتروژن در خاک را می‌توان به تجزیه برگ نیز نسبت داد (Binkley ،1997).

فسفر قابل جذب

میانگین فسفر قابل جذب در توده‌های افرا و توسکا بدست آمد که از لحاظ میزان فسفر در توده افرا بیشتر بود، ولی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد مشاهده نشد.

آنزیم اسید فسفاتاز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به آنزیم اسید فسفاتاز نشان داد که بین میانگین میزان اسید فسفاتاز در دو توده افرا و توسکا اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد.

آنزیم فسفاتاز قلیایی

آنزیم آلکالین فسفاتاز فقط از میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود که گیاهان عاری از این آنزیم بوده‌اند. مواد آلی به عنوان منبع غذایی مهم برای میکروارگانیسم‌ها محسوب می‌شوند (Tabatabai, 1994). فعالیت آلکالین فسفاتاز در عمق ۰ -۵ در رویشگاه افرا بیشتر از توسکا و اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد داشت که این می‌تواند به دلیل که تجمع بیشتر ارگانیسم‌ها در لایه‌های بالاتر خاک در رویشگاه باشد.

آنزیم اوره‌آز

اوره‌آز با هیدرولیز اوره آمونیاک تولید می‌کند و منشا آن میکروبی است که مقاوم به تجزیه می‌باشد و به همین علت در سلول‌های آزاد انباشته می‌شود. اوره‌آز آنزیمی است که توسط میکروارگانیسم‌های اورئولیتیک تولید می‌شود و اوره را به آمونیاک و دی اکسیدکربن هیدرولیز می‌کند. اوره‌آز میکروبی، کاربردهای گسترده‌ای در بیوتکنولوژی، کشاورزی، پزشکی، ساخت و ساز و مهندسی ژئوتکنیک دارد (Eshetu, 2021). فعالیت آنزیم اوره‌آز در رویشگاه افرا بیشتر از توده توسکا بوده و اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد داشته که دلیل آن می‌تواند ریشه‌دوانی بیشتر و تجمع بیشتر ارگانیسم‌ها در خاک باشد. در کل می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت میکروارگانیسم‌ها به‌ویژه باکتری‌ها در توده دست کاشت افرا بیشتر از توسکا بوده است.

منابع

ابتسام ح. پاینده خ، کریمی‌نژاد م. (۱۴۰۰). بررسی کربن آلی، نیتروژن، فسفر و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک‌های ساحلی تالاب شادگان مجله زیست شناسی خاک، ۹ (۱): ۵۹-۴۱.

حق نیا، غ. و الف، لکزیان. (۱۳۷۵). پیدایش و طبقه بندی خاک.انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره۱۹۳، ۶۱۶ صفحه.

سالاردینی، ع. (۱۳۸۷). حاصل‌خیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۳۴ صفحه

صیاد، حسینی،م.، اکبری نیا، م.، غلامی، ش. (۱۳۸۴). مقایسه خواص خاک جنگلکاری های صنوبر اورامریکن خالص و آمیخته با توسکای ییلاقی،مجله محیط شناسی، ۷۸:۴۱-۸۴.

علی عرب، ع.، حسینی، م.، جلالی، غ.، (۱۳۸۴). اثر گونه‌های افراپلت، اقاقیا، صنوبر آمریکایی و زربین بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در جنگلکاری شرق هراز، مجله علوم خاک و آب. ۱۹ (۱): ۴۵-۵۶.

محمدی‌سمانی، ک. (۱۳۸۵). بررسی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در رابطه با پوشش جنگلی منطقه دوویسه مریوان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه مازندران. ۱۲۰ صفحه.

نورمندی پور. ف، دلاور م، راتان ل. (۱۳۹۹). تاثیر کلش برنج و بیوچار حاصل از آن بر فعالیت برخی از آنزیم‌ها در یک خاک شنی آهکی، مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۱ (۷): ۱۸۵۵-۱۸۴۱

Binkley, D. (1995). The influence of tree species on forest soils processes and patterns. pp. 1-33 in: proceeding of the trees and soil workshop (D. J. Mead and I. S. Cornforth, eds.) Agronomy Society of New Zealand, Lincoln University Press, Canterbury.

Belsky, A. Joy and Canham, C. D., (1994). Forest Gaps and Isolated Savanna Trees, Bio Science, 44(2): 77-84.

Dick RP (1994). Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: Doran JW, Coleman DC, Bezdicek DF, Stewart BA (eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Science Society of America, Special Publication no. 35: 107–124.

Clarholm, M., (1993). Microbial biomass P, labile P and acid phosphatase activity in the humus layer of a spruce forest, after repeated additions of fertilizers. Biol. Fert. Soils. 16: 287-292.

Doran, J. W. and M. R. Zeiss. (2000). Soil health and sustainability. Managing the biotic component of soil quality. Apple. Soil. Ecol. 15: 3-11.

De Barros, J.A., De Medeiros, E.V., Da Costa, D.P., Duda, G.P., De Sousa Lima, J.R., Dos Santos, U.J., Dantas Antonino, A.C. and Hammecker, C. (2020). Human disturbance affects enzyme activity, microbial biomass and organic carbon in tropical dry sub-humid pasture and forest soils. Archives of Agronomy and Soil Science, 66 (4): 458-477.

Lal. r, (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security304, Issue 5677:1623-1627.

López Bermúdez, F. (1996). Erosión del suelo e intervenciónhumanaen las egionsmediterráneas de la PenínsulaIbérica. En A. J. Campesino, C. Velasco (Eds.) España-Portugal: Ordenación 70Territorial del SuresteComunitario. Universidad de Extremadura, Cáceres, 141-170Miles, 1985.

Nimis P. L. (1985). Stracture and floristic composition of a high arctic tundra: Ny-Alesund (Svalbard Archipelag).Nordic Journal of Botany, 17: 47-58.

Neirynck, J.,Mirtcheva, S. , Sioen, G; Lust, N. (2000). Impact of *Tilia platyphyllos* Scop. , *Fraxinus excelsior* L, *Acer pseudoplatanus* L., *Fagus sylvatica* L. on earthworm biomass and physico-chemical properties of a loamy topsoil. Forest Ecology and Management, 15: 275-286.

Schoenholtz Stephen H. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: Challenges and opportunities. Forest Ecology and Management 138(1–3): 335–356.

Tabatabai, M. A. (1982). Soil enzymes. PP. 539-579. IN: A. C. page (Ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.

Tabatabai MA (1994). Soil enzymes. In: Weaver RW, Angle JS, Bottomley PS (eds.) Methods of soil analysis. Part 2 – Microbiological and biochemical properties. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, pp 775–833.

Torras O., Saura S. (2008). Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. Forest Ecology and Management, 255: 3322-3330.

Warming, E., (1895). Plantesamfund - Grundtræk afden økologiske Plantegeografi, P.G. Philipsens Forlag, Kjøbenhavn; Chapter 2 "Livsform (Vegetationsform)" p. 3-6.

Liu, J., Chen, J., Chen, G., Guo, J. and Li, Y. (2020). Enzyme stoichiometry indicates the variation of microbial nutrient requirements at different soil depths in subtropical forests. PLoS ONE 15 (2): e0220599.

Nannipieri P, Kandeler E, Ruggiero P (2002). Enzyme activities and microbiological and biochemical processes in soil. In: Burns RG, Dick WA (eds.) Enzymes in the environment. Marcel Dekker, New York, pp 1–33.

Speir TW, Ross DJ (1994). Soil phosphatase and sulphatase. In: Burns RG (ed.) Soil enzymes. Academic, Eshetu Mekonnen, Ameha Kebede, Asefa Nigussie, Gessese Kebede, Mesfin Tafesse 2021 Isolation and Characterization of Urease-Producing Soil Bacteria. International journal of microbiology Article ID 8888641, 11 pages.

I. R. K. Phang, Y. S. Chan, K. S. Wong, and S. Y. Lau, (2018). “Isolation and characterization of urease-producing bacteria from tropical peat,” Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 13:168–175.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

The effect of afforestation of *Acer velutinum* and *Alnus subcordata* on soil acid phosphatase, alkaline phosphatase and urease enzymes (Case study: Rahimabad Diesel, Roudsar)

Kh. Pourhasan [1], S.Y. Torabian[2], V. Hemmati[2*], S.A. Hashemi[2] and S. Mahdavi[3]

1- Ph.D. student of Forest Engineering, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran.
2- Department of Forestry, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran.
3- Ph.D. student of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan Some Sara, Iran.

Abstract

This research was conducted to compare some enzymatic and chemical properties of soil in connection with two plantations of diesel maple and alder in Rahim Abad, Roudsar. Forestry area, 5 points were selected for sampling on the map for each area and random-systematic sampling method was used for soil sampling. To evaluate soil properties in each region, the soil profile was dug from a depth of 0-5 cm and after transferring the samples to the laboratory, the properties of the soil samples were measured in terms of organic carbon, nitrogen, phosphorus, acid phosphatase, alkaline phosphatase and urease enzymes. To analyze the data, SPSS software and unpaired t-test were used. The results of data analysis show that although in all cases the number of enzymes and elements of phosphorus, carbon and nitrogen were higher in maple than in alder, a significant difference was observed at the 95% probability level in alkaline phosphatase and urease enzymes. Which is more in the mass of maple compared to alder, which means that maple has had a greater effect on the micro-organisms of the forest soil, and it is superior to alder.

Keywords: *Acer velutinum*, *Alnus subcordata*, acid phosphatase enzyme, urease enzyme, alkaline phosphatase enzyme.

*Corresponding author Tel: +98 9124039722 Email: vahidhemmatiliau@gmail.com

بررسی اجمالی توده دست‌کاشت کاج تدا در استان گیلان
مطالعه موردی: دانشکده منابع طبیعی گیلان– صومعه‌سرا

هانیه قدیمی شیجانی[۱]، ملیکا بابائی ریک[۱]، ذبیح الله رضایی[۲] و کامبیز طاهری آبکنار[۳*]

۱- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

چکیده

چگونگی زادآوری درختان یک جنگل مشخص کننده ساختار و همچنین چگونگی تحول توده جنگلی است. طبق مطالعات صورت گرفته توده انتخاب شده کاج تدا، یک توده دانه‌زاد همسال بوده که از حالت نرمال خارج شده است. در همین راستا به‌منظور دستیابی به نیازمندی توده به تنک کردن، این بررسی انجام گرفت. برای این منظور توده جنگلی دست کاشت کاج تدا واقع در دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا که در آن هیچ‌گونه دخالتی انجام نشده بود، انتخاب شد. قطر در ارتفاع برابر سینه کلیه درختان یک هکتار با کالیپر برداشت و جدول پراکنش قطری تهیه شد. سپس محاسبات مربوط به عامل یا مشخصه رقومی برای توده دانه‌زاد همسال صورت گرفت که به‌دلیل زیاد نبودن اختلاف عددی بین میانگین حسابی و قطر سطح مقطع متوسط نشان داد که توده همسال است. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار اکسل داده‌های مربوطه وارد شد و نمودار پراکنش توده دانه‌زاد همسال و همچنین نمودار پراکنش قطری توده دانه‌زاد همسال نشان از همسال بودن توده داشت. برای مشخص نمودن حالت نرمالی یا غیر نرمالی توده، تست لگاریتمی صورت گرفت که بر همین اساس وضعیت توده انتخاب شده از حالت نرمال خارج بود. همچنین ارتفاع قطورترین درختان در طبقات قطری با استفاده از دستگاه شیب‌سنج سونتو و فاصله متوسط درختان از هم با متر نواری اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب با محاسبه ضریب قدکشیدگی و ضریب هارت- بکینگ با استفاده از داده‌های مربوط به ارتفاع و فاصله درختان از هم شدت تنک کردن مشخص شد.

واژگان کلیدی: دانه‌زاد همسال، تنک کردن، کاج تدا، دانشکده منابع طبیعی.

مقدمه

کشور ما فقیر از جنگل می‌باشد، ولی با توجه به تنوع اقلیمی، وسعت زیاد آن و رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس، جنگل‌های متنوعی گسترش یافته‌اند. ایران در گذشته دارای جنگل‌هایی به‌مراتب وسیع‌تر و مرغوب‌تر از امروز بوده است. براساس آخرین آمار، امروزه حدود ۱۸میلیون هکتار جنگل داریم که این سطح فقط ۰/۷درصد کل کشور را در بر می‌گیرد (سازمان خواربار و کشاورزی جهانی). ایجاد جنگل‌های دست کاشت با گونه‌های سوزنی‌برگ در کشور، پیشینه‌ای بیش از پنجاه

*نویسنده مسئول تلفن: ۹۱۱۳۳۱۷۳۴۸ ایمیل: taherikambiz@guilan.ac.ir

سال دارد. کاشت یکی از این درختان یعنی کاج تدا (Loblolly pine) در دهۀ چهل در برنامۀ جنگل‌کاری‌های سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور قرار گرفت (پورعطایی، ۱۳۵۳). پژوهش مؤسسۀ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در گیلان حاکی از موفقیت کم‌نظیر آن از نظر زنده‌مانی و رشد بود (بی‌نام، ۱۳۵۲). کاج تدا از مهم‌ترین گونه‌های تجاری چوبی است که امروزه حتی در خارج از رویشگاه اصلی خود به‌دلیل عملکرد مناسب مورد توجه صاحبان صنایع وابسته می‌باشد. تشابه نسبی رویشگاه‌های طبیعی این گونه با مناطق شمالی کشور و انتخاب درست این گونه و سپس آزمایش سازگاری آن از مهم‌ترین دستاوردهای دهه‌های گذشته بوده که سبب شد سطوحی قابل‌توجهی از اراضی جلگه‌ای شمال کشور به این گونه اختصاص داده شود. پس از اثبات سازگاری و تعیین رویشگاه‌های برتر برای توسعه آن در برنامه‌های جنگل‌کاری با این گونه، مطالعه واکنش توده به عملیات پرورشی از مهم‌ترین اقدامات بود. عملیات تنک کردن به‌منظور ایجاد شرایط مناسب برای پایه‌های برتر و هدایت توده‌ها براساس استراتژی اتخاذ شده با این گونه ضروری است. در عملیات تنک کردن شدت و چرخش تنک کردن از اهمیت زیادی برخوردار است (مروی مهاجر، ۱۳۸۴).

کاج تدا، بومی جنوب و جنوب شرقی ایالات متحدۀ آمریکاست و به‌طور گسترده در آفریقای جنوبی، برزیل، استرالیا، نیوزیلند، چین، گرجستان، هند و کره جنگل‌کاری می‌شود که به‌علت رشد سریع و تولید چوب و مصارف متنوع در صنعت، مورد استقبال قرار می‌گیرد (Schultz, 1997). کاج تدا از موفق‌ترین سوزنی‌برگان غیربومی در استان گیلان است و با مدیریت جنگل‌کاری‌های آن، سالانه بیش از ۱۸ مترمکعب در هکتار چوب تولید می‌شود. مساحت جنگل‌کاری‌های آن بیش از ۳۰۰۰ هکتار برآورد می‌شود و توده‌هایی با بیش از ۴۰ سال سن و قطر ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع تا ۲۵ متر به فراوانی در منطقۀ تالش مشاهده می‌شوند (گرجی بحری و همکاران، ۱۳۸۶).

کاج تدا با دامنه انتشار گسترده و ایجاد جنگل‌های طبیعی خالص و آمیخته، تنوع کاربرد چوب و مواد غیرچوبی، مهم‌ترین گونه تجارتی کاج در جنوب شرقی ایالات متحده آمریکاست که در دشت‌ها و جلگه‌های ساحلی و نیز نقاط کوهپایه تا ارتفاع حداکثر ۶۰۰ متر از سطح دریا و تا ۳۸ درجه عرض شمالی انتشار دارد. بیشینه قطر برابرسینه این درخت ۱۲۵ تا ۱۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع آن تا ۴۵ متر گزارش شده است (گرجی بحری و همکاران، ۱۳۸۶).

Mörling et al. (2001) طی بررسی دوازده ساله خود در عرض و تراکم دوایر سالیانه در اثر تجدید نسل و عملیات تنک بر روی کاج جنگلی (*Pinus sylvestris*) درشمال سوئد دریافتند که در ارتفاع برابر سینه به‌طور متوسط عرض دوایر سالیانه پس از زادآوری ۱۴ درصد و پس از عملیات تنک کردن ۴۳ درصد افزایش داشته است.

طی مطالعه‌ای در ارتباط با رشد منظم دوایر سالیانه مخروطیان در دوران خشکسالی و ترسالی بلندمدت نتیجه گرفتند که Feichtinger et al. (2014) رشد دوایر سالیانه کاج جنگلی در اثر توقف دوره ترسالی نسبت به کاج اروپایی در مقایسه با قطعه شاهد از رشد عرضی کمتری برخوردار بوده است. با این حال هر دو گونه پس از آن قادر به تنظیم آن در شرایط جدید شدند و حتی رشد آنها در مواردی بیشتر از قطعه شاهد بوده است. این پژوهش با هدف دستیابی به نیازمندی توده به تنک کردن بوده که در یک توده کاج تدا صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در عرصه‌های درختکاری شده در دانشکده منابع طبیعی واقع در شهرستان صومعه‌سرا در استان گیلان انجام شد. مختصات جغرافیایی این منطقه عرض جغرافیایی ۰۴,۱'۱۷°۳۷" و طول جغرافیایی ۳۴,۷'۳۱°۴۹" می‌باشد که در ۱/۷ کیلومتری شهرستان صومعه‌سرا قرار دارد. پوشش درختان در این دانشکده به دو بخش عرصه‌های طبیعی و عرصه

دست‌کاشت تقسیم می‌شوند که مجموع مساحت آن ۱۳/۵ هکتار است. گونه‌های دست‌کاشت در این دانشکده شامل: صنوبر، بلندمازو، کاج تدا، عنبر سائل، دارتالاب و درختان و درختچه‌های زینتی هستند که طی سه دهه گذشته کاشته شده است. میانگین درجه حرارت سالانه این منطقه ۱۶/۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی آن ۹۷۲/۳ میلی‌متر است. برای تعیین بافت خاک منطقه از روش صحرایی (لمسی) استفاده شد. طبق نتایج به‌دست آمده بافت خاک منطقه مورد نظر نیمه‌سنگین (لومی) تا سنگین (رسی) می‌باشد. همچنین سوزن‌های کاج تدا به‌علت دارا بودن خصوصیات اسیدزا، pH خاک را اسیدی می‌کند. در نتیجه فعالیت میکروارگانیسم‌ها فقیر و سرعت تجزیه لاشبرگ‌ها و درصد پوشش گیاهی اطراف درخت بسیار کم است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

از خط‌کش دو بازو (Caliper) برای اندازه‌گیری قطر درختان استفاده شد و با استفاده از دستگاه شیب‌سنج سونتو ارتفاع درختان اندازه‌گیری شد. برای به‌دست آوردن فاصله درختان از هم از متر نواری استفاده شد. براساس داده‌های به‌دست آمده، عامل یا مشخصه رقومی (شاخص مرکزی) برای توده دانه‌زاد محاسبه گردید. سپس میزان غیر نرمالی توده از طریق چولگی به‌دست آمد. با داشتن اطلاعاتی اعم از تعداد درختان در هکتار و قطر درختان و همچنین تعداد درختان در هکتار و طبقات قطری به‌ترتیب نمودار پراکنش توده دانه‌زاد همسال و نمودار تراکمی پراکنش قطری توده دانه‌زاد همسال رسم شد. علاوه بر این تست لگاریتمی که یکی از روش‌های آزمون برای مشخص نمودن حالت نرمال یا غیر نرمالی توده است، انجام شد.

یافته‌ها

مشخصه‌های آماری می‌توانند همسال بودن یا ناهمسال بودن توده‌های جنگلی را توصیف کنند که یک ابزار مهم برای جنگل‌شناس هستند. با استفاده از این مقادیر عددی جنگل‌شناسان می‌توانند آینده توده جنگلی را پیش‌بینی نموده و

براساس آن برنامه‌های مدیریتی برای جنگل‌ها عرضه کنند. بدین ترتیب محاسبات مربوط به عامل یا مشخصه رقومی برای توده دانه‌زاد همسال صورت گرفت که به‌دلیل زیاد نبودن اختلاف عددی بین میانگین حسابی و قطر سطح مقطع متوسط نشان داد که توده همسال است (جدول ۱).

جدول ۱- پراکنش قطری درختان کاج تدا در محوطه دانشکده

طبقات قطری	تعداد در هکتار	fc
۱۰	۷	۷
۱۵	۲۸	۳۵
۲۰	۴۲	۷۷
۲۵	۸۰	۱۵۷
۳۰	۴۰	۱۹۷
۳۵	۱۹	۲۱۶
۴۰	۳	۲۱۹
مجموع	۲۱۹	



شکل ۲- شکل درختان در توده جنگلی دانه‌زاد همسال



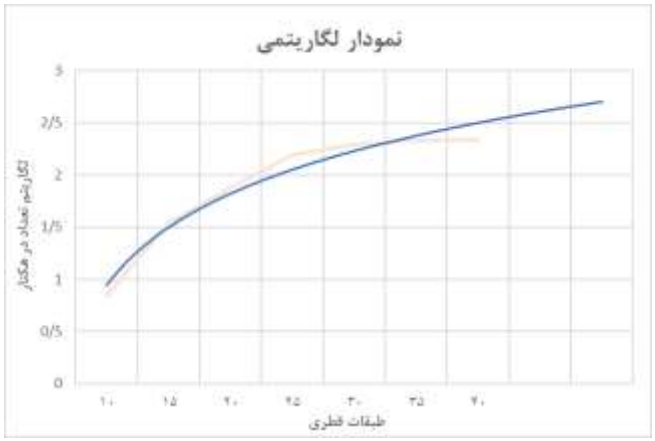
شکل ۴- نمودار تراکمی پراکنش قطری



شکل ۳- نمودار پراکنش توده دانه‌زاد همسال

عامل اصلی در چوله شدن منحنی توده دانه‌زاد همسال، انجام ندادن عملیات پرورشی بوده است. به‌دلیل اینکه هیچ‌گونه دخالتی در این توده انجام نشده است، به مرور زمان منحنی پراکنش قطری توده چوله به راست را نشان می‌دهد و در مقابل منحنی پراکنش ارتفاع چوله به چپ است (شکل ۳).

با توجه به صعودی بودن این منحنی دریافتیم که توده مورد بررسی، یک توده همسال است که از حالت نرمال بودن خارج شده است. به‌طور عادی منحنی توده باید حالت کاهنده داشته باشد که نشانگر نرمال بودن توده است (شکل ۴).



شکل ۵- نمودار تست لگاریتمی

در شکل ۵ خط صورتی نشان دهنده حالت خطی نمودار است و خط آبی نشان دهنده لگاریتم است. همانطور که مشاهده می‌شود در هر دو صورت خط دارای شکستگی شده است که نمایانگر توده دانه‌زاد همسالی است که از حالت نرمال خارج شده است.

بحث و نتیجه گیری

گیاهان برای دسترسی به منابع محدود دائماً در حال رقابت هستند و رقابت درون‌گونه‌ای به‌دلیل نیازها و خواهش‌های مستمر در آن نسبت به شرایط رقابت بین‌گونه‌ای شدیدتر است (امان زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

به‌طور کلی عدم انجام عملیات پرورشی، تراکم زیاد در تودۀ جنگلی را موجب می‌شود که در اثر رقابت نوری رشد ارتفاعی درختان بیشتر از رشد قطری می‌باشد و با افزایش ارتفاع درختان، ضریب قدکشیدگی افزایش خواهد یافت (Debell, 2001).

برای حفظ ظرفیت ساختار توده‌های جنگلی و حفظ پایداری درختان سرپای راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) عملیات پرورشی تنک کردن لازم است (Yücesan, 2015).

در این بررسی بیشترین تعداد نونهال در تیمار تنک مستقر شد، زیرا درختان مادری در این تیمار مخروط و بذر بیشتری تولید کردند، درحالی‌که فضای رویش نونهال‌ها در تیمار نیمه‌انبوه بهتر بود که بیشترین میانگین رویش ارتفاعی را داشتند؛ درحالی‌که در تیمار انبوه، مخروط و بذر کمتری تولید شد و نونهال‌ها کمترین رشد را داشتند. بنابراین در شرایط نیمه‌انبوه حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ اصله درخت بذری برای استقرار نهال مناسب‌تر است. درختان زیراشکوب معمولاً مخروط کمتری می‌دهند یا اصلاً مخروط نمی‌دهند. بررسی‌ها نشان داده که حدود ۸۰-۹۰ درصد بذرها به‌دلایل گوناگون مانند تغذیۀ پرندگان، پوسیدن و غیره از بین می‌روند، اما همان ۱۰ درصد برای احیای زادآوری و استقرار نهال کافی است. در کل می‌توان نتیجه گرفت که در توده‌های ۳۰ تا ۴۰ سالۀ کاج تدا و پس از پایان عملیات پرورشی تنک‌کردن، تغییر فرم جنگل از همسال به ناهمسال با فراهم کردن شرایط استقرار نهال آغاز می‌شود. درصورت کاستن تراکم درختان به تعداد حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ اصله در هکتار و افزایش نور در سطح عرصه و یک بار خراش دادن خاک، به تعداد کافی نهال مستقر می‌شود. هیچ محدودیتی از نظر تولید بذر درختان منطقه وجود ندارد. اگر عرصه بیش از این گشوده شود، احتمال غلبۀ گونه‌های ناخواسته مانند تمشک و ازملک وجود دارد (گرجی بحری و همکاران، ۱۳۹۰).

در این بررسی برای مشخص نمودن حالت نرمالی یا غیر نرمالی توده، تست لگاریتمی صورت گرفت. خط منحنی لگاریتمی از طبقه قطری ۱۵ سانتی‌متر دچار شکستگی شد که نشان می‌دهد توده دانه‌زاد همسال از حالت نرمال خارج شده است. باید توجه داشت که در توده موردنظر هیچ‌گونه دخالتی صورت نگرفته بود بر همین اساس از طریق نمودار لگاریتمی، ثابت شد که علت اصلی خارج شدن توده از حالت نرمال؛ انجام ندادن عملیات پرورشی است. بنابراین لازمه چنین توده‌ای انجام عملیات پرورشی است تا توده به حالت نرمال باز گردد. همچنین با محاسبه ضریب قدکشیدگی و ضریب هارت- بکینگ دریافتیم که اجرای تنک کردن با شدت ضعیف هم باید خیلی محتاطانه انجام شود، در غیر این صورت سبب برهم خوردن تعادل اکولوژیکی می‌شود و در نهایت تخریب را به‌دنبال خواهد داشت. با توجه به مطالعات صورت گرفته پیشنهاد می‌شود موارد زیر در این منطقه مطالعه شود:

- تاثیرات عملیات پرورشی بر روی خاک توده مورد نظر.
- تأثیرات تنک کردن بر روی اشکوب تحتانی در توده مورد نظر.
- ایجاد معادلات آلومتریک دقیق برای برآورد زیتوده گونه‌های درختی موجود در منطقه.
- مطالعه رشد ریشه درختان در جنگل‌کاری ها مبتنی بر انواع بافت خاک در منطقه مورد مطالعه.

سپاسگزاری

با تشکر فراوان از استاد عزیزمان جناب آقای دکتر کامبیز طاهری آبکنار که گام‌به‌گام در تهیه و تدوین این مقاله کمک شایانی داشتند. از جناب آقای دکتر حسن قسمتی مسئول آزمایشگاه‌های گروه جنگلداری به‌دلیل در اختیار گذاشتن ابزار موردنیاز کمال تشکر وسپاسگزاری را دارم. شایسته است که از پرسنل محترم دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان جناب آقای هرمز فرح بخش به‌دلیل همکاری صمیمانه شان کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

منابع

امان زاده، ب.، پورمجیدیان، م.، ثاقب طالبی، خ.، حجتی، س.، (۱۳۹۴). الگوی مکانی و وضعیت رقابت و اجتماع پذیری درختان در توده های آمیخته ممرز با استفاده از توابع یک و دو متغیره k رایپلی سری سه حوضه ناو اسالم، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱: ۱-۹۲

بی‌نام، (۱۳۵۲). کارنامهٔ پیشرفت علمی طرح‌های پژوهشی، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، انتشارات وزارت کشاورزی و منابع طبیعی.

پورعطایی، م.، (۱۳۵۳). جنگلکاری، تولید نهال و پارکسازی، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، شماره ۱۶، ۴۳-۴۳

رضایی، ذ.، (۱۴۰۲). .برآورد زیتوده واندوخته کربن روی زمینی و اندازه‌گیری ترسیب کربن خاک گونه های پهن برگ و سوزنی برگ در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان.

طاهری آبکنار، ک.، پیله ور، ب.، (۱۳۸۹). جنگل شناسی، چاپ دوم، انتشارات حق شناس.

گرجی بحری، ی، همتی، ا.، (۱۳۸۳). نتایج عملیات پرورشی در جنگل‌های دست کاشت کاج تدا و توسکای ییلاقی در ناحیه جلگه‌ای شمال ایران، نشریه پژوهش و سازندگی، شماره ۶۳: ۹-۲

گرجی بحری، ی.، همتی، ا.، خانجانی شیراز، ب.، (۱۳۹۰). اثر تراکم درختان بر استقرار نهال در توده جنگلی کاج تدا، مجله جنگل ایران،۴ (۱): ۳۲-۲۵

مروی مهاجر، م.، (۱۳۲۴). جنگلشناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران.

Debell, D.S. and C.R. Keyes and B.L. Gartner. (2001). Wood density of Eucalyptus saligna grown in Hawaiian plantations: effects of silviculturalenvironment in closed mixed boreal forests: effects of overstory and understory vegetation.Vegetation sciences Journal, 9: 511–520.

Feichtinger, L.M. and Eilmann, B. and Buchmann, N. and Rigling, A. (2014). Growth adjustments of conifers to drought and to century-long irrigation. Forest Ecology and Management, 334: 96–105.

Morling, T. (2002). Evaluation of annual ring width andring density development following fertilization and thinning of cots pine. Annales of Forest Science, 59: 29–40.

Schultze, R.P. (1997). Loblolly pine: The Ecology and culfure of Loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Agricultue Handbook. Washington, No. 713. 497 p.

Yücesan, z. and Sevilay, z. elik;Ercan Oktan;Faculty. (2015). Effects of thinning on stand structure and tree stability in an afforested oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand in northeast Turkey. Journal of Forestry Research, Vol. 26. No. 1. 123-129.

Overview of the planted stands of Teda pine in Guilan Province, Case study: Guilan Natural Resources Faculty Some sara

H. Ghadimi Sheyjani[1], M. Babaei Rik[1], Z. Rezaie[2] and K. Taheri Abkenar[3*]

1- B.Sc. Student of Forest Science, Faculty of Natural resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
2- M.Sc. Student of Forest Science, Faculty of Natural resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
3- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, Iran.

Abstract

The way trees reproduce in a forest determines the structure and also the evolution of the forest stand. According to the conducted studies, the selected stand of Teda pine is a monospecific, even-aged stand that has deviated from the normal state. In this context, this study was conducted to determine the thinning requirements of the stand. For this purpose, the artificially planted Teda pine forest located in the Faculty of Natural Resources in Somesara, where no interventions had been made, was selected. The diameter at breast height of all trees in one hectare was measured with a calliper, and a diameter distribution table was prepared. Then, calculations related to the numerical factor or characteristic for the even-aged seedling stand were performed, which, due to the small numerical difference between the arithmetic mean and the average cross-sectional diameter, indicate that the stand is even-aged. Subsequently, using Excel software, the relevant data was entered, and the scatter plot of the even-aged seedling stand, as well as the scatter plot of the even-aged seedling stand's diameter, indicate that the stand is even-aged. To determine whether the stand is normal or abnormal, a logarithmic test was conducted. Based on this, the selected stand was found to be abnormal. Additionally, the height of the thickest trees in the radial layers was measured using a Suunto clinometer, and the average distance between trees was measured with a tape measure. Thus, by calculating the height growth coefficient and the Hart-Becking coefficient using data on tree height and spacing, the thinning intensity was determined.

Keywords: Faculty of Natural Resources, The even-aged standard forest, Thinning, Teda pine.

*Corresponding author Tel: +98 9113317348 Email: taherikambiz@guilan.ac.ir

کارایی عملکرد سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری و قوه قضائیه در مقابله با قاچاق چوب

مرتضی شعبانی‌نژاد*[۱]، مجید لطفعلیان[۲]، اصغر فلاح[۲] و حمیدرضا افرند سرخنی[۳]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران.
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران.
۳- دانش آموخته دکتری مسائل اجتماعی و اقتصادی جنگل، دانشگاه تهران.

چکیده

قاچاق چوب به عنوان یکی از تهدیدهای عمده برای جنگل‌ها و مدیریت پایدار منابع طبیعی، تأثیرات گسترده‌ای بر محیط‌زیست، جامعه و اقتصاد دارد. این مقاله مروری با تحلیل پژوهش‌های داخلی و بین‌المللی، به بررسی عوامل کلیدی موثر بر این پدیده، چالش‌های قانونی و مدیریتی و راهکارهای مبتنی بر فناوری‌های نوین می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که فقر اقتصادی، ضعف قوانین و نظارت و نبود هماهنگی بین نهادهای مرتبط از مهم‌ترین عوامل گسترش قاچاق چوب هستند. همچنین استفاده از فناوری‌های نوین نظارتی و ایجاد انگیزه‌های اقتصادی برای جوامع محلی می‌تواند به کاهش این معضل کمک کند.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی، تجارت چوب، حفاظت جنگل، قطع غیرمجاز چوب، مدیریت پایدار جنگل.

مقدمه

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از منابع طبیعی حیاتی، نقش اساسی در حفظ تعادل زیست‌محیطی ایفا می‌کنند. این اکوسیستم‌ها نه تنها منبع تنوع زیستی هستند، بلکه از نظر اقتصادی نیز اهمیت زیادی دارند، زیرا تأمین کننده مواد اولیه برای صنایع چوب، داروسازی و کشاورزی هستند (FAO, 2002). جنگل‌های هیرکانی شمال ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و تنوع زیستی بی‌نظیر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. این جنگل‌ها در سطح جهانی به‌عنوان میراث طبیعی ثبت شده‌اند و به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین و غنی‌ترین جنگل‌های نواحی معتدل جهان شناخته می‌شوند (Nellemann, 2012). با وجود اهمیت بسیار زیاد این جنگل‌ها، قاچاق چوب یکی از تهدیدات عمده‌ای است که می‌تواند تأثیرات جبران‌ناپذیری بر آنها وارد کند. یکی از بزرگ‌ترین عوامل تخریب جنگل‌ها در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران و به ویژه جنگل‌های شمال ایران را می‌توان قاچاق چوب ذکر کرد (افرند سرخنی و همکاران، ۱۳۹۱). چوب را می‌توان پس از قطع و بدون پردازش بیشتر به‌عنوان چوب سوخت یا مصالح ساختمانی برای ساختمان‌های روستایی مورد استفاده قرار داد و یا به ویژه اگر از گونه‌های ارزشمند افرا، راش و بلوط بدست آید می‌توان به‌طور مستقیم به بازارهای داخلی و یا با صادرات فروخت. به‌عنوان مثال گرده‌بینه‌های صنعتی را می‌توان برای پردازش به کارخانجات انتقال داد و از آنها انواع پانل‌های چوبی مانند تخته سه‌لا،

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۹۰۳۸۶۷۶۹ ایمیل: mortezashabaninezhad@yahoo.com

روکش و فایبرگلاس تولید نمود و این محصولات صنعتی را می‌توان در بازار داخلی و یا بین‌المللی فروخت. تقریباً در هر یک از این مراحل تولید، حمل و نقل و فروش، موارد غیر قانونی ممکن است رخ دهد.

قاچاق چوب در واقع برداشت غیرقانونی چوب است، ولی اینکه چه نوع برداشت چوبی می‌تواند قاچاق چوب تلقی شود کمی سخت است و تعاریف متفاوت می‌تواند نتایج مختلفی را به دنبال داشته باشد (Miller, 2006). عموماً هر نوع برداشت غیرقانونی که توسعه پایدار جنگل را دچار مشکل نماید می‌تواند به‌عنوان برداشت غیرقانونی تلقی شود، ولی ممکن است همین برداشت غیرقانونی در مجرای مجوزهای قانونی صورت گیرد و در نبود نظارت درست منجر به برداشت غیرقانونی شود. در مفهومی دیگر هر نوع برداشتی که به‌صورت غیرمجاز و با نقض قوانین و مقررات مربوطه روی می‌دهد را می‌توان قاچاق یا برداشت غیرقانونی نامگذاری کرد (Callister, 1999; FAO, 2002).

قاچاق چوب مشکلات اقتصادی- اجتماعی و حقوقی در سطح ملی و بین المللی ایجاد می‌کند و بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد[1] و سازمان بین‌المللی پلیس جنایی[2] برداشت و تجارت غیرمجاز درختان حدود ۹۰-۵۰ درصد کلیه برداشت‌های انجام شده در کشورهای دارای جنگل‌های حاره‌ای و ۳۰-۱۵ درصد در سطح جهان است. ارزیابی اقتصادی جنگل زدایی ناشی از قاچاق و برداشت غیرمجاز در حدود ۱۰۰-۳۰ میلیارد دلار و در حدود ۳۰-۱۰ درصد تجارت جهانی است (Nellemann, 2012).

این پدیده نه تنها موجب کاهش منابع طبیعی و تخریب اکوسیستم‌های جنگلی می‌شود، بلکه تأثیرات اقتصادی و اجتماعی منفی زیادی به دنبال دارد (Khademi and Rousi, 2018). براساس گزارش‌ها، قاچاق چوب در ایران به‌ویژه در شمال کشور، به‌طور گسترده‌ای در حال انجام است و این پدیده به‌ویژه در مناطق روستایی به دلیل فقر اقتصادی و نبود اشتغال پایدار، افزایش یافته است (Rezvani and Hashemzadeh, 2013). عوامل متعددی در گسترش قاچاق چوب نقش دارند. از یک‌سو، نبود نظارت کافی و ضعف در اجرای قوانین از جمله مهم‌ترین عوامل اقتصادی و مدیریتی است که موجب بروز این معضل می‌شود (Mukul et al., 2013). از سوی دیگر، فناوری‌های نوین نظارتی، همچون سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی(GIS) و سیستم‌های ردیابی (RFID)، می‌توانند به‌طور مؤثری در کاهش قاچاق چوب و بهبود مدیریت جنگل‌ها استفاده شوند (Kumar, 2016). هدف این مقاله مروری، بررسی علل و پیامدهای قاچاق چوب در ایران و کشورهای مشابه است. این مطالعه به تحلیل راهکارهای نوین برای مقابله با این معضل و ارزیابی اقدامات مؤثر در مدیریت جنگل‌ها می‌پردازد. از این رو، به‌منظور شناسایی و تحلیل دقیق‌تر این پدیده، پژوهش‌های داخلی و بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفته و پیشنهادات کاربردی برای سیاست‌گذاران و مسئولین در این زمینه ارائه خواهد شد.

روش تحقیق

این پژوهش یک مطالعه مروری سیستماتیک و تحلیلی است که با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر قاچاق چوب، تحلیل چالش‌های قانونی و مدیریتی و ارائه راهکارهای مؤثر برای مقابله با این معضل انجام شده است. داده‌های پژوهش از منابع علمی داخلی و بین‌المللی، از جمله مقالات علمی، گزارش‌های سازمان‌های بین‌المللی مانند FAO وUNEP و مطالعات موردی مرتبط با ایران و دیگر کشورها جمع‌آوری شده‌اند. مطالعات انتخاب شده باید حداقل یکی از ابعاد مهم موضوع شامل عوامل اقتصادی، اجتماعی و قانونی، چالش‌های اجرایی یا استفاده از فناوری‌های نوین را پوشش می‌دادند.

[1] The United Nations Environment Programme
[2] The International Criminal Police Organization

داده‌های جمع‌آوری شده در سه محور اصلی طبقه‌بندی شدند: ۱- عوامل مؤثر بر قاچاق چوب که شامل محرک‌های اقتصادی، اجتماعی و مدیریتی مانند فقر و ضعف نظارت است؛ ۲- چالش‌های قانونی و اجرایی که به ناکارآمدی قوانین و ضعف در اجرای آن‌ها اشاره دارد؛ و ۳- راهکارهای پیشنهادی شامل استفاده از فناوری‌های نوین مانند RFID و GIS برای نظارت و مدیریت جنگل‌ها و همچنین مشارکت جوامع محلی در حفاظت از منابع جنگلی (FAO, 2002; Mukul et al., 2013). تحلیل داده‌ها از طریق چارچوب SWOT انجام شد که به شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در مبارزه با قاچاق چوب و مدیریت جنگل‌ها پرداخته است. این رویکرد تحلیلی به درک بهتر وضعیت کنونی و شناسایی چالش‌های موجود کمک کرده است (Dekiawati, 2022).

یافته‌ها

نوآوری این پژوهش در ترکیب رویکرد مروری سیستماتیک با رویکرد تطبیقی است که تجربیات ایران را با کشورهای مشابه در زمینه مدیریت جنگل و مبارزه با قاچاق چوب مقایسه می‌کند. کشورهای حاره‌ای مانند بنگلادش، اندونزی و هند که با مشکلات مشابهی مواجه هستند، از روش‌های فناورانه و سیاست‌های مشارکتی برای مقابله با قاچاق چوب استفاده کرده‌اند (Kumar, 2016; Mukul et al. 2013). این رویکرد تطبیقی به همراه تحلیل SWOT به شناسایی راه‌حل‌های استراتژیک و کاربردی کمک کرده و می‌تواند به توسعه سیاست‌های مؤثرتر و مدیریت پایدار جنگل‌ها در ایران منجر شود (Khademi and Rousi, 2018). برای تعیین روابط بین دلایل قاچاق چوب و همچنین شناسایی بهترین دلایل قاچاق چوب که هم می‌توانند به‌صورت انفرادی و یا گروهی انتخاب شوند؛ از مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد. به این منظور از روش اولویت ترتیبی (Ordinal Priority Approach: OPA) که یکی از جدیدترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است و توانایی حل مسائل انفرادی و گروهی حتی در شرایطی که داده‌های ورودی ناقص است (Mahmoudi et al., 2021) را دارد، استفاده شد. برای بررسی پایداری درونی سوالات پرسشنامه از روش سنجش پایایی ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. درجه اهمیت دلایل قاچاق چوب براساس روش آنتروپی وزن‌دهی شدند و در نهایت براساس وزن آنتروپی، به‌روش تاپسیس وزن‌دهی و اولویت‌بندی نهایی شدند. در ادامه با استفاده از تحلیل‌های همبستگی، دلایل قاچاق چوب جنگلی مربوط به هر کدام از دسته‌های اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی، قانونی و سیاسی به صورت مستقل (هر دلیل با دلایل موجود در هر دسته) و به‌صورت کلی (تمامی دلایل نسبت به دیگر دسته‌ها) بررسی شدند تا در نهایت مهم‌ترین دلایل قاچاق چوب ارائه شود.

۱- عوامل اقتصادی و اجتماعی

یکی از مهم‌ترین دلایل قاچاق چوب، فقر و نبود فرصت‌های شغلی پایدار در جوامع مجاور جنگل‌ها است. مطالعات نشان می‌دهند که جوامع روستایی برای تأمین نیازهای خود، به برداشت غیرقانونی چوب روی می‌آورند (Pirmohammadi et al., 2020). طبق گزارش‌های FAO، در کشورهای حاره‌ای تا ۹۰ درصد از برداشت چوب ممکن است غیرقانونی باشد (FAO, 2002). همچنین، ضعف در ارائه خدمات زیربنایی مانند انرژی جایگزین (مانند گاز طبیعی) به روستاییان، فشار بیشتری بر جنگل‌ها وارد کرده است (Rezvani and Hashemzadeh, 2013).

۲- چالش‌های قانونی و سیاستی

قوانین موجود در ایران، به‌رغم تأکید بر حفاظت از جنگل‌ها، بازدارندگی کافی ندارند. برای مثال، جرایم مالی تعیین شده برای قاچاق چوب، در مقایسه با سود حاصل از آن بسیار ناچیز است (Khademi and Rousi, 2018). علاوه بر این، نبود هماهنگی بین سازمان‌های مجری قانون و ضعف در اجرای مؤثر قوانین، از دیگر عوامل گسترش این پدیده هستند (Dekiawati, 2022).

۳- فناوری‌های نوین در مدیریت جنگل‌ها

استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند RFID برای شناسایی و ردیابی چوب، GIS برای نقشه‌برداری مناطق حساس و حسگرهای هوشمند برای پایش درختان، به‌عنوان ابزارهای نوین نظارتی مطرح شده‌اند (Kumar, 2016). به‌عنوان نمونه، مطالعات در مراکش نشان داده‌اند که فناوری‌های ردیابی چوب می‌توانند قاچاق را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهند (Aboussaid et al., 2013). همچنین استفاده از فناوری‌های نظارتی در کشورهای حاره‌ای مانند بنگلادش، اثربخشی قوانین حفاظت جنگل را افزایش داده است (Mukul et al. 2013).

۴- راهکارهای مدیریتی و مشارکتی

پژوهش‌های داخلی پیشنهاد می‌دهند که جلب مشارکت جوامع محلی، ارائه آموزش‌های زیست‌محیطی و ایجاد اشتغال پایدار از راهکارهای مؤثر در کاهش قاچاق چوب هستند (شیرزادی و همکاران، ۱۴۰۰). علاوه بر این، کاهش تعرفه‌های واردات چوب و افزایش زراعت چوب در داخل کشور می‌تواند فشار بر جنگل‌های طبیعی را کاهش دهد (بیات کشکولی و مهماندوست، ۱۳۹۵).

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

تحلیل‌های این مقاله نشان می‌دهد که مقابله با قاچاق چوب نیازمند یک رویکرد جامع و چندجانبه است. این رویکرد باید شامل موارد زیر باشد:

اصلاح قوانین و تقویت بازدارندگی: بازنگری قوانین مرتبط با قاچاق چوب و افزایش جرایم مالی و کیفری برای متخلفان (Khademi and Rousi, 2018).

استفاده از فناوری‌های نوین: به‌کارگیری سامانه‌های نظارتی هوشمند برای پایش جنگل‌ها و شناسایی سریع تخلفات (Kumar, 2016).

حمایت از جوامع محلی: ارائه آموزش‌های زیست‌محیطی و ایجاد فرصت‌های شغلی جایگزین برای کاهش وابستگی به برداشت غیرقانونی چوب (Rezvani and Hashemzadeh, 2013).

هماهنگی بین‌بخشی: تقویت همکاری بین سازمان منابع طبیعی، قوه قضاییه و نیروهای انتظامی برای اجرای مؤثرتر قوانین (Dekiawati, 2022).

منابع

بیات کشکولی، س.، و مهماندوست، م. ۱۳۹۵. بررسی تاثیرات قاچاق چوب بر کاهش منابع جنگلی شمال ایران. مجله منابع طبیعی، ۱۵(۲): ۲۵-۳۶.

بیرانوند، م.، و همکاران. (۱۴۰۱). تحلیل عوامل مؤثر بر قاچاق چوب با استفاده از مدل پارادایمی .مجله جنگلداری ایران، ۲۸(۱): ۴۵-۵۹.

حسینی، م.، و قهرمانی، ر. (۱۳۹۷). بررسی چالش‌های قانونی در مقابله با قاچاق چوب در ایران. مجله منابع طبیعی، ۱۹(۳): ۶۵-۸۰.

شیرزادی، ح.، و همکاران. (۱۴۰۰). تحلیل اثرات ممنوعیت بهره‌برداری از جنگل‌های شمال ایران بر قاچاق چوب. پژوهش‌های جنگلداری ایران، ۲۱(۴): ۹۳-۱۰۸.

سزاوار، ف. (۱۳۹۷). بررسی ناکارآمدی قوانین در مقابله با قاچاق چوب در ایران. مجله سیاست‌گذاری منابع طبیعی، ۱۲(۱):۳۳-۵۰.

محسنی، ب. (۱۳۹۶). تحلیل تأثیر قوانین کیفری بر قاچاق چوب در ایران. مجله حقوق منابع طبیعی، ۱۱(۲): ۴۱-۵۸.

Aboussaid, R., and et al. (2013). Trees Tracking System: Passive RFID for Wood Smuggling.

Callister, D. J. (1999). Corrupt and Illegal Activities in the Forest Sector. World Bank.

Dekiawati, R. (2022). Legal Challenges in Tackling Illegal Logging in Indonesia.

FAO. (2002). Forests and Illegal Logging. Rome: Food and Agriculture Organization.

Khademi, S., and Rousi, J. (2018). Challenges in Legal Frameworks for Forest Protection in Iran.

Kumar, S. (2016). Electronic Tree Surveillance System for Preventing Illegal Logging.

Mukul, S. A., and et al. (2013). Effectiveness of Forest Law Enforcement in Reducing Illegal Logging in Bangladesh.

Nellemann, C. (2012). Green Carbon, Black Trade. UNEP.

Rezvani, M., and Hashemzadeh, A. (2013). Socioeconomic Factors Influencing Forest Exploitation in Iran.

The effectiveness of the natural resources and watershed management organization and the judiciary in combating timber smuggling

M. Shabani Nezhad[1*], M. Lotfalian[2], A. Fallah[3] and H.R. Afrand Sorkheni[4]

1-Ph.D. student of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture and Natural Resources University.
2-Prof., Faculty of Natural Resources, Sari University of Agriculture and Natural Resources.
3-Ph.D. of Social and Economic Issues of Forests, University of Tehran.

Abstract
Timber smuggling is one of the major threats to forests and sustainable management of natural resources, with wide-ranging impacts on the environment, society, and economy. This article analyzes domestic and international research to examine the key factors affecting this phenomenon, legal and management challenges, and solutions based on new technologies. The results show that economic poverty, weak laws and supervision, and lack of coordination between relevant institutions are the most important factors in the spread of timber smuggling. Also, the use of modern monitoring technologies and creating economic incentives for local communities can help reduce this problem. Keywords: Planning, timber trade, forest protection, illegal logging, sustainable forest management.

Keywords: Planning, timber trade, forest protection, illegal logging, sustainable forest management.

*Corresponding author Tel: +98 9190386769 Email: mortezashabaninezhad@yahoo.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی خصوصیات کمی و کیفی بلندمازو در جنگل‌کاری‌های شاندرمن گیلان

اکبر نوروزی وزمتر[۱]، ایرج حسن‌زاد ناورودی[۲*] و محمدرسول نظری سندی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۳- دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

چکیده

شناخت ویژگی‌های کمی و کیفی توده‌های جنگل‌کاری شده قبل از هر گونه اقدام توسط مدیران جنگل، امری ضروری است. در این مطالعه جنگل‌کاری‌های چهل ساله بلندمازو پارسل ۱۳ شاندرمن گیلان مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور تعداد ۲۹ قطعه نمونه دایره‌ای شکل و به مساحت ۰/۱ هکتار با شبکه منظم تصادفی (۱۵۰×۱۰۰ متر) مورد بررسی قرار گرفت. در هر قطعه‌نمونه تعداد، قطر در ارتفاع برابر سینه، ارتفاع کل، قطر تاج، ارتفاع تاج، شادابی تاج و زادآوری درختان بلندمازو مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بررسی تعداد در طبقات قطری نشان داد که زادآوری طبیعی موفقیت آمیز بوده و توده در سال‌های گذشته دارای پویایی بوده است. همچنین بیشترین تعداد درختان در طبقه قطری ۳۵ سانتی‌متری مشاهده شد. از نظر درجه ثبات توده، ضریب قدکشیدگی این توده ۶۲ مشاهده شد که بیانگر قرار داشتن آن در ناحیه ثبات (شرایط پایدار) بوده و نیاز به تنک‌کردن سبک دارد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که با توجه به زادآوری مناسب و رویش مناسب قطری و ارتفاعی درختان بلندمازو، جنگل‌کاری با این گونه در مناطق مناسب و با شرایط اکولوژیک مشابه اطراف آن توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: بلوط، جنگل‌کاری، ویژگی‌های کمی و کیفی.

مقدمه

جنگل‌کاری به‌عنوان مهم‌ترین رویکرد احیای جنگل در سرتاسر جهان به‌حساب آمده و از نقش بی‌بدیلی در برنامه ارگان‌های ذی‌ربط برخوردار است (Preece et al., 2023). زیرا سازمان‌های مرتبط می‌توانند به‌غیر از افزایش سطح جنگل، به ارائه خدمات مهم دیگری مانند جلوگیری از فرسایش خاک، تثبیت کربن، ایجاد درآمد و نظایر آن دست یابند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲). در جنگل‌های طبیعی شمال ایران به‌دلیل عدم اجرای صحیح اصول بهره‌برداری، تخریب‌های طبیعی و انسانی موضوع جنگل‌کاری با گونه‌های بومی اهمیت دوچندانی داشته (منفردی و همکاران، ۱۴۰۱) و طرح‌های متعددی از گذشته تا اکنون در دست اجرا قرار گرفته است (حجتی و همکاران، ۱۳۹۹). هر چند مجموعه فعالیت‌های انجام شده از ارزش بسزایی برخوردارند، اما آنچه که از نظر فنی در طرح‌های جنگل‌کاری حائز اهمیت است، میزان دستیابی به اهداف و

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۱۳۷۴۹۸۹ ایمیل: irajhassanzad@gmail.com

همخوانی جنگل‌کاری‌ها با مشخصات توده‌های جنگلی طبیعی است (فلاح‌چای، ۱۳۹۰). به‌طورکلی ویژگی‌های توده‌های جنگلی طبیعی بر مبنای مشخصات کمی و کیفی سنجیده شده و از آن به‌عنوان عاملی کلیدی در مدیریت صحیح آن استفاده می‌شود (حسن‌زاد ناورودی و همکاران، ۱۳۹۶). این موضوع به‌ویژه در شرایط کنونی که جایگاه اهدافی غیر از تولید چوب بیش از پیش مدنظر مدیران جنگل قرار گرفته است، از ارزش بسیار زیادی برخوردار است (پرهیزکار و همکاران، ۱۴۰۱). گونه بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، از جمله درختان بومی با ارزش جنگل‌های شمال ایران بوده که دارای دامنه پراکنش از جلگه تا ارتفاعات میان‌بند می‌باشد. این گونه دارای سرشت نورپسند، خزان‌کننده و دارای بذرهای سنگین است (ثابتی، ۱۳۸۷). بلندمازو از نقش مهمی در ترکیب و حجم سرپای جنگل‌های شمال برخوردار بوده و پس از راش مهم‌ترین گونه اقتصادی جنگل‌های شمال ایران به‌شمار می‌آید (مهاجر و میرکاظمی، ۱۳۸۳). بنابراین لزوم حفظ رویشگاه فعلی و گسترش آن با جنگل‌کاری به‌عنوان یک گونه کاملاً بومی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (مروی مهاجر، ۱۳۸۴). از سویی با بررسی جنگل‌کاری‌های انجام شده با این گونه در سال‌های گذشته، می‌توان به تحقق زادآوری طبیعی، ارتقای کمیت، کیفیت و هدایت آن به‌سمت تولید مناسب دست یافت (Wang et al., 2024). هدف این مطالعه بررسی خصوصیات کمی و کیفی درختان دست‌کاشت بلندمازو در منطقه شاندرمن استان گیلان است. در مورد بررسی جنگل‌کاری‌های انجام شده با گونه‌های مختلف مطالعاتی انجام شده است:

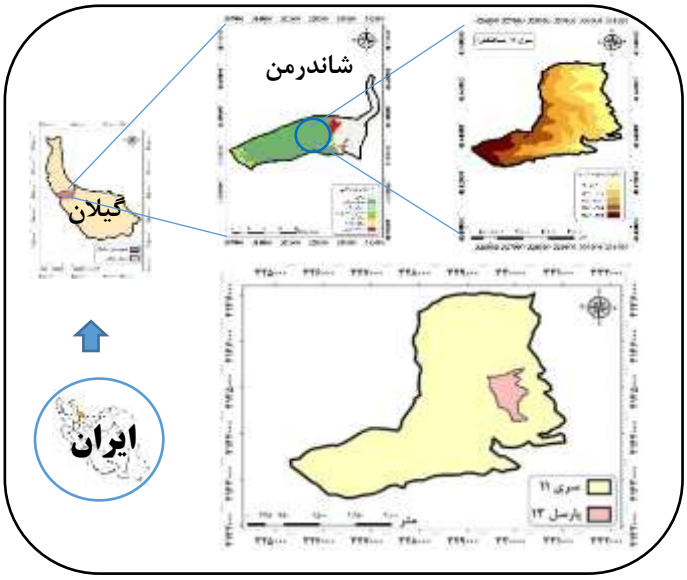
منفردی و همکاران (۱۴۰۱) مشخصات کمی و کیفی توده‌های طبیعی و جنگل‌کاری شده پلت را بررسی نمودند. نتایج حاکی از آن بود که بین تعداد در هکتار، سطح مقطع برابرسینه، حجم، ضریب قدکشیدگی و رویش قطری پلت در دو منطقه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اما از لحاظ مقایسه میانگین ارتفاع و رویش ارتفاعی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. حسن‌زاد ناورودی و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه کمی و کیفی توده‌های پلت در رویشگاه‌های طبیعی آن پرداختند. نتایج نشان داد که بین میانگین‌های قطر برابرسینه، ارتفاع و موجودی سرپای درختان در هکتار در رویشگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشته، در حالی که از نظر تقارن تاج و کیفیت تنه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. فلاح‌چای (۱۳۹۰) به مطالعه ویژگی‌های کمی و کیفی توده‌های جنگل‌کاری شده توسکای ییلاقی، افرا و ون در جنگل‌های سیاهکل مبادرت ورزید. نتایج نشان داد که میانگین قطر، ارتفاع و رویش سالیانه توسکای ییلاقی بیشتر از دو گونه افرا و ون بوده است. از سویی گونه توسکای ییلاقی بر عکس افرا و ون از توزیع نرمال در طبقات قطری برخوردار نبوده است. محمدنژاد کیاسری و همکاران (۱۳۸۹) ویژگی‌های کمی و کیفی جنگل‌های طبیعی و جنگل‌کاری شده منطقه دارابکلا در شرق مازندران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر آن بود که صفات کمی و کیفی دو منطقه در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بودند. انیسی و همکاران (۱۳۸۸) به مقایسه اثرات مدیریت بر خصوصیات کمی و کیفی جنگل و جنگل شاهد پرداختند. نتایج نشان داد که تغییر شرایط در جنگل مدیریت شده عملاً به نفع گونه ممرز بوده و در رقابت با سایر گونه‌ها موفق بوده است. از نظر تنوع گونه‌ای و درجه‌های کیفی مطلوب نیز جنگل مدیریت شده شرایط ضعیف‌تری را نسبت به جنگل شاهد نشان داد. همچنین مشخص شد که با باز شدن فضا، فراوانی گونه نورپسندتر (ممرز) افزایش داشته و در نتیجه سرعت رسیدن جامعه به شرایط کلیماکس کند شده و ممرز در پارسل مدیریت شده در مقایسه با پارسل شاهد برتری خود را از نظر تعداد در طبقات قطری نسبت به راش دیرتر از دست داده است. مهاجر و میرکاظمی (۱۳۸۳) وضعیت زادآوری طبیعی گونه بلندمازو را در منطقه لوه مازندران مورد بررسی قرار دادند. بر این اساس ۷۸/۵ درصد دانگ زادآوری از کیفیت متوسط تا خیلی خوب برخوردار بود. همچنین بیشترین مقدار زادآوری (۵۱/۷ درصد) به شیب بین ۱۰ تا ۲۰ درصد اختصاص داشت. از نظر جهت جغرافیایی نیز بیشترین مقدار زادآوری در دامنه‌های شمال‌غربی (۳۵/۲ درصد) مشاهده شد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود متغیرهای کمی، کیفی و مشخصات رویشی بهترین رویکرد برای تشریح وضعیت توده‌های جنگلی هستند (حسن‌زاد ناورودی و همکاران، ۱۳۹۵). این موضوع در مورد جنگل‌کاری‌ها می‌تواند ابزاری مناسب برای پایش سیر توالی و نمو آن در دوره‌های زمانی باشد (منفرد و همکاران، ۱۴۰۱). بنابراین در این مطالعه ابتدا شرایط کمی و کیفی و سپس وضعیت رویشی متغیرهای درختان بلندمازو مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه

این مطالعه در پارسل ۱۳ از سری ۱۱ شاندرمن واقع در حوضه یازدهم آبخیز استان گیلان انجام شد. این پارسل از نظر موقعیت جغرافیایی بین "۴۷ '۴ °۴۹ تا "۵۱ '۴ °۴۹ طول جغرافیایی و "۱۸ '۲۶ °۳۷ تا "۲۴ '۲۶ °۳۷ عرض جغرافیایی واقع و دارای مساحت ۴۸/۷ هکتار است. محدوده ارتفاعی آن بین ۱۶۰ تا ۴۰۰ متر از سطح دریا قرار داشته و دارای شیب تا ۸۰ درصد می‌باشد (شکل ۱). جنگل‌کاری‌ها در سال ۱۳۶۴ با گونه‌های بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، پلت (*Acer velutinum*)، ممرز (*Carpinus betulus*) و توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata*) انجام و سن این درختان حدوداً ۴۰ سال می‌باشد. اقلیم منطقه سرد مرطوب و متاثر از ارتفاعات البرز و سیستم‌های مدیترانه‌ای، بحری قطبی و جنب حاره‌ای است. متوسط دمای سالیانه ۱۵/۷ سانتی‌گراد و متوسط بارش سالیانه ۷۷/۲ میلی‌متر است (کتابچه طرح جنگل‌داری، حوضه ۱۱ شاندرمن).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش مطالعه

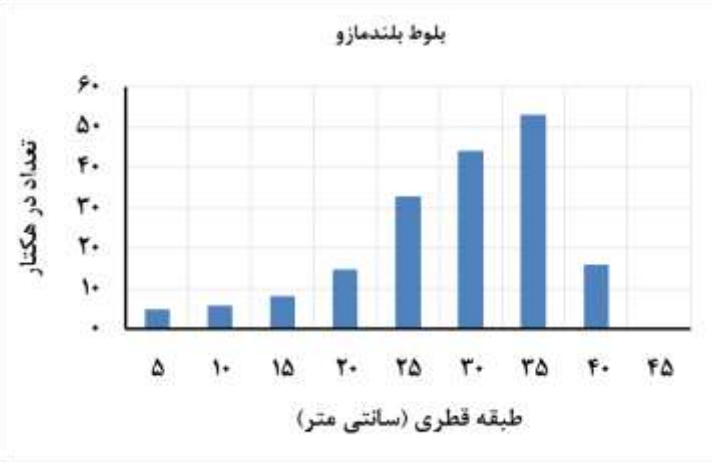
به‌منظور آماربرداری، از روش نمونه‌برداری منظم-تصادفی با ابعاد شبکه ۱۵۰×۱۰۰ متر استفاده شد (زبیری، ۱۳۸۴). بر این اساس تعداد ۲۹ قطعه‌نمونه با مساحت ۱۰۰۰ مترمربع (۰/۱ هکتار) در محل پیاده و صفات کمی و کیفی ۵۲۱ اصله از

درختان بلندمازو مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری قطر برابرسینه درختان از خط‌کش دوبازو و برای اندازه-گیری ارتفاع از شیب‌سنج سونتو استفاده شد (نمیرانیان، ۱۳۸۹). به‌منظور طبقه‌بندی وضعیت شادابی تاج پوشش، سرسبزی تاج درختان در نظر گرفته شد. بر این اساس چهار طبقه که به‌ترتیب شامل؛ طبقه ۱: بیشتر از ۷۵، طبقه ۲: بین ۷۵ تا ۵۰، درجه ۳: بین ۵۰ تا ۲۵ و درجه ۴: کمتر از ۲۵ درصد، که سرسبز بودند در نظر گرفته شد (Power et al., 1995). اطلاعات در محیط Excel وارد و در نرم‌افزار SPSS (version 26)، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته‌ها

وضعیت کمی توده

در این مطالعه تعداد ۵۲۱ اصله درخت بلندمازو مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نمودار توزیع تعداد در طبقات قطری ۵ سانتی-متری نشان داد که بیشترین تعداد در طبقه قطری ۳۵ سانتی‌متری و سپس در طبقه قطری ۳۰ بوده است (شکل ۲).



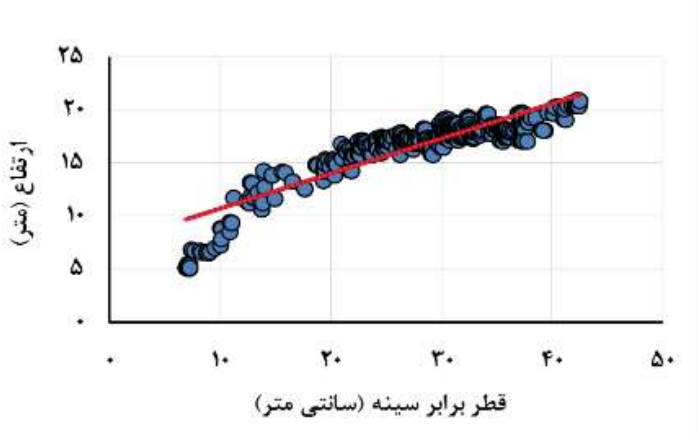
شکل ۲- میانگین تعداد در هکتار بلندمازو در طبقات قطری

بررسی مشخصات درختان بلندمازو نشان داد که میانگین قطر برابرسینه ۲۸/۴ سانتی‌متر و میانگین ارتفاع ۱۶/۷ متر بوده است. چولگی قطر برابرسینه درختان بلندمازو بیان‌گر آن بود که این متغیر دارای توزیع نامتقارن بوده به‌سمت مقادیر قطری کمتر تمایل دارد (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات توصیفی درختان بلندمازو

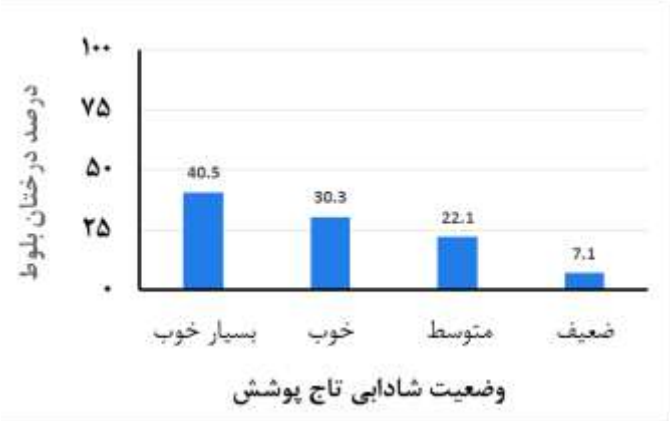
متغیر	حداقل	میانگین	حداکثر	انحراف‌معیار	چولگی	کشیدگی
قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	۶/۵	۲۸/۴	۴۲/۵	۸/۱	-۰/۸۴	۰/۴۲
ارتفاع (متر)	۵	۱۶/۷	۲۱/۱	۲/۹۹	-۲/۲۹	۵/۶۱
قطر تاج (متر)	۳/۶	۱۱/۴	۱۴/۱	۱/۸۸	-۲/۱	۵/۷
ارتفاع تاج (متر)	۳/۲	۸/۶	۱۰/۹	۱/۳۶	-۱/۷۵	۴/۲۶
حجم سرپا (سیلو)	۰/۰۱۷	۱/۲۳	۲/۹۹	۰/۶۵	۰/۲۳	-۰/۰۴

نتیجه این مطالعه حاکی از آن بود که میانگین حجم سرپا در هکتار ۱۳/۱ سیلو و میانگین ضریب قدکشیدگی برای بلندمازو به مقدار ۶۲ برآورد شد. بررسی همبستگی خطی قطر- ارتفاع درختان بلندمازو نشان داد که رابطه بین این دو متغیر به‌صورت $H = 0.328(dbh) + 7.452$ بوده و ضریب همبستگی (r) به میزان ٪۸۹ است (شکل ۳).



شکل ۳- ابر نقاط و همبستگی خطی قطر و ارتفاع گونه بلندمازو

بررسی تاج پوشش درختان بلندمازو نشان داد که ۴۰/۵ درصد در طبقه بسیار خوب قرار داشته و مقدار ۷/۱ درصد از شرایط کیفی مناسب برخوردار نبودند (شکل ۴).



شکل ۴- درصد طبقات مختلف شادابی تاج پوشش درختان بلندمازو

بحث و نتیجه‌گیری

آگاهی از ویژگی‌ها و خصوصیات توده‌های جنگلی کارشناسان را در شناخت و مدیریت هر چه صحیح‌تر آن یاری می‌نماید (برزین و همکاران، ۱۳۹۶). از آنجا که امروزه اهداف چندگانه در راس امور مدیریتی جنگل وجود دارد، پایش متغیرهای کمی و کیفی بهترین رویکرد برای نیل به این اهداف است (حسن‌زاد ناورودی و همکاران، ۱۳۹۵).

بررسی متغیرهای کمی توده جنگل‌کاری شده ۴۰ ساله بلندمازو شاندرمن گیلان نشان داد که از نظر قطری، حدود ۵۱/۴ درصد توده دارای قطر برابرسینه بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر بوده که بیشترین تعداد در طبقات قطری به طبقه ۳۵ سانتی‌متری

تعلق داشت. این موضوع به‌معنای آن است که این توده از مرحله تیرک خارج و به مرحله رویشی تیر یعنی میانسالی وارد شده است (نمیرانیان، ۱۳۸۵). همچنین بررسی میانگین ارتفاع درختان بلندمازو با میانگین ۱۶/۷ متر نشان داد که وضعیت مناسبی از لحاظ رویش ارتفاعی داشته‌اند که بیانگر مطلوبیت رویشگاه این گونه است (گرجی بحری و همکاران، ۱۳۹۲). با این وجود میانگین نسبت ارتفاع تنه به ارتفاع کل درختان بلندمازو ۰/۴۷ مشاهده شد که بیانگر تولید چوب متوسط این گونه در توده مورد بررسی بوده که با نتایج ذبیحی و همکاران (۱۳۸۶) هم سو بود. مقدار میانگین ضریب قدکشیدگی بلندمازو ۶۲ برآورد شد که بر طبق شاخص پایداری، این توده در شرایط ثبات قرار دارد (نمیرانیان، ۱۳۸۵). این موضوع حاکی از آن است که توده در شرایط کنونی و بر طبق وضعیت طبیعی از شرایط نرمالی برخوردار بوده و عملیات تنک‌کردن می‌بایست به‌صورت سبک برای آن انجام پذیرد (طاهری آبکنار و پیله‌ور، ۱۳۸۷).

زادآوری انجام شده در توده بیانگر آن است که درختان بلندمازو در منطقه پایدار و به مرحله زادآوری طبیعی وارد شده‌اند که البته از جمله دلایل موفقیت آن را می‌توان به حفاظت مناسب و جلوگیری از چرای دام در عرصه مربوطه دانست (منفردی و همکاران، ۱۴۰۱). با توجه به موفقیت زادآوری و کیفیت مناسب درختان بلندمازو در این منطقه پیشنهاد می‌شود که در مناطق جنگلی اطراف و با ویژگی‌های محیطی و اقلیمی مشابه که سایر گونه‌ها در آن از استقرار مناسبی برخوردار نبوده‌اند، با این گونه جایگزین و برنامه‌های مدیریتی آینده این جنگل‌ها بر مبنای آن تنظیم شود.

منابع

انیسی، عیسی.، کیادلیری، هادی، اخوان، رضا و بابایی کفاکی، ساسان (۱۳۸۸). تاثیر مدیریت بر خصوصیات کمی و کیفی جنگل در مقایسه با جنگل شاهد (مطالعه موردی: حوضه ۴۵ گلبند). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۴): ۶۱۵-۶۲۶.

برزین، محمد.، محمدی، جهانگیر، شتایی، شعبان و موسوی‌نژاد، سید هاشم (۱۳۹۶). مقایسه مشخصه‌های کمی و کیفی ساختار توده-های مدیریت شده و مدیریت نشده (مطالعه موردی: طرح جنگل‌داری لوه و طرح جنگل‌داری خان دوشان). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۴(۴): ۲۱۷-۲۳۶.

پرهیزکار، پژمان.، صادق‌زاده حلاج، محمدحسین و حسنی، مجید (۱۴۰۱). مشخصه‌های کمی و کیفی زادآوری در راشستان‌های مدیریت‌شده و مدیریت نشده شفارود. پژوهش و توسعه جنگل، ۸(۴): ۳۴۳-۳۵۴.

ثابتی، حبیب‌اله (۱۳۸۷). جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات دانشگاه یزد، یزد، ایران، ۸۸۶ ص.

حسن‌زاد ناورودی، ایرج.، زرکامی، رحمت، صالحی، علی و رادکریمی، مهسا (۱۳۹۵). بررسی وضعیت کمی و کیفی درختان و برخی عوامل رویشگاهی در رویشگاه‌های طبیعی پلت. پژوهش‌های گیاهی، ۲۹(۲): ۳۲۸-۳۳۸.

حجتی، سید محمد.، هاشمی، سید احمد.، حسینی نصر، سید محمد.، اسدیان، مریم و تفضلی، محیا (۱۳۹۹). اثر جنگل‌کاری با گونه-های بومی و غیربومی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از سطح خاک (پژوهش موردی: جنگل دارابکلا ساری). حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۸(۱۶): ۹۵-۱۱۰.

ذبیحی، کرمعلی.، اسپهبدی، کامبیز و مصطفی‌نژاد، سید رضا (۱۳۸۶). بررسی کمی و کیفی کشت آزمایشی گونه‌های بلندمازو، داغداغان و گردو در چمستان (مازندران). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۲): ۱۲۳-۱۳۳.

زبیری، محمود (۱۳۸۴). آمار و اندازه‌گیری جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۳۵۰ ص.

طاهری آبکنار، کامبیز و پیله‌ور، بابک (۱۳۸۷). جنگل‌شناسی، انتشارات حق‌شناس، رشت، گیلان، ایران، ۲۹۶ ص.

فلاح‌چای، میر مظفر (۱۳۹۰). بررسی کمی و کیفی گونه‌های جنگل‌کاری شده توسکای ییلاقی، افرا و ون در جنگل‌های سیاهکل (مطالعه موردی: در سری ۱ جنگل‌های توتکی). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۱(۳): ۵۵-۶۳.

گرجی بحری، یوسف.، فرجی پول، روشنعلی و کیادلیری، شهرام (۱۳۹۲). مقایسه رویش و تحلیل جنگل‌شناسی توده جوان بلوط (بلندمازو) در ناحیه جنگلی نیرنگ نوشهر. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱(۳): ۳۸۷-۳۹۵.

محمدنژاد کیاسری، شیرزاد.، ثاقب طالب، خسرو.، رحمانی، رامین.، عادلی، ابراهیم.، جعفری، بهنوش.، جعفرزاده، حسین (۱۳۸۹). ارزیابی کمی و کیفی عرصه‌های جنگل‌کاری و جنگل طبیعی منطقه دارابکلا در شرق مازندران. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸(۳): ۳۳۷-۳۵۱.

مروی‌مهاجر، محمدرضا (۱۳۸۴). جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۳۸۷ ص.

منفردی، حاتم.، جهدی، رقیه و طاهری آبکنار، کامبیز (۱۴۰۱). مشخصات کمی و کیفی و وضعیت تجدیدحیات در جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت پلت. پژوهش‌های گیاهی، ۳۵(۴).

مهاجر، ناصر و میرکاظمی، سید زیداله (۱۳۸۳). بررسی وضعیت تجدید حیات طبیعی بلندمازو در طرح جنگل‌داری لوه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲(۲): ۲۰۱-۲۱۹.

میرزایی، جواد.، صیدی، فرزاد.، سبحان اردکانی، سهیل و بازگیر، مسعود (۱۳۹۲). اثرات جنگل‌کاری با گونه‌های بومی و غیر بومی بر میزان ترسیب کربن خاک در مناطق خشک زاگرس (مطالعه موردی: پارک جنگلی آبگرم دهلران). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱(۳): ۵۰۶-۵۱۶.

مروی‌مهاجر، محمدرضا (۱۳۸۴). جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ ص.

نمیرانیان، منوچهر (۱۳۸۵). اندازه‌گیری درخت و زیست‌سنجی جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، تهران ۵۷۴ ص.

Power, S.A., Ashmore, M.R. and Ling, K.A., (1995). Recent trends in beech tree health in southern Britain and the influence of soil type. Water, air and soil pollution, (85): 1293-1298.

Preece, Noel D., van Oosterzee, Penny and Lawes, Michael J, (2023). Reforestation success can be enhanced by improving tree planting methods. Journal of Environmental Management, Vol (336).

Wang, Yun., Zheng, Hua., Zhang, Chi., Chen, Falin., Zeng, Jing and Ouyang, Zhiyun (2024). Natural forest restoration enhanced abundance and changed composition of soil phosphorus cycling genes compared with plantations, Pedobiologia, Volume 107.

Investigation on some quantitative and qualitative characteristics of Oak (*Quercus castaneifolia*) in the Shanderman forest plantations of Guilan

A. Noruzi vazmetr[1], I. Hassanzad Navroudi[2*] and M.R. Nazari Sendi[3]

1- M.Sc. Student of forest management, Faculty of Natural resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
2- Associate Prof., Faculty of Natural resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
3- Ph.D. of forest management, Faculty of Natural resources, University of Guilan, Some sara, Iran.

Abstract

It is essential to understand the quantitative and qualitative characteristics of afforested stands before any action by forest managers. In this study, forty-year-old oak (*Quercus castaneifolia*) plantations in Parcel 13 of Shanderman, Guilan were investigated. For this purpose, 29 circular sample plots with an area of 0.1 hectare were investigated with a random regular grid (150×100). In each sample plot, the number, diameter at breast height, height, crown diameter, crown height, crown vitality, and regeneration of oak trees were investigated. The results of the number study in diameter classes showed that natural regeneration was successful and the stand had dynamics in recent years. Also, the highest number of trees was observed in the 35 cm diameter class. In terms of the degree of stand stability, the height elongation coefficient of this stand was 62%, which indicates that it is in the stability zone (stable conditions) and requires light thinning. In general, it can be stated that, given the appropriate regeneration and growth in diameter and height of the oak (*Quercus castaneifolia*), afforestation with this species is recommended in suitable areas with similar ecological conditions around it.

Keywords: Oak, Forest plantation, Quantitative and qualitative characteristics.

*Corresponding author Tel: +98 9111374989 Email: irajhassanzad@gmail.com

بررسی خصوصیات کمی و کیفی توسکای ییلاقی در جنگل‌کاری‌های شاندرمن گیلان

اکبر نوروزی وزمتر[۱]، ایرج حسن‌زاد ناورودی[۲*] و محمدرسول نظری سندی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۳- دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

چکیده

جنگل‌کاری یکی از مهم‌ترین روش‌های احیا و بازگردانی جنگل‌های مخروبه شمال کشور به وضعیت طبیعی است. از این رو ارزیابی وضعیت کمی و کیفی آن از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در این مطالعه جنگل‌کاری‌های چهل ساله توسکای ییلاقی پارسل ۳ شاندرمن گیلان مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور تعداد ۶۴ قطعه نمونه دایره‌ای شکل به مساحت ۰/۱ هکتار با شبکه منظم تصادفی (۱۵۰×۱۰۰ متر) مورد بررسی قرار گرفت. در هر قطعه‌نمونه تعداد، قطر در ارتفاع برابر سینه، ارتفاع کل، قطر تاج، ارتفاع تاج، شادابی تاج و زادآوری درختان توسکای ییلاقی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی تعداد در طبقات قطری نشان داد که زادآوری طبیعی از موفقیت کافی برخوردار نبوده است. همچنین بیشترین تعداد درختان توسکای ییلاقی در طبقه قطری ۳۰ سانتی‌متری مشاهده شد. از نظر درجه ثبات توده، ضریب قدکشیدگی این توده ۷۲ مشاهده شد که بیان‌گر قرار داشتن آن در ناحیه نیمه پایدار (ناحیه مشروط) بوده و نیاز به تنک‌کردن دارد. به‌طورکلی با توجه به زادآوری ضعیف، جنگل‌کاری تکمیلی و تنک کردن توده برای رویش قطری پایه‌های قوی‌تر توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: توسکای ییلاقی، جنگل‌کاری، ویژگی‌های کمی و کیفی.

مقدمه

امروزه جنگل‌کاری به‌عنوان شاخص‌ترین ابزار احیای جنگل‌ها در سراسر جهان به‌حساب می‌آید (فلاح‌چای، ۱۳۹۰) که از نقش بی‌بدیلی در برنامه ارگان‌های ذی‌ربط برخوردار است (Preece et al., 2023). زیرا سازمان‌های مرتبط می‌توانند به‌غیر از افزایش سطح جنگل به ارائه خدمات مهم دیگری مانند جلوگیری از فرسایش خاک، تثبیت کربن، ایجاد درآمد و نظایر آن دست یابند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲). در جنگل‌های طبیعی شمال ایران به‌دلیل عدم اجرای صحیح اصول بهره‌برداری، تخریب‌های طبیعی و انسانی، موضوع جنگل‌کاری با گونه‌های بومی اهمیت دوچندانی داشته (منفردی و همکاران، ۱۴۰۱) و طرح‌های متعددی از گذشته تا اکنون در دست اجرا قرار گرفته است (حجتی و همکاران، ۱۳۹۹). هر چند مجموعه فعالیت-های انجام شده از ارزش بسزایی برخوردارند، اما آنچه که از نظر فنی در طرح‌های جنگل‌کاری حائز اهمیت است، میزان دستیابی به اهداف و همخوانی جنگل‌کاری‌ها با مشخصات توده‌های جنگلی طبیعی است (فلاح‌چای، ۱۳۹۰). به‌طورکلی

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۱۳۷۴۹۸۹ ایمیل: irajhassanzad@gmail.com

ویژگی‌های توده‌های جنگلی طبیعی بر مبنای مشخصات کمی و کیفی سنجیده شده و از آن به‌عنوان عاملی کلیدی در مدیریت صحیح استفاده می‌شود (حسن‌زاد ناورودی و همکاران، ۱۳۹۶). این موضوع به‌ویژه در شرایط کنونی که جایگاه اهدافی غیر از تولید چوب بیش از پیش مد نظر مدیران جنگل قرار گرفته است از ارزش بسیار زیادی برخوردار است (پرهیزکار و همکاران، ۱۴۰۱). گونه توسکای ییلاقی گونه‌ای از راسته راش‌سانان بوده و عمدتاً در مناطق با ارتفاعات متوسط تا بالابند گسترش دارد. این گونه از نوع خزان‌کننده و ارتفاع آن بین ۱۵ تا ۳۰ متر گزارش شده است (ثابتی، ۱۳۸۷). هدف این مطالعه بررسی خصوصیات کمی و کیفی درختان دست‌کاشت توسکای ییلاقی در منطقه شاندرمن استان گیلان است. در مورد بررسی جنگل‌کاری‌های انجام شده با گونه‌های مختلف مطالعاتی انجام شده است:

منفردی و همکاران (۱۴۰۱) مشخصات کمی و کیفی توده‌های طبیعی و جنگل‌کاری شده پلت را بررسی نمودند. نتایج حاکی از آن بود که بین تعداد در هکتار، سطح مقطع برابر سینه، حجم، ضریب قدکشیدگی و رویش قطری پلت در دو منطقه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اما از لحاظ مقایسه میانگین ارتفاع و رویش ارتفاعی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. حسن‌زاد ناورودی و همکاران (۱۳۹۵)، به مطالعه کمی و کیفی توده‌های پلت در رویشگاه‌های طبیعی آن پرداختند. نتایج نشان داد که بین میانگین‌های قطر برابر سینه، ارتفاع و موجودی سرپای درختان در هکتار در رویشگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشته، در حالی که از نظر تقارن تاج و کیفیت تنه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. فلاح‌چای (۱۳۹۰) به مطالعه ویژگی‌های کمی و کیفی توده‌های جنگل‌کاری شده توسکای ییلاقی، افرا و ون در جنگل‌های سیاهکل مبادرت ورزید. نتایج نشان داد که میانگین قطر، ارتفاع و رویش سالیانه توسکای ییلاقی بیشتر از دو گونه افرا و ون بوده است. از سویی گونه توسکای ییلاقی بر عکس افرا و ون از توزیع نرمال در طبقات قطری برخوردار نبوده است. محمدنژاد کیاسری و همکاران (۱۳۸۹) ویژگی‌های کمی و کیفی جنگل‌های طبیعی و جنگل‌کاری شده منطقه دارابکلا در شرق مازندران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر آن بود که صفات کمی و کیفی دو منطقه در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بودند. انیسی و همکاران (۱۳۸۸) به مقایسه اثرات مدیریت بر خصوصیات کمی و کیفی جنگل با جنگل شاهد پرداختند. نتایج نشان داد که تغییر شرایط در جنگل مدیریت شده عملاً به نفع گونه ممرز بوده و در رقابت با سایر گونه‌ها موفق بوده است. از نظر تنوع گونه‌ای و درجه‌های کیفی مطلوب نیز جنگل مدیریت شده شرایط ضعیف‌تری را نسبت به جنگل شاهد نشان داد. همچنین مشخص شد که با باز شدن فضا، فراوانی گونه نورپسندتر (ممرز) افزایش داشته و در نتیجه سرعت رسیدن جامعه به شرایط کلیماکس کند شده و ممرز در پارسل مدیریت‌شده در مقایسه با پارسل شاهد برتری خود را از نظر تعداد در طبقات قطری نسبت به راش دیرتر از دست داده است.

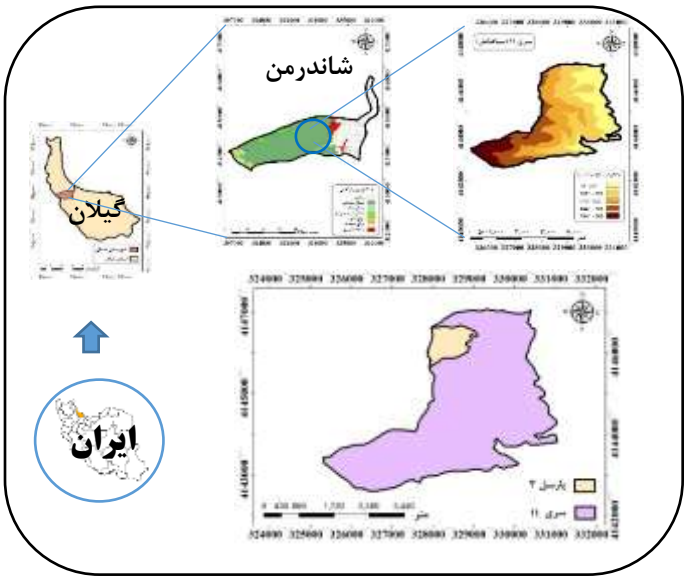
مهاجر و میرکاظمی (۱۳۸۳) وضعیت زادآوری طبیعی گونه بلندمازو را در منطقه لوه مازندران مورد بررسی قرار دادند. بر این اساس ۷۸/۵ درصد دانگ زادآوری از کیفیت متوسط تا خیلی خوب برخوردار بود. همچنین بیشترین مقدار زادآوری (۵۱/۷ درصد) به شیب بین ۱۰ تا ۲۰ درصد اختصاص داشت. از نظر جهت جغرافیایی نیز بیشترین مقدار زادآوری در دامنه‌های شمال‌غربی (۳۵/۲ درصد) مشاهده شد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود متغیرهای کمی، کیفی و مشخصات رویشی بهترین رویکرد برای تشریح وضعیت توده‌های جنگلی هستند (حسن‌زاد ناورودی و همکاران، ۱۳۹۵). این موضوع در مورد جنگل‌کاری‌ها می‌تواند ابزاری مناسب برای پایش سیر توالی و نمو آن در دوره‌های زمانی باشد (منفرد و همکاران، ۱۴۰۱). بنابراین در این مطالعه ابتدا شرایط کمی و کیفی و سپس وضعیت رویشی متغیرهای درختان بلندمازو مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه

این مطالعه در پارسل ۳ از سری ۱۱ شاندرمن واقع در حوضه یازدهم آبخیز استان گیلان انجام شد. این پارسل از نظر موقعیت جغرافیایی بین "۴۷ ′۴ ۰۴۹ تا "۵۱ ′۴ ۰۴۹ طول جغرافیایی و "۱۸ ′۲۶ ۰۳۷ تا "۲۴ ′۲۶ ۰۳۷ عرض جغرافیایی واقع و دارای مساحت ۷۵ هکتار است. محدوده ارتفاعی آن بین ۳۵۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا قرار داشته و دارای شیب تا ۹۰ درصد می‌باشد (شکل ۱). جنگل‌کاری‌ها در سال ۱۳۶۴ با گونه‌های توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata*)، بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، پلت (*Acer velutinum*)، ممرز (*Carpinus betulus*) و شیردار (*Acer cappadocicum*) انجام و سن این درختان حدوداً ۴۰ سال می‌باشد. اقلیم منطقه سرد مرطوب و متاثر از ارتفاعات البرز و سیستم‌های مدیترانه‌ای، بحری قطبی و جنب حاره‌ای است. متوسط دمای سالیانه ۱۵/۹ سانتی‌گراد و متوسط بارش سالیانه ۷۹/۶ میلی‌متر است (کتابچه طرح جنگل‌داری، حوضه ۱۱ شاندرمن).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش مطالعه

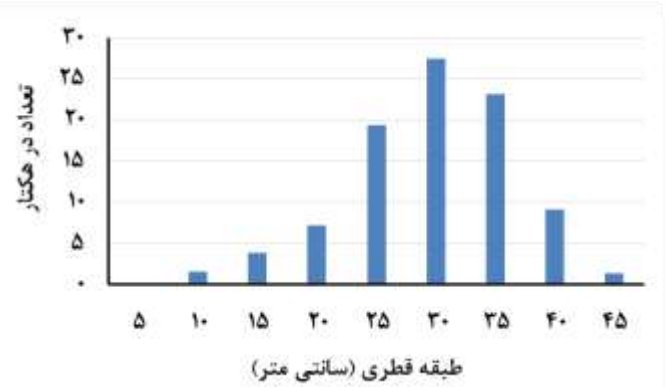
به‌منظور آماربرداری، از روش نمونه‌برداری منظم-تصادفی و با ابعاد شبکه ۱۵۰×۱۰۰ متر استفاده شد (زبیری، ۱۳۸۴). بر این اساس تعداد ۶۴ قطعه‌نمونه با مساحت ۱۰۰۰ مترمربع (۰/۱ هکتار) در محل پیاده و صفات کمی و کیفی ۵۹۵ اصله از درختان توسکای ییلاقی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری قطر برابرسینه درختان از خط‌کش دوبازو و برای اندازه‌گیری ارتفاع از شیب‌سنج سونتو استفاده شد (نمیرانیان، ۱۳۸۹). به‌منظور طبقه‌بندی وضعیت شادابی تاج پوشش، سرسبزی تاج درختان در نظر گرفته شد. بر این اساس چهار طبقه که به‌ترتیب شامل؛ طبقه ۱: بیشتر از ۷۵، طبقه ۲: بین

۷۵ تا ۵۰، درجه ۳: بین ۵۰ تا ۲۵ و درجه ۴: کمتر از ۲۵ درصد که سرسبز بودند در نظر گرفته شد (Power et al., 1995). اطلاعات در محیط Excel وارد و در نرم‌افزار SPSS (version 26) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته‌ها

وضعیت کمی توده

در این مطالعه تعداد ۵۹۵ اصله درخت توسکای ییلاقی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نمودار توزیع تعداد در هکتار در طبقات قطری ۵ سانتی‌متری نشان داد که بیشترین تعداد در طبقه قطری ۳۰ سانتی‌متری و سپس در طبقه قطری ۳۵ بوده است (شکل ۲).



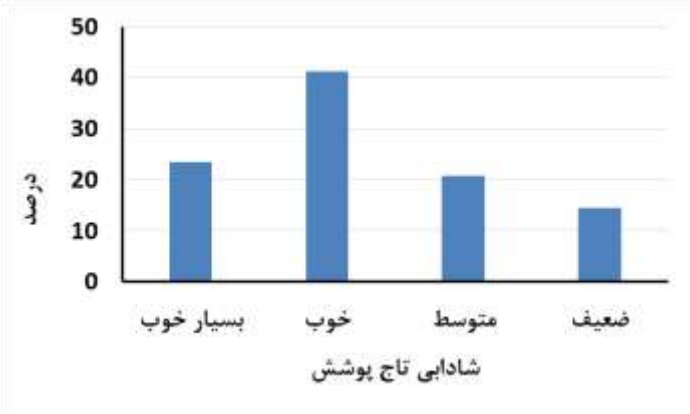
شکل ۲- میانگین تعداد در هکتار توسکای ییلاقی در طبقات قطری

بررسی مشخصات درختان توسکا نشان داد که میانگین قطر برابرسینه ۲۹/۷ سانتی‌متر و میانگین ارتفاع ۲۰/۵ متر بوده است. چولگی قطر برابرسینه توسکای ییلاقی بیان‌گر آن بود که این متغیر دارای توزیع نامتقارن بوده و کمی به‌سمت مقادیر قطری کمتر تمایل دارد (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات توصیفی درختان توسکای ییلاقی

متغیر	حداقل	میانگین	حداکثر	انحراف‌معیار	چولگی	کشیدگی
قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	۸/۱	۲۹/۷	۴۵/۲	۶/۹	-۰/۴۶	۰/۲۱
ارتفاع (متر)	۷/۷	۲۰/۵	۲۴/۹	۲/۷	-۱/۷	۳/۳
قطر تاج (متر)	۳/۸	۱۱/۶	۱۴/۳	۱/۸	-۲/۰۷	۶/۱
ارتفاع تاج (متر)	۳/۲	۸/۷	۱۰/۹	۱/۳	-۱/۷۵	۴/۵۲
حجم سرپا (سیلو)	۰/۰۴	۱/۵۷	۳/۹	۰/۷۷	۰/۳۷۴	-۰/۰۲

نتیجه این مطالعه حاکی از آن بود که میانگین حجم سرپا در هکتار ۱۲/۴ سیلو و میانگین ضریب قدکشیدگی برای گونه توسکای ییلاقی به مقدار ۷۲ برآورد شد. بررسی تاج پوشش درختان توسکای ییلاقی نشان داد که ۲۳/۵ درصد در طبقه بسیار خوب، ۴۱/۲ درصد خوب، ۲۰/۸ متوسط و مقدار ۱۴/۵ درصد از شرایط کیفی مناسب برخوردار نبودند (شکل ۴).



شکل ۴- درصد طبقات مختلف شادابی تاج پوشش درختان توسکای ییلاقی

بحث و نتیجه‌گیری

آگاهی از ویژگی‌ها و خصوصیات توده‌های جنگلی کارشناسان را در شناخت و مدیریت هر چه صحیح‌تر آن یاری می‌نماید (برزین و همکاران، ۱۳۹۶). از آنجا که امروزه اهداف چندگانه در راس امور مدیریتی جنگل وجود دارد، پایش متغیرهای کمی و کیفی بهترین رویکرد برای نیل به این اهداف است (حسن‌زاد ناورودی و همکاران، ۱۳۹۵).

بررسی متغیرهای کمی توده جنگل‌کاری شده ۴۰ ساله توسکای ییلاقی شاندرمن گیلان نشان داد که از نظر قطری، حدود ۵۵/۶ درصد توده دارای قطر برابرسینه بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر بوده که بیشترین تعداد در طبقات قطری به طبقه ۳۰ سانتی-متری تعلق داشت. این موضوع به‌معنای آن است که این توده از مرحله تیرک خارج و به مرحله رویشی تیر یعنی میانسالی وارد شده است (نمیرانیان، ۱۳۸۵). همچنین بررسی ارتفاع درختان توسکای ییلاقی با میانگین ۲۰/۵ متر نشان داد که وضعیت مناسبی از لحاظ رویش ارتفاعی داشته‌اند (گرجی بحری و همکاران، ۱۳۹۲). مقدار میانگین ضریب قدکشیدگی بلندمازو ۷۲ برآورد شد که بر طبق شاخص پایداری، این توده در شرایط نیمه‌پایدار قرار دارد (نمیرانیان، ۱۳۸۵). این موضوع حاکی از آن است که توده در شرایط کنونی و بر طبق وضعیت طبیعی از شرایط نرمالی برخوردار نیست و عملیات تنک‌کردن می‌بایست برای آن انجام پذیرد (طاهری آبکنار و پیله‌ور، ۱۳۸۷).

زادآوری ضعیف انجام شده در توده بیانگر آن است که درختان توسکای ییلاقی از نظر تجدید حیات در منطقه به پایداری کافی نرسیده‌اند (منفردی و همکاران، ۱۴۰۱). با توجه به موفقیت زادآوری ضعیف و نسبت ضریب قدکشیدگی نیمه‌پایدار عملیات تنک کردن و کشت نهال‌های این گونه توصیه می‌شود.

منابع

انیسی، عیسی.، کیادلیری، هادی، اخوان، رضا و بابایی کفاکی، ساسان (۱۳۸۸). تاثیر مدیریت بر خصوصیات کمی و کیفی جنگل در مقایسه با جنگل شاهد (مطالعه موردی: حوضه ۴۵ گلبند). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۴): ۶۱۵-۶۲۶.

برزین، محمد.، محمدی، جهانگیر، شتایی، شعبان و موسوی‌نژاد، سید هاشم (۱۳۹۶). مقایسه مشخصه‌های کمی و کیفی ساختار توده-های مدیریت شده و مدیریت نشده (مطالعه موردی: طرح جنگل‌داری لوه و طرح جنگل‌داری خان دوشان). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۴(۴): ۲۱۷-۲۳۶.

پرهیزکار، پژمان.، صادق‌زاده حلاج، محمدحسین و حسنی، مجید (۱۴۰۱). مشخصه‌های کمی و کیفی زادآوری در راشستان‌های مدیریت‌شده و مدیریت نشده شفارود. پژوهش و توسعه جنگل، ۸(۴): ۳۴۳-۳۵۴.

ثابتی، حبیب‌اله (۱۳۸۷). جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات دانشگاه یزد، یزد، ایران، ۸۸۶ ص.

حسن‌زاد ناورودی، ایرج.، زرکامی، رحمت، صالحی، علی و رادکریمی، مهسا (۱۳۹۵). بررسی وضعیت کمی و کیفی درختان و برخی عوامل رویشگاهی در رویشگاه‌های طبیعی پلت. پژوهش‌های گیاهی، ۲۹(۲): ۳۲۸-۳۳۸.

حجتی، سید محمد.، هاشمی، سید احمد.، حسینی نصر، سید محمد.، اسدیان، مریم و تفضلی، محیا (۱۳۹۹). اثر جنگل‌کاری با گونه-های بومی و غیربومی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از سطح خاک (پژوهش موردی: جنگل دارابکلا ساری). حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۸(۱۶): ۹۵-۱۱۰.

ذبیحی، کرمعلی.، اسپهبدی، کامبیز و مصطفی‌نژاد، سید رضا (۱۳۸۶). بررسی کمی و کیفی کشت آزمایشی گونه‌های بلندمازو، داغداغان و گردو در چمستان (مازندران). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۲): ۱۲۳-۱۳۳.

زبیری، محمود (۱۳۸۴). آمار و اندازه‌گیری جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۳۵۰ ص.

طاهری آبکنار، کامبیز و پیله‌ور، بابک (۱۳۸۷). جنگل‌شناسی، انتشارات حق‌شناس، رشت، گیلان، ایران، ۲۹۶ ص.

فلاح‌چای، میر مظفر (۱۳۹۰). بررسی کمی و کیفی گونه‌های جنگل‌کاری شده توسکای ییلاقی، افرا و ون در جنگل‌های سیاهکل (مطالعه موردی: در سری ۱ جنگل‌های توتکی). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۱(۳): ۵۵-۶۳.

گرجی بحری، یوسف.، فرجی پول، روشنعلی و کیادلیری، شهرام (۱۳۹۲). مقایسه رویش و تحلیل جنگل‌شناسی توده جوان بلوط (بلندمازو) در ناحیه جنگلی نیرنگ نوشهر. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱(۳): ۳۸۷-۳۹۵.

محمدنژاد کیاسری، شیرزاد.، ثاقب طالب، خسرو.، رحمانی، رامین.، عادلی، ابراهیم.، جعفری، بهنوش.، جعفرزاده، حسین (۱۳۸۹). ارزیابی کمی و کیفی عرصه‌های جنگل‌کاری و جنگل طبیعی منطقه دارابکلا در شرق مازندران. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸(۳): ۳۳۷-۳۵۱.

مروی‌مهاجر، محمدرضا (۱۳۸۴). جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۳۸۷ ص.

منفردی، حاتم.، جهدی، رقیه و طاهری آبکنار، کامبیز (۱۴۰۱). مشخصات کمی و کیفی و وضعیت تجدیدحیات در جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت پلت. پژوهش‌های گیاهی، ۳۵(۴).

مهاجر، ناصر و میرکاظمی، سید زیداله (۱۳۸۳). بررسی وضعیت تجدید حیات طبیعی بلندمازو در طرح جنگل‌داری لوه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲(۲): ۲۰۱-۲۱۹.

میرزایی، جواد.، صیدی، فرزاد.، سبحان اردکانی، سهیل و بازگیر، مسعود (۱۳۹۲). اثرات جنگل‌کاری با گونه‌های بومی و غیر بومی بر میزان ترسیب کربن خاک در مناطق خشک زاگرس (مطالعه موردی: پارک جنگلی آبگرم دهلران). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱(۳): ۵۰۶-۵۱۶.

مروی‌مهاجر، محمدرضا (۱۳۸۴). جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ ص.

نمیرانیان، منوچهر (۱۳۸۵). اندازه‌گیری درخت و زیست‌سنجی جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، تهران ۵۷۴ ص.

Power, S.A., Ashmore, M.R. and Ling, K.A., (1995). Recent trends in beech tree health in southern Britain and the influence of soil type. Water, air and soil pollution, (85): 1293-1298.

Preece, Noel D., van Oosterzee, Penny and Lawes, Michael J, (2023). Reforestation success can be enhanced by improving tree planting methods. Journal of Environmental Management, Vol (336).

Wang, Yun., Zheng, Hua., Zhang, Chi., Chen, Falin., Zeng, Jing and Ouyang, Zhiyun (2024). Natural forest restoration enhanced abundance and changed composition of soil phosphorus cycling genes compared with plantations, Pedobiologia, Volume 107.

Investigation on some quantitative and qualitative characteristics of Alder (*Alnus subcordata*) in the Shanderman forest plantations of Guilan

A. Noruzi vazmetr[1], I. Hassanzad Navroudi[2*] and M.R. Nazari Sendi[3]

1- M.Sc. Student of forest management, Faculty of Natural resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
2- Associate Prof., Faculty of Natural resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
3- Ph.D. of forest management, Faculty of Natural resources, University of Guilan, Some sara, Iran.

Abstract

Afforestation is one of the most important methods of restoring and restoring degraded forests in the north of the country to their natural state. Therefore, assessing its quantitative and qualitative status is of great importance. In this study, forty-year-old alder plantations in Parcel 3 of Shanderman, Gilan were investigated. For this purpose, 64 circular sample plots with an area of 0.1 hectare were investigated with a random regular grid (150×100). In each sample plot, the number, diameter at breast height, height, crown diameter, crown height, crown vitality, and regeneration of alder trees were investigated. The results of the number study in diameter classes showed that natural regeneration was not sufficiently successful. Also, the highest number of alder trees was observed in the 30 cm diameter class. In terms of the degree of stand stability, the height elongation coefficient of this stand was observed to be 72%, which indicates that it is located in a semi-stable area (conditional area) and needs thinning. In general, it can be stated that due to poor regeneration, supplementary afforestation and thinning of the stand for the diameter growth of stronger stands is recommended.

Keywords: Alder, Forest plantation, Quantitative and qualitative characteristics.

*Corresponding author Tel: +98 9111374989 Email: irajhassanzad@gmail.com

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

شناخت فواید و مضرات توسعه فضای سبز شهری به‌وسیله کاشت درختان کنوکارپوس در مناطق دارای اقلیم گرم و خشک جنوب ایران

محمدجواد امیری[۱*]، مهناز جدیدی[۲] و نادیا هوشیاری پور[۳]

۱- عضو هیات علمی دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.
۲- دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

چکیده

در هر فضای شهری بخشی از سیمای شهر به کاربری فضای سبز اختصاص می‌یابد. بنابراین باید متناسب با شرایط طبیعی هر منطقه از گونه‌های گیاهی متناسب و سازگار با آن منطقه در فضای سبز استفاده کرد. در مناطق گرم و خشک ایران به‌دلیل شرایط نامناسب طبیعی مانند دمای زیاد، بارش کم، خاک‌های شور، گچی، آهکی و غیره باید نوع خاصی از گونه‌های گیاهی در طراحی فضای سبز این مناطق به‌کار گرفته شود. گیاه کنوکارپوس از درختان مانگروی زینتی و همیشه‌سبز مناطق استوایی و نیمه‌استوایی است که سازش زیادی با تنش‌های محیطی دارد. در این بررسی از روش پژوهش توصیفی- تحلیل استفاده شده است و گردآوری اطلاعات در سه مرحله کتابخانه‌ای، میدانی و تجزیه و تحلیل یافته‌ها به انجام رسید. سپس برای تعمیم یافته‌ها از روش استقرایی و در برخی موارد نیز از روش قیاسی استفاده شده است. در ادامه به بررسی تاثیرات درختان کنوکارپوس در زیبایی منظر شهری در مناطق با اقلیم گرم و خشک و ثاتیرات آن بر سلامت انسان پرداخته می‌شود.

واژگان کلیدی: کنوکارپوس، فضای سبز، پوشش گیاهی، مناطق گرم و خشک.

مقدمه

برنامه‌ریزی و طراحی فضاها و مناظر شهری بدون توجه به مسایل، ضوابط، معیارها، استانداردها و الگوهای مطلوب و بهینه به‌منظور گسترس، توسعه و طراحی‌های شهری ممکن نیست. یکی از این برنامه‌ریزی‌ها و طراحی‌ها برنامه‌ریزی فضای سبز شهری است. در هر فضای شهری بخشی از سیمای شهر به کاربری فضای سبز اختصاص می‌یابد. بنابراین باید متناسب با شرایط طبیعی هر منطقه از گونه‌های گیاهی متناسب و سازگار با آن منطقه در فضای سبز استفاده کرد. در مناطق گرم و خشک ایران به‌دلیل شرایط نامناسب طبیعی مانند دمای زیاد، بارش کم، خاک‌های شور، گچی، آهکی و غیره باید نوع خاصی از گونه‌های گیاهی در طراحی فضای سبز این مناطق به‌کار گرفته شود (اذانی و عبدیان راد، ۱۳۸۹). مزایای اساسی زیرساخت‌های سبزشهری عبارتند از (الف) ارائه زیبایی‌شناختی، (ب) کاهش دمای شهری و کاهش شدت اثرات جزیره گرمایی شهری و (ج) جذب ذرات معلق، دی اکسید کربن، ازن و سایر آلاینده‌های هوا (Maya-Manzano et al., 2017;

* نویسنده مسئول تلفن: ایمیل: mjamiri@ut.ac.ir

Tseng et al., 2018; Carinanos 2014). درخت یا درختچه کنوکارپوس (*Conocarpus*) از خانواده کومبریتاسه (combretaceae) و جنس *Conocarpus* L. می‌باشد. این درخت در زبان فارسی مرسوم به کنوکارپوس و در انگلیسی به‌نام Buttonwood شناخته می‌شود. کنوکارپوس از نظر اندازه بسیار متنوع بوده و گاهی هم به‌صورت گسترده روی زمین پهن می‌شود، ولی معمولاً به‌صورت راست و مانند درخت است و ارتفاع آن تا ۲۰ متر و قطر تنه آن به ۸۰ سانتی متر می‌رسد. رنگ پوسته معمولاً قهوه‌ای تیره و ترک برانده می‌باشد. برگ‌ها به‌صورت تخم‌مرغی و یا بیضوی است و به طول دو تا ده سانتی‌متر می‌باشند. درخت در طول سال رشد و نمو داشته و همیشه‌سبز بوده و به‌طور معمول در مناطق گرمسیر و خاک شور کاشته می‌شود. گونه‌ای مقاوم در برابر کم آبی و خاک شور است. همچنین از نظر جنبه‌های زیبایی، سایبان، رشد سریع، تغییر شکل آسان، انعطاف‌پذیری برای هرس و سازگاری با شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب، مزایای زیادی دارد. تکثیر این گیاه از طریق بذر یا نهال بوده و پوست درخت قهوه‌ای تیره، شیاردار و زبر است. رنگ شاخه‌های جوان سبز یا سبز متمایل به زرد که پس از بلوغ به قهوه‌ای تبدیل می‌شوند. کنوکارپوس دارای برگ‌های متناوب، بیضی شکل یا نوک تیز با طول ۱/۴-، ۱ تا ۴ اینچ و عرض ۱/۲ تا ۱/۴ اینچ می‌باشد و دارای دمبرگ‌های کوتاه به طول ۱/۸ تا ۳/۸ اینچ می‌باشند. گل‌ها معمولاً تک جنسی هستند، در خوشه‌هایی با گل‌های سفید، کرم، خاکستری یا بنفش و غالباً از ۱ تا ۳ اینچ طول دارند. کنوکارپوس در تمام سال قادر به تولید گل و میوه می‌باشد و میوه‌های آن به رنگ قرمز متمایل به قهوه‌ای می‌باشند (Brown et al, 2011). سه رقم اصلی از کنوکارپوس‌ها شناخته شده هستند که در درجه اول با ظهور برگ‌هایشان از هم متمایز می‌شوند: *Conocarpus erectus* var. *erectus* کنوکارپوس سبز است با برگ‌های سبز یا سبز متمایل به زرد، بدون کرک یا با کرک کم، چرمی و کمی گوشتی و *Conocarpus erectus* var. *sericeus* کنوکارپوس نقره‌ای است که برگ‌های آن با کرک‌های متراکم به رنگ نقره‌ای پوشیده شده است و رنگ برگ از نظر ژنتیکی ثابت نمی باشد و نسبت به کنوکارپوس سبز تحمل کمتری به سرما دارد. رقم *Momba* در مقایسه با سایر ارقام از ارتفاع کمتری برخوردار است و دارای تاجی متراکم می‌باشد.



شکل ۱- ارقام کنوکارپوس ارکتوس (سیاهپوش و همکاران، ۱۳۹۴)

به‌طور کلی، کنوکارپوس ارکتوس را می‌توان به‌عنوان یک گونه دوزیست دسته‌بندی کرد که گرده آن هم توسط باد (گرده‌افشانی آنموفیل یا باد دوست) و هم توسط حشرات (گرده‌افشانی حشره دوست) منتقل می‌شود. با این حال، تعیین نوع دقیق گرده‌افشانی این گیاه کاملاً مشخص نیست. این گیاه گل‌هایی با شهد تولید می‌کند که می‌تواند حشرات را برای گرده‌افشانی جذب کند. با این وجود، به‌دلیل تعداد بسیارکمی از بازدیدکنندگان از گل‌ها، برخی مطالعات اشاره کردند که این گیاه عمدتاً دارای گرده‌افشانی بادی است و پراکندگی گرده‌های آن توسط باد سبب می‌شود که به‌عنوان یک آلرژن هوا رفتار کند که ممکن است واکنش‌های آلرژیک را برای افراد ایجاد کند (Kass et al., 2007). براساس برخی گزارش‌های خبری، کنوکارپوس ارکتوس در سال ۱۹۹۷ برای اولین بار در مکه و مدینه مورد کشت آزمایشی قرار گرفت که موفق بوده و در سال

۲۰۰۲ به بعد وارد کشورهای کویت، قطر، بحرین و امارات شد. به‌علت تحمل و سازگاری با هوای گرم و خشک، خاک خشک، شرایط ضعیف تهویه خاک، زهکشی بد، آلودگی هوا و نیز خاک‌های متراکم کشت آن اهمیت زیادی در دهه گذشته در کشور و به‌ویژه در استان‌های خوزستان، بوشهر و هرمزگان پیدا کرده است. رشد بسیار سریع و نیازهای تغذیه‌ای پایین این درختچه، از جمله عوامل مهم دیگری هستند که در اهمیت آن نقش دارند (Ayoub, 2010). برنامه و کاشت آن در کشورهای حوزه خلیج فارس و همچنین کشور عربستان سعودی و ایران و عراق که مناطق گرم و خشک و معمولاً با خاک شور دارند ادامه دارد و نمای زیبایی به شهرها می‌بخشد. علاوه بر این در سواحل کالیفرنیا، فلوریدا، آفریقای جنوبی، برزیل و آمریکای گرم و مرطوب نیز دیده می‌شود. از جمله استان‌های ایران که این درخت در آن‌ها کاشته می‌شود می‌توان خوزستان، بوشهر و هرمزگان را نام برد. البته در شمال کشور هم می‌روید اما سرمای شدید آن را خشک کرده و از بین می‌برد به‌همین دلیل در آنجا تکثیر خوبی نداشته است (Al-Rekaby et al., 2017).

تئوری و پیشینه تحقیق

سیاهپوش و همکاران (۱۳۹۴) مطالعه‌ای با عنوان "گیاه کنوکارپوس و عوامل بیولوژیک ایجاد کننده مشکلات تنفسی و آلرژی زا در گرد و غبار هوا" انجام دادند و می‌گویند که کنوکارپوس ارکتوس درخت یا درختچه‌ای است همیشه‌سبز با تاجی متراکم و متحمل به شرایط نامساعد محیطی که قادر به پرورش در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. با توجه به بسیاری از عوامل بیولوژیکی موجود در هوا مانند گرده، اسپور قارچ‌ها و اسپور جلبک‌ها که می‌تواند موجب بروز آلرژی تنفسی و پوستی شود، بنابراین شناخت گونه‌های مختلف گیاهی به‌ویژه کنوکارپوس می‌تواند به‌واسطه انتشار دانه‌های گرده سبب بروز انواع مختلفی از آلرژی در شرایط آب و هوایی اهواز شود. هدف از این پژوهش بررسی منابع علمی است که مشخص کرده‌اند تاکنون اطلاعات علمی مدونی در مورد آلرژی‌زا بودن دانه گرده کنوکارپوس ارکتوس وجود نداشته، ولی با توجه به وجود ارتباط مستقیم و قوی بین حضور عوامل بیولوژیک در هوا و بروز مشکلات تنفسی، بررسی در مورد عوامل بیولوژیک موجود در هوای اهواز به‌ویژه دانه گرده گیاه کنوکارپوس دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. عسکری‌زاده کووئی (۱۳۹۷) مطالعه‌ای با عنوان "آسیب شناسی کاشت درخت کنوکارپوس در فضای سبز شهری بندرعباس" انجام داد و وضعیت کاشت کنوکارپوس در سطح شهر، ارقام، معایب و محاسن کاشت این گیاه را بررسی کرد و مشخص شد که هر چند کنوکارپوس با آب و هوای بندرعباس سازگاری داشته و مقاوم به شوری و کم آبی است، اما کاشت بی‌رویه این گیاه مشکلات متعددی برای فضای سبز ایجاد کرده و هدف از پژوهش ایشان پیشنهاد مدیریت فضای سبز در بندرعباس، محدودیت کاشت این گیاه و سیاست جایگزینی کنوکارپوس‌های مشکل‌ساز با گونه‌های بومی است. همچنین Ramanjaneyulu et al. (2023) مطالعه‌ای با عنوان "درخت کنوکارپوس - نعمت یا زیان؟" انجام دادند و می‌گویندکه کنوکارپوس درختی همیشه‌سبز است و پیش‌بینی می‌شود که بهترین درخت برای راهروهای سبز یا کمربندهای سبز در شهرها باشد. اخیراً بحث مداومی در مورد ماهیت مضر آن مانند مسدود کردن خطوط لوله آب و زهکشی در سکونتگاه‌ها و برخی مسائل بهداشتی مانند آلرژی به گرده، آسم و غیره وجود دارد. علاوه بر این، دولت‌ها شروع به اعمال ممنوعیت مزارع آینده کردند. از سوی دیگر، ادبیات منتشر شده مزایای بالقوه‌ای را برای نوع بشر آشکار می‌کند. مردم، روشن فکران، سیاست‌گذاران، دولت‌ها و غیره در مورد مسیر اقدام آینده در سردرگمی هستند. از این رو، هدف از این پژوهش بررسی حقایق و ارقام در مورد محاسن و معایب درخت کنوکارپوس بیان شده است (Ramanjaneyulu et al., 2023).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های مانگرو: این جنگل‌ها در حد فاصل مدارهای ۳۰ - ۲۵ درجه عرض شمالی و ۴۰ - ۳۵ درجه عرض جنوبی در مناطقی که دارای شرایط مناسبی برای رویش آن‌ها باشد، پراکنش دارند. جنگل‌های مانگرو ایران در سواحل خلیج فارس و دریای عمان در جوار شمالی‌ترین مدار پراکنش مانگروها در دنیا، مساحتی حدود ۲۰۰۰۰ هکتار و به طول ۱۸۳۰ کیلومتر از سواحل سه استان جنوبی ایران، بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان را شامل می‌شوند (دانه کار، ۱۳۷۵).

ایران: ایران بین ۲۵ و ۴۰ عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ طول شرقی واقع شده است و مساحت کل آن ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر است. ارتفاع از ۴۰ متر تا ۵۶۷۰ متر متغیر است که تأثیر زیادی بر تنوع آب و هوا دارد (جعفری و سهرابی، ۱۳۹۴).

اهواز: موقعیت جغرافیایی اهواز بین عرض جغرافیایی ۳۱/۳۲۰۰ درجه شمالی و ۴۸/۶۶۹۲ درجه طول شرقی است. جمعیتی در حدود ۱/۳ میلیون و مساحت ۵۳۰ کیلومتر در جنوب غربی ایران مرکز استان خوزستان است. اهواز دارای آب و هوای گرم بیابانی با تابستان‌های طولانی و گرم و زمستان‌های معتدل و کوتاه است. اهواز همواره یکی از گرم‌ترین شهرهای کره زمین در طول تابستان است و دمای آن در تابستان به‌طور مرتب حداقل ۴۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۳ درجه فارنهایت) و گاهی بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد (۱۲۲ درجه فارنهایت) است. با این حال، در زمستان، حداقل دما می‌تواند به ۵ درجه سانتی‌گراد (۴۱ درجه فارنهایت) برسد. زمستان‌های اهواز برف ندارد. میانگین بارندگی سالانه حدود ۲۳۰ میلی‌متر است (Dehdari Rad et al., 2019).

بندرعباس: شهرستان بندرعباس که در جنوب استان هرمزگان و در مختصات ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۲۷ درجه و ۹ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است، از شمال به ارتفاعات و کوه‌ها و از جنوب به دریا منتهی می‌شود. بنابراین شیب عمومی شهر در راستای شمال به جنوب است، این شهرستان در شمال تنگه هرمز قرار دارد و از سمت شمال به شهرستان حاجی‌آباد و از سمت شرق به شهرستان‌های میناب و رودان و از غرب به شهرستان بندر لنگه و از جنوب به خلیج فارس و جزیره قشم محدود می‌باشد. وسعت این شهر که در ساحل خلیج فارس واقع شده است حدود ۴۵ کیلومتر مربع و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰ متر می‌باشد. آب و هوای این شهر گرم و مرطوب است. دمای هوای شهر بندرعباس در گرم‌ترین روزها به ۵۲ درجه سانتی‌گراد و در سردترین روزها به ۲ درجه سانتی گراد می‌رسد. میانگین بارش بندرعباس در حدود ۲۰۰ میلی‌متر است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵).

روش تحقیق

در این بررسی از روش پژوهش توصیفی- تحلیل استفاده شده و گردآوری اطلاعات در سه مرحله کتابخانه‌ای، میدانی و تجزیه و تحلیل یافته‌ها به انجام رسیده است. سپس برای تعمیم یافته‌ها از روش استقرایی و در برخی موارد نیز از روش قیاسی استفاده شده است. در ادامه به بررسی تاثیرات درختان کنوکارپوس در زیبایی منظر شهری در مناطق با اقلیم گرم و خشک و ثاتیرات آن بر سلامت انسان پرداخته می‌شود.

یافته‌ها

تاثیرات درختان کنوکارپوس بر سلامت انسان:

علائم رایج آلرژی فصلی گرده که معمولاً افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد شامل عطسه، انسداد مجرای بینی و خارش چشم است. شدت این علائم بین افراد متفاوت است و از آزار دهنده خفیف تا به‌شدت مخرب متغیر است. براساس گزارش‌های بررسی سلامت تنفسی جامعه اروپا (ECRHS)، ۳۰ درصد از جمعیت اتحادیه اروپا از بیماری‌های آلرژیک مزمن رنج می‌برند (Zuberbier et al., 2014). سازمان جهانی آلرژی (WAO) پیشنهاد کرده است که ۱۰ تا ۴۰ درصد از جمعیت یک کشور مستعد ابتلا به آلرژی به گرده هستند (Galera et al., 2018; Karatzas et al., 2014). علاوه بر این، برخی از مطالعات افزایش پذیرش در بیمارستان برای بیماری‌های غیرآلرژیک مانند سکته مغزی، بیماری انسدادی مزمن ریه (COPD) و سکته قلبی را با غلظت‌های بیشتر گرده موجود در هوا، به‌ویژه در فصول گرده‌افشانی گیاهان مرتبط دانسته‌اند (Stickley et al., 2017). تغییرات آب و هوا و کاربری زمین، گرم شدن کره زمین و همچنین تکه تکه شدن زیستگاه‌ها می‌تواند اکوسیستم‌ها و گونه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. این‌ها عوامل عمده‌ای هستند که منجر به تغییرات فنولوژیکی در گیاهان، تنوع زیستی و پراکنش آنها و همچنین تغییرات در گرده‌افشانی گونه‌ها و شدت گلدهی می‌شوند. در میان این عوامل، محققان اغلب افزایش میانگین دمای جهانی و کاهش بارندگی و در دسترس بودن آب را با سرعت رشد گیاهان و فرآیندهای گرده‌افشانی مرتبط می‌کنند (Garcia-Mozo et al., 2016; Rojo et al., 2015). براساس مطالعات در سراسر جهان، آلرژی به گرده بر جمعیت شهری بیشتر از مناطق روستایی تأثیر می‌گذارد. این را می‌توان تا حدی به زیرساخت‌های سبز شهری و نقش آنها در تولید گرده‌های موجود در هوا نسبت داد (Carinanos 2014; Maya-Manzano et al., 2017; Tseng et al., 2018). آلاینده‌های هوا می‌توانند منجر به افزایش حساسیت‌زایی برخی گرده‌ها شوند. به‌طور خاص، برخی از مطالعات نشان داده‌اند که در طول فصل گرده، سندرم‌های تنفسی در مناطقی که در معرض آلاینده‌های وسایل نقلیه موتوری و صنعتی قرار دارند، افزایش می‌یابد (Bartra et al., 2007). هیچ شیوع تنفسی قبل از بلوغ این درختان برای رسیدن به دوره گلدهی (دهه اول) مشاهده نشد. طغیان تنفسی (یعنی حملات آسم رعد و برق پاییزی) همزمان با دوره گلدهی درختان بالغ بود که در دهه دوم و سوم پس از کاشت رخ داد. اقدامات زیادی برای کنترل میزان و زمان گلدهی وجود دارد، از جمله هرس درختان و حذف. شهرداری‌ها هرس درختان را به‌عنوان یک جایگزین مقرون به‌صرفه و ساده برای کنترل زمان گلدهی به‌منظور جلوگیری از مواجهه افراد با گرده‌های آلرژی‌زا در مدت کوتاهی قبل از شروع فصل پاییز ترجیح دادند (Dehdari Rad et al., 2019). تعداد ارجاعات مرتبط با حملات آسم رعد و برق پس از اجرای فعالیت‌های هرس درختان به‌شدت کاهش یافت. درختان کنوکارپوس ارکتوس جزء اصلی زیرساخت سبز در اهواز هستند. رابطه نزدیکی بین هرس درختان کنوکارپوس ارکتوس توسط شهرداری اهواز و کاهش تعداد بیماران در بیمارستان‌ها وجود داشت. ما به این نتیجه رسیده‌ایم که حملات آسم رعد و برق پاییزی در اهواز ممکن است توسط ترکیبی از آلرژن‌های زیستی (اسپور قارچ و دانه‌های گرده موجود در هوا مانند کنوکارپوس ارکتوس) و قرار گرفتن در معرض سطوح بالای آلاینده‌های شیمیایی هوا از صنایع باشد. به‌منظور پیش‌بینی ارتباط دقیق بین داده‌های هواشناسی و آلاینده هوا با دانه‌های گرده موجود در هوا و هاگ‌های قارچی، تحقیقات و مجموعه داده‌های بیشتری که دوره‌های زمانی طولانی‌تری را پوشش می‌دهند، مورد نیاز است. اگرچه پارامترهای هواشناسی و نوسانات فصلی قابل کنترل نیستند، اما آنچه قابل کنترل است، مقررات و مدیریت پوشش گیاهی و منابع انسانی است. همچنین تحقیقات بیشتری برای افتراق پاسخ‌های آلرژیک ناشی از آن مورد نیاز است (Dehdari Rad et al., 2019).

صنعت چوب

گیاه *C. erectus* به‌عنوان یک درخت تزئینی در سطح جهانی بسیار محبوب است (Shohayeb et al., 2013). چوب آن برای تیرهای حصار، کراس‌ها، تراشکاری، کشتی‌سازی، کیندلینگ و اهداف محوطه‌سازی استفاده می‌شود (Carneiro et al., 2010).

مصارف پزشکی

گیاه *C. erectus* دارای اهمیت دارویی زیادی است که در زیر توضیح داده شده است:

این گیاه را می‌توان در برابر کمبود آهن، ورم ملتحمه، سوزاک، دیابت، گرمای خاردار، تب، میگرن، مرگ، تومورها، ارکیت، اسهال، سیفلیس و تورم استفاده کرد (Shohayeb et al., 2013).

عصاره کنوکارپوس ارکتوس (برگ‌ها، شاخساره، پوست و میوه) دارای محافظ کبد هستند (Abdel-Hameed et al., 2013). آنتی اکسیدان (Abdel-Hameed et al., 2014) ضد سرطان (Abdel-Hameed et al., 2012) و ضد میکروبی (Shohayeb et al., 2013) و خواص ضد باکتریایی دارد. حاوی فنل مانند تانن و فلاونوئید به‌عنوان ماژور است.

مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها

کنوکارپوس در برابر بیماری‌ها مقاوم است، زیرا هیچ بیماری در این درختان ظاهر نشد. با این حال، مشخص شد که تعداد کمی از آفات مکنده از برگ‌ها تغذیه می‌کنند. علاوه بر این، یک گیاه انگلی به‌نام جاروک (اوروبانچ) برای تغذیه به این گیاه بستگی دارد (Ramanjaneyulu et al., 2023).

کنوکارپوس به‌عنوان مانیتور زیستی آلودگی

کنوکارپوس ارکتوس یکی از گیاهانی است که به‌عنوان مانیتور زیستی برای ردیابی و تعیین فلزات سنگین در مناطق آلوده مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعه‌ای اثرات آلودگی خاک و هوا در غلظت برخی فلزات سنگین (مس، آهن، منگنز، روی، سرب، کادمیوم) در برگ‌های کنوکارپوس در شهر اهواز بررسی شد. نتایج این ارزیابی نشان داد که صنعت و تردد وسایل نقلیه منابع اصلی آلودگی هوا به فلزات سنگین در اهواز است و کنوکارپوس یک مانیتور زیستی قابل اعتماد برای تحقیقات آلودگی هوا و خاک می‌باشد (غلامی و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه دیگری، تجمع زیستی سرب در گیاه کنوکارپوس ارکتوس در اهواز بررسی شد. با توجه به میانگین بالای غلظت سرب در کنوکارپوس ارکتوس و غالبیت آنها در منطقه، این گیاه می‌تواند به‌عنوان یک جاذب خوب و مؤثر برای کاهش عنصر سرب در محیط زیست معرفی شود (روزبهانی و همکاران، ۲۰۱۳).

آلرژن‌های گیاهی

در سراسر جهان از جمله کشورهای در حال توسعه، بیماری‌های آلرژیک مانند آسم، رینیت آلرژیک و درماتیت آتوپیک به‌طرز چشمگیری افزایش یافته است. بیش از ۳۰ درصد جمعیت جهان از بیماری‌های مزمن آلرژیک رنج می‌برند. دانه‌های گرده، اسپور قارچ، گرد و غبار، مواد زائد حشرات، سلول‌های اپیتلیوم حیوانات، گرد و غبار خانه، مواد شیمیایی، مواد غذایی و

غیره از جمله ذراتی هستند که عامل آلرژی می‌باشند و توسط جریان هوا منتقل می‌شوند (Singh, 2014). نتایج به‌دست آمده از مطالعات انجام شده در سراسر جهان نشان می‌دهد که دانه گرده گونه‌های گیاهی مختلف عامل مهمی در شیوع اختلالات آلرژی تنفسی می‌باشد (Singh, 2014). از دیدگاه پزشکی، دانستن جزئیات زمان انتشار گرده و اسپور در جو مهم است. گلدهی گیاهان عالی در هر فصل به‌صورت دوره‌ای اتفاق می‌افتد، اما زمان گلدهی ممکن است از سالی به سال دیگر در مکان‌های جغرافیایی مختلف، متفاوت باشد. بنابراین مقدار و غلظت گرده موجود در هوا در فصول مختلف با توجه به فصل گلدهی و عوامل آب و هوایی، نه تنها در مناطق مختلف کشور، بلکه در نقاط مختلف جهان متفاوت است. براساس تفاوت‌های ثبت شده در میزان گرده موجود در هوا طی چندین سال، ایجاد سالنامه گرده به‌عنوان یک ابزار ضروری برای تشخیص و مدیریت آلرژی مفید می‌باشد. حضور و غلظت گرده در هوا به عوامل آب و هوایی مختلف از قبیل دما، رطوبت، جهت باد، آفتاب، بارندگی و دیگر عوامل فصلی بستگی دارد. به‌دلیل تغییر در شرایط آب و هوایی، مطالعه تغییرات انتشار روزانه و فصلی دانه گرده بسیار مهم می‌باشد (Singh, 2014; Singh, 2012). دانه گرده درخت کنوکارپوس می‌تواند همانند دانه گرده بسیاری از گیاهان دیگر از دلایل ایجاد آلرژی و مشکلات تنفسی در انسان باشد و این موضوع نیاز به انجام مطالعات هدفمندی دارد. براساس اطلاعات نویسندگان این مقاله تاکنون مطالعات دقیقی در مورد وجود ترکیبات آلرژن در دانه گرده گونه‌های مختلف گیاه کنوکارپوس و احتمال آلرژی‌زایی آنها انجام نشده است. با توجه به اینکه در چند سال اخیر مشکلات تنفسی به‌صورت دوره‌ای در استان خوزستان اتفاق افتاده است، مطالعه در مورد آلرژی‌زایی دانه گرده کنوکارپوس در سطح استان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رفتارشناسی گیاه کنوکارپوس از نظر زمان ورود به مرحله زایشی و تهیه سالنامه گرده، مطالعه آلرژن‌ها در دانه گرده و بافت گیاهی گیاه کنوکارپوس، بررسی اپیدمیولوژیک شکایات تنفسی ساکنین شهر اهواز و ارتباط احتمالی آن با دانه گرده گیاه کنوکارپوس و بررسی پارامترهای احتمالی ایجاد کننده مشکلات تنفسی شامل پولن‌ها، ازن و BTEX در جریان هوای شهرستان اهواز از جمله تحقیقاتی است که در حال انجام است (سیاهپوش و همکاران، ۱۳۹۴). در ادامه چند تصویر از درختان کنوکارپوس نشان داده می‌شود.



شکل ۲- سدی سبز در کنار جاده توسط گیاه کنوکارپوس (Ramanjaneyulu et al., 2023)



شکل ۳- درختان کنوکارپوس (Ramanjaneyulu et al., 2023)



شکل ۲- برگ درختان کنوکارپوس (Ramanjaneyulu et al., 2023)



شکل ۶- گل درختان کنوکارپوس (Ramanjaneyulu et al., 2023)

بحث و نتیجه‌گیری

راه‌های صحیح استفاده از کنوکارپوس

- برای ایجاد پوشش سبز سریع در بزرگراه‌ها، مزارع مرزی بدون دیوار مرکب و غیره.
- قابل کاشت در دو طرف جاده‌ها و خیابان‌ها برای تزئین و جلوه زیبایی به شهر و خیابان‌ها در طول سال.
-گونه خوبی برای ساختن بونسای، توپیاری، مربع، اشکال هرم یا هر شکل هندسی دلخواه و غیره است، جایی که درخت به‌طور منظم هرس می‌شود تا از گلدهی جلوگیری شود.
- مصارف صنعتی (چوب، کابینت و داروسازی)
-برگ و پوست آن حاوی تانن است که می‌تواند برای اهداف مرگ استفاده شود.
- مانند هر گیاه دیگری به‌دلیل شاخ و برگ زیاد در جذب کربن دی اکسید و آزاد کردن اکسیژن در جو موثر است.
- از برگ‌ها می‌توان به‌عنوان خوراک گاو و بز استفاده کرد. این یک منبع مهم علوفه برای گاومیش‌های آفریقایی و منبع ادرار اسیدی آن‌ها است.
- دانه‌ها را می‌توان به‌صورت خام یا پخته مصرف کرد. دانه‌های خشک شده را پودر کرده و به‌عنوان قوام دهنده در خورشت‌ها یا تهیه نان استفاده می‌کنند.
- به‌عنوان حصار و بادگیر در مزارع.
- درخت منبع سایه فراوان است.
- به‌طور کلی، گیاهان به‌عنوان شاخص‌های خوبی برای تجمع فلزات سنگین (سرب و منگنز) و اثرات بعدی آنها بر محیط-زیست عمل می‌کنند. روزنه گیاهان در حال رشد در کنار جاده و ناحیه مرکزی کراچی به‌میزان ۲۰-۵۰ درصد مسدود شده

است. گیاهان تاکنون به‌عنوان بهترین انتخاب سد سبز برای کنترل گرد و غبار و آلودگی صوتی محسوب می‌شوند. هیچ جایگزین کارآمدی برای این وجود ندارد.

- شاخه‌ها، کنده‌ها، کنده‌های چوبی را می‌توان به زغال چوب برای هیزم تبدیل کرد.
- درخت بسیار خوبی برای احیای جنگل و مقابله با گرمایش زمین (Ramanjaneyulu et al., 2023).

معایب استفاده از درختان کنوکارپوس

۱)گونه‌های مختلف جانوری و حشرات علاقه چندانی به لانه‌سازی در میان شاخ و برگ این گیاه ندارند.

۲) از دیدگاه طراحی شهری این درخت دو ایراد بزرگ دارد: اول آنکه شب‌هنگام بوی نامطلوبی از ارقام برگ باریک آن به مشام می‌رسد و در نتیجه کشت زیاد آن برای محیط‌های شهری و کمپینگ‌ها مناسب نیست و دیگر آنکه با توجه به شاخ و برگ‌هایی که همان پایین درخت رشد می‌کنند، دید بسته می‌شود و جلوی جریان باد را می‌گیرد که نیاز به هرس به‌موقع آن را الزامی می‌کند.

۳) کنوکارپوس به‌دلیل رشد و تراکم زیاد، مساحت سایه‌اندازی زیادی دارد و وقتی که فاصله آن با درختان کناری زیاد نباشد درختان در هم گره خورده (در صورت هرس نکردن) و مانع از رسیدن نور خورشید به زمین و از بین رفتن چمن و گل‌های کاشته شده در زیر درختان می‌شود. بنابراین باید فاصله طولی حداقل ۵ متر را رعایت و آن‌ها را در پیاده روها و بلوارهایی که سنگفرش هستند استفاده نمود (عسکری‌زاده کووئی، ۱۳۹۷).

۴) ریشه این درخت می‌تواند با نحوه گسترشی که دارد به تاسیسات زیربنایی و لوله‌های آب و حتی سنگ فرش‌های بتنی آسیب وارد سازد.

۵) کنوکارپوس با سایه‌اندازی از یک سو و از سوی دیگر با خاصیت آللوپاتیک برگ‌های ریزش یافته در محدوده سایه انداز گیاه، جوانه بذر و رشد برخی از گیاهان را کاهش می‌دهند (Al-Rekaby et al., 2017).

ارتباط دیدگاه محیط‌زیستی و بیماری‌های آلرژیک شهروندان

فقدان برنامه‌ریزی صحیح در انتخاب زینتی گونه‌ها می‌توانند یک عامل محرک مهم بین شهروندان و محیط زیست باشد. بیماری‌های آلرژیک در جمعیت شهری می‌تواند مقدمه‌ای برای پروژه‌های بزرگتر باشد. ارزیابی شیوع حساسیت به دانه‌های گرده گیاهان کشت شده در هر منطقه می‌تواند انجام شود. همچنین برای بررسی آلرژن اصلی پروتئین‌های دانه‌های گرده باید مطالعات بیشتری طراحی شود. با توجه به تاثیرات زیباشناختی منظر شهری، استفاده از درختان کنوکارپوس در مناطق با آب و هوای گرم و خشک لازم است. در مطالعات آتی علاوه بر تاثیرات بر سلامت انسان از لحاظ بیماری‌های آلرژیک باید به دیدگاه‌های مهندسی آسیب‌رسانی به تاسیسات شهری نیز انجام شود تا در نهایت با شواهد علمی بیشتر بتوان در رابطه با بهترین محدوده کاشت و توسعه درختان کنوکارپوس تصمیم‌گیری کرد.

منابع

احمدی، ع؛ زارعی، ب، و رنجبر، م.ص. (۱۳۹۵). تحلیل جغرافیایی امنیت در نواحی مرزی (مطالعه موردی: بندرعباس). سیاست دفاعی، ۲۴ (۳ (پیاپی ۹۵))، ۲۲۳-۲۵۰. SID. https://sid.ir/paper/261046/fa

اذانی، م؛ عبدیان راد، م، و ملکی، م. (۱۳۸۹). برنامه‌ریزی فضای سبز شهری با تاکید بر مناطق گرم و خشک جنوب ایران. فضای جغرافیایی، ۱۰(۳۱): ۱-۲۶. SID. https://sid.ir/paper/91526/fa

جعفری، ا؛ ترابی آزاد، م و سهرابی، ش. (۱۳۹۵). بررسی اثرات افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم جهانی بر میانگین سطح تراز آب (MSL) در سواحل شمالی خلیج فارس (سواحل استان هرمزگان). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(۳): ۸۱-۹۷. SID. https://sid.ir/paper/87193/fa

دانه کار، ا. (۱۳۷۵). جنگل‌های مانگرو ایران. محیط زیست، ۸(۲): ۸-۲۳. SID. https://sid.ir/paper/428387/fa

سیاهپوش، م؛ ناصر نخعی، ف؛ خالقی، ا و جعفرزاده، ن. (۱۳۹۴). گیاه کنوکارپوس و عوامل بیولوژیک ایجاد کننده مشکلات تنفسی و آلرژی زا در گرد و غبار هوا،اولین کنفرانس بین المللی گرد و غبار، اهواز، https://civilica.com/doc/539623

عسکری‌زاده کووئی، م. (۱۳۹۷). آسیب شناسی کاشت درخت کنوکارپوس در فضای سبز شهری بندرعباس، ششمین کنگره ملی زیست شناسی و علوم طبیعی ایران، تهران، https://civilica.com/doc/848810.

Abdel-Hameed, E.S.S., Bazaid, S.A., Sabra, A.N.A., (2013). Protective effect of Conocarpus erectus extracts on CCl4-induced chronic liver injury in mice. Global Journal of Pharmacology 7: 52–60.

Abdel-Hameed, E.S.S., Bazaid, S.A., Shohayeb, M.M., (2014). RP-HPLC-UV-ESIMS phytochemical analysis of fruits of Conocarpus erectus L. Chemical Papers 68: 1358–1367.

Ahmed, M.F., Farrukh, M.A., Naqvi, I.I., (2005). Environmental effects on heavy metals in road side plants of Eucalyptus and Guaiaculm officinale. Journal of the Chemical Society of Pakistan 27(5): 286–289.

Abdel-Hameed, E.S.S., Bazaid, S.A., Shohayeb, M.M., El-Sayed, M.M., El-Wakil, E.A., (2012). Phytochemical studies and evaluation of antioxidant, anticancer and antimicrobial properties of Conocarpus erectus L. growing in Taif, Saudi Arabia. European Journal of Medicinal Plants 2: 93–112.

Al-Rekaby et al. (2017). Allelopathic effects of aqueous leaf leachates and root exudations of Conocarpus erectus L. trees against the germination and growth of Some ornamental plants, Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 8(4): 741-750.

Ayoub, N.A., (2010). A trimethoxyellagic acid glucuronide from Conocarpus erectus leaves: Isolation characterization and assay of antioxidant capacity, pharmaceutical Bilology, 48(3): 328-332.

Bartra, J., Mullol, J., Del Cuvillo, A., Davila, I., Ferrer, M., Jauregui, I., Montoro, J., Sastre, J., Valero, A., (2007). Air pollution and allergens. Investig Allergol Clin Immunol 17: 3–8.

Brown S.H., Hazell J., Agent S.G., Cooprider K., Gardener M. (2011). Conocarpus erectus Family: Combretaceae. http://lee.ifas.ufl.edu/hort/GardenPubsAZ/Buttonwood.pdf.

Carneiro, D.B., Barboza, M.S.L., Menezes, M.P., (2010). Plantas nativas úteis na Vila dos Pescadores da Reserva Extrativista Marinha Caeté-Taperaçu, Pará, Brasil. Acta Botanica Brasilica 24: 1027–1033.

Carinanos, P., Casares-Porcel, M., (2011). Urban green zones and related pollen allergy: a review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. Landsc. Urban Plan. 101: 205–214.

Galera, M., Elvira-Rendueles, B., Moreno, J., Negral, L., Ruiz-Abellon, M., Garcia-Sanchez, A., Moreno-Grau, S., (2018). Analysis of airborne olea pollen in cartagena (Spain). Sci. Total Environ. 622: 436–445.

Garcia-Mozo, H., Oteros, J.A., Galan, C., (2016). Impact of land cover changes and climate on the main airborne pollen types in Southern Spain. Sci. Total Environ. 548: 221–228.

Gholami A., Davami A.H., Panahpour E., Amini H. (2013). Evaluation of" Conocarpus erectus" Plant as Biomonitoring of Soil and Air Pollution in Ahwaz Region. Middle East J Sci Res, 13(10): 1319-1324.

Karatzas, K., Voukantsis, D., Jaeger, S., Berger, U., Smith, M., Brandt, O., Zuberbier, T., Bergmann, K.C., (2014). The patient's hay-fever diary: three years of results from Germany. Aerobiologia 30: 1–11.

Kass, L., Hunt, R., Danfort, S., Egan, T., (2007). Reproductive biology of buttonwood, a polygamous population on san salvador. Bahamas Nat J Sci 2: 40–49.

Maya-Manzano, J.M., Fernandez-Rodriguez, S., Monroy-Colin, A., Silva-Palacios, I., Tormo-Molina, R., Gonzalo-Garijo, A., (2017). Allergenic pollen of ornamental Plane trees in a Mediterranean environment and urban planning as a prevention tool. Urban For. Urban Green. 27: 352–362.

Rad, H. D., Assarehzadegan, M. A., Goudarzi, G., Sorooshian, A., Birgani, Y. T., Maleki, H., and Neisi, A. (2019). Do Conocarpus erectus airborne pollen grains exacerbate autumnal thunderstorm asthma attacks in Ahvaz, Iran?. Atmospheric environment, 213: 311-325.

Ramanjaneyulu, A. V., Chaitanya, T., and Joseph, B. (2023). Conocarpus Tree–A Boon or Bane?. Chronicle of Bioresource Management, 7(Jun, 2), 028-034.

Rojo, J., Rapp, A., Lara, B., Fernandez-Gonzalez, F., Perez-Badia, R., (2015). Effect of land uses and wind direction on the contribution of local sources to airborne pollen. Sci. Total Environ. 538: 672–682.

Shohayeb, M., Abdel-Hameed, E., Bazaid, S., (2013). Antimicrobial activity of tannins and extracts of different parts of Conocarpus erectus L. International Journal of Pharma and Bio-Sciences 3: 544–553.

Singh A.B. (2014). Pollen and Fungal Aeroallergens Associated with Allergy and Asthma in India. Glob. J. Immunol. Allerg. Dis., 2(1): 19-28.

Singh A.B., Mathur C. (2012). An aerobiological perspective in allergy and asthma. Asia Pac Allergy, 2(3): 210-222.

Stickley, A., Ng, C.F.S., Konishi, S., Koyanagi, A., Watanabe, C., (2017). Airborne pollen and suicide mortality in Tokyo, 2001–2011. Environ. Res. 155: 134–140.

Tseng, Y.-T., Kawashima, S., Kobayashi, S., Takeuchi, S., Nakamura, K., (2018). Algorithm for forecasting the total amount of airborne birch pollen from meteorological conditions of previous years. Agric. For. Meteorol. 249: 35–43.

Zuberbier, T., Lotvall, J., Simoens, S., Subramanian, S., Church, M.K., (2014). Economic burden of inadequate management of allergic diseases in the European Union: a GA2LEN review. Allergy 69: 1275–1279.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

ارزیابی شرایط تخریب و زوال جاده جنگلی طرح جنگلداری کلاردشت در دوره توقف بهره‌برداری جنگل

هانیه پویا [۱]، سید عطاالله حسینی [۲*] و محسن عبداللهی [۳]

۱- دانشجوی دکتری عمران و بهره برداری جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- دکتری علوم مهندسی جنگل، کارشناس سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور.

چکیده

توقف طرح‌های جنگلداری در دوره تنفس جنگل‌ها، پیامدهای جدی برای جاده‌های جنگلی به همراه داشته است. برخی از این پیامدها عبارتند از: رهاسازی جاده‌ها، افت شاخص‌های حفاظتی، زوال زیرساخت‌ها، افزایش هزینه‌های بازسازی و تأثیرات اقتصادی. این مطالعه در جنگل‌های شمال ایران و در محدوده سری یک و پنج طرح جنگلداری کلاردشت (جاده خلاربن) انجام شده است. هدف از این بررسی، ارزیابی تاثیر میزان شیب بر تخریب و زوال روسازی جاده‌های جنگلی در زمان استراحت جنگل‌ها می‌باشد. اطلاعات مربوط به آبروها، سطح جاده، ترانشه‌های خاکبرداری و خاکریزی و همچنین جوی کناری جاده درجه دو، در دوکلاسه شیب طولی بیش از هفت درصد و کمتر از پنج درصد جمع آوری شد. نتایج بدست آمده حاصل از بررسی داده‌های کمی و کیفی شاخص‌های تعمیر و نگهداری جاده نشان داد که در طبقه شیب بیشتر از هفت درصد که دارای ناپایداری‌های بیشتری می‌باشند، نشانه‌های فرسایش و تخریب سطح جاده، بیشتر از شیب طولی کمتر از پنج درصد است. آبروهای جاده در شیب بیش از هفت درصد و عامل ترانشه‌های خاکبرداری تاثیر بیشتری بر فرسایش و انسداد جوی کناری و به طبع آن ایجاد رواناب بر سطح جاده داشت که منجر به ایجاد چاله و از دست رفتن مصالح شده بود. با این حال نشانه‌های تخریب جاده در هر دو طبقه شیب طولی مورد مطالعه مشهود بوده که نیاز فوری به عملیات تعمیر و نگهداری دارد. با تداوم وضعیت جاری و توقف مدیریت فنی، تمام جاده‌های جنگلی ساخته شده در جنگل‌های هیرکانی که رکن اساسی مدیریت و دسترسی به عرصه می‌باشد به سرعت دچار تخریب و زوال خواهند شد.

واژگان کلیدی: جاده جنگلی، تعمیر و نگهداری، استراحت جنگل، کلاردشت.

مقدمه

برای مدیریت جنگل‌های هیرکانی، طراحی و ساخت هدفمند شبکه‌ای از جاده با توزیع تراکم کافی و متناسب با شیوه جنگلشناسی و نیز برای دسترسی و انجام عملیات حفاظتی و حمایتی، گردشگری و همه اقدامات اجتناب ناپذیر، یک ضرورت است (Hosseini et al., 2016). در طرحهای جنگلداری که دارای سابقه شصت ساله در جنگل‌های هیرکانی می‌باشد، تا سال

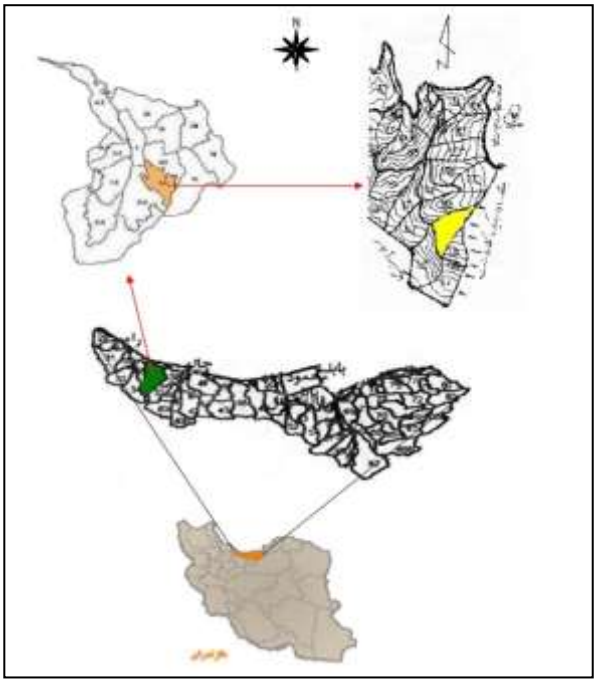
*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۱۹۰۴۴۱۳ ایمیل: at.hosseini@ut.ac.ir

۱۳۹۰ حدود ۱۰ هزار کیلومتر جاده احداث و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است (حسینی، ۱۳۹۶). برای طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی باید به نکات ویژه آن هم توجه شود که شامل موارد زیر می‌باشد (نشریه ۱۳۱، ۱۳۷۳):
۱- نکات فنی مانند شیب، سرعت، حجم و مقدار ترافیک. ۲- نکات اقتصادی مانند دسترسی و کیفیت راه. ۳- نکات مربوط به نحوه مدیریت و بهره‌برداری جنگل مانند شیوه‌های جنگلشناسی، سیستم بهره‌برداری و گونه‌های درختی. ۴- نکات محیط زیستی مانند حداقل تخریب در طبیعت و قرار گرفتن هماهنگ راه در طبیعت.
سال ۱۳۹۶ با تصویب مجلس شورای اسلامی و ابلاغ وزیر جهاد کشاورزی، توقف طرح‌های بهره برداری از جنگل‌ها آغاز شد (بند "ف" ماده ۳۸ قانون برنامه پنج ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران موسوم به "تنفس جنگل") که یک خلأ در مدیریت، رسیدگی و نگه داشت جاده‌های جنگلی به وجود آمد (پارساخو و همکاران، ۱۴۰۳). با عنایت به اجرای این قانون، به دلیل عدم تخصیص بودجه به انجام امور مدیریتی در جنگلهای هیرکانی در دوره تنفس، اولویت بندی و برنامه‌ریزی نگهداری و شناسایی وضعیت تخریب روسازی جاده‌های جنگلی امری لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد.
تاکنون مطالعات مختلفی در مورد زوال روسازی جاده‌های جنگلی صورت گرفته است. در پژوهشی با عنوان پیش‌بینی زوال روسازی جاده جنگلی در دوره زمانی توقف بهره‌برداری چوبی در جنگل‌های کوهستانی شمال کشور (نوشهر) که توسط عبداللهی و همکاران (۱۴۰۱) انجام شد، نتایج نشان داد سرعت تغییر وضعیت روند زوال جاده از شرایط عالی به خوب سریع تر از تغییر از مرحله متوسط به ضعیف بوده است. پارساخو و همکاران (۱۴۰۳) در تحقیق خود، پیش‌بینی کردند که با توجه به اجرای طرح تنفس و عدم تخصیص بودجه طی یک دوره ۱۰ ساله، جاده با یک شیب تند نزولی به زوال کامل برسد. نتایج این پژوهش، بر ضرورت تسریع در تخصیص بودجه برای مرمت و نگهداری جاده‌های موجود تأکید می‌کند. مطالعات پژوهشگران مختلف نشان می‌دهد که متغیرهای مختلف کمی و کیفی بر زوال جاده‌ها مؤثرند که باید در عملیات تعمیر و نگهداری مدنظر قرار گیرند (Martin et al., 2013). این متغیرها یا طبیعی هستند، مانند ریزشی یا لغزشی بودن دامنه، دوری یا نزدیکی به رودخانه یا دره، شرایط فیزیوگرافی، بارش، جهت دامنه، نوع خاک و تراکم تاج پوشش در حاشیه و سطح جاده و یا به خود جاده مانند ضخامت و نوع مصالح روسازی، استاندارد جاده و یا به شرایط استفاده از جاده مانند میزان بار وارده به جاده و شرایط ترافیکی ارتباط دارند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین مطالعات طالبی و همکاران (۱۳۹۴) نشان داده است که از بین اشکالات روسازی، شیب عرضی بیشترین درصد تطابق با استانداردها را دارد. همچنین شیار چاله، به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی را دارد. ترانشه‌های خاکبرداری نسبت به ترانشه‌های خاکریزی بیشترین میزان اشکال را دارند.
هدف از انجام این تحقیق ارزیابی تاثیر شیب طولی جاده جنگلی بر عوامل کمی و کیفی حاصل از طراحی این متغیر بر تخریب و زوال آن در دوره استراحت جنگل‌ها در طرح جنگلداری کلاردشت واقع در جنگل‌های هیرکانی می‌باشد. واضح است که درصورت استمرار وضعیت استراحت جنگل با شرایط فعلی، در سال‌های آتی میزان آسیب‌های وارده به جاده‌های جنگلی رو به افزایش خواهد گذاشت که به معنای هدررفت هزینه‌های عمومی و بیت‌المال است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در جنگل‌های شمال ایران و در محدوده سری یک و پنج طرح جنگلداری کلاردشت (جاده خلاربن) با طول جغرافیایی "۶ ´۰۵ °۵۱ تا "۳ ´۰۸ °۵۱ و عرض جغرافیایی ۳۳ °۳۶ تا ´۳۴ °۳۶ و در حوزه اداره کل منابع طبیعی نوشهر و در دامنه ارتفاعی ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متری انجام شده است (شکل ۱) (پرهیزکار، ۱۳۹۳). آب و هوای منطقه معتدل کوهستانی و میزان بارندگی سالیانه در حدود ۱۳۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه هشت درجه سانتیگراد بوده و منطقه فاقد فصل خشک حیاتی است (دلفان اباذری، ۱۳۷۸). تیپ‌های اصلی جنگلی در این سری عبارتند از: تیپ راش، ممرز، افرا و توسکا.



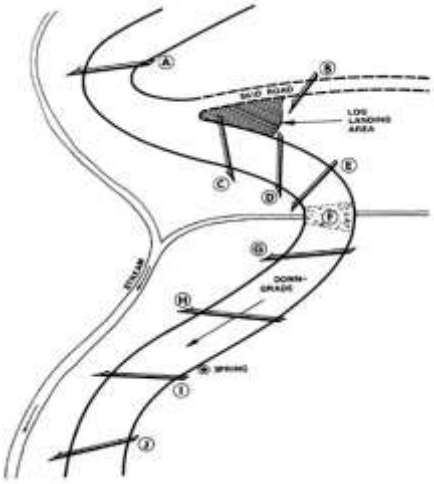
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش کار

قطعه‌بندی جاده براساس موقعیت آبروها

این مطالعه در جاده‌های جنگلی درجه دو که در سال ۱۳۶۷ ساخته شده است به انجام رسید. به منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، ابتدا جاده منطقه مورد مطالعه از نظر شیب طولی به دو دسته دارای شیب بیشتر از هفت درصد و کمتر از پنج درصد تقسیم شد. سپس برای هر دو کلاسه شیب، وضعیت کمی و کیفی قطعات جاده انتخاب شده، مطابق جداول ۱ تا ۵ بررسی شد. هر قطعه از جاده، فاصله مابین دو آبرو (لوله‌های عرضی) را شامل می‌شود (شکل ۲). فواصل آبروها بین ۴۵ تا ۴۵۰ متر متغیر بود. نقاط مورد بررسی با دستگاه موقعیت یاب جهانی گارمین ۶۴ ثبت شد. در ادامه اطلاعات مرتبط با آبروها، جوی کناری، عوامل مرتبط با سطح جاده و ترانشه‌های خاکبرداری و خاکریزی که شامل اطلاعات کمی و کیفی

می‌باشد، جمع آوری شدند (جداول ۱ تا ۵). داده‌های کیفی به صورت توصیفی و داده‌های کمی به صورت میانگین محاسبه و بین دو طبقه شیب طولی مورد مطالعه به مقایسه گذاشته شد.



شکل ۲- نحوهٔ قطعه بندی جاده به منظور بررسی وضعیت جاده جنگلی

اطلاعات مورد برداشت با توجه به جدول ۱ تا ۵ به شرح زیر می‌باشد (عبدی و مجنونیان، ۱۳۹۷):

۱- ثبت مشخصات آبرو: موارد بررسی شده در برداشت اطلاعات آبروها شامل جنس آبرو، قطر لوله، طول لوله، شیب طولی آبرو، عمق لوله از سطح جاده در ترانشه خاکبرداری و خاکریزی، وضعیت ورودی لوله، وجود نشانه فرسایش زیر خروجی آبرو و نشانه ناپایداری در ترانشه خاکبرداری و خاکریزی بود. تمام موارد ذکر شده در طول مسیر جاده مورد بازدید قرار گرفت و موقعیت مکانی آن‌ها ثبت گردید. وضعیت دهانه ورودی و چگونگی هدایت آب به داخل دهانه لوله‌ها ثبت و همچنین وضعیت سلامت، انسداد و وضعیت خروجی آب و چگونگی قرار گفتن آب در مسیر آبراهه‌ها مشاهده و ثبت شد.

۲- ثبت مشخصات جوی کناری: جوی کناری وظیفه انتقال رواناب سطح جاده و ترانشه و دامنه بالادست جاده به آبروها را بر عهده دارد. عملکرد نامناسب جوی سبب ایجاد فرسایش جوی، شانه و رویه جاده خواهد شد. برداشت‌های انجام شده از جوی کناری دارای اطلاعات جنس و شکل جوی، شیب طولی جوی، عمق و عرض جوی در بالا و کف، عملکرد جوی در زهکشی رواناب و نشانه‌های رسوب‌گذاری و انسداد جوی می‌باشد.

۳- ثبت مشخصات جاده و روسازی: این بخش بیشتر سواره‌رو و شانه‌های جاده را شامل می‌شود، مانند عرض سواره‌رو، عرض شانه طرف دامنه و دره، شیب طولی جاده، متوسط شیب عرضی جاده و الگوی سطح جاده. همچنین مشخصات روسازی که در برگیرنده اطلاعاتی راجع به علائم فرسایش طولی سواره‌رو، وجود چاله، ترک، بیرون زدگی سنگی، شل شدن مصالح و موج دار شدن سطح جاده می‌باشد. روسازی جاده‌ها از چندین لایه تشکیل می شود. تعداد، ضخامت و جنس این لایه‌ها مرتبط با میزان ترافیک و نوع وسائل نقلیه، شرایط جوّی، مصالح موجود در محل و شرایط اقتصادی می باشد (Larsen and Parks, 1997). خرابی سطح جاده‌ها به دوسته خرابی‌های فیزیکی و زیستی تقسیم بندی می‌شوند که به شرح زیر می‌باشند (پارساخو، ۱۳۹۴):

شیار افتادگی: ایجاد رد چرخ بر اثر جاری شدن آب در سطح جاده که در برخی موارد به علت سست و ناپایدار شدن زیرسازی می‌تواند منجر به نشست سطح جاده شود.

از بین رفتن الگوی عرضی جاده: که در اثر طراحی و ساخت نامناسب، از بین رفتن روسازی و ترافیک شدید بوجود می آید.
چاله: در صورتی که زیرسازی و روسازی جاده‌ها یکنواخت نباشد، تردد وسایل نقلیه می‌تواند سبب کوبیدگی و فرونشستن مناطق سست شود.
نشست و ترک: در اثر حرکت و جابجایی توده‌های خاک در زیر محدوه عبور ایجاد شده و نشانه ناپایداری بستر جاده می باشد.
پوشش انبوه گیاهان: پوشش بیش از اندازه گیاهان برای رفت و آمد وسایل نقلیه ایجاد مزاحمت کرده و میدان دید و به طبع آن ایمنی را کاهش می‌دهد.
اطلاعات مرتبط با هر یک از موارد بالا از لحاظ ثبت موقعیت مکانی و ابعاد آنها با دیگر اطلاعات برداشت شده از سطح جاده ادغام شد.

۴- ثبت وضعیت شیروانی‌های خاکی: شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی دارای مشکلات مشابهی هستند، مانند فرسایش آبی، رانش، لغزش یا ریزش و ترک‌های کششی که می‌تواند منجر به ناپایداری دامنه گردند (مصطفی و پارساخو ، ۱۳۹۹). وضعیت زمین شناسی، خاک و شیب منطقه مهمترین عوامل مؤثر در وقوع هر یک از موارد یادشده می باشد. در این مطالعه وضعیت ترانشه‌های خاکبرداری و خاکریزی از نظر شیب، طول، جنس خاک، وجود ناپایداری، نشانه‌های وجود آب‌های زیرسطحی و تراکم پوشش گیاهی برداشت شد.

یافته‌ها

نتایج بدست آمده حاصل از بررسی داده‌های کیفی در دو طبقه شیب طولی کمتر از پنج درصد و بیشتر از هفت درصد در جداول ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱- داده‌های کیفی بررسی شده در قطعات جاده دارای شیب کمتر از ۵٪

داده‌های کیفی بررسی شده در نمونه‌های با شیب کمتر از ۵٪	قطعه ۱ با شیب ۳٪	قطعه ۲ با شیب ۱٪	قطعه ۳ با شیب ۱٪	قطعه ۴ با شیب ۳٪
جنس آبرو	بتنی	بتنی	بتنی	بتنی
وضعیت حوضچه رسوب‌گیر	نیمه مسدود	پر شده	پر شده	پر شده
جنس حوضچه رسوب‌گیر	بتنی	سنگ‌چین	بتنی	بتنی
وضعیت ورودی لوله	مسدود	مسدود	مسدود-شکسته	شکسته
وضعیت زیر خروجی آبرو	سنگ‌چین	سنگ‌چین	سنگ‌چین	سنگ‌چین
وجود نشانه فرسایش زیر خروجی آبرو	✓	✓	✓	✓
نشانه ناپایداری در ترانشه خاکبرداری	×	×	×	✓
نشانه ناپایداری در ترانشه خاکریزی	×	×	✓	×
نشانه رد شدن آب از کنار آبرو (Bypass)	×	×	✓	×
شکل جوی کناری	U شکل	U شکل	ذوزنقه	ذوزنقه
جنس جوی	خاکی	خاکی	خاکی	خاکی-سنگی
عملکرد جوی در زهکشی رواناب	مناسب	نامناسب	مناسب	مناسب

نشانه فرسایش در جوی	✓	✓	✓	✓
نشانه رسوب گذاری یا انسداد جوی	✓	✓	✓	✓
الگوی عرضی سطح جاده	گرده‌ماهی	گرده‌ماهی	شیب به داخل	گرده‌ماهی
وجود فرسایش طولی سواره‌رو	×	✓	✓	✓
رد چرخ روی سواره‌رو	×	✓	✓	✓
وجود چاله روی سواره‌رو	✓	✓	✓	✓
از دست رفتن مصالح روسازی	✓	✓	✓	✓
بیرون زدگی سنگی	✓	✓	✓	✓
پوشش گیاهی مانع دید	×	×	×	×
جنس خاک دامنه	ریزدانه	ریزدانه	ریزدانه	ریزدانه
تراکم پوشش گیاهی دامنه	٪۸۰	٪۶۰	٪۷۰	٪۷۵
وضعیت پایداری ترانشه خاکبرداری	پایدار	پایدار	پایدار	پایدار
وضعیت پایداری ترانشه خاکریزی	پایدار	پایدار	پایدار	ناپایدار
نشانه فرسایش ترانشه خاکبرداری	×	×	×	×
نشانه فرسایش ترانشه خاکریزی	×	×	×	ریزش

جدول ۲- داده‌های کیفی بررسی شده در قطعات جاده با شیب طولی بیشتر از ٪۷

داده‌های کیفی بررسی شده در نمونه‌های با شیب بیش از ٪۷	قطعه ۱ با شیب ٪۷	قطعه ۲ با شیب ٪۹	قطعه ۳ با شیب ٪۸	قطعه ۴ با شیب ٪۷
جنس آبرو	بتنی	بتنی	بتنی	بتنی
وضعیت حوضچه رسوب‌گیر	تخریب شده	تمیز	پر شده	پر شده
جنس حوضچه رسوب‌گیر	بتنی	بتنی	بتنی	بتنی
وضعیت ورودی لوله	نیمه مسدود	سالم	مسدود	مسدود
وضعیت زیر خروجی آبرو	سنگ‌چین	سنگ‌چین	سنگ‌چین	سنگ‌چین
وجود نشانه فرسایش زیر خروجی آبرو	✓	✓	✓	✓
نشانه ناپایداری در ترانشه خاکبرداری	×	×	✓	✓
نشانه ناپایداری در ترانشه خاکریزی	✓	✓	✓	✓
نشانه رد شدن آب از کنار آبرو (Bypass)	✓	×	×	×
شکل جوی کناری	U شکل	ذوزنقه	ذوزنقه	U شکل
جنس جوی	خاکی-سنگی	خاکی-سنگی	خاکی-سنگی	خاکی-سنگی
عملکرد جوی در زهکشی رواناب	نامناسب	مناسب	نا مناسب	نا مناسب
نشانه فرسایش در جوی	✓	✓	✓	✓
نشانه رسوب گذاری یا انسداد جوی	✓	✓	✓	✓
الگوی عرضی سطح جاده	شیب به داخل	شیب به خارج	گرده‌ماهی	شیب به داخل
وجود فرسایش طولی سواره‌رو	✓	✓	✓	✓

رد چرخ روی سواره‌رو	✓	✓	✓	✓
وجود چاله روی سواره‌رو	✓	✓	✓	✓
از دست رفتن مصالح روسازی	✓	✓	✓	✓
بیرون زدگی سنگی	✓	✓	✓	✓
پوشش گیاهی مانع دید	×	×	×	×
جنس خاک دامنه	ریزدانه	ریزدانه	ریزدانه	ریزدانه
تراکم پوشش گیاهی دامنه	٪۶۰	٪۸۰	٪۹۰	٪۹۰
وضعیت پایداری ترانشه خاکبرداری	پایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار
وضعیت پایداری ترانشه خاکریزی	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار	ناپایدار
نشانه فرسایش ترانشه خاکبرداری	ریزش محدود	رانش	رانش	رانش
نشانه فرسایش ترانشه خاکریزی	رانش	رانش	رانش	رانش

داده‌های کمی برداشت شده از قطعات با دو کلاسه شیب ذکر شده به‌صورت جداول ۳ تا ۵ ارائه شده است:

جدول ۳- مقایسه داده‌های سطح جاده در دو طبقه شیب طولی

داده‌های کمی بررسی شده سطح جاده	طبقه شیب بیش از ۷ درصد	طبقه شیب کمتر از ۵ درصد
عرض سواره‌رو (متر)	3.075	2.95
عرض شانه طرف دره (متر)	1/75	1/15
عرض شانه طرف دامنه (متر)	1/3	1/125
شیب طولی جاده (٪)	7/75	2
متوسط شیب عرضی جاده (٪)	4/75	2/5

جدول ۴- مقایسه داده‌های ترانشه‌های خاکبرداری و خاکریزی در دو طبقه شیب طولی

داده‌های کمی بررسی شده ترانشه‌های خاکبرداری و خاکریزی	طبقه شیب بیش از ۷ درصد	طبقه شیب کمتر از ۵ درصد
شیب طبیعی دامنه (درجه)	33/75	13
شیب ترانشه خاکبرداری (درجه)	45	4/75
طول ترانشه خاکبرداری (متر)	2/2845	0/9075
شیب ترانشه خاکریزی (درجه)	49	37/5
طول ترانشه خاکریزی (متر)	1/1975	0/805

جدول ۵- مقایسه داده‌های جوی کناری جاده در دو طبقه شیب طولی

داده‌های کمی بررسی شده جوی کناری جاده	طبقه شیب بیش از ۷ درصد	طبقه شیب کمتر از ۵ درصد
متوسط شیب طولی جوی (٪)	5/5	4/5
عمق جوی (سانتی متر)	22/5	41/25
عرض جوی در بالا (سانتی متر)	46/25	68/75
عرض جوی در پایین (سانتی متر)	82/5	115

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در شیب‌های بالاتر نشانه‌های ناپایداری بیشتر ملاحظه می‌شود. عملکرد جوی در زهکشی رواناب ضعیف‌تر بوده و به دلیل جاری شدن آب بر روی سطح سواره‌رو، انواع فرسایش افزایش می‌یابد.

همچنین وضعیت ورودی لوله‌ها در هر دو کلاسه شیب تقریباً یکسان بوده و مسدود یا پر شده می‌باشد. وجود نشانه فرسایش در زیر خروجی آبرو در همه نمونه‌ها مشاهده شد. نشانه انحراف آب از آبروها در یک نمونه از هر یک از کلاسه‌های شیب مشاهده شد. در کلاسه شیب بیش از هفت درصد، نشانه ناپایداری ترانشه خاکبرداری از ترانشه خاکریزی بیشتر بود، حال آنکه این وضعیت در رابطه با شیب طولی کمتر از پنج درصد دقیقاً برعکس بود. به دلیل اینکه شیب ترانشه‌ها در سمت دامنه کمتر بوده، جوی کناری فرسایش یافته و آب روی سطح جاده روان گشته که منجر به ناپایداری ترانشه خاکریزی شده است. همچنین جنس ترانشه خاکبرداری در شیب با کلاسه بیش از هفت درصد که در برخی نمونه‌ها خاکی-سنگی بوده است، منجر به ناپایداری از نوع ریزش شده است. همچنان که در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، تعداد چاله‌ها و عمق آنها در جاده‌های با شیب بیشتر از هفت درصد نسبت به جاده با کلاسه شیب کمتر از پنج درصد فراوانی بیشتری دارد. همچنین جنس تمامی آبروها بتنی بوده و طی زمان و عدم رسیدگی، تقریباً در تمام نمونه‌های برداشتی مسدود یا پر شده بودند. رد چرخ بر سطح جاده در اکثر نمونه‌ها در هر دو طبقه شیب طولی مشاهده شد. همچنین روسازی و بیرون زدگی سنگی در کل نمونه‌های برداشت شده وجود داشت.





شکل ۳- چاله‌های ایجاد شده در شیب کمتر از ۵ درصد

شکل ۴- چاله‌های ایجاد شده در شیب بیشتر از ۷ درصد

در بررسی‌های کمی صورت گرفته در رابطه با داده‌های سطح جاده، ترانشه‌های خاکبرداری و خاکریزی و جوی کناری (جداول ۳ تا ۵) و همچنین آبروهای جاده در کلاسه شیب بیش از هفت درصد، عامل ترانشه‌های خاکبرداری تاثیر بیشتری بر فرسایش و انسداد جوی کناری و به طبع آن ایجاد رواناب بر سطح جاده داشت که منجر به ایجاد چاله و از دست رفتن مصالح شده بود.

در مقایسه داده‌های سطح جاده با استانداردهای در نظر گرفته شده نتایج زیر بدست آمد (نشریه ۱۳۱، ۱۳۷۳):

عرض سواره‌رو در کلاسه شیب بیش از هفت درصد در مقایسه با شیب کمتر از پنج درصد، نزدیکی بیشتری با استاندارد ذکر شده دارد. همچنین عرض شانه‌های جاده در دو سمت دامنه و دره نسبت به اندازه استاندارد بیشتر بود که می‌تواند نشانگر آن باشد که یا جاده شسته شده و یا فرسایش قابل ملاحظه‌ای در سمت دامنه اتفاق افتاده است. در رابطه با شیب عرضی متوسط، مقدار آن در شیب با کلاسه بیش از هفت درصد بیشتر از کلاسه کمتر از پنج درصد مشاهده شد.

در رابطه با داده‌های مربوط به دامنه و ترانشه‌های خاکریزی و خاکبرداری، شیب و طول ترانشه‌های خاکبرداری در کلاسه شیب بیش از هفت درصد به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از کلاسه شیب کمتر از پنج درصد بود که فرسایش شدید ترانشه

خاکریزی و عمیق شدن جوی کناری را توجیه می‌کند. متوسط شیب طولی جوی کناری در هر دو کلاسه شیب نزدیک به مقدار استاندارد است. اما عرض جوی در کلاسه شیب کمتر از پنج درصد مقدار بسیار بیشتری نسبت به کلاسه شیب بیش از هفت درصد دارد.

در رابطه با داده‌های مرتبط با آبروها، قطر و طول لوله‌ها و همچنین شیب طولی آبروها در کلاسه شیب بیش از هفت درصد، حدود دو برابر شیب کمتر از پنج درصد بود. با این حال نشانه مسدود یا پر بودن آبروها و همچنین فرسایش در هر دو نمونه کلاسه شیب بیش از هفت درصد و کمتر از پنج درصد مشاهده شد.

این مطالعه علاوه بر شناخت مشکلات موجود در وضعیت روسازی جاده‌های جنگلی به بررسی نقش شیب طولی در میزان تخریب و فرسایش جاده‌ها در مدت زمان استراحت جنگل پرداخت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با گذشت بیش از هفت سال از اجرای طرح تنفس جنگل‌ها و توقف طرح‌های جنگلداری، خلأ مدیریتی موجود در حوزه جنگل، برنامه‌ریزی، حفاظت و نگهداری جاده‌ها را با مشکل مواجه کرده است. همچنین عدم تخصیص بودجه‌های حفاظتی به زیرساخت‌ها و پروژه‌های عمرانی جنگل آسیب جدی وارد می‌سازد. رهاسازی جاده‌ها در این بازه زمانی سبب تشدید فرسایش ساختار جاده‌ها، انسداد آبروهای عرضی، سرریز رواناب روی جاده‌ها و زوال لایه سطحی شبکه جاده‌های جنگلی شده است. پیش‌بینی می‌شود با توجه به اجرای طرح تنفس و عدم تخصیص بودجه طی یک دورهٔ ۱۰ ساله، جاده‌ها با یک شیب تند نزولی به زوال کامل خواهند رسید. تخصیص بودجهٔ کافی و فوری، برای نگهداری و تعمیر و جاده‌های موجود امری ضروریست. در ادامه چند تصویر از نمونه‌های دو کلاسه شیب آمده است (شکل‌های ۵ و ۶):



شکل ۵- نمونه‌های تخریب جاده در شیب طولی بیشتر از ۷ درصد



شکل ۶- نمونه‌های تخریب جاده در شیب طولی کمتر از ۵ درصد

سپاسگزاری

از تمام کارشناسان محترم، همه عزیزانی که برای انجام این مطالعه با ما همکاری مؤثر داشتند و این پژوهش را برای رسیدن به اهداف مطلوب آن یاری نمودند و همینطور از مساعدت و همکاری آقای دکتر حسن سام دلیری، رئیس اداره منابع طبیعی کلاردشت و همچنین آقای دلفان کیوان کارشناس آن اداره، تقدیر و سپاسگزاری می‌شود.

منابع

پارساخو، آ، (۱۳۹۲). طراحی جاده‌های جنگلی، انتشارات نوروزی، گرگان، ص ۱۵۲.

پارساخو، آ، (۱۳۹۴). ساخت و نگهداری جاده‌های جنگلی، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ص ۲۴۳.

پارساخو، آ و همکاران، (۱۴۰۲). بررسی پیامدهای توقف طرح‌های جنگلداری در دوره تنفس بر وضعیت شبکه جاده‌های جنگلی شمال، علوم و فناوری چوب و جنگل، ص ۲۳-۴۱.

پرهیزکار، پ، (۱۳۹۱). تغییرات قطعات بررسی دائمی توده‌های راش منطقه کلاردشت در یک دوره پنج ساله، زیست شناسی ایران، جلد ۲۹، شماره ۱.

حسینی، ع، (۱۳۹۷). شناسایی، استفاده و مدیریت ماشین آلات جنگلی (احیا، توسعه، ساخت‌وساز و بهره‌برداری). امامت قلم، مشهد، ایران، ص ۱۸۹.

حسینی، ع، (۱۴۰۱). کنش و واکنش جاده جنگلی در بوم سازگان جنگلی هیرکانی، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۳۱ (۱): ۶۴-۵۷.

حیدری، م، نجفی، ا، علوی، ج، (۱۳۹۶). تاثیر عامل بار محور هم ارز بر زوال روسازی جاده‌های جنگلی، جنگل ایران، ص ۱۳۱-۱۴۳.

طالبی، ث، (۱۳۹۶). ارزیابی وضعیت نگهداری جاده در منطقه ارسباران، جنگل و فرآورده‌های چوبی، ص ۵۹۱-۶۱۳.

عبداللهی، م، حسینی، ع، نجفی، ا، (۱۴۰۱). پیش‌بینی زوال روسازی جاده جنگلی در دوره زمانی توقف بهره‌برداری چوبی در جنگل‌های کوهستانی شمال کشور، محیط زیست طبیعی، ص ۵۰۲-۵۱۴.

عبدی، ا، مجنونیان، ب، (۱۳۹۷). تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۲۷ صفحه.

گودرزی، ر، نجفی، ا، (۱۳۹۵). استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره در مدیریت تعمیر و نگهداری روسازی جاده‌های جنگلی، منابع طبیعی ایران، ص ۶۲۷-۶۳۶.

مصطفی، م، پارساخو، آ، (۱۳۹۹). پایش وضعیت جاده‌های موجود در طرح جنگلداری کلاته گرگان، فصلنامه علمی جاده، ص ۱۴۱-۱۵۳.

Hosseini, S.A., Esmaeili Sharif, M., Amoozad, M., Shirani, K. and Gorgandipour, M., (2016). The effect of forest road distance on forest fire severity (case study: Fires in the Neka County forestry). Ecopersia, 4(2): 1331-1342.

Larsen, MC. and Park, J.E., (1997). How wide is a road? The association of roads and mass wasting in a forested montane environment, Poerto rico, Earth surface processes and landforms, No. 22: 835-848.

Martin, T., choummanivong, L., Thoresen,T., (2013). Deterioration and maintenance of local roads. International public works conference, Australia. Pagination, 11p.

Assessment of the conditions of destruction and deterioration of the Kelardasht forestry plan forest road the during the Logging Ban period

H. Pouya[1], S.A. Hosseini[2*] and M. Abdulahi[3]

1- Ph.D. Student in Forest engineering, Department of Forestry and Forest Economics. University of Tehran, Karaj, Iran.
2- Prof., Department of Forestry and Forest Economics. University of Tehran, Karaj, Iran.
3- Ph.D. in forest engineering, expert at the Natural Resources and Watershed Management Organization of Iran.

Abstract

The cessation of forestry projects during the forest breathing plan has serious consequences for forest roads. Some of these consequences include road abandonment, a decline in protective indicators, deterioration of infrastructure, increased reconstruction costs, and economic impacts. The aim of this study is to assess the impact of slope gradient on the degradation and deterioration of forest road pavements during the resting period of forests in the Kelardasht forestry plan. Data related to culverts, road's surface, excavation and embankment trench, as well as roadside trench were collected in two slope classes: above seven percent and below five percent. The results obtained from the analysis of qualitative and quantitative data on road maintenance indicators showed that in slopes which greater than seven percent, that have more instabilities, signs of erosion and surface damage are more prevalent than slopes of less than five percent. Road culverts on slopes above seven percent and the factor of excavated trenches had a greater impact on erosion and the blockage of roadside ditches, consequently leading to surface runoff on the road, which resulted in the formation of potholes and loss of materials. However, signs of road damage were evident in both categories of slopes studied, indicating an urgent need for maintenance operations. If the current situation continues and technical management is halted, all forest roads constructed in the Hyrcanian forests, which are essential for management and access to the area, will rapidly deteriorate and decline.

Keywords: Hyrcanian forest breathing plan, Forest road, Kelardasht forestry plan, Road maintenance.

*Corresponding author Tel: +98 9121904413 Email: at.hosseini@ut.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی تنوع کارکردی مناطق جنگل کاری شده توسکای قشلاقی (*Alnus subcordata*) در شبه‌جزیره میانکاله

محمد کریمی[۱*]، مهدی عابدی[۲] و اردلان دریایی[۳]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد، رشته مدیریت مرتع، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
۲- دانشیار، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
۳- پژوهشگر، دانشگاه بوکو، وین، اتریش.

چکیده

این پژوهش به بررسی تأثیر جنگل‌کاری با گونه توسکای قشلاقی بر تنوع کارکردی گیاهی در منطقه میانکاله می‌پردازد. برای این منظور، اطلاعات پوشش گیاهی ۱۶ پلات (۸ پلات جنگل‌کاری شده با توسکا و ۸ پلات شاهد) بررسی شد و صفات کارکردی گونه های غالب آن شامل سطح ویژه برگ، محتوای ماده خشک برگ، ضخامت برگ، وزن تر برگ و وزن خشک برگ اندازه‌گیری شد. در این پلات‌ها ویژگی‌های کارکردی گیاهان شامل غنای کارکردی (FRic)، یکنواختی کارکردی (FEve)، گوناگونی واگرای (FDiv)، پراکندگی کارکردی (FDis) و شاخص رائو (RaoQ) محاسبه شدند. نتایج نشان داد که جنگل‌کاری با گونه توسکای قشلاقی موجب افزایش معنادار یکنواختی و گوناگونی کارکردی در مقایسه با مناطق شاهد شده است که نشان‌دهنده اثرات مثبت این نوع جنگل‌کاری بر تنوع و کارکرد اکوسیستم است.

واژگان کلیدی: سطح ویژه برگ، محتوای ماده خشک برگ، ضخامت برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ.

مقدمه

جنگل‌کاری به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت سرزمین نقش مهمی در احیای مناطق تخریب شده و تقویت تنوع زیستی ایفا می‌کند. این اقدامات می‌توانند از طریق تغییر در ویژگی‌های زیست‌محیطی و تأثیرگذاری بر جامعه گیاهی، ساختار و کارکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار دهند (Segura et al., 2021). در سال‌های اخیر، بررسی تأثیرات جنگل‌کاری بر جوامع گیاهی از دیدگاه کارکردی، به‌ویژه از طریق ویژگی‌های کارکردی گیاهان، به‌عنوان یک رویکرد نوین مورد توجه قرار گرفته است (Mason Norman and Wiser, 2013). این ویژگی‌ها، به‌دلیل بازتاب تعاملات بین گیاهان و محیط زیست، بینشی عمیق‌تر نسبت به فرآیندهای اکوسیستمی ارائه می‌دهند.

در منطقه میانکاله، جنگل‌کاری با گونه توسکای قشلاقی (*Alnus subcordata*) به‌عنوان یک اقدام مهم برای بهبود شرایط زیست‌محیطی و کنترل فرسایش خاک انجام شده است (Jourgholami et al., 2024). با این حال، تأثیر این جنگل‌کاری بر

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۹۱۹۶۹۵۱۵۲ ایمیل: karimi.m@modares.ac.ir

تنوع کارکردی جامعه گیاهی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. تنوع کارکردی، به‌عنوان معیاری برای اندازه‌گیری اختلافات در ویژگی‌های کارکردی گونه‌ها، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد تأثیر جنگل‌کاری بر پویایی‌های اکوسیستم ارائه دهد. هدف این مطالعه، ارزیابی اثرات جنگل‌کاری با گونه توسکای قشلاقی بر تنوع کارکردی پوشش گیاهی منطقه میانکاله است. در این راستا، شاخص‌های مختلف تنوع کارکردی شامل غنای کارکردی (FRic)، یکنواختی کارکردی (FEve)، واگرایی کارکردی (FDiv)، پراکندگی کارکردی (FDis) و شاخص رائو (RaoQ) محاسبه و نتایج بین مناطق جنگل‌کاری شده با شاهد مقایسه شدند. این تحقیق می‌تواند درک بهتری از اثرات این نوع مدیریت بر ساختار و عملکرد اکوسیستم ارائه دهد و راهنمایی برای برنامه‌ریزی‌های آینده باشد.

مواد و روش‌ها

میانکاله یک شبه‌جزیره در ساحل جنوبی دریای خزر، واقع در شمال ایران است که به دلیل تنوع زیستی غنی و اهمیت زیست‌محیطی خود به عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره یونسکو شناخته می‌شود. این منطقه شامل اکوسیستم‌های مختلفی از جمله تالاب‌ها، تپه‌های شنی، مراتع و جنگل‌های توسکا است و زیستگاه گونه‌های گیاهی و جانوری متعددی می‌باشد (Shokri et al., 2004).

در میانکاله ۱۶ پلات ۳۰×۳۰ متری شامل ۸ پلات جنگل‌کاری شده و ۸ پلات شاهد با فاصله حدود ۵ کیلومتر از یکدیگر انتخاب شدند. پلات‌های شاهد در امتداد مناطق جنگل‌کاری شده و در نقاطی که گونه توسکای قشلاقی حضور نداشت، مستقر شدند (Arzani and Abedi, 2015).

در این پلات‌ها ویژگی‌های کارکردی گیاهان شامل وزن تر و خشک برگ (گرم)، ضخامت برگ (سانتی‌متر)، مساحت برگ (سانتی‌متر مربع)، سطح ویژه برگ (SLA؛ میلی‌متر مربع بر میلی‌گرم)، محتوای ماده خشک برگ (LDMC)، ارتفاع گیاه (متر) و طول برگ (سانتی متر) گونه های چندساله چوبی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی از دستورالعمل استاندارد استفاده شد (Cornelissen et al., 2003). شاخص‌های تنوع کارکردی شامل غنای کارکردی (FRic)، یکنواختی کارکردی (FEve)، گوناگونی کارکردی (FDiv)، واگرایی کارکردی (FDis) و شاخص رائو (RaoQ) با استفاده از بسته‌های آماری نرم‌افزار R محاسبه شدند.

یافته‌ها

نتایج بررسی درصد پوشش گونه‌های گیاهی در مناطق جنگل‌کاری شده و شاهد نشان داد که گونه‌های غالب در هر منطقه متفاوت هستند. گونه‌های غالب هر منطقه در جدول ۱ پررنگ شده‌اند.

جدول ۱- میانگین درصد گونه‌های دو منطقه مورد مطالعه

نام علمی گونه‌ها	توسکا	شاهد
Mespilus germanica	0.125	1.875
Alnus subcordata	**71.25**	0
Vitis vinifera	1.375	0
Lonicera iberica	0	5
Artemisia campestris subsp. *Inodora*	0	0.125
Celtis australis	0	0.0625
Punica Granatum	**14.5**	**3.125**
Rhamnus Pallasii	0	0.125
Juncus rigidus	0.0625	0
Juncus littoralis	1.25	**47.25**
Rubus sanctus	**46.875**	**54.375**

شاخص‌های محاسبه شده نیز در جدول ۲ قابل مشاهده است که شاخص‌های معنادار پررنگ شده‌اند.

جدول ۲- شاخص‌های کارکردی

شاخص‌های تنوع کارکردی	توسکا	شاهد	T.value	P.value
غنای کارکردی (FRic)	5.07 ± 1.58	1.78 ± 0.37	-2.027	**0.078**
یکنواختی کارکردی (FEve)	0.79 ± 0.04	0.57 ± 0.07	-2.73	**0.021**
گوناگونی کارکردی (FDiv)	0.82 ± 0.03	0.63 ± 0.04	-3.762	**0.003**
پراکندگی کارکردی (FDis)	2.31 ± 0.04	2.38 ± 0.20	0.377	0.717
شاخص رائو (RaoQ)	5.59 ± 0.29	6.53 ± 0.55	1.514	0.159

بحث و نتیجه گیری

مقایسه نتایج مطالعه حاضر با مقاله Hu et al. (2021) که به بررسی تأثیر جنگل‌کاری با گونه *Robinia pseudoacacia* و مقاله Wang et al. (2023) که تأثیر جنگل‌کاری با گونه *Alnus* را در زیست‌بوم‌های مشابه تحلیل کرده است، نشان می‌دهد که شاخص‌های یکنواختی کارکردی (FEve) و واگرایی کارکردی (FDiv) در همه مطالعات به طور معناداری افزایش یافته‌اند. این نتایج بیانگر نقش گونه‌های غالب جنگل‌کاری شده در بازسازی تنوع کارکردی است. یکی از دلایلی که در مطالعات دیگر این شاخص‌ها افزایش یافتند، معمولاً به دلیل نقش کلیدی گونه‌های تثبیت کننده نیتروژن و ایجاد زیستگاه مناسب‌تر برای سایر گونه‌ها است که در مطالعه ما نیز می‌توان به گونه توسکای قشلاقی نسبت داد. با این حال، شاخص پراکندگی کارکردی (FDis)در مطالعه حاضر تفاوت معناداری نشان نداد، در حالی که در مطالعات دیگر افزایش یافته است. این تفاوت می‌تواند به دلیل ترکیب متفاوت گونه‌های غالب و شرایط خاص محیطی در منطقه میانکاله باشد.

همچنین شاخص غنای کارکردی (FRic) در این مطالعه تنها به صورت حاشیه‌ای معنادار بود که می‌تواند به دلیل همگنی نسبی گونه‌ها در پلات‌های جنگل‌کاری شده و شاهد باشد. این موضوع برخلاف نتایج مطالعات دیگر است که غنای کارکردی را به عنوان شاخصی حساس به تغییرات محیطی گزارش کرده‌اند.

سپاسگزاری

از دانشگاه تربیت مدرس برای فراهم آوردن امکانات پژوهشی لازم که سهم بزرگی در انجام این تحقیق داشتند، قدردانی می‌شود.

منابع

Arzani, H., and Abedi, M. (2015). Rangeland Assessment: Survey and Monitoring. https://www.researchgate.net/publication/277813219

Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., Ter Steege, H., Morgan, H.D., Van Der Heijden, M.G.A., Pausas, J.G., and Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. In Australian Journal of Botany, Vol. 51 (4): 335- 380). https://doi.org/10.1071/BT02124

Hu, S., Jiao, J., Kou, M., Wang, N., García-Fayos, P., and Liu, S. (2021). Quantifying the effects of Robinia pseudoacacia afforestation on plant community structure from a functional perspective: New prospects for management practices on the hilly and gullied Loess Plateau, China. Science of The Total Environment, 773, 144878. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144878

Jourgholami, M., Hosseiniala, E. A., Latterini, F., Venanzi, R., and Picchio, R. (2024). The Effects of Soil Compaction on the Growth and Architecture of the Seedlings of Species Commonly Used for Afforestation in Iran. Forests, 15 (7). https://doi.org/10.3390/f15071090

Mason Norman W. H. AND Wiser, S. K. (2013). Functional Traits Reveal Processes Driving Natural Afforestation at Large Spatial Scales. PLOS ONE, 8(9), null. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075219

Segura, C., Jiménez, M. N., Fernández-Ondoño, E., and Navarro, F. B. (2021). Effects of Afforestation on Plant Diversity and Soil Quality in Semiarid SE Spain. Forests, 12(12). https://doi.org/10.3390/f12121730

Shokri, M., Safaian, N., Ahmadi, M. Z. T., and Amiri, B. J. M. Shokri (2004). A second look on biogeographical province of Miankaleh Biosphere Reserve-105-Applied Ecology And Environmental Research. http://www.ecology.kee.hu•ISSN15891623

Wang, C., Hou, Y., Hu, Y., Zheng, R., and Li, X. (2023). Plant diversity increases above-and below-ground biomass by regulating multidimensional functional trait characteristics. Annals of Botany, 131 (6): 1001–1010. https://doi.org/10.1093/aob/mcad058

Functional Diversity Assessment of Alder (*Alnus subcordata*) Afforested Areas in Miankaleh peninsula

M. Karimi[1*], M. Abedi[2] and A. Daryaei[3]

1- M.Sc. Student of Rangeland Management, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
2- Associate Prof., Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
3- Researcher, BOKU University, Vienna, Austria.

Abstract

This study investigates the effects of *Alnus subcordata* afforestation on the functional diversity of plant cover in the Miankaleh region. For this purpose, 16 plots (8 afforested with *Alnus subcordata* and 8 control) were analyzed. Plant functional traits were assessed through indices including Functional Richness (FRic), Functional Evenness (FEve), Functional Divergence (FDiv), Functional Dispersion (FDis), and Rao's Quadratic Entropy (RaoQ). The results revealed that *Alnus subcordata* afforestation significantly increased functional evenness and divergence compared to control areas, indicating the positive impacts of such afforestation on diversity and ecosystem functioning.

Keywords: Specific Leaf Area (SLA), Leaf Dry Matter Content (LDMC), Leaf Thickness, Fresh Leaf Mass, Dry Leaf Mass.

*Corresponding author Tel: +98 9919695152 Email: karimi.m@modares.ac.ir

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

تحلیل مقایسه‌ای شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در تپه‌های شنی اکوسیستم ساحلی میانکاله

محمد کریمی[۱*]، مهدی عابدی[۲] و اردلان دریایی[۳]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد، رشته مدیریت مرتع، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
۲- دانشیار، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
۳- پژوهشگر، دانشگاه بوکو، وین، اتریش.

چکیده

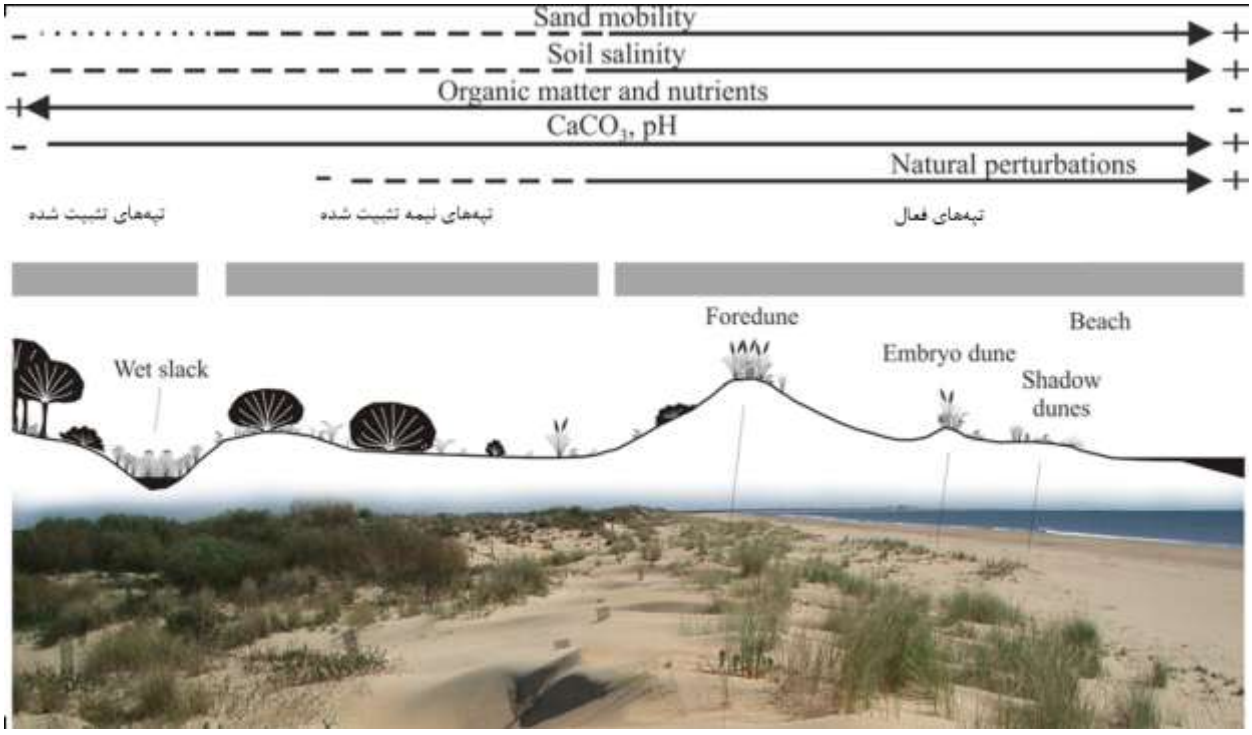
تپه‌های شنی ساحلی میانکاله، شامل تپه‌های فعال و تثبیت شده، زیستگاه‌هایی با تنوع زیستی منحصر به فرد هستند. این مطالعه با هدف مقایسه تنوع تاکسونومیکی این دو نوع تپه انجام شد و شاخص‌هایی مانند غنای گونه‌ای، یکنواختی و شاخص‌های شانون و سیمپسون استفاده شدند. یافته‌ها نشان می‌دهد که تثبیت تپه‌ها تأثیر قابل‌توجهی بر ترکیب گونه‌ای و تنوع زیستی دارد و می‌تواند راهکارهایی برای مدیریت پایدار این اکوسیستم‌ها ارائه دهد.

واژگان کلیدی: تپه‌های شنی فعال، تپه‌های شنی پایدار، تنوع تاکسونومیکی، شاخص شانون، شاخص سیمپسون.

مقدمه

یکی از شاخص‌های اکوسیستم‌های ساحلی، گرادیان‌های شدید محیطی است که سبب همزیستی جوامع گیاهی مختلف در این اکوسیستم‌های کوچک شنی می‌شوند (Frederiksen et al., 2006). شبه جزیره میانکاله که به‌عنوان یک ذخیره‌گاه زیست‌کره یونسکو در شمال ایران قرار دارد، یک اکوسیستم ساحلی منحصر به فرد است که میزبان جوامع گیاهی متنوعی است (Shokri et al., 2004). تپه‌های شنی ساحلی، زیست‌بوم‌های پویایی هستند که در مرز میان خشکی و دریا شکل می‌گیرند. این زیست‌بوم‌ها خدمات اکولوژیکی مهمی مانند حمایت از تنوع زیستی، حفاظت در برابر طوفان‌ها و ذخیره‌سازی کربن ارائه می‌دهند (Figlus and Armitage, 2014). تپه‌های شنی به دو نوع فعال و تثبیت شده تقسیم می‌شوند. تپه‌های شنی فعال با حرکت مداوم شن‌ها و پوشش گیاهی کم مشخص می‌شوند، در حالی که تپه‌های شنی تثبیت شده دارای پوشش گیاهی متراکم هستند که شن‌ها را تثبیت کرده و خاک غنی‌تری را پشتیبانی می‌کند (Muñoz-Vallés and Cambrollé, 2016). کارکردهای اکولوژیکی این تپه‌ها، به ویژه تنوع زیستی آن‌ها، تحت تاثیر درجه تثبیت آن‌ها قرار می‌گیرد که آنها را به آزمایشگاه‌های طبیعی مهمی برای مطالعه فرآیندهای اکولوژیکی و استراتژی‌های حفاظتی تبدیل کرده است.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۹۱۹۶۹۵۱۵۲ ایمیل: karimi.m@modares.ac.ir



شکل ۳- تپه‌های تثبیت شده و فعال (Muñoz-Vallés and Cambrollé, 2016)

تنوع تاکسونومی یک جنبه اساسی از تنوع زیستی است که بینشی در مورد تنوع و توزیع گونه ها در یک اکوسیستم فراهم می‌کند. تنوع تاکسونومی به عنوان یک شاخص کلیدی سلامت، انعطاف‌پذیری و کارکرد اکوسیستم عمل می‌کند. تپه‌های شنی ساحلی، به‌ویژه در گذار از حالت فعال به تثبیت شده، بستری منحصربه‌فرد برای مطالعه تغییرات تنوع زیستی ناشی از عوامل محیطی و ویژگی‌های زیستگاه فراهم می‌کنند (Mahdavi and Bergmeier, 2016; Tirgan et al., 2022).

تنوع زیستی در تپه‌های شنی ساحلی، تحت تأثیر عوامل غیرزیستی مانند پایداری خاک، دسترسی به مواد مغذی و شدت باد و پاشش نمک[1] قرار دارند (Muñoz-Vallés and Cambrollé, 2016). انتظار می‌رود که تپه‌های شنی فعال به دلیل حرکت مداوم شن و شرایط سخت‌تر، پوشش و تنوع گیاهی محدودتری داشته باشند. در مقابل، انتظار می‌رود که تپه‌های شنی تثبیت شده از جوامع گیاهی پیچیده‌تر با تنوع بیشتر پشتیبانی کنند (Muñoz-Vallés and Cambrollé, 2016). با وجود اهمیت تنوع زیستی در حفظ کارکرد زیست‌بوم، مطالعات مقایسه‌ای بر روی تپه‌های شنی فعال و تثبیت شده در ایران، به ویژه در سیستم‌های منحصر به فردی مانند میانکاله، محدود است.

این مطالعه به بررسی تنوع زیستی جوامع گیاهی در تپه‌های شنی فعال و تثبیت شده در شبه‌جزیره میانکاله می‌پردازد؛ زیست‌بومی که به عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره یونسکو شناخته شده است (Shokri et al., 2004). این پژوهش به شناسایی تفاوت‌های ترکیب جامعه و اکولوژی کارکردی کمک کرده و به درک و مدیریت تپه‌های شنی در منطقه کمک می‌کند.

1- Salt Spray

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

میانکاله شبه‌جزیره‌ای است که در استان مازندران قرار داشته و ۶۸۰۰۰ هکتار وسعت دارد. این شبه‌جزیره در جنوب شرقی دریای خزر واقع شده که به دلیل داشتن گیاهان و جانوران منحصر به فرد و ارزش حفاظتی زیادی که دارد معروف است. این شبه‌جزیره یکی از ۱۳ ذخایر زیست‌کره ایران در برنامه انسان و بیوسفر (MaB) است که زیستگاه مناسبی برای گیاهان خشکی و آبزی، حیوانات و پرندگان مهاجر در نظر گرفته می‌شود (Ejtehadi et al., 2003). میانگین بارش سالانه ۶۷۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه این منطقه ۱۷/۶ درجه‌سانتی‌گراد است و اقلیم منطقه نیمه‌مرطوب است (Ghahroudi Tali et al., 2012).

پوشش گیاهی میانکاله موضوع مطالعات قبلی بوده است که ۲۴۲ گونه گیاهی متعلق به ۴۸ تیره شناسایی شده است (Ejtehadi, 2005)، از جمله جوامع گیاهی غالب این منطقه *Plantago indica-Carex nutanse*، *Pure Punica*، *Punica-Rubus*، *Punica-Juncus*، *Juncus-Rubus*، *Pure Juncus* و *Frankenia hirsuta-Plantago coronopus* است. به‌منظور بررسی تپه های شنی، دو رویشگاه تپه‌های شنی فعال و نیز تپه‌های شنی تثبیت شده مورد بررسی قرار گرفت.

نمونه برداری پوشش گیاهی

نمونه‌برداری پوشش گیاهی در فصل مناسب رویش درختچه‌ها انجام شد. در این مطالعه، ۲۰ پلات مربعی ۳۰ در ۳۰ متر در کل منطقه میانکاله شامل ۱۰ پلات در هر سایت با فاصله حدود ۵ کیلومتر از یکدیگر مستقر شد. در هر پلات، درصد پوشش درختچه‌ها، پوشش سطح زمین و همچنین موقعیت جغرافیایی پلات ها ثبت شد (Arzani and Abedi, 2015).

به‌منظور بررسی شاخص‌های تنوع زیستی از بسته adiv در نرم افزار R استفاده شد و از شاخص‌های مختلف برای تحلیل شاخص‌های تنوع زیستی، غنا و یکنواختی استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج این تحقیق نشان داد که درختچه‌های غالب در تپه‌های شنی فعال شامل *Rubus sanctus* و *Artemisia campestris* subsp. *Inodora* و*Juncus littoralis* است و در سایت تپه‌های شنی تثبیت شده، *Rubus sanctus*، *Juncus littoralis*، *Punica granatum* و *Rhamnus pallasii* غالبیت دارند (جدول ۱).

بررسی شاخص‌های تنوع گیاهی نشان داد که میزان تنوع و غنای تپه‌های تثبیت شده بیشتر از تپه‌های فعال است. اما تفاوت معناداری از نظر یکنواختی بین این دو رویشگاه شنی وجود ندارد. همچنین درصد پوشش گیاهی کل سایت تثبیت شده بیشتر از تپه‌های فعال است.

جدول ۱- درصد پوشش گونه های چوبی در سایت های مورد مطالعه (n=10)

نام علمی گونه‌ها	فعال	تثبیت شده
Mespilus germanica	۱/۲۵	۴,۱۵
Vitis vinifera	۰	۴,۲
Lonicera iberica	۰	۴,۸
Artemisia campestris subsp. *Inodora*	۹/۲	۰,۴
Celtis australis	۰,۱	۳,۲
Punica granatum	۰,۵۷	۷,۹۵
Rhamnus pallasii	۰,۸	۷,۵
Juncus rigidus	۴,۸	۰,۸
Juncus littoralis	۸,۸	۹
Rubus sanctus	۱۵,۱	۲۷,۵
Tamarix sp.	۰,۳۵	۰

جدول ۲- مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در دو رویشگاه تپه‌های شنی (اختلاف معنادار پررنگ شده است)

پارامترها	فعال	ثابت شده	T-value	P-value
پوشش کل (درصد)	۵,۸۹±۴۵,۰۷	۶,۴۵±۷۵,۴	-۳,۴۷	۰,۰۰۲
غنای گونه‌ای (Richness)	۰,۲±۳,۸	۰,۲۹±۵,۲	-۳,۹۶	۰,۰۰۱
تنوع جینی سیمپسون (Gini-Simpson's Diversity)	۰,۰۴±۰,۵۲	۰,۰۲±۰,۶۸	-۳,۲۰	۰,۰۰۵
تنوع سیمپسون (Simpson's Diversity)	۰,۱۶±۲,۲۴	۰,۲۷±۳,۳۰	-۳,۳۶	۰,۰۰۴
تنوع شانون-وینر (Shannon-Wiener's Diversity)	۰,۰۶±۰,۹۳	۰,۰۷±۱,۳۲	-۴,۲۵	۰,۰۰۰۴
غنای مارگالف (Margalef's Richness)	۰,۰۵±۰,۷۸	۰,۰۸±۱,۰۱	-۲,۴۸	۰,۰۲
غنای منهینک (Menhinick's Richness)	۰,۰۴±۰,۶۳	۰,۰۵±۰,۶۶	-۰,۳۶	۰,۷۱
تنوع مکتاش (McIntosh's Diversity)	۰,۰۳±۰,۳۸	۰,۰۳±۰,۵۰	-۲,۷۹	۰,۰۱
یکنواختی اسمیت و ویلسون (Smith and Wilson's Evenness)	۰,۰۷±۰,۴۳	۰,۰۶±۰,۵۲	-۰,۹۴	۰,۳۵
یکنواختی جینی سیمپسون (Gini-Simpson's Evenness)	۰,۰۵±۰,۷۲	۰,۰۳±۰,۸۴	-۲,۰۲	۰,۰۶
یکنواختی مکتاش (McIntosh's Evenness)	۰,۰۶±۰,۶۶	۰,۰۴±۰,۷۸	-۱,۸۶	۰,۰۸
یکنواختی هیپ (Heip's Evenness)	۰,۰۵±۰,۵۷	۰,۰۴±۰,۶۷	-۱,۴۵	۰,۱۶

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، تثبیت تپه‌های شنی سبب افزایش تنوع گونه‌ای شده است که با نتایج مطالعه Acosta et al. (2009) که در طول ساحل مولیز در مرکز ایتالیا که یک اکوسیستم تپه شنی ساحلی می‌باشد، مطابقت دارد. تمرکز این

مطالعه، الگوهای تنوع گونه‌های گیاهی در انواع مختلف زیستگاه‌ها از جمله تپه‌های اولیه[1] و تپه‌های تثبیت شده بود. همچنین مطالعه Rapson et al. (2023) در زمینه ارزیابی تأثیر پوشش گیاهی بر تثبیت تپه‌های شنی و پیامدهای آن برای سلامت اکوسیستم‌های ساحلی نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده است. این امر نشان دهنده اهمیت زیاد این رویشگاه در حفظ تنوع زیاد درختچه‌ها در این رویشگاه است و بهره‌برداری و تخریب این رویشگاه سبب کاهش تنوع گونه‌های درختچه‌ای می‌شود. تپه‌های فعال اگرچه شرایط سخت‌تری برای استقرار درختچه‌ها دارند، اما استقرار درمنه بر روی تپه‌ها، تمشک و سازو در پایین تپه‌ها و مناطق دارای رطوبت زیاد سبب افزایش غنا و تنوع این رویشگاه شده است. با توجه به اینکه تنها رویشگاه‌های محدودی از تپه‌های شنی در شمال کشور باقی مانده، ضرورت دارد که برنامه‌های اصلاحی و حفاظتی برای حفظ تنوع زیستی این منطقه که هم اکنون توسط سازمان محیط‌زیست انجام می‌شود، ادامه یابد.

سپاسگزاری

از دکتر مهدی عابدی و دکتر اردلان دریایی برای راهنمایی‌های ارزشمندشان و همچنین دانشگاه تربیت مدرس برای حمایت‌های علمی و پژوهشی که در نگارش این مقاله نقش بسزایی داشتند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

منابع

Acosta, A., Carranza, M. L., and Izzi, C. F. (2009). Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dunes? Biodiversity and Conservation, 18(4): 1087–1098. https://doi.org/10.1007/s10531-008-9454-9

Arzani, H., and Abedi, M. (2015). Rangeland Assessment: Survey and Monitoring. https://www.researchgate.net/publication/277813219

Ejtehadi. (2005). Importance of Vegetation Studies In Conservation Of Wildlife: A Case Study In Miankaleh Wildlife Refuge, Mazandaran Province, Iran. www.SID.ir

Ejtehadi, Amini, H., Kianmehr, T., and Assadi. (2003). Floristical and Chorological Studies of Vegetation in Myankaleh Wildlife Refuge, Mazandaran Province, Iran. Iranian Int. J. Sci, 4 (2).

Figlus, J., and Armitage, A. R. (2014). Coastal sand dunes and dune vegetation: Restoration, erosion, and storm protection Low-frequency wave dynamics in the nearshore during hurricane attack View project Coastal Ridge-Runnel Migration View project. https://www.researchgate.net/publication/270822597

Frederiksen, L., Kollmann, J., Vestergaard, P., and Bruun, H. H. (2006). A multivariate approach to plant community distribution in the coastal dune zonation of NW Denmark. Phytocoenologia, 36(3): 321–342. https://doi.org/10.1127/0340-269X/2006/0036-0321

Ghahroudi Tali, M., Sadough, S. H., Nezammahalleh, M. A., and Nezammahalleh, S. K. (2012). Multi-criteria evaluation to select sites for ecotourism facilities: a case study Miankaleh Peninsula. Anatolia, 23(3): 373–394. https://doi.org/10.1080/13032917.2012.712872

Mahdavi, P., and Bergmeier, E. (2016). Plant functional traits and diversity in sand dune ecosystems across different biogeographic regions. Acta Oecologica, 74: 37–45. https://doi.org/10.1016/j.actao.2016.06.003

Muñoz-Vallés, S., and Cambrollé, J. (2016). Dunes. در Encyclopedia of Earth Sciences Series: Part 2: 196-203. Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6644-0_160-1

Rapson, G. L., Murphy, A. L., and Smith, A. R. (2023). Invasive species over-stabilise the vegetation of a mobile dunefield, Manawatū, New Zealand, disrupting natural succession. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:266525364

1- Embryo dune

Shokri, M., Safaian, N., Ahmadi, M. Z. T., and Amiri, B. J. (2004). M. Shokri et al.: A second look on biogeographical province of Miankaleh Biosphere Reserve-105-Applied Ecology And Environmental Research. http://www.ecology.kee.hu ISSN15891623

Tirgan, S., Naqinezhad, A., Moradi, H., Kazemi, Z., Vasefi, N., and Fenu, G. (2022). Caspian remnant coastal dunes: how do natural and anthropogenic factors impact on plant diversity and vegetation? Plant Biosystems, 156 (6): 1456–1469. https://doi.org/10.1080/11263504.2022.2065376.

Comparative Analysis of Plant Biodiversity Indices in Sand Dunes of the Coastal Ecosystem of Miankaleh

M. Karimi[1*], M. Abedi[2] and A. Daryaei[3]

1- M.Sc. Student of Rangeland Management, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
2- Associate Prof., Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
3- Researcher, BOKU University, Vienna, Austria.

Abstract
The coastal sand dunes of Miankaleh, including active and stabilized dunes, are unique habitats with significant biodiversity. This study aimed to compare the taxonomic diversity of these two dune types using indices such as species richness, evenness, Shannon, and Simpson. The findings reveal that dune stabilization significantly impacts species composition and biodiversity, providing insights for the sustainable management of these ecosystems.

Keywords: Active sand dunes, stabilized sand dunes, taxonomic diversity, Shannon index, Simpson index.

*Corresponding author Tel: +98 9919695152 Email: karimi.m@modares.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی پتانسیل دارویی درخت لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) در شمال کشور

آتنا پورمهدی نودهی[۱] و حمیدرضا ناصری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- استادیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج ، ایران.

چکیده

جنگل هیرکانی شمال ایران باقیمانده دوران سوم زمین‌شناسی از مهم‌ترین مناطق زیستی ایران و جهان محسوب می‌شود. جنس لرگ (*Pterocarya*) از گونه‌های درختی این منطقه زیستی به شمار می‌آید که متعلق به خانواده گردو (Juglandaceae) و دارای گونه‌های متعددی است. تاکنون بالغ بر ۱۵ گونه از این جنس در جهان گزارش شده است که از آسیای میانه تا ژاپن انتشار داشته و تنها یک گونه یعنی *P. fraxinifolia* در ایران مشاهده شده است. درخت لرگ در سرتاسر جنگل‌های جلگه‌ای شمال ایران از آستارا تا مینودشت تا نواحی کوهستانی غرب کشور رویش دارد. این درخت به‌عنوان یک‌گونه دارویی مطرح است که عصاره برگ و پوست ساقه آن دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. همچنین عصاره برگ لرگ دارای فعالیت ضد باکتری، ضد قارچ و لاروکشی است. مقادیر فنل‌تام و فلاونوئید موجود در عصاره تهیه شده از گیاه لرگ می‌تواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه را اثبات کند.

واژگان کلیدی: آنتی‌اکسیدان، عصاره، اسانس.

مقدمه

جنگل‌های هیرکانی شمال ایران به دلیل قرارگیری در حاشیه دریای خزر، شرایط اقلیمی خاصی برای گونه‌های گیاهی فراهم کرده است و به علت پیدایش گونه‌های نادر گیاهی از مهم‌ترین مناطق زیستی ایران و جهان محسوب می‌شوند.

لرگ از جنس (*Pterocarya*) متعلق به خانواده گردو (Juglandaceae)، راسته سداب، زیر رده بی‌گلبرگ‌ها و رده دولپه‌ای‌هاست (بتولی و همکاران، ۱۳۹۵؛ اعتماد شالکوهی و همکاران، ۱۴۰۲؛ Azadbakht et al., 2005; Abbas and Dutta, 2009). پراکنش گذشته جنس لرگ در اروپا بوده است، اما در حال حاضر این جنس حدود شش گونه را شامل می‌شود که پنج گونه آن در شرق آسیا (ویتنام، چین، کره و ژاپن) وجود دارد. در حالیکه یک گونه آن یعنی *P. fraxinifolia* به‌صورت گسترده در سواحل شرقی دریای سیاه که شامل گرجستان، آبخازیا (مرز روسیه و گرجستان)، قفقاز جنوبی، رشته‌کوه‌های تالش (جمهوری آذربایجان)، ترکیه و در امتداد کرانه جنوبی دریای خزر (کوه‌های البرز) موجود است. همچنین یک جمعیت منفصل از این گونه در رشته‌کوه‌های زاگرس یافت می‌شود (De Langhe-Min et al., 2018; Voglmayr et al., 2019; Song et al., 2021). لرگ در ایران به‌صورت خودرو در سه استان شمالی گیلان، مازندران و گلستان می‌روید. همچنین در سال‌های اخیر جمعیت کمی از این گونه در دو استان غربی (لرستان: منطقه شول‌آباد و ایلام: دره‌لات) نیز

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۲۶۲۲۲۳۰۴۴ ایمیل: hrnaseri@ut.ac.ir

گزارش‌شده است (سرمد نبوی و همکاران، ۱۳۸۷؛ بتولی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Voglmayr et al., 2019). تکثیر لرگ عمدتاً به‌صورت جنسی از *P. rhoifolia* و غیرجنسی از *P. fraxinifolia* صورت می‌گیرد (Voglmayr et al., 2019). لرگ با نام علمی *Pterocarya fraxinifolia* (Poir) spach بومی جنگل‌های هیرکانی، گونه‌ای نورپسند، خزان کننده، با ریشه دوانی سطحی، رشد آن سریع و پاجوش بسیار تولید می‌کند و مشخصه جنگل‌های پست، ساحلی و دشت سیلابی است. همچنین به‌صورت دانه‌زاد و شاخه زاد رویش دارد. این گونه به خاک مرطوب و نیمه‌عمیق غالباً ماسه‌ای با بافت رسی-لومی تا رسی-شنی با اسیدیته ضعیف تا قلیایی تمایل دارد. لرگ عمدتاً در حواشی رودخانه‌ها رشد می‌کند و پراکنش آن در مجاورت دامنه‌ها و دور از حاشیه رودها از حالت گروهی به‌صورت انفرادی در می‌آید. ارتفاع رویشگاهی این گونه از ۰ تا ۸۰۰ متر در امتداد سواحل دریای سیاه و در حاشیه دریای خزر از ۲۰ تا بالاتر از ۱۲۰۰ متر می‌باشد (شیخ‌الاسلامی و احمدی، ۱۳۸۶؛ سهرابی و همکاران، ۱۳۹۰؛ بتولی و همکاران، ۱۳۹۵؛ De Langhe-Min et al., 2018; Song et al., 2021). لرگ درختی است با پوست تنه تیره و شیاردار و حداکثر تا ارتفاع ۳۵ متر و تا قطر ۱۳۰ سانتیمتر رشد می‌کند. ریشه آن دارای خاصیت مکندگی، شاخه‌ها دارای مغز نرم و اسفنجی، جوانه‌ها قرمز رنگ، پایک‌دار و لخت، برگ‌ها متناوب شانه‌ای به طول ۶۰ سانتیمتر، برگچه‌ها ۵ تا ۱۲ جفت، گل‌ها یک‌پایه بر روی شاخه‌های اصلی، بذر آن به‌صورت فندقه قهوه‌ای رنگ به همراه بال‌های دایره‌ای شکل است. ویژگی‌های بارز این‌گونه فقدان پوسته‌های بزرگ جوانه می‌باشد (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۰؛ بتولی و همکاران، ۱۳۹۵؛ De Langhe-Min, et al., 2018). چوب لرگ در ماوراء قفقاز برای تولید مبلمان و کبریت استفاده می‌شود. همچنین در بیشتر فرهنگ‌های بومی در مناطقی از جهان از خاصیت ایکتیوتوکسین (ichtyotoxins) برگ این گونه برای صید ماهی استفاده می‌کنند (کیهانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ De Langhe-Min et al., 2018). از آنجا که ایجاد درآمد جایگزین برای جنگل نشینان از مهم‌ترین فعالیت‌های مدیریت در جنگل می‌باشد و از سویی ممنوعیت قطع درخت لرگ سبب عدم بهره‌برداری‌های سنتی به‌منظور تولید چوب از این گونه شده است، رویکرد استفاده از پتانسیل‌های دارویی درختان جنگلی با محوریت محصولات غیرچوبی، راهکار عملی پیش روی مدیران منابع طبیعی و جنگل می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع گیاهان دارویی و همچنین قابلیت‌های موجود در گونه لرگ، این پژوهش با هدف مقایسه بخشی از پژوهش‌های داخلی و خارجی انجام شده بر روی گیاه لرگ انجام گرفته است تا زمینه بهره‌برداری غیرچوبی از این گونه فراهم شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به روش کتابخانه‌ای به انجام رسیده و در بررسی موضوع از منابع معتبر علمی شامل مقالات علمی-پژوهشی، کتب علمی مرتبط با موضوع و همچنین منابع اینترنتی استفاده شده است.

یافته‌ها

مطالعه انجام شده توسط بتولی و همکاران (۱۳۹۵) بر روی اسانس برگ لرگ و آنالیز آن با دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) نشان داده است که برگ‌های این گیاه طی فصول مختلف ترکیبات متنوعی داراست، به‌نحوی‌که ۱۰ ترکیب شیمیایی در اسانس برگ‌های اردیبهشت‌ماه (برگ‌های نورسته)، ۳۵ ترکیب در اسانس برگ‌های تیرماه (برگ‌های کامل) و ۲۲ ترکیب در اسانس برگ‌های شهریورماه (برگ‌های اواخر دوره رویشی)

وجود دارد. بخش عمده ترکیبات تشکیل دهنده اسانس برگ‌های اردیبهشت‌ماه، مربوط به سسکوئی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار و بیشترین قسمت اصلی ترکیبات شیمیایی اسانس برگ‌های تیرماه، مربوط به سسکوئی‌ترپن‌های هیدروکربنی است.

جدول ۱- مقادیر فراوان‌ترین ترکیبات شیمیایی اسانس حاصل از برگ لرگ در ماه‌های اردیبهشت، تیر و شهریور

ردیف	ترکیبات اصلی	برگ اردیبهشت	برگ تیر	برگ شهریور
۱	آلفا-کورکومین	۸/۴۴٪	۱۶/۴۴٪	۰
۲	زینجی برن	۵/۳۷٪	۹/۴۴٪	۶/۶۵٪
۳	گوانیدین	۲۷/۳۲٪	۴/۸۴٪	۰
۴	ویریدیفلورن	۸/۴۴٪	۱۱/۹۵٪	۲۶/۲۹٪
۵	ویریدیفلورل	۷/۲۲٪	۵/۵۱٪	۸/۷۸٪
۶	فیتول	۰	۹/۱۶٪	۰
۷	هگزادکانوئیک اسید	۰	۵/۹۲٪	۰
۸	اسپاتولنول	۰	۰	۷/۸۲٪
۹	ترانس-کاریوفیلن	۰	۰	۱۲/۶۳٪
۱۰	نورپینین	۰	۰	۸/۹۷٪

مقایسه ترکیبات تشکیل دهنده اسانس برگ‌های مراحل مختلف فنولوژی گیاه لرگ نشان می‌دهد که ترکیباتی مانند؛ گوانیدین، زینجی‌برن، ویریدیفلورن و ویریدیفلورل، به‌عنوان اجزای اصلی و مشترک اسانس برگ‌های مراحل مختلف فنولوژی برگ لرگ به‌حساب می‌آیند. نتایج اخباری و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان می‌دهد که ترکیب اصلی در اسانس برگ‌های گیاه لرگ شامل موارد زیر است:

جدول ۲- مقادیر فراوان‌ترین ترکیبات شیمیایی اسانس حاصل از برگ لرگ در ماه اردیبهشت

ردیف	ترکیبات اصلی	برگ اردیبهشت
۱	آلفا-کورکومین	۸/۴۴٪
۲	گوانیدین	۲۷/۳۲٪
۳	ویریدیفلورل	۷/۲۲٪
۴	ویریدیفلورن	۲۱/۵۸٪

Viridiflorene یک سسکوئی‌ترپن سه کربن حلقه‌ای است که از چندین منبع طبیعی، از جمله روغن درخت چای استرالیا (*Melaleuca alternifolia*) به دست می‌آید که در برگ‌های گیاه لرگ نیز حسب گزارش بتولی و همکاران (۱۳۹۵) و اخباری و همکاران (۲۰۱۷) به مقدار قابل‌توجهی وجود دارد. از این ترکیب به‌عنوان واسطه دارویی استفاده می‌شود، همچنین دارای فعالیت ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضد مایکوباکتریوم توبرکلوزیس است و در رایحه‌درمانی و به‌عنوان طعم دهنده استفاده می‌شود. این ترکیب در دو گونه *Piper gaudichaudianum* و *Piper mikanianum* نیز به مقدار قابل‌توجهی موجود

است (Soares et al., 2022). جوگلون (۵-هیدروکسی ۱،۴-نفتوکوئین) ماده سمی گیاه لرگ است، این ترکیب نفتوکینی در برگ تازه و پوسته سبز درخت یافت می‌شود که سبب مرگ برخی از آبزیان می‌شود. جوگلون از جمله ترکیباتی است که به گیاهان خاصیت آللوپاتی (Allelopathy) یا ممانعت در رشد برخی از گیاهان زیراشکوب این درخت را می‌دهد (Hajmohammadi and Kamel, 2006). عصاره متانولی برگ لرگ دارای مقادیر زیادی از ترکیبات فنل‌تام و فلاونوئید نسبت به پوست شاخه است و عصاره آبی این گیاه نیز دارای خاصیت ضد تومور بر روی سلول‌های لنفوئید (L-1210) و لوسمی‌لنفوسیک (P-388) هست. این نتایج با نتایج مطالعات ابراهیمی زاده و همکاران (۲۰۰۹) نیز مطابقت دارد. طبق نتایج عابدی قشلاقی و همکاران (۲۰۱۴) و اعتمادی شالکوهی و همکاران (۱۴۰۲)، سمیت سلولی عصاره لرگ در برابر سلول‌های لوسمی (K562) و سلول‌های سرطان سینه رده (MCF-7) آزمایش شد. با توجه به اثرات سیتوتوکسیک عصاره‌های آبی و الکلی برگ لرگ، اتانول بیشترین اثر سمیت سلولی و بوتانول کمترین اثر سیتوتوکسیک را در بین عصاره‌ها نشان دادند. همچنین بیشترین اثر ضد سرطان مربوط به عصاره اتانول می‌باشد و عصاره آبی، متانول و n-بوتانول به ترتیب دارای بیشترین اثرات بعدی هستند. عصاره استون گیاه دارای اثر آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی بیشتری نسبت به عصاره هگزان است که می‌تواند به‌عنوان ترکیب ضدمیکروبی در برابر میکرو ارگانیسم‌ها در درمان بیماری‌های عفونی استفاده شود. با توجه به پژوهش صورت گرفته قسمت‌های مختلف این گیاه دارای ترکیبات فنل و فلاونوئید است که سبب اثر آنتی‌اکسیدانی در آن می‌شود (سرمد نبوی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Ebrahimzadeh et al., 2009). در تمامی پژوهش‌ها استخراج اسانس به روش تقطیر با بخار و سنجش خاصیت آنتی‌اکسیدانی با روش DPPH انجام شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های متعدد پژوهشگران، گیاه لرگ به علت داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند در مقابله با بیماری سرطان کاربرد داشته باشد. گیاه یا محصولات گیاهی که با تشکیل نیتریک‌اکساید در سلول‌های انسان مقابله می‌کنند برای مهار بیماری مورد توجه قرار می‌گیرند (سرمد نبوی و همکاران، ۱۳۸۷؛ اعتمادی شالکوهی، ۱۴۰۲). گیاهان دارویی به دلیل دسترسی آسان و کاهش عوارض جانبی جایگزین مناسبی برای داروهای صنعتی هستند. تقریباً ۵۵ درصد از داروهای شیمی‌درمانی اخیر از گیاهان و بر مبنای طب سنتی به‌دست آمده است. همچنین می‌توان گفت منشأ بسیاری از مواد دارویی پزشکی، فعالیت بیولوژیکی متنوع فلاونوئیدهای ناشی از متابولیسم ثانویه در گیاهان است (اعتمادی شالکوهی و همکاران، ۱۴۰۲؛ Sahu et al., 2018; Abedigheshlaghi et al., 2014). از آنجا که گزارش‌ها متعدد نشان می‌دهد که برگ گیاه لرگ دارای اسانس قابل‌توجهی است و اسانس‌ها نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در طبیعت به‌عنوان ضد باکتری، ضدویروس، ضد قارچ و حشره‌کش ایفا می‌کنند، این موضوع می‌تواند یکی از دلایل عدم رغبت دام‌های اهلی به استفاده از برگ و سرشاخه‌های این گیاه به‌عنوان علوفه باشد (Bakkali et al., 2008; Akhbari et al., 2017; Barzegar et al., 2024). اگرچه خواص ضد قارچی برای برگ لرگ متصور است، اما در مورد تنه گیاه وضعیت متفاوت می‌باشد و گزارش‌هایی از آلوده شدن تنه گیاه به‌نوعی قارچ در شمال کشور وجود دارد (Voglmayr et al., 2019). میزان فنل‌تام و فلاونوئید می‌تواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی موجود در عصاره‌های تهیه شده از گیاه لرگ را توجیه نماید. عصاره متانولی برگ لرگ دارای مقادیر بیشتری از فنل‌تام و فلاونوئید نسبت به عصاره متانولی پوست شاخه است (سرمد نبوی و همکاران، ۱۳۸۷). می‌توان چنین استنباط کرد که به علت وجود ترکیبات مختلف در برگ گیاه لرگ تقریباً حشرات و آفات به این درخت حمله نمی‌کنند و آفت خاصی برای این درخت وجود ندارد. سطوح متفاوت فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ و پوست لرگ در تمام پژوهش‌ها به دلیل

سن و تنوع گیاه، شرایط جغرافیایی، روش‌های خشک‌کردن و روش‌های استخراج است که بر مقدار و نوع ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها تأثیر می‌گذارد (Barzegar et al., 2024). همچنین می‌توان نتیجه گرفت میزان ترکیبات شیمیایی با افزایش سن برگ سیر نزولی را طی می‌کنند (بتولی و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به نتایج حاصل از بررسی منابع مختلف داخلی و خارجی می‌توان درخت لرگ را به‌عنوان یک گونه دارویی معرفی نمود و از آنجا که تمرکز مواد مؤثره گیاهی و متابولیت‌های ثانویه این گیاه عمدتاً در برگ آن می‌باشد، می‌توان به‌عنوان یک منبع محصولات غیرچوبی جنگلی آن را معرفی نمود. بدیهی است با توجه به اینکه برگ‌های گیاه لرگ برخلاف برخی گونه‌های درختی جنگل‌های شمال فاقد ارزش علوفه‌ای می‌باشد، با توسعه کاشت این گونه در زمین‌های زراعی می‌توان از برگ‌های این درخت در حد مجاز در صورتیکه به گیاه آسیبی نرسد به‌عنوان منبع تأمین ماده اولیه صنایع دارویی برای تأمین برخی ترکیبات خاص استفاده کرد و از این طریق بخشی از معیشت جنگل‌نشینان را فراهم نمود تا آسیب وارده به سایر منابع جنگل کاهش یافته و سلامت اکوسیستم جنگل‌های شمال کشور حفظ شود.

منابع

اعتمادی شالکوهی، س.، حسنی‌کومله، ح.، فرهادپور، م.، رضادوست، م.ح.، (۱۴۰۲). بررسی تأثیر عصاره متانولی برگ گیاه *Pterocarya fraxinifolia* (Poir) spach بر بازدارندگی تکثیر و بیان ژن‌های دخیل در آپوپتوز دررده سلول سرطان پستان انسان MCF-7. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۹ (۴)، ۶۰۳-۵۸۹. Doi:10.22092/ijmapr.2023.361201.3277.

بتولی، ح.، اخباری، م.، یاسا، ن.، خانوی، م.، توکلی، س.، (۱۳۹۵). مقایسه ترکیب های شیمیایی اسانس برگ های درخت *Pterocarya fraxinifolia* (Poir) Spach در مراحل مختلف فنولوژی در منطقه گیلان (مقاله کوتاه). اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۴(۱) (پیاپی ۱۳): ۸۳-۹۴. https://sid.ir/paper/247851/fa.

سایت https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Viridiflorene بازدید در مورخ ۱۴۰۳/۹/۸

سرمد نبوی، س.م.، ابراهیم‌زاده، م.ع.، نبوی، س.ف.، (۱۳۸۷). بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی برگ و پوست شاخه گیاه *Pterocarya fraxinifolia* (Lam.) Spach. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴(۳) (پیاپی ۴۱): ۳۸۴-۳۷۴. https://sid.ir/paper/105756/fa.

سهرابی، س.ر.، خادمی، ک.، مهدی‌فر، د.، ثاقب‌طالبی، خ.، مرادزاده، ف.، (۱۳۹۰). معرفی گونه جدید لرگ *Pterocaria fraxinifolia* از خانواده گردوئیان (Juglandacea) در منطقه زاگرس مرکزی. همایش ملی جنگل‌های زاگرس مرکزی، قابلیت‌ها وتنگناها. https://sid.ir/paper/813483/fa.

شیخ الاسلامی، ع.، احمدی، ت.، (۱۳۸۶). مطالعه رویشگاه گونه لرگ (*Petrocarya fraxinifolia*(Lam.) Spach) در جنگل ماشلک نوشهر. پژوهش و سازندگی، ۲۰(۲) (پی آیند ۷۵ در منابع طبیعی): ۹۲-۱۰۲. https://sid.ir/paper/18898/fa.

کیهانی، س.ح.ر.، حسینی‌فرد، س.م.، قاسم‌نژادبصرا، ح. (۱۳۹۲). بررسی تاثیر عصاره آبی، متانولی، اتانولی و اسانس گیاه لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) به‌عنوان یک ماده بیهوش کننده بر روی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). علوم تکثیر و آبزی پروری، ۱ (پیش شماره ۲): ۷۱-۷۸. https://sid.ir/paper/241683/fa.

Abedigheshlaghi, Z., Monajemi, R., and Yahyaabadi, S. (2014). Cytotoxic effect of aqueous and alcoholic extracts of *Pterocarya fraxinifolia* leaves on K562 cell line.

Abbas, T. and Dutta, A., (2009). p21 in cancer: intricate networks and multiple activities. Nature Reviews Cancer, 9: 400-414.

Akhbari, M., Tavakoli, S., Ghanbari, Z., Dadgarnia, M., and Mazoochi, A. (2017). Evaluation of biological activity and analysis of volatile fraction from *Pterocarya fraxinifolia* in vegetative stage from Iran. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 28(2): 119-126.

Akhbari, M., Tavakoli, S., Hosseinizadeh, S.M., Vatankhah, E., Hadjiakhoondi, A., and Vazirian, M. (2017). Variation in chemical components and biological activity of *Pterocarya fraxinifolia* Lam. stems at different developmental stages. Research Journal of Pharmacognosy, 4(3): 41-50.

Azadbakht, M., Marston, A., Hostettmann, K., and Ebrahimi, S.S. (2005). Isolation of two naphthalene derivatives from *Pterocarya fraxinifolia* leaf and evaluation of their biological activities. Chemistry: An Indian Journal, 1: 780-783.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology, 46(2): 446- 475. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09. 106.

Barzegar, H. (2024). Evaluation of antioxidant potential, total phenol and flavonoid and antimicrobial activity of *Pterocarya fraxinifolia* essential oil on pathogenic bacteria: "in vitro". Iranian journal of food science and industry, 21(151).

De Langhe-Min, N.D.J., Gerber, D.Y.F.E., Kozlowski-Martina, A.K.J.E., Sakio, L.S.M.H., Siegel, H.V.S.H.R., and Yousefzadeh, H. (2018). Wingnuts (*Pterocarya*) and walnut family.

Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. F., and Nabavi, S.M. (2009). Essential oil composition and antioxidant activity of *Pterocarya fraxinifolia*. Pakistan Journal of Biological Sciences, 12(13), 957.

Haj Mohammadi, M., and Kamel, K. (2006). Determination of Juglone (5-hydroxy 1, 4-naphthoquinone) in *Pterocarya fraxinifolia* by RP-HPLC.

Song, Y. G., Walas, Ł., Pietras, M., Sâm, H. V., Yousefzadeh, H., Ok, T., and Jasińska, A. K. (2021). Past, present and future suitable areas for the relict tree *Pterocarya fraxinifolia* (Juglandaceae): Integrating fossil records, niche modeling, and phylogeography for conservation. European Journal of Forest Research, 140: 1323-1339.

Sahu, N., Meena, S., Shukla, V., Chaturvedi, P.,Kumar, B., Datta, D., Arya, K. (2018). Extraction, fractionation and re-fractionation of *Artemisia nilagirica* for anticancer activity and HPLC-ESI-QTOF-MS/MS determination. Journal of Ethnopharmacology, 213: 72-80.

Soares, K. D., Bordignon, S. A., Apel, M. A. (2022). Chemical composition and anti-inflammatory activity of the essential oils of *Piper gaudichaudianum* and *Piper mikanianum*. Journal of Ethnopharmacology, 297, 115533.

Voglmayr, H., Jaklitsch, W. M., Mohammadi, H., and Kazemzadeh Chakusary, M. (2019). The genus Juglanconis (Diaporthales) on *Pterocarya*. Mycological Progress, 18, 425-437.https://doi.org/10.3390/plants9111524.

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

Investigating the medicinal potential of the Wingnut (*Pterocarya fraxinifolia*) in the north of Iran

A. Poormahdi Nodehi[1] and H.R. Naseri[2*]

1- M.Sc. Student, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Assistant Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract
The Hyrcanian forest in northern Iran, a remnant of the Tertiary geological period, is considered one of the most significant biological regions in both Iran and the world. The genus Pterocarya, belonging to the walnut family Juglandaceae, includes several tree species found in this ecosystem. Over 15 species of this genus have been reported globally, ranging from Central Asia to Japan, with only one species, *P. fraxinifolia*, identified in Iran. *P. fraxinifolia*, commonly known as the Caucasian wingnut, thrives throughout the lowland forests of northern Iran, extending from Astara to Minoodasht. This tree can also be seen in the Zagros mountain range of the western region of Iran. This tree is recognized for its medicinal properties; extracts of leaves and bark of this species exhibit antioxidant qualities and possess antibacterial, antifungal, and larvicidal activities. The phenolic and flavonoid compounds present in these extracts support their antioxidant efficacy.

Keywords: antioxidant, extract, essence.

*Corresponding author Tel: +98 262223044 Email: hrnaseri@ut.ac.ir

تغییرات شاخص های چیرگی و آمیختگی در توده‌های با سابقه مدیریتی مختلف در جنگل‌های شمال ایران

علی اشرافی*[۱]، کیومرث سفیدی[۲]، اسداله متاجی[۳]، مجید اسحق نیموری[۴] و رضا اخوان[۵]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.
۲- استاد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- استاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، تهران، ایران.
۴- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، چالوس، ایران.
۵- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

در پی تغییرات نگرش مدیران منابع طبیعی و بحران‌های جهانی زیست‌محیطی، حفاظت از جنگل‌ها و تنوع ساختاری آن‌ها به یکی از اولویت‌های مهم در سطوح ملی و بین‌المللی تبدیل شده است. این پژوهش به بررسی تنوع ساختار مکانی و اثرات مدیریتی در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران، به ویژه در حوضه ناو اسالم، می‌پردازد. به منظور تحلیل اثرات مدیریتی، آماربرداری از درختان به دو روش فاصله‌ای و صد درصد انجام شد. نتایج نشان داد که کمترین میانگین شاخص فاصله درختان در نوارهای مدیریت شده و بیشترین آن در نوارهای مدیریت نشده مشاهده شد. همچنین تفاوت‌های شاخص آمیختگی درختان نیز بین نوارهای مختلف مدیریتی برجسته بود. بیشترین مقدار میانگین شاخص چیرگی در نوارهای ۲، ۳ و ۴ مدیریت شده و نشده اتفاق افتاد که مقدار آن برای هر کدام برابر با ۰/۸ است. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت مدیریت پایدار جنگل‌ها در حفظ تنوع زیستی و ساختاری آن‌ها است. تنوع ساختاری جنگل‌ها تضمین کننده بقای گونه‌ها و انعطاف‌پذیری اکوسیستم در برابر تغییرات محیطی است. برای دستیابی به مدیریت پایدار جنگل، باید به تنوع گیاهی توجه ویژه‌ای شود و عملیات مدیریتی مناسب برای شبیه‌سازی ساختار طبیعی اجرا گردد.

واژگان کلیدی: تنوع ساختاری، مدیریت جنگل، شمال ایران، شاخص‌های مکانی.

مقدمه

امروزه با تغییر در نگرش مدیران بخش منابع طبیعی و بروز بحران‌های جهانی در ارتباط با محیط زیست، حفاظت از جنگل‌ها و تنوع ساختاری در سطوح ملی و بین‌المللی مورد توجه شدید قرار گرفته است (Amanzadeh et al., 2013). یکی از مهم‌ترین رویدادها در سال‌های اخیر توجه ویژه به کارکردهای چندگانه اکوسیستم‌های جنگلی و در نتیجه گرایش به سمت مدیریت پایدار و چند منظوره در این اکوسیستم‌ها است (Balanda, 2012). در این بین حفاظت از تنوع ساختاری

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۵۵۴۵۹۳۷ ایمیل: ashrafi_123@yahoo.com

دارای اولویت و جایگاه ویژه‌ای است. زیرا حفاظت از تنوع گونه‌ها مستلزم وجود ساختاری مطلوب و موثر در حفاظت از زیستگاه‌ها است (Busing and White, 1993).

برای درک بهتر اثرات انسانی بر جنگل آگاهی از ساختار ضرورت دارد (جوانمیری پور، ۱۳۹۷). عوامل مرتبط با ساختار، تنوع زیستی و زی‌توده در اکوسیستم جنگلی در روند پایداری جنگل‌های هیرکانی شمال ایران ایفای نقش می‌نماید (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۸). زیرا تنوع و تحلیل تنوع و پویایی مکانی ساختار می‌تواند تاثیر کاملاً بارزی بر پایداری آن اکوسیستم داشته باشد (Getzin et al., 2006; Chivulescu et al., 2020).

اطلاعات کمی مناسب از وضعیت ساختاری جنگل‌ها و نحوه توسعه پوشش‌های گیاهی می‌تواند الگوی مناسبی برای مدیریت جنگل‌ها در شرایط مدیریتی مختلف فراهم آورد (Corona et al., 2011). شرایط مدیریتی متفاوت در جنگل‌های کوهستانی منجر به ناهمگنی مکانی ساختار و در نتیجه زی‌توده گیاهی، پویایی مکانی و شاخص‌های زیستی می‌شود (del Rio et al., 2016 and 2018). در عین حال تفاوت در زی‌توده و ساختار منجر به شکل‌گیری گروه‌های ساختاری متنوع و متفاوتی نیز می‌شود (Corona et al., 2011; del Río et al., 2018).

ساختار جنگل تحت‌تأثیر فرایندهایی مانند رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای، شرایط رویشگاهی، رژیم‌های نوری مربوط به گیاه (سایه‌پسندی و نورپسندی)، رژیم مدیریتی و تخریب است و ارتباط تنگاتنگی با شرایط خاک، زادآوری و تیپ توده دارد (Carrer et al., 2018)؛ همچنین اطلاعات بسیاری را دربارهٔ ویژگی‌های تنوع زیستی جنگل در اختیار قرار می‌دهد (سفیدی و مروی مهاجر، ۱۳۹۵). تنوع ساختاری تأثیر بسزایی در ناهمگنی ساختار سیمای منظر توده نیز دارد که این مفهوم، نقطهٔ مقابل تخریب و جایگزینی توده است (Fischer and Mölder, 2017).

داشتن اطلاعات دربارهٔ شیوهٔ رشد، تکامل و چگونگی ساختار طبیعی گام مهمی در راستای مدیریت مناسب جنگل‌ها است (Kint et al., 2000; Du et al., 2015)؛ زیرا بدون آگاهی از این عوامل و درجهٔ حساسیت آنها، خطر بر هم خوردن تعادل جنگل در اثر دخالت‌ها وجود دارد (Hakkenberg et al., 2016)؛ از این رو مهم‌ترین ابزارهای مدیریت جنگل، کمّی‌سازی ساختار برای شناخت ساختار طبیعی و روش رسیدن به ساختار مطلوب و متنوع است تا با استفاده از عملیات مدیریتی مناسب و شبیه‌سازی ساختار طبیعی در توده‌های تحت مدیریت بتوان به حفظ تنوع زیستی، پویایی و پایایی جنگل رسید (Gray, 2003, Neumann and Starlinger, 2001; Pastorella and Paletto; 2013). شناخت تنوع ساختار جنگل به شناسایی تنوع درختان، ترکیب پوشش گیاهی، گونه‌های گیاهان بومی و در معرض خطر منجر می‌شود که در طرح‌های حفاظت مدنظر قرار می‌گیرند تا این گونه‌ها و خدمات اکوسیستمی آنها حفاظت شوند و به این ترتیب از تخریب گونه‌های جنگلی و کاهش تنوع زیستی سیمای منظر جلوگیری شود (Onaindia et al., 2004; Zenner, 2005)؛ بنابراین تنوع، انعطاف‌پذیری و ظرفیت سازگاری اکوسیستم جنگلی با محیط اطراف را تضمین می‌کند و حفاظت از آن موجب مدیریت پایدار جنگل می‌شود (Peck and Zenner, 2021). از این رو برای دست‌یافتن به مدیریت پایدار در جنگل، فعالیت‌های جنگل‌داری موفق باید در راستای مسائل تنوع گیاهی باشند (Corona et al., 2011).

تنوع ساختاری، نقشی کلیدی در همهٔ سطوح خدمات اکوسیستم ایفا می‌کند (Lexerod, and Eid, 2006; Scolastri et al., 2017)؛ به‌طوری‌که اکوسیستم متنوع ضامن بقای گونه‌ها در جهان است (Varga et al., 2005). در حال حاضر، سیستم‌های دارای تنوع زیستی طبیعی در معرض خطر تخریب قرار دارند و به‌همین علت، حفاظت و پایش تنوع جنگل‌ها به‌عنوان اکوسیستم طبیعی، متنوع و در معرض خطر به وظیفه‌ای در سطوح محلی، ملی و جهانی تبدیل شده است (Gadow and

Hui, 2002). مدیریت تنوع ساختاری می‌تواند به‌طور هم زمان با مدیریت ساختار توده انجام شود (Parobeková et al., 2018).

پژوهشگران بسیاری در داخل و خارج از کشور به بررسی و گزارش ساختار توده‌های جنگلی کشور پرداخته‌اند که از جملهٔ آنها عبارتند از: مطالعهٔ دانشور و همکاران (۱۳۸۵) بر روی تنوع ساختاری راشستان‌های آمیخته در جنگل شصت‌کلاتهٔ گرگان؛ مطالعهٔ سفیدی (۱۳۹۵) بر روی تنوع ساختاری توده‌های گونهٔ انجیلی با استفاده از شاخص‌های ساختاری و مطالعهٔ فرهادی و همکاران (۱۳۹۶) در راستای ارزیابی ساختار و سطح تنوع زیستی درختی جنگل‌های تیپ راش- ممرز در استان گیلان با استفاده از شاخص‌های ساختاری. در همین راستا، جوانمیری‌پور و همکاران (۱۳۹۶) نیز اثر دخالت‌های مدیریتی در ساختار جنگل در بخش گرازبن جنگل خیرود نوشهر را مورد مطالعه قرار دادند.

در خارج از کشور نیز Gao et al. (2014) از انواع شاخص‌های تنوع زیستی و ساختاری به‌منظور بررسی نقش ساختار توده به‌عنوان شاخصی از تنوع در جنگل‌های سوئد استفاده و مدل‌های ساختاری متفاوتی را برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی پیشنهاد کرده‌اند. همچنین Barbeito et al. (2009) از انواع شاخص‌های ساختاری در توده‌های کاج جنگلی (*Pinus sylvestris*) در ارتفاع‌های مختلف اسپانیا استفاده و توده‌های دارای بیشترین تنوع ساختاری را در ارتفاعات بالا و در مرز اختلاط درختان با درختچه‌ها و کمترین میزان تنوع ساختاری را در ارتفاعات پایین و در اختلاط با درختان بلوط پیرنه شناسایی و معرفی کرده‌اند. Baran et al. (2020) تأثیر مدیریت جنگل بر ساختار توده در جنگل های دره‌ای را بررسی کرده‌اند. تحلیل الگوی پراکنش تفاوت‌هایی را در توزیع مکانی درختان نشان داد. در جنگل های مدیریت نشده، تمایل به تجمع درختان مشاهده شد که در چندین قطعه در فواصل کوچک (تا ۵ متر) قابل توجه بود. در جنگل های مدیریت شده، انحراف قابل‌توجهی از الگوهای تصادفی یافت نشد. با توجه به دخالت‌های مدیریتی در جنگل‌های منطقه، این پرسش مطرح می‌گردد که آیا ساختار مکانی توده‌های مورد بررسی در منطقه مدیریت شده با منطقه مدیریت نشده با هم تفاوتی دارند؟ بنابراین، هدف از این مطالعه مقایسه تنوع ساختار مکانی در جنگلهای با سابقه مدیریتی مختلف در جنگل‌های شمال ایران است.

مواد و روش‌ها

حوضه ۷ ناو اسالم با وسعت ۳۴۹۹۶/۸۹ هکتار در شهرستان تالش استان گیلان قرار دارد. از نظر مختصات جغرافیایی در حد فاصل طول جغرافیایی شـــرقی (۲۸۷۳۰۷ تا ۳۲۰۳۸۶) و عـرض جـغرافـیایی شمالی (۴۱۶۴۴۳۶ تا ۴۱۸۰۰۰۰) قرار گرفته است. دامنه ارتفاعی این حوضه بین ۳۲ تا ۳۰۲۵ متر می‌باشد. سری سه ناو که یکی از سری‌های حوضه هفت آبخیز جنگل‌های شمال کشور به شمار می‌آید، بین عرض جغرافیایی ً۲۰ ´۴۱ °۳۷ تا ً۳۰ ´۳۵ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ً۰۰ ´۴۸ °۴۸ تا ۴۰ °۴۲ ۴۸ شرقی واقع شده است که از نظر تقسیمات کشوری در استان گیلان و شهرستان تالش قرار دارد. سطح کل جنگل‌های این سری ۳۷۷۰ هکتار می‌باشد. برای دسترسی به اهداف اشاره شده در این بررسی، قطعه ۳۲۰ این سری با عرض و طول جغرافیایی به ترتیب بین عرض جغرافیایی ً۳۰ ´۳۹ °۳۷ تا ً۵ ´۳۹ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ً۵۷ ´۴۵ °۴۸ تا ً۳۰ ´۴۵ °۴۸ شرقی که به عنوان قطعه شاهد در نظر گرفته شده است، انتخاب شد. مساحت این قطعه ۴۳ هکتار بوده و حداقل، میانگین و حداکثر ارتفاع از سطح دریا به ترتیب، ۲۰ و ۱۰۵۰، ۱۲۱۰ متر می‌باشد. جهت عمومی شمالی و شیب آن عمدتاً در دامنه ۳۰ تا ۶۰ درصد می‌باشد. به‌منظور تحلیل اثرات تنوع در ساختار و ویژگی‌های رویشگاهی و نیز تغییرات هر یک از آن‌ها در گرادیان‌های مختلف، پس از جنگل گردشی و تعیین محدوده مورد مطالعه در حوضه ناو اسالم،

تعداد چهار دامنه ارتفاعی با توجه به دامنه انتشار و مرز جنگل در منطقه (۱۰۰ تا ۱۸۰۰ متر) با فواصل ۴۰۰ متری از هم به‌منظور پوشش حداکثری گرادیان ارتفاعی برای رسیدن به‌دقت معین و تعداد نمونه در ارتفاعات مختلف انتخاب شد. فاصله ۴۰۰ متری در مطالعات مختلف براساس هدف و دقت مدنظر متفاوت بود (Sharma et al., 2017). به‌منظور تحلیل اثرات دخالت‌های هدفمند انسانی، تعیین دامنه‌های ارتفاعی در دو منطقه فاقد طرح (شاهد) و مناطق دارای طرح مدیریت در گذشته انجام شد. سپس در هر دامنه ارتفاعی تعداد سه قطعه مطالعاتی (study area) به‌عنوان تکرار انتخاب و در هر قطعه مطالعاتی آماربرداری‌های مرتبط با ساختار، ترکیب و شرایط رویشگاهی انجام شد. به‌عبارت دیگر در هر دامنه ارتفاعی قطعاتی با سه تکرار آماربرداری شد که در مجموع ۱۲ هکتار و با توجه به تیمار اثر مدیریت انسانی در مجموع ۲۴ قطعه یک هکتاری (Pommerening, 2002) در این بررسی مورد تحلیل قرار گرفت.

به‌منظور تحلیل ساختار جنگل در دامنه‌های ارتفاعی در هر قطعه یک هکتاری، آماربرداری از درختان به دو روش فاصله‌ای (Distance Method) و آماربرداری صد در صد (Full calipering method) انجام شد. در روش صد درصد تمامی درختان در داخل قطعات یک هکتاری با حد شمارش ۷/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری قطر با استفاده از دستگاه کالیپر با دقت سانتی‌متر انجام شد. علاوه بر این در داخل هر یک از قطعات، به‌منظور محاسبه مقادیر عددی از شاخص‌های مرتبط با الگوی مکانی شامل سه گروه از شاخص‌های مرتبط با ساختار مکانی، تنوع و آمیختگی مانند تمایز ارتفاعی، تمایز قطری و برخی شاخص‌های مکانی مانند شاخص یکنواختی و یا کلارک و ایوانز استفاده شد (جدول ۱). به این منظور پس از انتخاب تصادفی نخستین محل، در فواصل منظم ۲۵ متری، نزدیک‌ترین درخت به مرکز تقاطع اضلاع شبکه ۲۵ × ۲۵ متری به‌عنوان درخت شاهد انتخاب و مشخصه‌های چهار اصله از نزدیک‌ترین همسایه‌های درخت شاهد اندازه‌گیری شد (Pommerening, 2002). برای هر یک از درختان شاهد و درختان همسایه قطر برابرسینه (با کالیپر و دقت سانتی‌متر)، ارتفاع و فاصله با دقت دسی‌متر و زاویه بین پایه‌ها به درجه (با استفاده از متر لیزری لایکا مدل D810) اندازه‌گیری شد. همچنین به‌منظور تحلیل اثرات ویژگی‌های رویشگاهی در محل تقاطع اضلاع شبکه آماربرداری مشخصه‌های رویشگاهی مانند آزیموت در دامنه‌ها، شیب در جهات مختلف و ارتفاع از سطح دریا نیز ثبت شد.

یافته‌ها

میانگین شاخص فاصله درختان در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده در جدول ۱ ارائه شده است. کمترین میانگین شاخص فاصله در نوار ۲ مدیریت شده اتفاق افتاد که مقدار آن برابر با ۴/۸۵ متر است، در حالی که مقدار آن در نوار ۲ مدیریت نشده برابر با ۶/۲۷ متر است. بیشترین مقدار میانگین شاخص فاصله در نوار ۳ مدیریت نشده اتفاق افتاد که مقدار آن برابر با ۹/۰۴ متر بود، در حالیکه مقدار آن در نوار ۳ مدیریت شده برابر با ۵/۲۶ متر بود (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین شاخص فاصله درختان در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده

نوار ۱ مدیریت شده	شاخص فاصله	میانگین	نوار ۱ مدیریت نشده	شاخص فاصله	میانگین
قطعه نمونه ۱	6/55	5/7	قطعه نمونه ۱	6/7	5/85
قطعه نمونه ۲	5/43		قطعه نمونه ۲	6/08	
قطعه نمونه ۳	5/1		قطعه نمونه ۳	4/75	
نوار ۲ مدیریت شده	شاخص فاصله	میانگین	نوار ۲ مدیریت نشده	شاخص فاصله	میانگین
قطعه نمونه ۱	5/22	4/85	قطعه نمونه ۱	5/5	6/27
قطعه نمونه ۲	5/33		قطعه نمونه ۲	5/08	
قطعه نمونه ۳	4/04		قطعه نمونه ۳	8/25	
نوار ۳ مدیریت شده	شاخص فاصله	میانگین	نوار ۳ مدیریت نشده	شاخص فاصله	میانگین
قطعه نمونه ۱	6/49	5/26	قطعه نمونه ۱	8/53	9/04
قطعه نمونه ۲	5/17		قطعه نمونه ۲	9/26	
قطعه نمونه ۳	4/14		قطعه نمونه ۳	9/35	
نوار ۴ مدیریت شده	شاخص فاصله	میانگین	نوار ۴ مدیریت نشده	شاخص فاصله	میانگین
قطعه نمونه ۱	8/4	7/27	قطعه نمونه ۱	4/5	4/9
قطعه نمونه ۲	4/4		قطعه نمونه ۲	4	
قطعه نمونه ۳	9/03		قطعه نمونه ۳	6/25	

میانگین شاخص آمیختگی درختان در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده در جدول ۲ ارائه شده است. کمترین میانگین شاخص فاصله در نوار ۴ مدیریت شده اتفاق افتاد که مقدار آن برابر با ۰/۰۸ بود، در حالی که مقدار آن در نوار ۴ مدیریت نشده برابر با ۰/۱۴ است. بیشترین مقدار میانگین شاخص فاصله در نوار ۳ مدیریت نشده اتفاق افتاد که مقدار آن برابر با ۰/۶۵ بود، در حالی که مقدار آن در نوار ۳ مدیریت شده برابر با ۰/۶۲ است (جدول ۲).

جدول ۲ - میانگین شاخص آمیختگی در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده

نوار ۱ مدیریت شده	شاخص آمیختگی	میانگین	نوار ۱ مدیریت نشده	شاخص آمیختگی	میانگین
قطعه نمونه ۱	0/31	0/41	قطعه نمونه ۱	0/41	0/48
قطعه نمونه ۲	0/425		قطعه نمونه ۲	0/61	
قطعه نمونه ۳	0/5		قطعه نمونه ۳	0/42	
نوار ۲ مدیریت شده	شاخص آمیختگی	میانگین	نوار ۲ مدیریت نشده	شاخص آمیختگی	میانگین
قطعه نمونه ۱	0/61	0/46	قطعه نمونه ۱	0/55	0/46
قطعه نمونه ۲	0/36		قطعه نمونه ۲	0/03	
قطعه نمونه ۳	0/42		قطعه نمونه ۳	0/8	
نوار ۳ مدیریت شده	شاخص آمیختگی	میانگین	نوار ۳ مدیریت نشده	شاخص آمیختگی	میانگین
قطعه نمونه ۱	0/47	0/62	قطعه نمونه ۱	0/5	0/647

قطعه نمونه ۲	0/86		قطعه نمونه ۲	0/83	
قطعه نمونه ۳	0/55		قطعه نمونه ۳	0/611	
نوار ۴ مدیریت شده	شاخص آمیختگی	میانگین	نوار ۴ مدیریت نشده	شاخص آمیختگی	میانگین
قطعه نمونه ۱	0/25		قطعه نمونه ۱	0/19	
قطعه نمونه ۲	0	0/08	قطعه نمونه ۲	0/22	0/14
قطعه نمونه ۳	0		قطعه نمونه ۳	0	

میانگین شاخص چیرگی قطری درختان در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده در جدول ۳ ارائه شده است. کمترین میانگین شاخص چیرگی قطر در نوار ۱ مدیریت نشده اتفاق افتاد که مقدار آن برابر با ۰/۵۳ بود، در حالیکه مقدار آن در نوار ۱ مدیریت نشده برابر با ۰/۶۲ است. بیشترین مقدار میانگین شاخص چیرگی در نوارهای ۲، ۳ و ۴ مدیریت شده و نشده اتفاق افتاد که مقدار آن برای هر کدام برابر با ۰/۸ است (جدول ۳).

جدول ۳ - میانگین شاخص چیرگی قطری در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت

نوار ۱ مدیریت شده	شاخص چیرگی قطری	میانگین	نوار ۱ مدیریت نشده	شاخص چیرگی قطری	میانگین
قطعه نمونه ۱	0/53		قطعه نمونه ۱	0/35	
قطعه نمونه ۲	0/62	0/62	قطعه نمونه ۲	0/46	0/53
قطعه نمونه ۳	0/71		قطعه نمونه ۳	0/8	
نوار ۲ مدیریت شده	شاخص چیرگی قطری	میانگین	نوار ۲ مدیریت نشده	شاخص چیرگی قطری	میانگین
قطعه نمونه ۱	0/8		قطعه نمونه ۱	0/8	
قطعه نمونه ۲	0/8	0/8	قطعه نمونه ۲	0/8	0/8
قطعه نمونه ۳	0/8		قطعه نمونه ۳	0/8	
نوار ۳ مدیریت شده	شاخص چیرگی قطری	میانگین	نوار ۳ مدیریت نشده	شاخص چیرگی قطری	میانگین
قطعه نمونه ۱	0/8		قطعه نمونه ۱	0/8	
قطعه نمونه ۲	0/8	0/8	قطعه نمونه ۲	0/8	0/8
قطعه نمونه ۳	0/8		قطعه نمونه ۳	0/8	
نوار ۴ مدیریت شده	شاخص چیرگی قطری	میانگین	نوار ۴ مدیریت نشده	شاخص چیرگی قطری	میانگین
قطعه نمونه ۱	0/8		قطعه نمونه ۱	0/8	
قطعه نمونه ۲	0/8	0/8	قطعه نمونه ۲	0/8	0/8
قطعه نمونه ۳	0/8		قطعه نمونه ۳	0/8	

بحث و نتیجه‌گیری

طی دهه‌های اخیر با بکارگیری رویکردهای مبتنی بر محیط زیست و حفاظت در شیوه‌های نوین مدیریت جنگل، توده‌های بکر، مدیریت نشده یا دست نخورده به‌عنوان تشکیلات مرجع بنیادی برای دستیابی به ابزارهای مدیرینی مناسب برای پایش، حفاظت و ارتقاء ساختار و کارکردهای بوم‌سازگانی جنگلهای مدیریت شده طبیعی در دنیا مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Emborg et al., 2000; Pommerening, 2002; Gadow et al., 2012).

پژوهش پیش‌رو در حوضه ۷ ناو اسالم به مساحت ۲۴ هکتار واقع در توده‌های بهره‌برداری نشده و بهره‌برداری شده در نوارهای ارتفاعی در شمال ایران انجام شد.

مقایسه میانگین شاخص فاصله درختان در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده نشان داد که مقدار آن در نوارهای ۱، ۲ و ۳ مدیریت شده کمتر از مقدار آن در مناطق مدیریت نشده است، در حالیکه در نوار ۴ در مناطق مدیریت شده، میانگین شاخص فاصله بیشتر از مناطق مدیریت نشده بود. شاخص فاصله ۵ همسایگی در یک جنگل مدیریت شده برابر با ۵ متر محاسبه شد (کاکاوند و همکاران، ۱۳۹۳) که با نتایج تحقیق جاری همسو می‌باشد. میانگین شاخص آمیختگی درختان در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده نشان داد که مقدار آن در نوارهای ارتفاعی ۱، ۳ و ۴ مدیریت نشده بیشتر از مقدار آن در گرادیان‌های ارتفاعی مورد مقایسه در مناطق مدیریت شده است. در نوار ارتفاعی ۲ وضعیت مقدار این شاخص در هر دو منطقه برابر است. بنابراین مقدار شاخص آمیختگی در توده‌های مدیریت نشده بیشتر بوده و این توده‌ها دارای آمیختگی بیشتری هستند که دارای توجیه منطقی نیز می‌باشد، زیرا غالباً مدیریت منجر به کاهش آمیختگی گونه‌ای می‌گردد. همچنین مقدار شاخص آمیختگی در مناطق جلگه‌ای و ارتفاعات پایین‌بند در مناطق مدیریت شده و مدیریت نشده دارای اختلاف متوسط بوده و در مناطق میان‌بند دارای اختلاف آشکار است، اما در مناطق بالابند شاخص آمیختگی کاهش یافته و الگوی دارای اختلاف متوسط دوباره دیده می‌شود. نتایج مطالعات Ni et al. (2013) و فرهادی و همکاران (۱۳۹۶) یافته‌های پژوهش کنونی را تایید می‌کند. میانگین شاخص قطر درختان در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده نشان داد که مقدار آن در نوارهای ارتفاعی ۱، ۲ و ۳ مدیریت نشده بیشتر از مقدار آن در گرادیان‌های ارتفاعی مورد مقایسه در مناطق مدیریت شده است، اما در نوار ارتفاعی ۴ وضعیت برعکس بوده و مقدار این شاخص در منطقه مدیریت شده بیشتر است. شاخص قطر از جمله ویژگیهایی است که در کوتاه‌مدت تحت تاثیر اقدامات مدیریتی قرار می‌گیرد، زیرا تحت تاثیر عملیات‌های نشانه‌گذاری و بهره‌برداری برای قطع چوب است که منجر به کاهش میانگین قطر در درختان موجود در توده‌های مدیریت شده می‌شود. میانگین شاخص چیرگی قطر درختان در نوارهای ارتفاعی در جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده نشان داد که مقدار آن در نوار ارتفاعی ۱ در منطقه مدیریت شده بیشتر از مقدار آن در گرادیان‌های ارتفاعی مورد مقایسه در مناطق مدیریت نشده است، اما در نوارهای ارتفاعی ۲ ، ۳ و ۴ مقدار این شاخص در هر دو منطقه برابر است. از نظر دسته‌بندی کلی، ارزش‌های مربوط به شاخص چیرگی نشان دهنده اختلاف آشکار در هر دو منطقه مدیریت شده و مدیریت نشده هستند.

Parobeková et al. (2018) با محاسبه شاخص کلارک و ایوانز در اشکوبهای درختی توده‌های کُهن‌رست نوئل- نراد- راش اروپایی، الگوی پراکنش مکانی درختان را برای اشکوب زیرین خوشه‌ای به‌دست آوردند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. اما ذکر این نکته ضروری است که برخی شاخص‌های مورد مطالعه در مناطق بالابند دارای شرایط متفاوتی است و از اصول مربوط به دخالت‌های مدیریتی پیروی نمی‌کند، زیرا در مناطق بالابند تغییر شرایط محیطی، دخالت‌های مدیریتی را با ملاحظاتی مواجه می‌سازد که منجر به پیدایش شرایط متفاوتی در الگوهای پراکنش و شاخص‌های مربوط به آن می‌شود.

یافته‌ها نشان می‌دهند که تنوع ساختار جنگل در نوارهای ارتفاعی مختلف و جنگل‌های مدیریت شده و نشده دارای تفاوت‌های معناداری است. مدیریت جنگل تأثیر بسزایی در افزایش تنوع ساختار و ترکیب گونه‌ای دارد. تنوع ساختاری و ترکیب گونه‌ای زیاد در جنگل‌های مدیریت شده نشان دهنده مدیریت مؤثر این جنگل‌ها در حفاظت از تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم جنگلی است. در مقابل، در جنگل‌های مدیریت نشده که تحت تأثیر عوامل تخریبی و تغییرات طبیعی قرار دارند، تنوع ساختاری و ترکیب گونه‌ای کمتری مشاهده می‌شود. در خاتمه پیشنهاد می‌شود که برای حفظ تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم‌های جنگلی، مدیریت جنگل‌ها با تأکید بر تنوع ساختاری و ترکیب گونه‌ای انجام شود.

منابع

اخوان، ر.، ثاقب طالبی، خ.، حسنی، م .و پرهیزکار، م. (۱۳۸۹). بررسی الگوی مکانی درختان طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دستنخورده راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در کلاردشت. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۲): ۳۳۶-۳۲۲.

بابایی، س.، بیات، م.، نمیرانیان، م .و حیدری مستعلی، س. (۱۳۹۷). بررسی شاخصهای پایش ساختار برای گونه‌های چوبی جنگلهای شمال ایران .پژوهشهای علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۵ (۲): ۷۹-۶۵.

جوانمیری‌پور، م.، مروی‌مهاجر، م .ر.، زبیری، م.، اعتماد، و .و جورغلامی، م. (۱۳۹۷). تعیین تنوع ساختاری راشستانهای آمیخته بخش گرازبن جنگل خیرود .تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۲): ۱۵۵-۱۴۳.

دانشور، ا.، رحمانی، ر .و حبشی، ه .(۱۳۸۶). بررسی تنوع ساختاری در راشستان آمیخته (مطالعه موردی جنگل شصت کلاته، گرگان). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴ (۴): ۳۱-۲۰.

سفیدی, کیومرث. (۱۳۹۵). تنوع ساختار مؤلفه تنوع زیستی در اکوسیستم های جنگلی، مطالعه موردی از جوامع درختی انجیلی (*Parrotia persica* C.A. Meyer). مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۲۹ (۴): ۸۱۸-۸۰۵.

علیجانی، و.، صادقی، س .م .م.، نمیرانیان، م .و اخوان، ر .(۱۳۹۹). تعیین مناسبترین سطح قطعه نمونه به منظور بررسی الگوی مکانی درختان ارس (*Juniperus Excelsa*) (مطالعه موردی :منطقه آتشگاه کرج) . علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲ (۷): ۱۲۳-۱۱۳.

فرهادی، پ.، سوسنی، ج .و عرفانی فرد، س. (۱۳۹۶). تحلیل الگوی پراکنش مکانی گونه راش شرقی در جنگلهای هیرکانی با استفاده از شاخصهای زاویه‌ای(مطالعه موردی :جنگلهای ناو اسالم گیلان.) . بوم‌شناسی کاربردی، ۲: ۱۳-۱.

کاکاوند، م.، مروی مهاجر، م .ر.، ثاقب طالبی، خ.، سفیدی، ک .(۱۳۹۳). تنوع ساختاری توده های آمیخته راش در مرحله میانی توالی (پژوهش موردی: بخش گرازبن، جنگل خیرود نوشهر). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۳): ۴۲۲-۴۱۱.

نوری، ز.، زبیری، م.، فقهی، ج .و مروی مهاجر، م .م .(۱۳۹۲). بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان و ساختار در راشستانهای طبیعی شمال ایران (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود). محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۶ (۱): ۱۲۵-۱۱۳.

Akhavan, R., Sagheb-Talebi, KH., Zenner, E.k. and Safavimanesh, F. (2012). Spatial patterns in different forest development stages of an intact oldgrowth Oriental beech forest in the Caspian region of Iran. European Journal of Forest Research, 131(5): 1355-1366.

Amanzadeh, B., Sagheb-Talebi, Kh., Sotoudeh Foumani, B., Fadaie, F., Camarero, J. J. and Linares, J. C. (2013). Spatial Distribution and Volume of Dead Wood in Unmanaged Caspian Beech (Fagus orientalis) Forests from Northern Iran. Forests, 4: 751-765.

Balanda, M. (2012). Spatio-temporal structure of natural forest: A structural index approach. Beskydy, 5 (2): 163–172.

Baran, J., Pielech, R., Kauzal, P., Kukla, W., Bodziarczyk J. (2020). Influence of forest management on stand structure in ravine forests. Forest Ecology and Management. 463, 118018.

Barbeito I, Montes F, Cañellas I, (2009). Evaluating the behaviour of vertical structure indices in Scots pine forests. Ann For Sci 66 (710): 1-10.

Busing, R.T. and White, P.S. (1993). Effects of area on old-growth forest attributes: implications for the equilibrium landscape concept. Landscape Ecology, 8 (2): 119-126.

Carrer, M., Castagneri, D., Popa, I., Pividori, M. and Lingua, E. (2018). Tree spatial patterns and stand attributes in temperate forests: The importance of plot size, sampling design, and null model. Forest Ecology and Management. 407: 125-134.

del Rio, M., Pretzsch, H., Alberdi, I., Bielak, K., Bravo, F., Brunner, A., Condes, S., Ducey, M. J., Fonseca, T., Lupke,

N. V., Pach, M., Peric, S., Perot, T., Souidi, Z., Spathelf, P., Sterba, H., Tijardovic, M., Tome, M., Vallet, P. and

Bravo-Oviedo, A. (2016). Characterization of the structure, dynamics, and productivity of mixed-species stands:

review and perspectives. European Journal of Forest Research, 135:23–49.

del Rio, M., Pretzsch, H., Alberdi, I., Bielak, K., Bravo, F., Brunner, A., Condés, S., Ducey, M. J., Fonseca, T., von

Lüpke, N., Pach, M., Peric, S., Perot, T., Souidi, Z., Spathelf, P., Sterba, H., Tijardovic, M., Tomé, M., Vallet, P.

and Bravo-Oviedo, A. (2018). Characterization of Mixed Forests. Springer International Publishing, 2018. str. 27-71.

Du, J., Zhao, W.J., He, Z.B., Yang, J.J., Chen, L.F. and Z, X., (2015). Characterizing stand structure in a spruce forests: effects of sampling protocols. Sciences in Cold and Arid Regions, 7(3): 0245-0256.

Emborg, J., Christensen, M., and Heilmann-Clausen, J. (2000). The structural dynamics of Suserop Skov, a near natural temperate deciduous forest in Denmark. Forest Ecology and Management, 26:173–179.

Feldmann, E., Glatthorn, J., Hauck, M. and Leuschner, C. (2018). A novel empirical approach for determining the extension of forest development stages in temperate old-growth forests. European Journal of Forest Research. 137(3): 1-15.

Fischer, C., and Mölder, A. (2017). Trend to increasing structural diversity in German forests: results from National Forest Inventories 2002 and 2012. Annals of Forest Science, 74-80.

Gadow, K.V., Zhang, C., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J.J., Korol, M., Myklush, S., Hui, G., Kiviste, A. and Zhao, X., (2012). Forest Structure and Diversity: 29-83. In: Pukkala, T. andvon Gadow, K. (Eds.). Continuous cover forestry, managing forest ecosystems. Springer, 296p.

Gadow, K., Hui, G. Y. (2002). Characterizing forest spatial structure and diversity. In: Björk L(ed) Sustainable forestry in temperate regions. Proceedings of the SUFOR international workshop, April 7–9, 2002, Lund, Sweden, 20–30.

Gadow, K. V., Zhang, C., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J.J., Korol, M., Myklush, S., Hui, G., Kiviste, A., and Zhao, X. (2012). Continuous cover forestry, managing forest ecosystems. Springer, Berlin.

Gao,T., Hedblom, M., Emilsson, T., Nielsen, A. (2014). The role of forest stand structure as biodiversity indicator. Forest Ecology and Management, 330, 82–93.

Hui, G. and Pommerening, A. (2014). Analysing tree species and size diversity patterns in multi-species uneven-aged forests of Northern China. Forest Ecology and Management, 316: 125–138.

Hakkenberg, C.R., Song, C., Peet, R. K. and White, P. S. (2016). Forest structure as a predictor of tree species diversity in the North Carolina Piedmont. Journal of Vegetation Science, 1-13.

Habel, H., Kuronen, M., Henttonen1, H.M., Kangas, A. and Myllymaki, M., (2019). The effect of spatial structure of forests on the precision and costs of plot-level forest resource estimation. Forest Ecosystems, 6 (8): 1-19.

Javanmiri Pour, M.J., Mohadjer, M.R.M., Etemad, V. (2019). Determining structural variation in a managed mixed stand in an old-growth forest, northern Iran. J. For. Res. 30: 1859–1871.

Kadavý, J., Kneifl, M., Fedorová, B. and Bartůněk, J. (2017). Evaluation of transformation from even-aged to selection forest by means of Gini index. Journal of Forest Science, 63(10): 476–484.

Kelly, M., Liu, D., McPherson, B., Wood, D. and Standiford, R. (2008). Spatial pattern dynamics of oak mortality and associated disease symptoms in a California hardwood forest affected by sudden oak death. J For Res, 13: 312–319.

Khademi, A., Fatemi Talab, S. R., Madanipour Kermanshahi, M. and Kord, B., (2013). Determining Correlation Between Sequential Stages and Edaphic Condition in the Managed and Unmanaged of Fagetum orientalis L. Forests in Iran. World Applied Sciences Journal, 22 (3): 434-441.

Kint, V., Lust, N., Ferris, R. and Olsthoorn, A. F. M., (2000). Quantification of forest stand structure applied to scots pine (pinus sylvestris l.) forests. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, Fuera de serie 1: 147-163.

Kint, V., De Wulf, R. and Lust, N., (2004). Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. Ecological Modelling 180: 461-476.

Lei, X., Wang, W. and Peng, C. (2009). Relationships between stand growth and structural diversity in spruce-dominated forests in New Brunswick, Canada. Can. J. For. Res. 39: 1835–1847.

Lexerod, N. and Eid, T. (2006). An evaluation of different diameter diversity indices based on criteria related to forest management planning. Forest Ecology and Management, 222: 17–28.

Lombardi, F., Marchetti, M., Corona, P., Merlini, P., Chirici, G., Tognetti, R., Burrascano, S., Alivernini, A. and Puletti, N. (2015). Quantifying the effect of sampling plot size on the estimation of structural indicators in old-growth forest stands. Forest Ecology and Management. 346: 89-97.

Ludwig, J.A. and Reynolds, J.F., (1988). Statistical ecology: a primer in methods and computing Vol. 1. John Wiley and Sons.

Maleki, K. and Kiviste, A., (2015). Effect of sample plot size and shape on estimates of structural indices: A case study in mature silver birch (Betula pendula Roth) dominating stand in Järvselja. Forestry Studies, Metsanduslikud Uurimused, 63: 130–150. 116.

Mataji, A., Sagheb-Talebi, Kh. And Eshaghi-Rad, J. (2014). Deadwood assessment in different developmental stages of beech (Fagus orientalis Lipsky) stands in Caspian forest ecosystems. International journal of Environmental Science and Technology, 11(5): 1215-1222.

Ni, R., Baiketuerhan, Y., Zhang, C., Zhao, X. and Gadow, K. (2013). Analysing structural diversity in two temperate forests in northeastern China. Forest Ecology and Management, 1-9.

Onaindia, M., Dominguez, I., Albizu, I., Garbisu, C. and Amezaga, I. (2004). Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance. Forest ecology and management, 231: 38-46. 195: 341–354.

Pach, M. and Podlaski, R., (2015). Tree diameter structural diversity in Central European forests with Abies alba and Fagus sylvatica: managed versus unmanaged forest stands. Ecological Research, 30:367-384.

Parhizkar, P., Sagheb-Talebi, Kh., Mataji, A. and Namiranian, M. (2011). Influence of gap size and development stages on the silvicultural haracteristics of oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) regeneration. Caspian J. Env. Sci. 2011, (9): 155-65.

Parobeková, Z., Pittner, J., Kucbel, S., Saniga, M., Filípek, M., Sedmáková, D., Vencurik, J. and Jaloviar, P. (2018). Structural Diversity in a Mixed Spruce-Fir-Beech Old-Growth Forest Remnant of the Western Carpathians. Forests, 9, 379; doi:10.3390/f9070379.

Pommerening, A. (2002). Approaches to quantifying forest structures. Forestry, 75: 305–324.

Pommerening A, Stoyan D (2006) Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure. Can J For Res 36:1723–1739.

Pretzsch, H. and Schütze, G. (2015). Effect of tree species mixing on the size structure, density and yield forest stands. Eur J For Res. https://doi.org/10.1007/s10342-015-0913-z.

Salas, C., LeMay, V., Nunez, P., Pacheco, P. and Espinosa, A., (2006). Spatial patterns in an oldgrowth Nothofagus obliqua forest in south-central Chile. Forest ecology and management, 231: 38-46.

Saniga, M. and Balanda, M., (2008). Dynamics of tree species composition and characteristics of available space utilization in the natural forest of the National Nature Reserve Hrončokovský Grúň. Journal of Forest Science, 54 (11): 497–508.

Zenner, E. K., and Peck, J. E. (2009). Characterizing structural conditions in mature managed red pine: spatial dependency of metrics and adequacy of plot size. Forest ecology and management, 257(1): 311-320.

Zenner, E. K., Peck, J. E., Hobi M. L. and Commarmot, B. (2016). Validation of a classification protocol:meeting the prospect requirement and ensuring distinctiveness when assigning forest development phases. Applied Vegetation Science, 19: 541–552.

Zhou, M., Lei, X., Duan, G., Lu, J. and Zhang, H. (2019). The effect of the calculation method, plot size, and stand density on the top height estimation in natural spruce-fir-broadleaf mixed forests. Forest Ecology and Management, 453: 10.1016/j.foreco.2019.117574.

Comparison of spatial structure changes in stands with different management history and unmanaged stands in the forests of northern Iran

A. Ashrafi[1*], K. Sefidi[2], A. Mataji[3], M. Eshaq Neymvari[4] and R. Akhavan[5]

1- Ph.D. Student, Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch, Tehran, Iran.
2- Prof., Mohaaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
3- Prof., Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch, Tehran, Iran.
4- Assistant Prof., Islamic Azad University, Chalus Branch, Chalus, Iran.
5- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.

Abstract

Following the changes in the attitude of natural resource managers and global environmental crises, the protection of forests and their structural diversity has become one of the important priorities at the national and international level. This research examines the diversity of spatial structure and management effects in the Hyrcanian forests of northern Iran, especially in Nav Islam basin. In this study, the effect of different managements on the descriptions of the spatial structure of forests in different altitude ranges was investigated. Appropriate quantitative information on the structural condition of forests can provide a suitable model for sustainable management. In order to analyze the management effects, tree inventory were done using two distance and one hundred percent methods. The results showed that the lowest average tree distance index was observed in managed strips and the highest in unmanaged strips. Also, the differences in the index of tree admixture were also prominent between different management bands. The highest average value of dominance index occurred in managed and unmanaged strips 2, 3 and 4, which is 0.8 for each. These results show the importance of sustainable management of forests in maintaining their biological and structural diversity. The structural diversity of forests guarantees the survival of species and the flexibility of the ecosystem against environmental changes. To achieve sustainable forest management, special attention should be paid to plant diversity and suitable management operations should be implemented to simulate the natural structure.

Keywords: Structural diversity, Forest management, Northern Iran, Spatial Indices.

*Corresponding author Tel: +989125545937 Email: ashrafi_123@yahoo.com

پیشنهاد شیوه پرورش جنگل پایای هیرکانی (Der Dauerwald) به منظور حفاظت و بهره مندی از کارکردهای چندگانه جنگلهای هیرکانی

کیومرث سفیدی*

- استاد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

جنگل‌شناسی علم و هنر دخالت در توده‌های جنگلی به منظور افزایش توان زیستی، اجتماعی و اقتصادی آن‌ها است. به عبارت دیگر جنگلشناسی مجموعه‌ای از دخالت‌های هدفمند در ساختار و ترکیب جنگل‌های طبیعی است که زمینه زنده‌مانی و تولید مداوم این اکوسیستم‌های طبیعی را فراهم می‌سازد. با توجه به کاهش سطح جنگل‌های طبیعی در دنیا امروزه حفاظت از جنگل‌های با توان ارائه کارکردها و خدمات چندگانه در اولویت است. با این حال سال‌ها است که دو گروه مخالف و موافق برداشت درختان از جنگل‌های هیرکانی نتوانسته اند به رویکرد مشترک دست یابند. مجموعه‌ای واقعیت‌ها وجود دارد که بر انتخاب این شیوه به عنوان شیوه‌ای موثر و کارآمد در مدیریت جنگل‌های طبیعی در ناحیه هیرکانی دلالت دارد. از این رو شیوه پرورش جنگل پایا با تکیه بر مدیریت اکولوژیک در جنگل‌ها می‌تواند حفظ و بهره‌مندی توامان از کارکردهای چندگانه جنگل را فراهم آورد. اجرای این شیوه مستلزم رعایت نظم مکانی و زمانی، تعیین وضعیت (دوری و نزدیکی از طبیعت)، تعیین فازهای تحولی و اجرای عملیات پرورشی سه گانه شامل تنظیم زیر اشکوب، تنک اکولوژیک و کنترل است. اجرای شیوه پرورش جنگل پایای هیرکانی ضمن ایجاد یکپارچگی درحفظ کارکردها منجر به یک شیوه سازگار با شرایط متغیر محیطی در مواجه با تغییرات اقلیمی خواهد شد و در نتیجه بیشترین تعادل زیستی و تاب‌آوری را در مقیاس محلی و سرزمینی به دنبال خواهد داشت.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، جنگل هیرکانی، راش شرقی، جنگل پایا، همگام با طبیعت، مدیریت جنگل.

مقدمه

جنگل‌شناسی علم و هنر دخالت در توده‌های جنگلی به منظور افزایش توان زیستی، اجتماعی و اقتصادی آن‌ها است. به عبارت دیگر جنگل‌شناسی مجموعه‌ای از دخالت‌های هدفمند در ساختار و ترکیب جنگل‌های طبیعی است که زمینه زنده‌مانی و تولید مداوم این اکوسیستم‌های طبیعی را فراهم می‌سازد. کسب شناخت کافی از جنگل به عنوان گام نخست در بهره‌مندی از جنگل‌ها به عنوان یکی از مهمترین منابع تجدید شونده، نیازمند بهره‌گیری از علوم پایه متعدد است و نیز هر گونه دخالت هدفمند مستلزم داشتن تحلیل منطقی و علمی از بازخورد اقدامات برنامه‌ریزی شده در جنگل‌ها است. در عین حال جنگل‌شناسی به عنوان بوم‌شناسی کاربردی، ابزار دخالت در این سیستم بسیار پیچیده و غیر قابل پیش‌بینی بوده و نیز مهمترین ابزار بشر برای رسیدن به ساختار و ترکیب مطلوب بشر و حتی تسهیل در بازگشت اکوسیستم‌های مداخله شده به

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۷۲۶۴۰۶۶ ایمیل: kiomarssefidi@gmail.com

شرایط تعادل در اکوسیستم‌های جنگلی است. در این بین جنگل‌شناسی همگام با طبیعت به عنوان یک رویکرد مدرن و اکواوژیک می‌تواند ضامن حفظ بسیاری از کارکردهای جنگل باشد (ثاقب طالبی، ۱۳۹۶). یکی از مهمترین اقدامات مدیریتی در توده‌های جنگلی نیز در قالب برنامه پرورش توده (Stand tending/ Waldpflege) در این راستا برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود. بر این اساس بخش برنامه‌ریزی و پرورش جنگل در هر طرح مدیریت جنگل پیش برنده اهداف زیستی و زمینه ساز کارکردهای اقتصادی و اکولوژیک جنگل است. همچنین بخش مهمی از برنامه اصلاح و احیاء رویشگاه‌های جنگلی دستخورده در قالب برنامه پرورش جنگل تدوین و اجرا می‌شود (مروی مهاجر، ۱۳۹۴). با در نظر گرفتن سابقه و تجارب مدیریتی و ارزش‌های زیستی جنگل‌ها در ناحیه هیرکانی، برنامه‌ریزی پرورش جنگل در ناحیه هیرکانی بایستی مبتنی بر رویکرد همگام با طبیعت (Closer to Nature) باشد که نگاهی مترقی بوده و براساس حفاظت و بهره‌مندی از تمامی کارکردهای جنگل به عنوان یک بوم‌سازگان است. بر این اساس این دستورالعمل به دنبال ارائه برنامه مدیریت و پرورش‌توده‌های جنگلی برای نیل به یک جنگل پایا (Dauerwald /Continuous cover forestry) است. مدیریت جنگل پایا (CCF) به دنبال تسهیل فرآیندهای اکولوژیک برای نیل به پایداری اکوسیستمی در جنگل‌ها است. جنگل پایا منجر به افزایش تاب‌آوری سرزمینی در مواجه با تغییرات اقلیمی و مخاطرات محیطی پیش روی جنگل‌های ناحیه هیرکانی خواهد شد. با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیک و ظرفیت‌های زیستی در جنگل‌های ناحیه هیرکانی بهترین رویکرد در جهت مدیریت پایدار جنگل، اجرای شیوه پرورش جنگل پایا خواهد بود. لازم به ذکر است که براساس رویکرد همگام با طبیعت هیچ دستورالعمل از پیش نوشته‌ای برای جنگلبان‌ها وجود ندارد و اغلب دخالت‌ها براساس جنگل گردشی‌ها و تعیین وضعیت جنگل بر مبنای دینامیک توده تعیین می‌شود، چرا که هر جنگل (توده) تاریخچه، ساختار و شرایط محیطی متفاوتی را دارد. با در نظر گرفتن این موضوع، در این شیوه به شکل کلی به نحوه دخالت‌ها و عملیات پرورشی در جنگل‌های تحت مدیریت پرداخته خواهد شد و دستورالعمل اجرایی واحدی برای کل ناحیه هیرکانی وجود ندارد، بلکه می‌توان یک سری از اقدامات را برای جنگل‌هایی با ویژگی‌های متفاوت ارائه کرد. جزییات دخالت‌ها در هر ناحیه و براساس توان اکولوژیکی- اجتماعی تعیین خواهد شد. همچنین با توجه به شرایط تغییرات اقلیمی، افزایش تاب‌آوری در مواجه با مخاطرات طبیعی و افزایش دوره خشکسالی، افزایش تاب‌آوری در اکوسیستم جنگل و حفاظت از ارزش‌های زیستی جنگل در این برنامه دارای اولویت است. به طور کلی بهینه‌سازی و افزایش رشد (حجم سرپا)، افزایش پیچیدگی ساختار توده‌های جنگلی، حفاظت از تنوع زیستی و ایجاد تاب‌آوری مطلوب در جنگل‌ها در مواجه با تغییرات اقلیمی مهمترین اهداف برنامه پرورش جنگل در این شیوه هستند. این اقدامات بایستی کم اثر (شدت کم) و در صورت لزوم با چندین تکرار انجام شوند. در این شیوه اگرچه مقیاس تعادل در جنگل مورد توجه است و در برنامه‌ریزی در مقیاس توده لحاظ می‌شود، اما مقیاس عملکرد و اقدامات پرورشی، درختان انفرادی بوده و دخالت در مقیاس بزرگ‌تر انجام نخواهد شد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی به تحلیل مطالعات پیشین از وضعیت جنگل‌های هیرکانی و نیز برخی منابع مرتبط در کشورهای اروپای مرکزی که پیشتر این شیوه در آن کشورها رایج بوده پرداخته شده است. بر این اساس اقدام به معرفی و بیان مهترین ویژگی‌های این شیوه می‌شود. لازم به ذکر است که این مقاله شامل دستورالعمل اجرایی نبوده و صرفا به معرفی روش می‌پردازد.

تحلیل و ارائه دیدگاه

لزوم توجه به شیوه پرورش جنگل پایا

بر این اساس با توجه به وضعیت توده‌های راش در ناحیه هیرکانی و بنا به دلایل متعدد، شیوه جنگل پایا به عنوان شیوه پرورش جنگل‌های هیرکانی توصیه می‌شود. مهمترین دلایل عبارتند از قدمت و کهن‌رست بودن اغلب مناطق ناحیه هیرکانی که هرگونه اقدام مدیریتی متمرکز در آن منجر به فاصله گرفتن جنگل از مسیر تحول طبیعی و آسیب به طبیعت خواهد شد. روند تحول بلندمدت در این جنگل‌ها منجر به توسعه و تحول توده‌های جنگلی در بیشترین حد از تنوع ساختاری و پیچیدگی قابل قبول شده است (Sefidi et al., 2021). برای حفظ این حد از پیچیدگی نیاز به دخالت و برنامه‌ریزی متناسب با نگهداشت درختان و ساختار هدف وجود دارد. همچنین بایستی اذعان داشت که جنگل‌های ناحیه هیرکانی با وجود دستخوردگی‌های متعدد از درجه طبیعی بودن (Naturalness) بالایی بر خوردارند. این موضوع موید این نکته است که هر گونه برنامه‌ریزی و دخالت در این جنگل‌ها بایستی در مسیر تحول طبیعی و حفظ درجه طبیعی بودن جنگل انجام شود.

مزیت دیگر این شیوه امکان اجرای عملیات پرورشی در جنگل پایا است. در این شیوه مقیاس زمانی و مکانی برنامه‌ریزی‌های پرورش جنگل منجر به ایجاد فرصت مناسب برای عملیات پرورشی با اهداف اکولوژیکی و اجتماعی خواهد شد. در شیوه جنگل پایا هدف، ماهیت و چگونگی انجام برش‌های میانی و پرورشی متفاوت از سایر شیوه‌های رایج است. علاوه بر اجرای عملیات پرورشی سه‌گانه (سفیدی، ۱۴۰۲) جنگل پایا، کنترل به عنوان یک اقدام فنی همواره در این شیوه اعمال خواهد شد. اجرای عملیات پرورشی با شیوه جنگل پایا شرایط مناسبی را برای احیاء و بازسازی اکولوژیک جنگل‌های دست‌خورده هیرکانی در مناطق مختلف به دنبال خواهد داشت. با اجرای این شیوه ساختار و ترکیب جنگل‌های تحت آشفتگی‌های مکرر و دست‌خورده اصلاح و به تدریج به سمت توسعه ساختار براساس توان اکولوژیک منطقه خواهد رفت. نکته دیگر پرورش حجم در ساختار توده‌های هیرکانی است که می‌تواند با این شیوه به شکل مطلوب انجام شود. در جنگل‌های هیرکانی با توجه به برداشت‌های مکرر و نیز غیرقانونی در سال‌های گذشته، رویش و حجم سرپای جنگل به شدت کاهش یافته است. نتایج غیر رسمی و منتشر نشده از حجم سرپا در ناحیه هیرکانی با وجود ناهمگنی بسیار، عددی کمتر از ۲۵۰ مترمکعب را گزارش نموده است که این میزان با در نظر گرفتن توان اکولوژیکی منطقه بسیار کم است و اقدامات متناسب پرورشی می‌تواند آن را تا بیش از ۷۰۰ متر مکعب برساند. این به معنای اعمال دخالت پرورشی با دوره گردش کوتاه و شدت کم از دخالت‌ها است (کار بیشتر، برداشت کمتر). اعمال دخالت‌های پرورش توده علاوه بر این منجر به استفاده از ظرفیت و کارایی حداکثری پوشش تاجی جنگل در فرآیند جذب کربن خواهد شد. با توجه اهمیت تجارت کربن و نقش کلیدی جنگل‌ها، اجرای شیوه جنگل پایا انتخاب مناسبی در این مورد خواهد بود. شدت تغییرات اقلیمی تا حدی است که می‌تواند شرایط زندگی را در ناحیه هیرکانی در سال‌های آتی دگرگون سازد. افزایش مخاطرات، فرسایش و خشکسالی‌های پی در پی نه تنها می‌تواند خسارت‌های مالی و اجتماعی به بار آورد، بلکه می‌تواند منجر به تهدید سلامتی ساکنان استان‌های شمالی نیز شود. از این رو هر شیوه‌ای از مدیریت، حفاظت و احیاء جنگل‌های هیرکانی بایستی با در نظر گرفتن شتاب تغییرات اقلیمی و اثرات آن باشد. سازگاری زیاد شیوه جنگل پایا با اثرات تغییرات اقلیمی منجر به حداکثر تاب‌آوری در بوم سازگان‌های جنگلی منطقه خواهد شد. در مطالعات جنگل‌های اروپای مرکزی کاهش حدود ۱۵ درصدی رشد درختان راش در نتیجه تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده است (Thomas et al., 2024) بر این اساس کاهش رشد درختان می‌تواند شرایط سخت‌تری برای پایداری اکوسیستمی جنگل‌ها فراهم آورد که این موضوع لزوم کاستن از شدت دخالت‌ها و انتخاب شیوه‌ای همگام با طبیعت را نشان می‌دهد. از این رو به نظر می‌رسد که شیوه جنگل پایا می‌تواند تا اندازه‌ای منجر به افزایش تاب‌آوری در

جنگل‌ها شود. لازم به ذکر است که افزایش دمای سالیانه منجر به گل‌دهی زودتر از موعد در گونه‌های درختی شده و احتمال خسارت فراوان از سرمای دیررس را افزایش و در نتیجه موجب خسارت قابل توجه به جنگل‌ها خواهد شد. در عین حال حفاظت از میکروکلیمای جنگل (تغییرات اقلیمی خرد) مستلزم برداشت حداقلی و ایجاد ساختار عمودی و افقی مناسب است. بر این اساس به نظر می‌رسد که در سال‌های پیش رو شیوه‌ای موفق خواهد بود که حداکثر تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی را برای جنگل‌ها فراهم آورد. از نقطه نظر اقتصاد درون‌زا نیز اجرای این شیوه می‌تواند منجر به تولید چوب با کیفیت در جنگل‌ها شود. شکی نیست چنانچه هدف از مدیریت جنگل‌ها تولید کمی چوب و به ویژه تغذیه صنایع لیگنوسلولزی باشد، این شیوه قابل توصیه نیست. اما برای تولید چوب با کیفیت و قابل عرضه در بازارهای مالی بهترین شیوه پرورش جنگل پایا است. امکان تولید چوب با کیفیت تنها با وجود درختان قطور در جنگل فراهم می‌شود. شیوه جنگل پایا به درختان فرصت رشد تا حداکثر توان رویشی را می‌دهد و بر این اساس درختان قطور منجر به پرورش درختان با کیفیت و ارزش اقتصادی قابل توجه خواهند شد. در عین حال از منظر مدیریت ریسک، این شیوه حداقل خطر از دست رفتن سرمایه جنگل را داشته و ضمن حفظ سرمایه و حجم سرپای جنگل، هرساله بخشی از رویش جنگل (حداکثر ۲۰ درصد رویش سالیانه جنگل) برداشت می‌شود که این میزان می‌تواند در جنگل‌های هیرکانی با توجه به شرایط رویشگاهی بسیار متفاوت باشد. در عین حال در این شیوه، سایر کالاها و خدمات بازاری جنگل حفظ و امکان عرضه خواهند داشت. استمرار اجرای شیوه پرورش جنگل پایا منجر به افزایش روزافزون ارزش کارکردهای خدماتی و حمایتی جنگل نیز خواهد شد. در این شیوه خدمات تنظیمی و حمایتی جنگل مانند حفظ آب و خاک، تولید اکسیژن، جذب دی‌اکسید کربن و افزایش تاب‌آوری در مقیاس سرزمینی در حداکثر ممکن قرار دارد. این شیوه ضمن ایجاد پوشش دائمی در پوشش تاجی جنگل منجر به حفظ میکروکلیمای جنگل خواهد شد. اجرای عملیات پرورشی در توده‌های جوان نیز با حفظ کامل پوشش تاجی منجر به کارایی حداکثری در فرآیند فتوسنتز و جذب کربن خواهد شد. وجود پوشش دائمی در جنگل منجر به باران‌ربایی بیشینه جنگل و در نتیجه حداقل فرسایش و سیلاب در منطقه خواهد شد. در عین حال ارزش‌های اجتماعی و کارکردهای فرهنگی در جنگل‌ها در گرو حفظ ویژگی‌های زیباشناختی و منحصر بفرد جنگل‌ها است. دخالت‌های نامحسوس و حداقلی در شیوه پرورش جنگل پایا منجر به کمترین تغییر در ساختار و سیمای ظاهری پوشش گیاهی در جنگل‌ها خواهد شد. این موضوع بیشترین اهمیت را در ایفای کارکردهای فرهنگی، اجتماعی و زیباشناختی جنگل‌ها دارد. علاوه بر موارد ذکر شده، چنانچه هدف از مدیریت جنگل‌ها حفظ تنوع زیستی در جنگل‌ها باشد، این شیوه حداکثر کارایی را خواهد داشت. فرصت رشد بیشنه درختان، تاکید بر نگهداشت درخت و توده (Tree and stand retention)، حفظ پوشش تاجی دائمی در جنگل و تلاش برای حفظ میکروکلیمای جنگل منجر به خلق زیستگاه‌های خرد درختی (Tree related microhabitats) در این جنگل‌ها خواهد شد. در جنگل‌های تحت مدیریت پرورش جنگل پایا بیشترین تنوع از زیستگاه‌های خرد وجود داشته و در عین حال در برنامه عملیات پرورشی جایگاه ویژه‌ای برای مدیریت خشک‌دارها و درختان زیستگاهی در جنگل‌ها وجود دارد. در یک نگاه کلی حفاظت و بهره‌مندی توأمان از کارکردهای چندگانه بوم‌سازگان جنگل اعم از اقتصادی، زیستی و اجتماعی در جنگل‌های طبیعی و ناهمسال هیرکانی در صورتی میسر خواهد شد که بتوان با شیوه‌ای همگام با طبیعت (نه حتی نزدیک به طبیعت) به پرورش و بازسازی اکولوژیک جنگل‌ها در بلندمدت پرداخت.

نکات کلیدی در اجرای شیوه پرورش جنگل پایای هیرکانی

چند نکته مهم در اجرای شیوه پرورش جنگل پایا وجود دارد که بایستی مدنظر باشد. نخست اینکه هیچ برنامه از پیش طراحی شده‌ای برای کل ناحیه هیرکانی وجود ندارد، بلکه گروهی از اقدامات قابل توصیه تعریف می‌شود که می‌توانند در شرایط مختلف محلی تغییراتی نیز داشته باشد. تدوین برنامه عملیاتی پرورش جنگل پس از مطالعات تکمیلی هر ناحیه و براساس اطلاعات پایه و انتظارات و ظرفیت‌های موجود تنظیم می‌شود. در این شیوه مقیاس مکانی و زمانی و عملکرد در جنگل متفاوت از سایر شیوه‌ها تعیین می‌شود. در ادامه پارسل‌های مدیریتی جنگل در هر بخش براساس داده‌های مطالعات کمی ساختار و فازهای تحولی غالب به پارسل‌های پرورشی و حفاظتی تفکیک می‌شود. در پارسل‌های پرورشی با توجه به وضعیت جنگل (جدول ۱)، اقدامات پرورشی در سطوح خرد و احیاء اکولوژیک رویشگاه‌های مخروبه و پرورش توده برای نیل به اهداف اکولوژیکی و اقتصادی انجام می‌شود. در پارسل‌های پرورشی دخالت‌ها به شکل متمرکز با دوره‌های بازگشت ۲۰ سال (زمان بسته شدن روشنه‌ها؛ سفیدی، ۱۳۹۷) به شکل تنک اکولوژیک (Ecological thinning) و در سه گروه از عملیات پرورشی انجام خواهد شد. مساحت پارسل‌های حفاظتی ۱۰-۲۰ درصد کل بخش خواهد بود. تعیین منحنی‌های وضعیت تعادل (Equilibrium state) براساس داده‌های پارسل و برای مساحتی برابر ۳۰ تا ۵۰ هکتار (سفیدی و همکاران، ۱۳۹۷) به تشخیص جنگل‌شناس تعیین و ملاک عمل در دخالت‌های پرورشی در مقیاس توده در پارسل‌های پرورشی خواهد بود.

جدول ۱- تعیین وضعیت توده براساس تیپ، سابقه مدیریتی و مشخصات توده در پارسل‌های پرورشی

کد شناسه	وضعیت توده	مشخصه‌های اصلی توده‌های جنگلی
VF	جنگل کهن‌رست (جنگل‌های بکر)	غلبه گونه‌های بومی و معرف مرحله انتهایی توالی*، با دامنه اکولوژیک محدود، تیپ جنگل آمیخته یا خالص متشکل از درختان مرحله نهایی توالی، فراوانی نسبی درختان قطور** حداقل ۱۰ درصد، حجم خشک‌دارها حداقل ۲۵٪ حجم سرپا، حداقل ۱۰ اصله درخت زیستگاهی در هکتار، توزیع درختان در طبقه‌های قطری نمایی کاهنده با فراوانی بسیار در طبقه‌های کم قطر، فاقد سابقه دخالت هدفمند (مدیریت جنگل) و بی هدف (برداشت غیر قانونی)
NF	جنگلی طبیعی	غلبه گونه‌های درختی معرف مرحله انتهایی توالی، تیپ جنگل آمیخته و متشکل از درختان مرحله نهایی توالی، فراوانی درختان قطور حداکثر ۱۰ درصد، حجم خشک‌دارها ۲۰-۲۵ درصد درختان سرپا، حداقل ۱۰ اصله درخت زیستگاهی در هکتار، توزیع درختان درطبقه‌های قطری نمایی کاهنده، طبقه‌ها متعادل، فاقد سابقه مدیریت یا حداکثر ۱۰ سال مدیریت هدفمند و برداشت غیر قانونی پراکنده و محدود
CNF	جنگل نزدیک به طبیعت	فراوانی و ارزش نسبی درختان معرف مرحله انتهایی توالی بیش از ۷۵٪، تیپ جنگل متشکل از درختان مرحله نهایی توالی همراه با ممرز، فراوانی نسبی درختان قطور حداکثر ۱۰ درصد، حجم نسبی خشک‌دارها کمتر از ۲۰ درصد، حداکثر ۱۰ اصله درخت زیستگاهی در هکتار، توزیع درختان در طبقه‌های قطری نمایی کاهنده، متعادل، سابقه مدیریتی بیش از ۲۰ سال، برداشت غیر قانونی کم و پراکنده

* درختان معرف مرحله نهایی شامل راش شرقی و بلندمازو است. این گونه‌ها به نسبت‌های متفاوت با سایر گونه‌های اصلی آمیخته می‌شوند.

** درختان قطور درختانی با قطر بیش از ۷۵ سانتی متر در نظر گرفته شده است.

ادامه جدول ۱- تعیین وضعیت توده براساس تیپ، سابقه مدیریتی و مشخصات توده در پارسل‌های پرورشی

کد شناسه	وضعیت توده	مشخصه‌های اصلی توده‌های جنگلی
FCNF	جنگل به نسبت نزدیک به طبیعت	فراوانی و ارزش نسبی درختان معرف مرحله انتهایی توالی ۵۰ تا ۷۵٪ ، تیپ جنگل آمیخته با گونه‌های حد واسط مانند پلت، توسکا و ممرز، فراوانی نسبی درختان قطور کمتر از ۵ درصد، حجم نسبی خشک‌دارها ۱۰ درصد، حداکثر ۵ درخت زیستگاهی، توزیع درختان در طبقه‌های قطری نمایی کاهنده با فراوانی زیاد درختان کم قطر و میان قطر*، سابقه مدیریت هدفمند ۲۰ تا ۶۰ سال، برداشت قاچاق قابل توجه
FNF	جنگل به نسبت طبیعی	فراوانی و ارزش نسبی گونه درختان معرف مرحله انتهایی توالی ۵۰ تا ۷۵ ٪، تیپ متشکل از گونه‌های میانی (بیش از ۲۰ درصد) و در مواردی خرابه‌روی**، درختان مراحل ابتدایی و میانی حداقل ۱۰ درصد، فراوانی نسبی درختان قطور کمتر از ۵ درصد، حجم نسبی خشک‌دارها ۱۰ درصد، حداکثر ۵ درخت زیستگاهی، توزیع درختان در طبقه‌های قطری نمایی کاهنده با فراوانی زیاد در طبقات میان قطر وکم قطر، سابقه مدیریت بیش از ۶۰ سال، رهاسازی از مدیریت
FFNF	جنگل به نسبت دور از طبیعت	فراوانی و ارزش نسبی گونه در درختان معرف مرحله انتهایی توالی ۲۵ تا ۵۰ ٪، تیپ متشکل از درختان مراحل ابتدایی و میانی با فراوانی نسبی حداقل ۲۵ درصد تا ۵۰٪، فراوانی نسبی درختان قطور کمتر از ۵ درصد، حجم نسبی خشک‌دارها حداکثر ۵ درصد، حداکثر یک یا دو درخت زیستگاهی، توزیع درختان در طبقه‌های قطری نامنظم، فراوانی زیاد در طبقات کم قطر و میان قطر، سابقه مدیریتی بیش از ۶۰ سال، قطع متمرکز درختان به شکل غیر قانونی
FFN	جنگل دور از طبیعت	فراوانی و ارزش نسبی گونه در درختان معرف مرحله انتهایی توالی کمتر از ۱۰٪، تیپ متکشل از درختان مراحل ابتدایی و میانی، تیپ متشکل از درختان مراحل ابتدایی و میانی با فراوانی نسبی حداقل ۵۰ درصد تا ۷۵٪ ، فراوانی نسبی درختان قطور کمتر از ۵ درصد، حجم نسبی خشک‌دارها کمتر از ۵ درصد، توزیع درختان در طبقه‌های قطری بسیار نامنظم، فراوانی زیاد در طبقات کم قطر و میان قطر، سابقه مدیریتی بیش از ۱۰۰ سال، قطع متمرکز درختان به شکل غیر قانونی

* درختان کم قطر و میان قطر دارای قطر برابر سینه به ترتیب کمتر از ۲۵ سانتی متر و ۲۵ تا ۵۰ سانتی متر هستند.

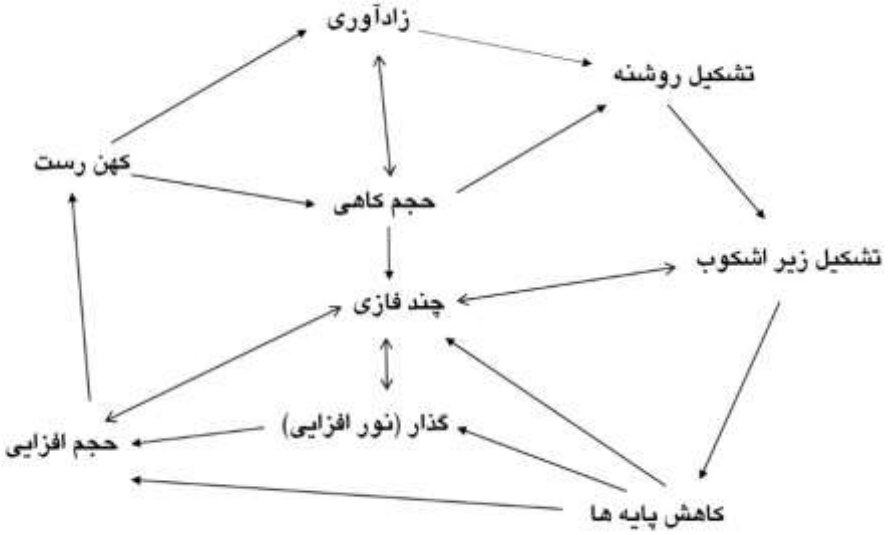
** درختان خرابه‌روی شامل درختان معرف تخریب جنگل مانند ازگیل، زالزالک و گیاهانی مانند سرخس، پلهم و تمشک است.

اصل کلیدی در اجرای شیوه جنگل پایا در ناحیه هیرکانی تعیین متغیرهایی مانند حجم سرپا، سطح مقطع درختان و فراوانی در کلاسه‌های قطری در مقیاس تعادل خواهد بود. بر این اساس انجام آماربرداری صد در صد بایستی قبل از آغاز هر چرخه در ابتدای آن انجام و تحلیل شود. اگرچه در این شیوه اقدامات عملی بر پایه تک درخت انجام می‌شود، اما توده مقیاس عملکرد و برنامه‌ریزی‌های جنگل شناسی خواهد بود. بر این اساس پس از تعیین نظم مکانی در پارسل‌های پرورشی

اقدام به تعیین وضعیت توده می‌شود. تعیین وضعیت توده براساس تیپ، سابقه مدیریتی و مشخصات توده در پارسل‌های پرورشی انجام شده و میزان دوری و نزدیکی جنگل نسبت به طبیعت تعیین می‌شود.
در گام سوم پس از تعیین وضعیت توده‌های جنگلی و تحلیل آشفتگی‌های انسانی و طبیعی رایج در جنگل (جدول ۳)، نسبت به تعیین موقعیت تحولی توده براساس دینامیک توده‌های جنگلی اقدام خواهد شد.

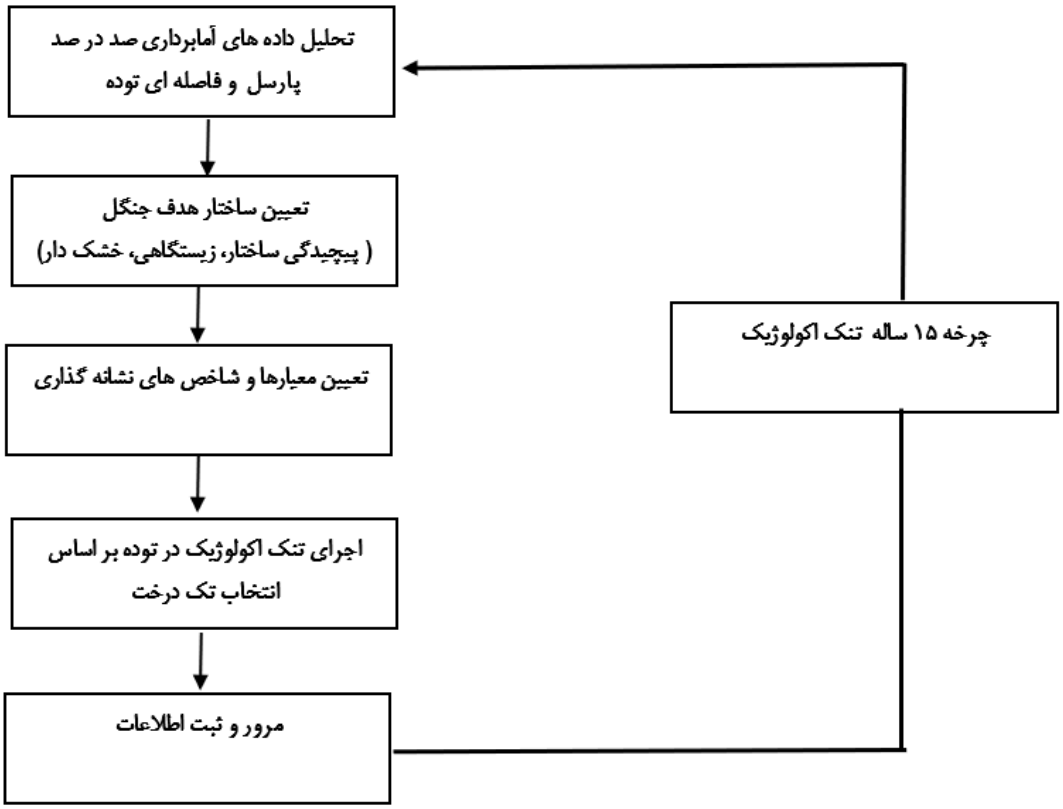
جدول ۳- مسیرهای تحول توده براساس رژیم آشفتگی‌های رایج در جنگل‌های هیرکانی (سفیدی، ۱۴۰۱)

رژیم آشفتگی	شدت تغییرات ساختاری	مسیرهای تحولی در توده‌های راش	فازها و مراحل تحولی
آشفتگی مقیاس خرد	حذف یک یا دو درخت (حفظ پوشش تاجی)	چند فازی در مقیاس توده شکل‌گیری گروه‌های ساختاری کوچک و متوسط (کمتر از ۵۰۰ متر مربع)	لکه‌های تحولی فاز آمیخته (چند فازی)
آشفتگی مقیاس میانه	حذف بخشی از توده (بیش از ۲ درخت)	شکل‌گیری موزاییک فازهای تحولی در مقیاس توده، ایجاد گروه‌های ساختاری بزرگ (بیش از ۵۰۰ متر مربع)	فازهای تحولی هشت‌گانه راش شرقی
آشفتگی مقیاس بزرگ	حذف توده	شکل‌گیری موزاییک مراحل تحولی در مقیاس توده و جنگل	مراحل تحولی سه‌گانه



شکل ۱- فازهای تحولی مختلف برای جنگل‌های راش شرقی در ناحیه هیرکانی (سفیدی، ۱۳۹۳)

در جنگل‌های گروه اول (VF و NF) حداقل دخالت‌ها به جهت حفظ ارزش‌های طبیعی انجام خواهد شد. در گروه دوم شامل (FFNF و FNF) اقدامات احیایی و پرورشی شامل اصلاح ساختار و همچنین برنامه عملی بازگشت اکوسیستمی بلندمدت با هدف احیاء جنگل‌های مداخله شده انجام می‌شود. در گروه سوم شامل جنگل‌های نزدیک به طبیعت (CTF، FCNF و FNF) اقدامات پرورشی براساس تعیین مرحله تحولی و دینامیک توده انجام می‌شود. بر این اساس جنگل‌ها در سه مرحله تحولی شامل مرحله آغاز تحول توده، مرحله میانی و مرحله نهایی و فازهای هشت‌گانه (سفیدی و همکاران، ۱۳۹۳) طبقه‌بندی شده و عملیات پرورشی متناسب با آن انجام خواهد شد. در ادامه براساس وضعیت جنگل، اقدام به برنامه‌ریزی جنگل‌شناسی خواهد شد. این برنامه‌ریزی شامل اجرای عملیات پرورشی سه‌گانه است. عملیات تنظیم زیر اشکوب، تنک اکولوژیک و کنترل، سه عملیات پرروشی اصلی در این شیوه می‌باشد (سفیدی، ۱۴۰۲). مهمترین اقدام، تنک اکولوژیک با چرخه ۱۵ تا ۲۰ ساله معرفی می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- الگوی کلی از مراحل طراحی و اجرای برش تنک اکولوژیک در پرورش جنگل پایا

جمع‌بندی

اجرای شیوه پرورش جنگل پایای هیرکانی به عنوان یک شیوه نوین و بر پایه دانش بوم‌شناسی ضمن ایجاد یکپارچگی (Integrative) درحفظ کارکردها منجر به یک شیوه سازگار (adaptive) با شرایط متغیر محیطی در مواجه با تغییرات اقلیمی خواهد شد و درنتیجه بیشترین تعادل زیستی و تاب‌آوری را در مقیاس محلی و سرزمینی به دنبال خواهد داشت. در

عین حال توجه کافی به بهره‌مندی از تمامی کارکردهای جنگل منجر به حفظ ارزش‌های محیط زیستی و استفاده از تولیدات و خدمات جنگل همسو با اهداف توسعه پایدار سرزمینی خواهد شد.

منابع

ثاقب طالبی، خ.، (۱۳۹۶). جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت دیدگاه‌ها و اهداف، مجله طبیعت ایران، ۱ (۲): ۶-۹.

سفیدی، ک.، (۱۴۰۲). دستورالعمل اجرای شیوه پرورش جنگل پایا (Dauer wald)، دانشگاه محقق اردبیلی، ۴۰ ص.

سفیدی.ک. (۱۴۰۱). جنگل شناسی همگام با طبیعت، مدیریت اکولوژیک جنگل‌ها، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، ۳۸۵ ص.

سفیدی، ک.، مروی مهاجر، م.، اعتماد، و.، موزاندل، ر.، (۱۳۹۳)، پویایی مرحله نهایی توالی در جنگل‌های راش آمیخته، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۲): ۲۷۰-۲۸۳.

سفیدی، ک.، (۱۳۹۷). تعیین سن روشنه‌های پوشش تاجی براساس نرخ پوسیدگی درختان روشنه ساز در جنگل‌های راش اسالم، سیزدهمین همایش ملی علوم آبخیزداری و سومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، ۱۱-۱۸ ص.

مروی مهاجر، م.ر، (۱۳۹۴). جنگل شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۰ ص.

Sefidi, K., Copenheaver, C.A., and Sadeghi, S.M.M. (2022). Anthropogenic pressures decrease structural complexity in Caucasian forests of Iran. Écoscience, 29 (3): 199-209.

The propose of Hyrcanina Dauerwald method to conserve and benefit from the full potential Hyrcanian Forests

K. Sefidi*

- Prof., University of Mohaghgh Ardabili, Ardabil. Iran.

Abstract

Silviculture is the science and art of intervening in forest stands to enhance their biological, social, and economic potential. In other words, it encompasses targeted interventions in the structure and composition of natural forests to ensure their survival and continuous production as natural ecosystems. Given the global decline in natural forest areas, the conservation of forests capable of providing multifunctional roles and services has become a priority. However, for years, opposing views on whether to harvest trees from the Hyrcanian forests have failed to converge on a common approach. There are numerous facts supporting the selection of the Dauerwald method as an effective and efficient method for managing natural forests in the Hyrcanian region. A sustainable forest management approach, rooted in ecological management, can ensure the simultaneous preservation and utilization of the multifunctional roles of forests. Implementing this approach requires adherence to spatial and temporal organization, assessing proximity to natural conditions, defining developmental phases, and performing three key silvicultural operations: understory regulation, ecological thinning, and control measures. Adopting the the Hyrcanian Dauerwald method for the Hyrcanian forests not only integrates conservation efforts but also promotes a management method that adapts to changing environmental conditions in response to climate change. Consequently, it will result in greater ecological balance and resilience at both local and regional scales.

Keywords: Climate change, Closer to nature Forest managment, Dauerwald Method, Hyrcanian Forest, Oriental beech.

*Corresponding author Tel: +98 9127264066 Email: kiomarssefidi@gmail.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر الگوی پراکنش و آمیختگی جنگل‌های بلوط: زاگرس میانی

فرناز لرستانی[1*] و رامین حسین زاده[2]

۱- دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- دانش آموخته دکتری جنگلداری، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

چکیده

در این پژوهش اثرات عوامل فیزیوگرافی بر دو ویژگی ساختاری شامل الگوی مکانی و آمیختگی در جنگل‌های قلعه‌گل خرم‌آباد بررسی شده است. به این منظور با استفاده از طرح منظم تصادفی تعداد ۶۰ قطعه نمونه دایره‌ای شکل و ۱۲ آری در یک شبکه با ابعاد ۴۰۰ × ۲۰۰ متر، برداشت شد. براساس نتایج آزمون کروسکال- والیس، در مقوله الگوی پراکنش، عوامل فیزیوگرافی تأثیر چشم‌گیری بر نتایج شاخص کلارک و ایوانز نداشته‌اند و در مجموع الگوی پراکنش مکانی بلوط تصادفی است. به لحاظ آمیختگی، تأثیر شیب و ارتفاع از سطح دریا معنی‌دار بوده ولی جهت شیب منجر به اختلاف معنی‌دار نشده است. بیش‌ترین مقدار آمیختگی مربوط به طبقات میانی شیب، جهت جنوب و ارتفاعات بالا است. از بین عوامل مختلف، بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار مربوط به شیب و ارتفاع از سطح دریا است، در حالی که جهت شیب اثرات کمتری را نشان می-دهد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های مشابه به تأثیر توأمان عوامل تاثیرگذار بر ساختار این جنگل‌ها پرداخته شود.

واژگان کلیدی: الگوی مکانی، آمیختگی، بلوط ایرانی، عوامل محیطی.

مقدمه

جنگل‌های غرب ایران، در طول سلسله جبال زاگرس با طول متوسط ۱۱۵۰ کیلومتر و عرض متوسط ۷۵ کیلومتر، از شمال غربی به سمت جنوب غربی کشور کشیده شده‌اند. رویشگاهی با این عظمت و این همه تنوع طبیعتاً شرایط ویژه‌ای را با رستنی‌های گوناگون به وجود آورده است، به نحوی که در هر اقلیم یا زیر اقلیم آن، جوامع یا تیپ‌هایی متشکل از گونه‌های خاص دیده می‌شود (فتاحی، ۱۳۷۳). با وجود تعداد زیاد گونه‌های درختی و درختچه‌ای که در جنگل‌های زاگرس وجود دارند، درصد زیاد ترکیب گونه‌ای بلوط در اکثر نقاط به صورت غالب است و می‌توان گفت جنس بلوط مشخص‌کننده سیمای ظاهری این جنگل‌هاست. به همین دلیل این جنگل‌ها به جنگل‌های بلوط غرب مشهور هستند (مروی مهاجر، ۱۳۹۸).

ترکیب و پراکنش گونه‌های درختی علاوه بر خصوصیات زیستی ژنتیکی، به عوامل مختلف محیطی از جمله فیزیوگرافی منطقه بستگی دارد (Basnet, 1992). پی بردن به نوع و مقدار ارتباط جوامع جنگلی با عوامل فیزیوگرافی می‌تواند در پیشبرد اهداف مختلف جنگلداری و پرورش جنگل موثر باشد.

تاکنون در مطالعات مختلفی به بررسی تأثیر فیزیوگرافی بر خصوصیات مختلف جنگل از قبیل تنوع گونه‌ای، تراکم و الگوی پراکنش درختان پرداخته شده است. Oliveira-Filho et al. (1994) به بررسی اثرات خاک و توپوگرافی بر توزیع گونه‌های

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۳۳۴۲۶۸۲۸۴ ایمیل: farnazlorestani2@gmail.com

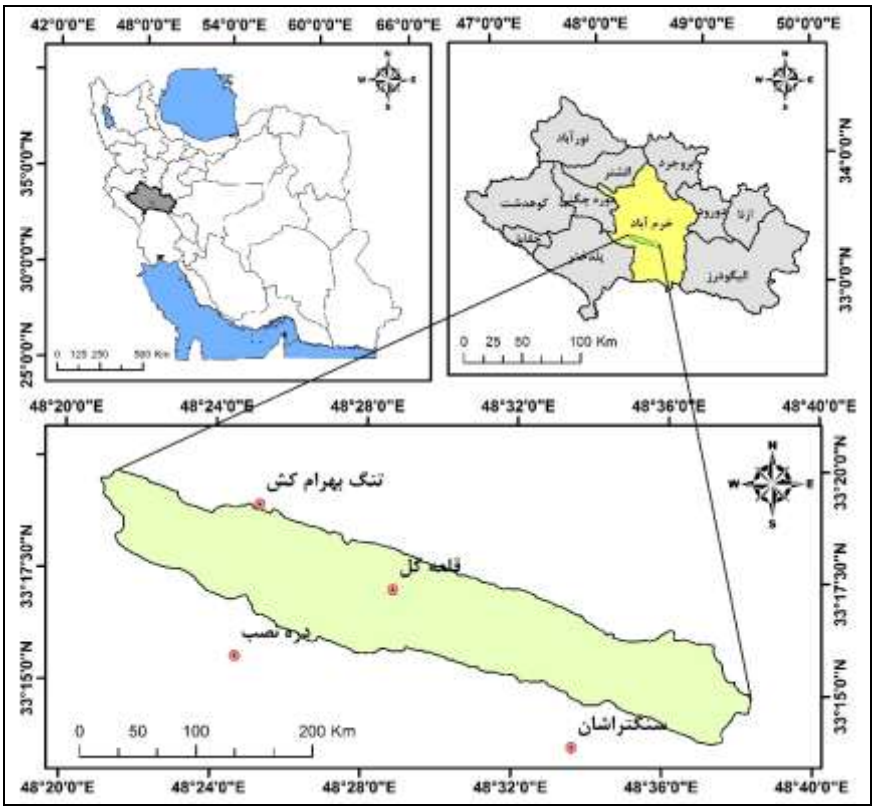
درختی در جنگل‌های گرمسیری سواحل رودخانه در جنوب شرقی برزیل پرداختند و بیان کردند که این عوامل تأثیر معنی‌داری بر توزیع تراکم درختان دارند. Gerhardt and Foster (2020) شکل زمین را مهم‌ترین عامل در کنترل ساختار و ترکیب جنگل معرفی کردند. Freitas et al. (2010) نیز در تحقیقی اثرات جاده‌ها، توپوگرافی و کاربری اراضی را در روند تغییرات پوشش جنگل در جنگل آتلانتیک برزیل بررسی کردند. Lippok et al. (2013) در پژوهشی در جنگل‌های کوهستانی استوایی بیان کردند که اثرات شکل زمین و مرز جنگل بر پوشش و تنوع گونه‌ای جنگل نسبت به گرادیان ارتفاعی (۲۵۰۰-۱۹۰۰ متر) بیش‌تر بوده است. در ایران نیز مطالعات مختلفی در این راستا انجام شده است. پرما و شتایی جویباری (۱۳۸۹) ضمن بررسی ارتباط بین تاج‌پوشش و تنوع گونه‌های چوبی با عوامل فیزیوگرافی بیان نمودند که عوامل فیزیوگرافی با میزان تنوع ارتباط معنی‌داری دارند. نوشادی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر مشخصه‌های کمی بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس میانی را مورد بررسی قرار دادند. نامبردگان بیان کردند که جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا بر اندازه مشخصه‌های سطح تاج درختان، سطح مقطع برابرسینه و تعداد در هکتار تأثیر معنی‌داری دارند. ولی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) ضمن بررسی ارتباط بین ویژگی‌های ساختاری جنگل و ابعاد درختان بلوط با عامل‌های فیزیوگرافی در جنگل‌های آرمرده بانه بیان نمودند که ابعاد درختان به طور معنی‌داری تحت تأثیر عامل‌های فیزیوگرافی هستند.

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات عوامل فیزیوگرافی عرصه شامل شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا بر دو ویژگی مهم ساختار جنگل شامل الگوی پراکنش مکانی و آمیختگی گونه‌ها در بخشی از جنگل‌های قلعه‌گل خرم‌آباد با تیپ غالب بلوط ایرانی و فرم رویشی شاخه‌زاد انجام شد.

مواد و روش ها

منطقه قلعه‌گل با مساحتی بالغ بر ۹ هزار هکتار در ۳۵ کیلومتری جنوب شهر خرم‌آباد واقع شده است. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه از سطح دریا به ترتیب ۱۴۹۳ و ۲۸۰۲ متر است و براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم نیمه مرطوب سرد است. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۰ دقیقه و طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۸ دقیقه قرار گرفته است (شکل ۱).

به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، در یک محدوده جنگلی ۵۰۰ هکتاری با استفاده از طرح منظم تصادفی، تعداد ۶۰ قطعه نمونه دایره‌ای با مساحت ۱۲ آری در یک شبکه با ابعاد ۴۰۰ × ۲۰۰ متر، برداشت شد. سپس مشخصاتی از جمله نام گونه، آزیموت و فاصله هر درخت نسبت به مرکز قطعه نمونه اندازه‌گیری شد. همچنین در هر قطعه نمونه عوامل شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا ثبت و طبقه‌بندی شد (جدول ۱).



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقهٔ قلعه گل در شهرستان خرم‌آباد

جدول ۱- طبقه‌بندی عوامل فیزیوگرافی

عامل فیزیوگرافی	شیب (درصد)	جهت جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
طبقه	۱۵-۰	شمال N	۱۷۵۰-۱۸۵۰
	۲۵-۱۵	شرق E	۱۸۵۰-۱۹۵۰
	۳۵-۲۵	جنوب S	۱۹۵۰-۲۰۵۰
	۴۵-۳۵	غرب W	۲۰۵۰-۲۱۵۰

شاخص‌های مورد استفاده

به‌منظور بررسی ویژگی موقعیت مکانی، از شاخص‌های کلارک و ایوانز و برای بررسی ویژگی تنوع آمیختگی گونه‌ای از شاخص آمیختگی استفاده شد که شرح این شاخص‌ها در ادامه آمده است:

۱. شاخص کلارک و ایوانز (R)

شاخص کلارک و ایوانز طبق رابطه ۱، با استفاده از میانگین فواصل بین تک تک درختان با نزدیک‌ترین همسایه آن‌ها و مقایسه آن با میانگین فواصل مورد انتظار در حالت الگوی پراکنش تصادفی وضعیت جنگل موردنظر را مورد بررسی قرار می‌دهد.

رابطه (۱)

$$R = \frac{\bar{r}_{observed}}{\mathrm{E}\,(r)} \qquad \mathrm{E}\,(r) = 0.5.\sqrt{\frac{A}{N}}$$

در این رابطه، $\bar{r}_{observed}$ میانگین فاصله درختان تا نزدیک‌ترین همسایه به متر، E (r) میانگین فواصل مورد انتظار در حالت پراکنش تصادفی به متر، N تعداد کل درختان در قطعه نمونه، A مساحت قطعه نمونه به متر مربع، دامنه مقادیر این شاخص بین صفر تا ۲/۱۴۹۱ متغیر می‌باشد. چنانچه حاصل این آماره، ۱ باشد، بیانگر الگوی توزیع کاملاً تصادفی است، کم‌تر از ۱ حالت کپه‌ای و بیش‌تر از ۱، نشان‌دهنده الگوی منظم می‌باشد (Clark and Evans, 1954, Motz et al., 2010).

۲. شاخص آمیختگی (DM_i)

این شاخص براساس رابطه ۲، به بررسی تنوع آمیختگی می‌پردازد. مقادیر این شاخص بین صفر و ۱ می‌باشند که در صورت استفاده از ۳ همسایه شامل صفر (همه همسایه‌ها مشابه گونه مرجع)، ۰/۳۳ (دو همسایه مشابه گونه مرجع)، ۰/۶۶ (یک همسایه مشابه گونه مرجع) و ۱ (همه همسایه‌ها متفاوت با گونه مرجع) می‌شوند. مقادیر کم این شاخص، بیانگر آمیختگی کم و مقادیر زیاد آن نشان‌دهنده آمیختگی زیاد می‌باشد (Gadow and Füldner, 1995).

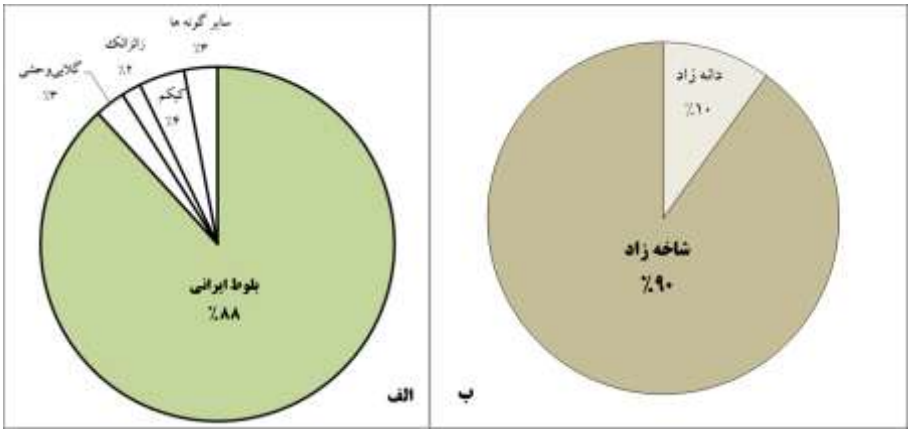
رابطه (۲)

$$DM_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} v_{ij} \qquad v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow Species\ j \neq Species\ i \\ 0 \rightarrow Species\ j = Species\ i \end{bmatrix}$$

برای مقایسه میانگین شاخص‌های مختلف، از آن جا که این شاخص‌ها فاقد واحد هستند و همچنین عدم تبعیت نتایج حاصله از توزیع نرمال، از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. به منظور محاسبه شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه از نرم‌افزار Crancod (Ver 1.3) و برای آزمون کروسکال-والیس از نرم‌افزار SPSSS (Ver. 26) استفاده شد.

یافته‌ها

براساس اطلاعات به دست آمده از نمونه‌برداری، گونه‌های چوبی مختلفی در سطح قطعات نمونه مشاهده و ثبت شد که گونه بلوط (*Quercus brantii* Lindl) با ۸۸ درصد فراوانی، غالب است. پس از آن گونه‌های کیکم (*Acer monspessulanum* L. subsp)، گلابی وحشی (*Pyrus syriaca* Boiss) و زالزالک (*Crataegus atrosanguina* A. Pojark) به ترتیب بیش‌ترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. سایر گونه‌ها از قبیل شن (*Lonicera nummularifolia* Jaub. & Spach)، شیرخشت (*Cotoneaster luristanica* Klotz) و بادام کوهی (*Amygdalus. Sp*) در مجموع سه درصد از فراوانی کل را تشکیل می‌دهند (شکل۲-الف). با این وجود ۹۰ درصد پایه‌های بلوط شاخه‌زاد هستند و تنها ۱۰درصد دانه‌زاد می‌باشند (شکل۲-ب).



شکل ۲- درصد فراوانی گونه‌های مختلف (الف) و منشا زادآوری گونه بلوط ایرانی (ب)

تاثیر عوامل فیزیوگرافی بر ویژگی‌های ساختاری بلوط ایرانی

در جدول ۲ نتایج حاصل از محاسبات در ارتباط با عوامل مختلف فیزیوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا) آمده است. همچنین سطح معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها (با احتمال ۵ درصد خطا) براساس نتایج آزمون کروسکال-والیس برای هر سه عامل فیزیوگرافی ذکر شده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های مختلف ساختار جنگل در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی

عامل فیزیوگرافی	طبقات	شاخص کلارک و ایوانز	شاخص آمیختگی
شیب (درصد)	۵-۱۵	۰/۸۹۷	۰/۰۶۷
	۱۵-۲۵	۰/۹۵۰	۰/۱۰۵
	۲۵-۳۵	۰/۹۴۹	۰/۱۰۶
	۳۵-۴۵	۰/۹۵۵	۰/۰۶۳
	Sig	۰/۸۰۳ ns	۰/۰۱۲ *
جهت شیب	شمال	۰/۹۱۶	۰/۰۹۸
	شرق	۱/۰۳	۰/۰۸۲
	جنوب	۰/۹۵۲	۰/۱۱۲
	غرب	۰/۹۲۶	۰/۰۷۲
	Sig	۰/۳۹۳ ns	۰/۰۵۲ ns
ارتفاع از سطح	۱۷۵۰-۱۸۵۰	۰/۹۶۶	۰/۰۷۷

دریا (متر)	۱۸۵۰-۱۹۵۰	۰/۹۲۶	۰/۰۸۸
	۱۹۵۰-۲۰۵۰	۰/۹۴۹	۰/۰۸۲
	۲۰۵۰-۲۱۵۰	۰/۹۲۵	۰/۲۶۳
	Sig	۰/۸۹۰ ns	۰/۰۰۰*

در مقوله الگوی پراکنش، عوامل فیزیوگرافی تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، بر نتایج شاخص کلارک و ایوانز نداشته‌اند. نتایج این شاخص بیانگر پراکنش تصادفی در تمام طبقات شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا است و فقط طبقه کم شیب ۱۵-۰ درصد، تمایل بسیار اندکی به سمت کپه‌ای شدن نشان می‌دهد.

ویژگی دیگر که مورد بررسی قرار گرفت آمیختگی گونه بلوط با سایر گونه‌ها است. براساس نتایج، تأثیر شیب و ارتفاع از سطح دریا بر مقدار آمیختگی معنی‌دار بوده ولی جهت شیب منجر به اختلاف معنی‌دار نشده است؛ با این وجود بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین‌ها به ترتیب مربوط به جهت‌های جنوب و غرب است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اطلاعات به‌دست آمده، گونه بلوط با ۸۸ درصد فراوانی تیپ خالص این جنگل‌ها را تشکیل داده که منشا زادآوری فعلی آن‌ها به صورت شاخه‌زاد است. همانطور که گفته شد در این پژوهش دو مقوله مهم ساختاری شامل الگوی پراکنش مکانی و آمیختگی گونه‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد که در رابطه با الگوی پراکنش تفاوت معنی‌داری در طبقات مختلف عوامل فیزیوگرافی وجود ندارد و الگوی غالب پراکنش بلوط، تصادفی است. عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۲)، ضمن استفاده از شاخص‌های مختلف از جمله شاخص کلارک و ایوانز، الگوی پراکنش درختان شاخه‌زاد بلوط را در جنگل‌های زاگرس، تصادفی اعلام کردند. در تحقیقی دیگر فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که نتایج این شاخص به علت تخریب و قطع درختان از حالت کپه‌ای به سمت تصادفی شدن تغییر کرده است. با توجه به این نتایج، تخریب و قطع بی‌رویه در تمام بخش‌های جنگل قابل تشخیص است، چرا که الگوی پراکنش به مقدار زیادی تحت تأثیر زادآوری است (Graz, 2004؛ حسینی، ۱۳۹۰) و در مورد بلوط که گونه‌ای با بذر سنگین است، انتظار می‌رود در حالت طبیعی الگوی کپه‌ای داشته باشد.

ویژگی دیگر که مورد بررسی قرار گرفت آمیختگی گونه بلوط با سایر گونه‌ها است که البته ارتباط نزدیکی با مقدار تنوع گونه‌ای دارد. به عبارتی اگر تنوع گونه‌ای زیاد باشد احتمال افزایش آمیختگی بیش‌تر است. فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از شاخص آمیختگی، به طور کلی مقدار اختلاط گونه‌ای جنگل‌های قلعه‌گل را ناچیز معرفی کردند. با این وجود شناسایی مناطقی که دارای آمیختگی بیش‌تری هستند حائز اهمیت است. در رابطه با عامل شیب، بیش‌ترین مقدار آمیختگی مربوط به طبقات میانی است. بنابراین عوامل محدود کننده در شیب‌های کم و شیب‌های تند علاوه بر تأثیر منفی بر تراکم، موجب کاهش آمیختگی گونه‌ای هم شده‌اند. اما بیش‌ترین اختلاف آمیختگی که حتی در سطح خطای ۰/۰۱ خطا هم معنی‌دار است ناشی از اختلاف ارتفاع از سطح دریا است. در طبقه فوقانی ارتفاع (۲۱۵۰-۲۰۵۱ متر) این مقدار به طور محسوسی افزایش داشته است. در پژوهش فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) نتایج مشابهی حاصل شده است. مقدار آمیختگی ارتباط نزدیکی با مقدار غنای گونه‌ای دارد. به عبارتی اگر غنای گونه‌ای زیاد باشد، احتمال افزایش آمیختگی بیش‌تر است.

Lippok et al. (2013) در پژوهشی (در جنگل‌های کوهستانی استوایی) بیان کردند که گرادیان ارتفاعی (۲۵۰۰-۱۹۰۰ متر) با اختلاف ۶۰۰ متر، تاثیر زیادی بر غنای گونه‌ای نداشته است. البته باید توجه داشت که بسته به منطقه مورد بررسی، ارتفاع از سطح دریا و سرشت گونه‌ها ممکن است در یک دامنه ارتفاعی کوتاه، غنای گونه‌ای دچار تغییر محسوس شود. از آن‌جا که گونه‌های شناسایی شده همراه بلوط، جز گونه‌های کوهسری هستند که ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر را می‌پسندند (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲) و طبق اطلاعات جمع‌آوری شده تعداد گونه‌های بیش‌تری در این ارتفاعات مشاهده شد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف آمیختگی ناشی از غنای گونه‌ای بیش‌تر در ارتفاعات فوقانی است.

همان‌طور که مشخص است عوامل فیزیوگرافی در برخی موارد تأثیر کم و در برخی دیگر تأثیر آشکاری بر روی مشخصه‌های مورد بررسی داشته‌اند. از بین عوامل مختلف، بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار مربوط به شیب و ارتفاع از سطح دریا است، در حالی که جهت شیب اثرات کمتری را نشان می‌دهد. در مورد ارتفاع از سطح دریا با توجه به غنای بیش‌تر در ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر، ضروری است که نسبت به حفظ این غنا اقدامات لازم انجام شود. از آن‌جا که جنگل‌های بلوط منطقه قلعه‌گل مورد حفاظت قرار نگرفته‌اند، تاثیر عوامل دیگر از جمله عوامل انسانی نیز قابل تأمل است. بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات مشابه به عوامل دیگر و تأثیر توأمان آن‌ها بر ساختار این جنگل‌ها پرداخته شود.

منابع

پرما، ر. و شتایی جویباری، ش. (۱۳۸۹). اثر عوامل فیزیوگرافی و انسانی بر تاج‌پوشش و تنوع گونه‌های چوبی در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی جنگل‌های حفاظت شده قلاجه استان کرمانشاه). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۴): ۵۵۵ – ۵۳۹.

حسینی، ا.، (۱۳۹۰). انتشار بذر و استقرار طبیعی زادآوری جنسی گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه وکیکم در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های میان تنگدر استان ایلام). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۱ (۳): ۷۴-۶۵.

جزیره‌ای، م. و ابراهیمی رستاقی، م.، (۱۳۸۲). جنگل شناسی زاگرس. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران. ۵۶۰ ص.

عرفانی فرد، س. ی.، زارع، ل.، و فقهی، ج.، (۱۳۹۲). کاربرد شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه در شاخه‌زادهای بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *persica*) جنگل‌های زاگرس. بوم‌شناسی کاربردی، ۲ (۵): ۲۵- ۱۵.

فرهادی، پ.، سوسنی، ج.، عادلی، ک.، علی‌جانی، و. (۱۳۹۲). بررسی تغییرات موقعیت مکانی و تنوع گونه‌ای جنگل‌های زاگرس بر اثر تخریب جوامع محلی (مطالعه موردی: جنگل‌های قلعه گل خرم‌آباد). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل،۲۰ (۴): ۸۰-۶۱.

فتاحی، م. (۱۳۷۳). بررسی جنگل‌های بلوط زاگرس و مهم‌ترین عوامل تخریب آن. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۶۳ ص.

مروی مهاجر، م، ر. (۱۳۹۸). جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۱۸ ص.

مهدوی، ع.، اسحاقی راد، ج و بانج شفیعی، ع، (۱۳۸۹). زادآوری طبیعی بلوط ایرانی و سایر گونه‌های چوبی در رابطه با عوامل محیطی (فیزیوگرافی و خاک) (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده کبیرکوه، استان ایلام). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۱ (۱): ۴۵-۳۵.

نوشادی، ح.، نمیرانیان، م.، عطارد، پ و حسین‌زاده، ج، (۱۳۹۱). تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر مشخصه‌های کمی بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس میانی (مطالعهٔ موردی: ایلام). نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب،۶۷ (۱): ۸۴-۷۳.

ولی‌پور، ا.، نمیرانیان، م.، غضنفری، ه.، حشمت الواعظین، س. م.، جوزف لکسر، م.، و پلینیگر، ت. (۱۳۹۲). ارتباط بین ویژگی‌های ساختاری جنگل و ابعاد درختان بلوط با عامل‌های فیزیوگرافی در جنگل‌های آرمرده، زاگرس شمالی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۱): ۴۷-۳۰.

Clark, P.J. and Evans, F.C. (1954). Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. Ecology, 35: 445-453.

Graz, P.F. (2004). The behavior of the species mingling index Msp in relation to species dominance and dispersion. Eur J Forest Res., 123: 87-92.

Oliveira-Filho, A.T., Vilelaf, E.A., Carvalhof, D.A., and Gavilanesf, M. L. (1994). Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil Journal of Tropical Ecology, 10 (4): 483-508.

Basnet, Kh. (1992). Effect of Topography on the Pattern of Trees in Tabonuco (*Dacryodes excelsa*) Dominated Rain Forest of Puerto Rico. Biotropica, 24(1): 31-42.

Gerhardt, F., and Foster, D.R. (2002). Physiographical and historical effects on forest vegetation in central New England, USA. Journal of Biogeography, 29 (10-11): 1421–1437.

Freitas, S.R., Hawbaker, T.J., and Metzger, J.P. (2010). Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest. Forest Ecology and Management, 259 (3): 410–417.

Gadow, K.V., and Füldner, K. (1995). Zur Beschreibung forstlicher Eingriffe in. Forstw. Cbl. 114, pp. 151-159.

Lippok, D., Beck, S.G., Renison, D., Hensen, I., Apaza, A.E., and Schleuning, M. (2013). Topography and edge effects aremore important than elevation as drivers of vegetation patterns in a neotropical montane forest. Journal of Vegetation Science, 25 (3): 724-733.

Motz, K., Sterba, H. and Pommerening, A. (2010). Sampling measures of tree diversity. Forest Ecology and Management, 260: 1985-1996.

The influence of physiographic factors on the spatial pattern and mixing of oak forests: Middle Zagros

F. Lorestani[1*] and R. Hosseinzadeh[2]

1- Ph.D. Student, Forest Biological Sciences, Urmia University, Urmia, Iran.
2- Ph.D. of Forestry, Lorestan University, Khorram abad, Iran.

Abstract

In this study, the effects of physiographic factors on two structural features including spatial pattern and Mingling in the forests of Qaleh-e-Gol, Khorram abad, were investigated. For this purpose, 60 circular sample plots 1200m^2 were harvested in a grid with dimensions of 400 × 200 meters using a random regular design. According to the results of the Kruskal-Wallis test, in the category of distribution pattern, physiographic factors did not have a significant effect on the results of the Clark and Evans index, and overall the spatial distribution pattern of oak is random. In terms of Mingling, the effect of slope and altitude above sea level was significant, but the slope direction did not lead to a significant difference. The highest amount of Mingling was related to the middle classes of the slope, the south direction, and high altitudes. Among the different factors, the highest significant difference was related to slope and altitude above sea level; while slope direction showed fewer effects. It is suggested that similar studies should address the combined effects of factors affecting the structure of these forests.

Keywords: Environmental Factors, Mingling, Persian Oak, Spatial Pattern.

*Corresponding author Tel: +98 9334268284 Email: farnazlorestani2@gmail.com

بررسی پارامترهای رویشی دو گونه توت و صنوبر کاشت شده در منطقه پرور سمنان

هاجر سعادت پاک[۱] و مریم ملاشاهی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی رشته علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان.
۲- استادیار، گروه جنگلداری مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان.

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی رویش قطری و ارتفاعی و تعداد شاخه‌ها و میزان تاج و پوشش نهال دو گونه صنوبر و شاتوت کاشته شده در منطقه پرور در استان سمنان است. نهال‌های مورد اندازه‌گیری در سال ۱۴۰۱ تحت کاشت قرار گرفتند. سپس در شهریور ماه سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ مشخصات رویشی آنها (قطر، ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی) با دقت اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای Spss و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان رویش‌قطری و ارتفاعی در هر دو گونه در سال اول مورد مطالعه یعنی سال ۱۴۰۲ بیشتر از سال دوم یعنی ۱۴۰۳ بوده است و در بین دو گونه مورد مطالعه میزان رویش در گونه صنوبر بیشتر از گونه شاتوت بوده که خود نمایانگر سازش بیشتر این گونه با شرایط محیطی می‌باشد.

واژگان کلیدی: شاتوت، صنوبر، مشخصات رویشی، رویش قطری، رویش ارتفاعی.

مقدمه

استان سمنان تنوع و غنای چشمگیری از محیط‌های طبیعی را در خود جای داده است. بخش شمالی این استان کوهستانی و سردسیر و بخش جنوبی آن بیابانی و خشک است که نتیجه آن تنوع زیاد گونه‌ای و زیستگاهی است. شهرها و مراکز سکونتی این استان تقریباً همگی در بخش بیابانی واقع شده اند و براین اساس جنگلکاری و توسعه فضای سبز که معمولاً وابسته به مراکز انسانی هستند، بیشتر در بخش دشتی و بیابانی انجام شده است (روانبخش و همکاران، ۱۴۰۲). درختان صنوبر که درختانی تُندرُشد هستند، با توجه به ویژگی‌های ممتازی که دارند، همواره در منابع تولید چوب از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. جنگلکاری‌های مصنوعی حدود ۷ درصد کل پوشش جنگل‌های جهان را شامل می‌شود که بیش از ۳۳/۴ درصد از حجم چوب جهان را تولید می‌کنند. بنابراین جنگلکاری‌ها اثر بسیار مهمی در تولید چوب و کاهش فشار بر جنگل‌های طبیعی ایفا می‌کنند. یکی از مهم ترین گونه‌های درختی برای تولید چوب، صنوبرها هستند (Jurgensen, 2012). تحقیقات فراوانی در سطح دنیا و کشور در مورد صنوبر انجام گرفته است و در حال حاضر در بسیاری از استانهای کشور آزمایشهای مربوط به سازگاری ارقام مختلف صنوبر و میزان تولید آنها در دست اجراء می باشد.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۲۷۱۷۳۵۵ ایمیل: maryam.mollashahi@semnan.ac.ir

صنوبرکاری در ایران قدمتی به کهنسالی تمدن ایران زمین دارد و از دیرباز در کناره رودها، مسیرهای آبیاری، باغها، زمین‌های کشاورزی و منازل روستایی این درختان تُندرُشد و زودبازده برای تولید چوب کاشته می‌شدند. گرچه صنوبرها به ندرت در سطوح وسیع کاشته می‌شوند، با این وجود در بسیاری از نقاط کشور به ویژه در حاشیه رودخانه‌ها توده‌های انبوه و متراکمی دیده می‌شوند که بازمانده توده‌های بزرگتری هستند که به مرور زمان تغییر کاربری داده و به زمینهای کشاورزی، باغهای میوه و ... تبدیل شده اند. صنوبرکاری در کشاورزی ایران جزء قدیمی‌ترین زراعت‌های سنتی است که از دیرباز با هدف تولید چوب، بادشکن و حتی زینتی در مناطق مختلف کشور کشت و توسعه یافته است. نظر به کاربرد گسترده چوب صنوبر در ساختمانهای روستایی، شهری و صنعت کبریت‌سازی کشور و نیز زمینه‌های مناسب آن از نظر تنوع گونه‌ای و سازگاری گونه‌های مختلف صنوبر به اقالیم گوناگون موجود در کشور، کشت و کار آن مورد استقبال کشاورزان، روستاییان و نیز کارخانه‌ها و شرکتهای چوب و کاغذ بوده است.

گونه شاه‌توت یا شاتوت نیز گونه‌ای درخت گل‌دار از خانواده توت‌سانان (Moraceae)، و بومی آسیای جنوب غربی است. کاشت این درخت در زیستگاه بومی‌اش از پیشینه‌ای چنان طولانی برخوردار است که مشکل می‌توان گستره طبیعی انواع مختلف آن را به‌طور دقیق مشخص نمود.

در سرده توت‌ها (*Morus*)، درخت شاتوت از همه کوچک‌تر است و بلندی آن گاه ممکن است تا ۳۰ پا (حدود ۹ متر) برسد و در صورت عدم رسیدگی در سن پایین به شکل بوته باقی می‌ماند. این درخت عمری طولانی دارد و بعضاً دیده شده که تا چند صد سال میوه می‌دهد. طول درخت شاه‌توت به ۹ تا ۱۵ متر می‌رسد. این نوع درخت به طور خود به خود گرده‌افشانی می‌کند و اغلب برای فضای سبز در مناطق خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف مطالعه حاضر بررسی میزان رویش دو گونه شاه‌توت و صنوبر در سال‌های اول رشد و در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ در منطقه پرور از توابع استان سمنان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در استان سمنان، منطقه حفاظت شده پرور در ۵۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان سمنان و در موقعیت '۵۳ °۳۵ تا '۱۹ °۳۵ عرض شمالی و '۱۹ °۵۳ تا '۴۷ °۵۳ طول شرقی انجام شده است. این منطقه از شمال به استان مازندران، از جنوب به شهمیرزاد، از شرق به دامغان و از غرب به منطـقه چاشم محدود گردیده و دارای مساحتی برابر ۶۲۵۰۰ هکتار است. مهمترین راه دسترسی به منطقه که در واقع راه اصلی دسترسی به منطقه می‌باشد، راه آسفالته‌ای است که از سمت جنوب غربی (رضا آباد) و شمال شرقی (از سمت فولاد محله) به منطقه راه می‌یابد. در این تحقیق دو گونه تحت کاشت قرار گرفته (شاتوت و صنوبر) به منظور ایجاد فضای سبز به جهت مشخصات رویشی مورد بررسی قرار گرفتند. میزان رویش‌های قطری، ارتفاعی، تعداد شاخه‌های جانبی و نیز مساحت تاج در دو فصل رشد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

به منظور بررسی میزان رویش در دو گونه صنوبر و شاتوت در منطقه از نهال‌هایی با ارتفاع ۰/۵ متر استفاده شد. این نهال‌ها در اواخر فصل رشد در سال ۱۴۰۱ در این منطقه تحت کاشت قرار گرفتند. کل عملیات مراقبتی در طول فصل رشد شامل آبیاری و وجین علف‌های هرز در زمان مناسب انجام شد. سپس در سال‌های دوم و سوم (شهریورماه سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳) رشد مشخصات رویشی آنها از قبیل رویش قطری و ارتفاعی و تعداد شاخه‌های جانبی و وضعیت شادابی نهال‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در هر دو سال مورد مطالعه، در پایان فصل رشد مقادیر رویش هر مقطع زمانی با تفریق میانگین مشخصه رویشی دورهٔ بعد از دورهٔ قبل محاسبه شد.

نتایج

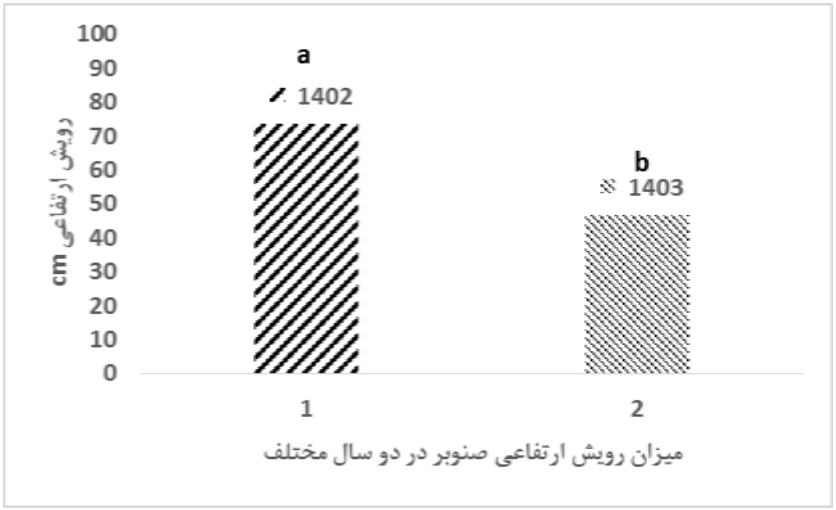
نتایج حاصل از بررسی رویش‌های قطری و ارتفاعی گونه صنوبر در دو سال متوالی ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود میانگین رویش ارتفاعی و قطری در سال ۱۴۰۲ بیشتر از سال ۱۴۰۳ بوده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس رویش‌های قطری و ارتفاعی گونه صنوبر در دو سال مختلف در منطقه جنگلکاری شده

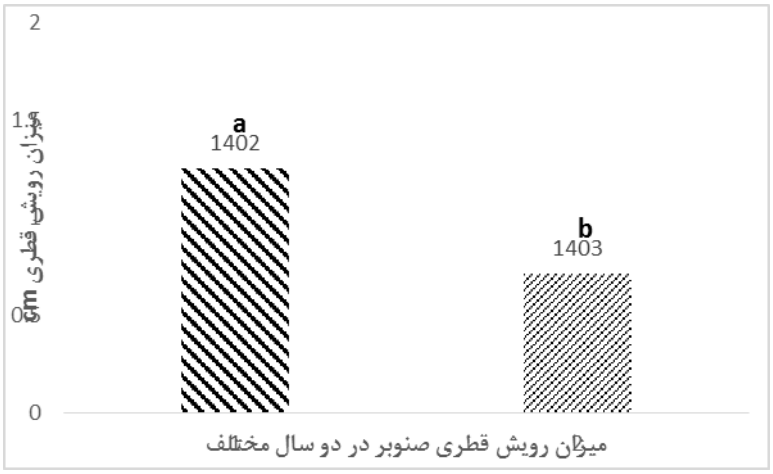
نوع رویش	گونه	درجه آزادی	مقدار t	معنی داری
رویش ارتفاعی	صنوبر	۱۸	۹/۵۳	۰/۰۰**
	شاتوت	۱۸	۱۲/۹۶	۰/۰۰**
رویش قطری	صنوبر	۱۸	۶/۳۸	۰/۰۰**
	شاتوت	۱۸	۲/۶۰	۰/۰۱*

**معنی داری در سطح ۹۹ درصد؛ *معنی داری در سطح ۹۵ درصد

شکل‌های ۱ و ۲ میزان رویش ارتفاعی و قطری گونه صنوبر را در هریک از سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود میزان رویش ارتفاعی و قطری این گونه در سال ۱۴۰۲ به مراتب بیشتر از سال بعد یعنی سال ۱۴۰۳ بوده است. این مطلب گویای میزان رشد بیشتر در سال دوم و نیز بهتر بودن شرایط رویشی در سال دوم رویش است.



شکل ۱- میانگین رویش ارتفاعی گونه صنوبر در سال‌های مورد مطالعه

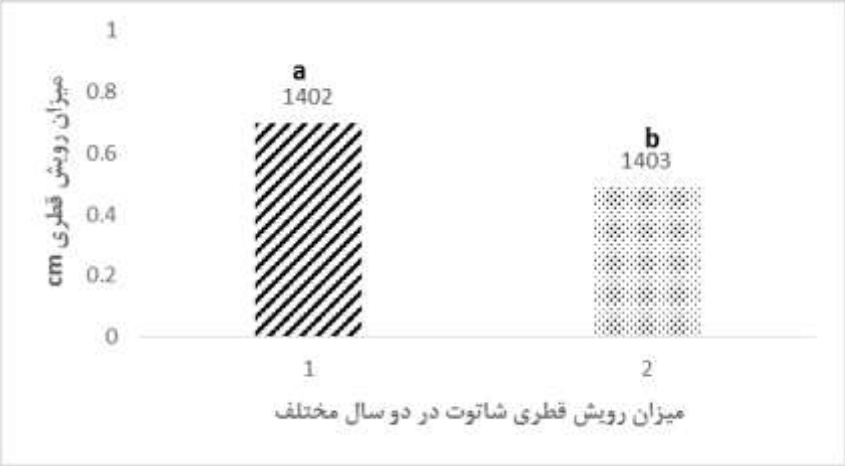


شکل ۲- میانگین رویش قطری گونه صنوبر در سال‌های مورد مطالعه

شکل ۳ و ۴ میزان رویش ارتفاعی و قطری گونه شاتوت را در هر یک از سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که میزان رویش ارتفاعی و قطری این گونه نیز در سال اول مورد مطالعه بیشتر از سال دوم بوده است.



شکل ۳- میانگین رویش ارتفاعی گونه شاتوت در سال‌های مورد مطالعه



شکل ۴- میانگین رویش قطری گونه شاتوت در سال‌های مورد مطالعه

همچنین مقایسه میزان رویش بین دو گونه حاکی از آن است که گونه صنوبر در این منطقه از مجموع رویش ارتفاعی و قطری بیشتری نسبت به گونه شاتوت برخوردار بوده و سرعت رشد بیشتری از خود نشان داده است.

بحث و نتیجه گیری

درختان صنوبر تبریزی (*Populus nigra*) از گونه‌های بومی کشور ایران به شمار می‌آیند. این گونه صنوبر به لحاظ سازگاری و تولید چوب و فرم کیفی تنه برای فضای سبز و مقاومت به شرایط اقلیمی گرم و خشک و شوری خاک از قابلیت‌های بسیاری برخوردار است. نهال این گونه نسبت به دیگر نهال‌ها مانند گردو، بادام و سنجد به منابع آبی کمتری نیاز دارد. در واقع نهال صنوبر مقاوم به کم آبی می‌تواند با آبیاری کم‌تر و در فواصل طولانی‌تر به خوبی رشد کرده و باردهی داشته باشد. به عنوان مثال، در شرایطی که دیگر نهال‌ها نیاز به آبیاری هر ۱۰ روز دارند، نهال صنوبر می‌تواند هر ۱۵ روز یکبار آبیاری شود. این ویژگی منحصر به فرد نشان دهنده توانایی زیاد این گونه در مدیریت مصرف آب است

مطالعه حاضر نشان داد که بین دو گونه صنوبر و شاتوت، گونه صنوبر از میزان رویش قطری و ارتفاعی بیشتری نسبت شاتوت برخودار بوده است. گونه صنوبر در مجموع در دو سال ۱۲۰ سانتی‌متر رشد ارتفاعی داشته، در صورتی که مجموع رویش دو ساله گونه شاتوت ۱۰۵ سانتی‌متر بوده است. همچنین در بین دو سال مختلف، در سال اول مورد مطالعه هر دو گونه میزان رویش قطری و ارتفاعی قابل‌توجهی از خود نشان دادند، در صورتی که میزان هر دو رویش در هر دو گونه در سال دوم مورد مطالعه یعنی ۱۴۰۳ به مراتب کمتر بوده است. نوری و همکاران (۱۳۸۵) در کرمانشاه نشان دادند که اثر سال‌های مختلف برای رویش ارتفاعی و قطری معنی دار بوده است. آنها متوسط رویش ارتفاعی گونه *Populus nigra* را ۱/۳ متر و رویش قطری آن را ۱/۷ سانتی متر گزارش کرده بودند. همچنین در یک کار تحقیقاتی، با بررسی رشد دو گونهٔ صنوبر در سال اول، رشد سریع ۴۸ روزه (قبل از تیر ماه) را برای برخی از ارقام گزارش کردند، در حالی که طی این مدت گونهٔ دیگر رشد کمتری نشان داد (Micheal et al., 1998).

همچنین در تحقیق حاضر، میانگین تعداد شاخه‌های جانبی ایجاد شده در هر دو گونه برابر ۷ بوده است که از این لحاظ تفاوت معنی داری نداشتند. مطالعات متعددی نشان داده است که شاه‌توت بین ۸ تا ۱۲ متر ارتفاع می‌گیرد و قطر آن به۵۰ تا ۶۰ سانتی متر می‌رسد. تنه این درختان کوتاه است و در صورت پیر شدن تاج خیلی بزرگی دارند.

علاوه بر این براساس نتایج تحقیق قاسمی و همکاران (۱۳۸۱)، یکی از متغیرهای مهمی که در انتخاب و گزینش صنوبرها برای شرایط اقلیمی متنوع کشورمان باید در نظر گرفته شود، دانستن طول دورهٔ رویش و زمان آغاز و پایان آن است. گونه‌هایی از جنس صنوبر که فعالیت حیاتی آنها دیر شروع می شود و در پاییز زود خزان می کنند و در نتیجه دورهٔ رویش کوتاه‌تری نسبت به دیگر ارقام دارند، برای مناطق سردسیر کشور که طول دورهٔ رویش گیاهان در آن کوتاه است، قابل توصیه اند، ولی گونه‌هایی که دورهٔ رویش طولانی‌تری دارند، برای مناطق گرم‌تر کشورمان مناسب اند که در این مناطق، شرایط اقلیمی مناسبی در طول دورهٔ به نسبت طولانی برای رویش گیاهان فراهم است. در مطالعه حاضر، با توجه به کاشت هر دو گونه در یک منطقه و در یک محیط، درخت تبریزی به دلیل آبیاری در خارج از روزهای آبیاری و زمان آبیاری از نظر شادابی و رویش نسبت به گونه شاه‌توت در وضعیت بهتری قرار داشت.

منابع

روانبخش، ه.، جعفری، ا.، منظمی، م.، (۱۴۰۲). جنگلکاریهای ایرانی- تورانی در استان سمنان. مجله طبیعت ایران، ۸ (۲): ۳۳-۳۸.

قاسمی، ر.ا.، مدیررحمتی، ع.، همتی، ا.، (۱۳۸۱). گزارش نهایی طرح آزمایش مرحلهٔ نهایی سازگاری ارقام مختلف صنوبر (پوپولتوم مقایسه ای) در شرایط اقلیمی .کرج، مؤسسهٔ تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۶۹ ص.

نوری، ف.، مدیررحمتی، ع.، همتی، ا.، (۱۳۸۵). بررسی سازگاری نهایی ۱۰ کلن صنوبر تاج بسته *Pinus nigra* در استان کرمانشاه به منظور معرفی برترین آنها. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۴(۴): ۲۷۸-۲۹۱.

Jürgensen, C., Kollert, W., and Lebedys, A. (2014). Assessment of industrial roundwood production from planted forests. Planted Forests and Trees Working Papers (FAO) Eng no. FP/48/E. Rome, Italy.

Micheal, D.A., J.G. Iseberands, D.I. Dickmann and N.D. Nelson, (1988). Growth and development during the establishment year of two *Populus* clones with contrasting morphology and phenology, Tree physiology, 4: 139-152.

ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

Evaluation of the vegetative parameters of *Morus nigra* and *Populus nigra* plantations in the Parvar area of Samanan province

H. Saadat Pak[1] and M. Mollashahi[2*]

1- M.Sc. Student of Forest science and engineering, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.
2- Assistant Prof., Department of Arid land Forestry, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.

Abstract

This study aims to examine the growth parameters—diameter, height, number of branches, and canopy cover of two tree species, mulberry (*Morus nigra*) and poplar (*Populus nigra*), planted in a Parvar area in Semnan province. The seedlings measured were planted in 2022. Subsequently, in September of 2023 and 2024, their vegetative parameters (diameter, height, and number of lateral branches) were carefully measured. After data collection, the information was analyzed using SPSS and Excel software. The results indicated that the diameter and height growth in both species during the first year of study were greater than in the second year. Additionally, among the two species, *Populus nigra* exhibited greater growth than *Morus nigra*, which suggests a better adaptation of *Populus nigra* to the environmental conditions.

Keywords: *Morus nigra*, *Populus nigra*, Vegetative parameters, Diameter growth, Height growth.

*Corresponding author Tel: +98 09112717355 Email: maryam.mollashahi@semnan.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

نقش مدل‌های هوش مصنوعی در شناسایی و پیش‌بینی تغییرات اکوسیستم جنگل‌های شمشاد شمال ایران

مرضیه قویدل[۱*]، محمد علی قویدل[۲] و محمد ابراهیم فراشیانی[۳]

۱- گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.
۲- گروه صنایع چوب، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.
۳- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات حفاظت و حمایت، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

جنگل‌های شمشاد، به‌عنوان یکی از اکوسیستم‌های حساس و متنوع، نقش بسیار مهمی در حفظ تعادل زیستی و اکولوژیکی محیط‌های طبیعی ایفا می‌کنند. این جنگل‌ها نه‌تنها به‌عنوان زیستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری اهمیت دارند، بلکه تأثیرات قابل‌توجهی بر چرخه کربن و حفظ منابع آب نیز دارند. با این حال، تغییرات اقلیمی و حملات آفات به‌طور فزاینده‌ای تهدیدی برای سلامت و پایداری این اکوسیستم‌ها محسوب می‌شوند. شناسایی و تحلیل وضعیت پوشش گیاهی در جنگل‌های شمشاد و همچنین پایش تخریب‌های ناشی از آفات، نیازمند ابزارهایی با دقت زیاد و سرعت پردازش مناسب است. مدل‌های ترکیبی که از شاخص‌های مختلف گیاهی بهره ببرند، قادر به تحلیل دقیق‌تر وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی تخریب‌های ناشی از آفات هستند. به‌علاوه، استفاده از تکنیک‌های پیشرفته یادگیری عمیق مانند شبکه‌های عصبی کانولوشنی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان می‌تواند به بهینه‌سازی وزن‌های شاخص‌ها و بهبود دقت تحلیل‌ها و سرعت پردازش تصاویر ماهواره‌ای کمک کند. هدف این مقاله معرفی مدل ترکیبی حاصل از وزن‌دهی به شاخص های گیاهی به تناسب محیط و هم چنین توصیه برای بهره‌گیری از مدل‌های مختلف و تکنیک‌های هوش مصنوعی در شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی آفات در جنگل‌های شمشاد شمال کشور است.

واژگان کلیدی: جنگل‌های شمشاد، مدل‌های چند شاخص، یادگیری عمیق، شبکه‌های عصبی کانولوشنی.

مقدمه

جنگل‌های شمشاد ایران، به‌ویژه در شمال کشور، به‌عنوان یکی از اکوسیستم‌های بومی و باارزش، نقشی حیاتی در حفظ تنوع زیستی و جلوگیری از فرسایش خاک دارند. این جنگل‌ها نه‌تنها به‌عنوان زیستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری عمل می‌کنند، بلکه تأثیرات عمده‌ای در فرآیندهای طبیعی همچون حفظ منابع آب و ذخیره کربن ایفا می‌نمایند. با این حال، این جنگل‌ها در معرض تهدیدات مختلفی قرار دارند که از آن جمله می‌توان به تغییرات اقلیمی، آفات و بیماری‌های قارچی اشاره

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۳۳۳۴۹۸۹ ایمیل: marzieh.ghavidel@gmail.com

کرد. چنین تهدیداتی می‌تواند به تخریب گسترده پوشش گیاهی و حتی نابودی کامل اکوسیستم‌های شمشاد منجر شود. بنابراین نیاز به ابزارهای مؤثر برای شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی آسیب‌های ناشی از آفات بیش از پیش احساس می‌شود (Ghaffari and Azizi, 2023).

در این راستا، استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش از دور و مدل‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، فرصت‌های قابل‌توجهی برای تحلیل و مدیریت بهینه منابع طبیعی فراهم کرده است. مدل‌های ترکیبی که به‌طور همزمان از شاخص‌های مختلف گیاهی و داده‌های سنجش از دور بهره می‌برند، قادر به تحلیل دقیق‌تر وضعیت پوشش گیاهی و شبیه‌سازی تغییرات آن هستند. شاخص‌هایی مانند شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، شاخص پوشش گیاهی پیشرفته (EVI)، شاخص گیاهی تعدیل شده با خاک (SAVI) و شاخص کلروفیل سبز (GCI) از جمله ابزارهای رایج در این زمینه هستند که به‌طور مؤثر اطلاعات مربوط به وضعیت سلامت پوشش گیاهی را دراختیار قرار می‌دهند. در کنار این شاخص‌ها، تکنیک‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق نیز به‌طور فزاینده‌ای در تحلیل داده‌های پیچیده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به‌ویژه، الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان (SVM)، جنگل تصادفی (Random Forest) و شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN) از محبوب‌ترین ابزارها در این زمینه هستند. الگوریتم ماشین بردار پشتیبان یک روش یادگیری ماشین نظارت شده است که برای طبقه‌بندی داده‌ها و تحلیل الگوها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الگوریتم با استفاده از داده‌های آموزش، مرزهای تصمیم‌گیری را ایجاد می‌کند که می‌تواند به‌طور مؤثر برای شبیه‌سازی تغییرات پوشش گیاهی و شناسایی آفات مورد استفاده قرار گیرد (Ahmadi and Zeynali, 2024).

جنگل تصادفی نیز یک مدل یادگیری ماشین مبتنی بر درخت تصمیم است که برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی داده‌ها استفاده می‌شود. این مدل از مجموعه‌ای از درخت‌های تصمیم برای افزایش دقت پیش‌بینی و کاهش احتمال خطا استفاده می‌کند. در زمینه شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی، این الگوریتم می‌تواند برای بهینه‌سازی تحلیل‌ها و شناسایی دقیق‌تر تخریب‌های ناشی از آفات به‌کار رود. شبکه‌های عصبی کانولوشنی از دیگر تکنیک‌های پیشرفته یادگیری عمیق هستند که برای تحلیل داده‌های تصویری، به‌ویژه تصاویر ماهواره‌ای، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این شبکه‌ها به‌ویژه در شبیه‌سازی تغییرات پیچیده در پوشش گیاهی و شناسایی الگوهای آفات مؤثر هستند. شبکه‌های عصبی کانولوشنی به‌دلیل قابلیت‌های آن در استخراج ویژگی‌های بصری و ساختاری از تصاویر، ابزار قدرتمندی برای شناسایی دقیق‌تر تخریب‌ها و آسیب‌های ناشی از آفات است.

ترکیب این تکنیک‌ها با شاخص‌های مختلف گیاهی، می‌تواند به‌طور مؤثر در شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی در جنگل‌های شمشاد کمک کرده و ابزارهای مفیدی برای پایش و مدیریت بهینه منابع طبیعی فراهم آورد. در این مقاله، قصد داریم به بررسی کاربرد این مدل‌ها در شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی آفات بپردازیم و نقش آن‌ها را در بهبود دقت تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بررسی کنیم.

مرور ادبیات تحقیق

جنگل‌های شمشاد در ایران، به‌ویژه در مناطق شمالی کشور، بخش مهمی از جنگل‌های هیرکانی را تشکیل می‌دهند و نقش حیاتی در حفظ تنوع زیستی و اکوسیستم دارند. از آنجایی که این جنگل‌ها در معرض تهدیداتی چون آفات، بیماری‌ها و تغییرات اقلیمی قرار دارند، شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی تخریب‌ها امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در این

زمینه، استفاده از تکنیک‌های نوین مانند سنجش از دور و هوش مصنوعی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی در شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی آفات مفید واقع شود.

سنجش از دور و کاربرد آن در جنگل‌ها

در سال‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه استفاده از داده‌های سنجش از دور برای نظارت بر وضعیت پوشش گیاهی و سلامت اکوسیستم‌های جنگلی انجام شده است. به‌ویژه در رابطه با استفاده از شاخص‌های گیاهی مانند شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده، مطالعات جدید کاربرد آن‌ها را در ارزیابی وضعیت جنگل‌ها و شناسایی تغییرات پوشش گیاهی در پاسخ به عواملی مانند تغییرات اقلیمی و آفات بررسی کرده اند.

برای مثال، مطالعه اخیر بر روی جنگل‌های مانگرو در منطقه ساندربانس هند و بنگلادش، نشان داده است که با وجود از دست دادن پوشش گیاهی متراکم در برخی مناطق، علائم بهبود وضعیت پوشش گیاهی در این اکوسیستم مشاهده شده است. این مطالعه از داده‌های شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده و دمای سطح زمین (LST) برای تحلیل تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی استفاده کرده و به این نتیجه رسید که رابطه منفی قابل‌توجهی بین شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده و دما وجود دارد که نشان‌دهنده تأثیرات تغییرات پوشش گیاهی بر دماهای سطحی است.

همچنین محققانی در ایالات متحده با استفاده از داده‌های سنتینل ۲ و شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده تغییرات در پوشش جنگلی بعد از وقوع طوفان‌های بزرگ مانند طوفان مایکل در فلوریدا را بررسی کردند. این مطالعه نشان داد که نوع جنگل (شهری، جنگل‌های صنعتی) تأثیر متفاوتی بر بازسازی پوشش گیاهی در اثر طوفان‌ها دارد و جنگل‌های نزدیک به ساحل آسیب‌های بیشتری را تجربه کردند، ولی جنگل‌های شهری سریع‌تر بهبود یافتند (Smith et al., 2022).

این تحقیقات و دیگر مطالعات مشابه نشان می‌دهند که ترکیب داده‌های سنجش از دور با شاخص‌های گیاهی می‌تواند ابزار قدرتمندی برای پایش وضعیت جنگل‌ها و پیش‌بینی تأثیرات تغییرات اقلیمی و تهدیدات زیست‌محیطی باشد. در مطالعات سنجش از دور، علاوه بر شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده، چندین شاخص دیگر نیز برای تحلیل وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی تخریب‌ها در جنگل‌ها به‌ویژه در مواجهه با تغییرات اقلیمی و حملات آفات به‌کار می‌روند. سه شاخص گیاهی معروف دیگر که در تحقیقات مختلف کاربرد دارند عبارتند از: شاخص پوشش گیاهی پیشرفته، شاخص گیاهی تعدیل شده با خاک و شاخص کلروفیل سبز. در ادامه توضیحاتی در مورد هر یک از این شاخص‌ها ارائه شده است.

شاخص پوشش گیاهی پیشرفته (EVI)

شاخص پوشش گیاهی پیشرفته یکی از ابزارهای رایج در سنجش از دور برای شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی است که حساسیت بیشتری نسبت به پوشش‌های گیاهی متراکم و مناطق گرمسیری دارد. شاخص پوشش گیاهی پیشرفته به‌ویژه در مناطق با تراکم زیاد پوشش گیاهی و آلودگی هوایی، دقت بیشتری دارد. این شاخص از تصاویر ماهواره‌ای به‌ویژه داده‌های مُدیس برای تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی استفاده می‌کند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که شاخص پوشش گیاهی پیشرفته می‌تواند تغییرات در پوشش گیاهی ناشی از شرایط محیطی مانند خشکسالی و آفات را با دقت بیشتری شبیه‌سازی کند (Liu et al., 2021).

شاخص گیاهی تعدیل شده با خاک (SAVI)

شاخص گیاهی تعدیل شده با خاک از دیگر شاخص‌های گیاهی است که برای مناطقی با پوشش گیاهی کم یا نیمه‌خشک طراحی شده است. این شاخص با استفاده از یک عامل اصلاحی (L) سعی دارد اثرات غیرسازنده خاک را کاهش دهد. شاخص گیاهی تعدیل شده با خاک به‌ویژه در مناطقی که پوشش گیاهی کمتر است و نویز زیادی از خاک وجود دارد، مؤثرتر از شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده عمل می‌کند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که شاخص گیاهی تعدیل شده با خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای پایش تغییرات پوشش گیاهی و شناسایی تخریب‌های ناشی از آفات و تغییرات اقلیمی مفید است (Bao et al., 2022).

شاخص کلروفیل سبز (GCI)

شاخص کلروفیل سبز به‌طور ویژه برای تحلیل وضعیت سلامت گیاهان و میزان کلروفیل در برگ‌ها استفاده می‌شود. این شاخص برای شبیه‌سازی تغییرات در وضعیت سلامت گیاهان در جنگل‌ها و مناطق کشاورزی مناسب است. اخیراً تحقیقات نشان داده‌اند که شاخص کلروفیل سبز قادر است به‌طور مؤثری تغییرات در پوشش گیاهی جنگل‌ها را شبیه‌سازی کرده که ارتباط مستقیم با آسیب‌های ناشی از آفات و کمبود مواد مغذی در گیاهان دارد (Zhang et al., 2021).

استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی

در سال‌های اخیر، استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در تحلیل داده‌های سنجش از دور و شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی در پاسخ به تغییرات اقلیمی و حملات آفات رشد چشمگیری داشته است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی به‌طور گسترده‌ای در تحلیل و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی استفاده می‌شوند. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که ماشین بردار پشتیبان می‌تواند در شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی تغییرات ناشی از آفات و بیماری‌ها به‌طور مؤثری عمل کند. به‌عنوان مثال، یک مطالعه در سال ۲۰۲۱ نشان داد که ماشین بردار پشتیبان می‌تواند با دقت زیادی جنگل‌های آسیب دیده از آفات را شبیه‌سازی کرده و ارتباط میان آسیب‌ها و تغییرات پوشش گیاهی را پیش‌بینی کند (Zhang et al., 2021).

شبکه‌های عصبی کانولوشنی نیز به‌ویژه در پردازش و تحلیل داده‌های پیچیده و تصاویر ماهواره‌ای محبوب شده‌اند. این شبکه‌ها در مطالعات متعدد نشان داده‌اند که می‌توانند دقت طبقه‌بندی و شناسایی آفات و بیماری‌ها در جنگل‌ها را به‌طور چشمگیری افزایش دهند. برای نمونه، در تحقیقاتی که در سال‌های اخیر انجام شده، استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشنی در تشخیص آفات در جنگل‌ها به دقت بیشتری در شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی تخریب‌ها منجر شده است. در یکی از این مطالعات در سال ۲۰۲۲، شبکه‌های عصبی کانولوشنی به‌عنوان ابزاری کارآمد در شناسایی آفات در جنگل‌های تحت تأثیر تغییرات اقلیمی معرفی شد (Liu et al., 2022).

جنگل تصادفی که یک الگوریتم مبتنی بر یادگیری جمعی است، در بسیاری از پژوهش‌ها به‌عنوان ابزار کارآمد برای شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و تشخیص آفات در جنگل‌ها استفاده شده است. این الگوریتم به‌ویژه در شبیه‌سازی تغییرات پوشش گیاهی و آسیب‌های ناشی از آفات و بیماری‌ها در مناطق با ویژگی‌های متنوع جغرافیایی و اکولوژیکی مؤثر است. به‌طور مثال، در یک مطالعه در ۲۰۲۱، جنگل تصادفی به‌عنوان ابزاری مؤثر در شبیه‌سازی و پیش‌بینی آسیب‌های ناشی از آفات در جنگل‌های گرمسیری شناخته شد (Zhang et al., 2021).

این مطالعات و تحقیقات مشابه نشان می‌دهند که ترکیب مدل‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق با داده‌های سنجش از دور می‌تواند به‌طور مؤثری به شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی آفات در جنگل‌ها کمک کند.

در سال‌های اخیر، استفاده از مدل‌های ترکیبی به‌ویژه در تحلیل داده‌های سنجش از دور و شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی در جنگل‌ها، توجه زیادی را جلب کرده است. این مدل‌ها که ترکیب چندین الگوریتم مختلف مانند ماشین بردار پشتیبان، جنگل تصادفی و شبکه‌های عصبی کانولوشنی را شامل می‌شوند، به‌طور مؤثری از مزایای هر یک از الگوریتم‌ها بهره می‌برند. این روش‌ها می‌توانند با ترکیب ویژگی‌های مختلف هر مدل، دقت پیش‌بینی‌ها و سرعت پردازش را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهند.

یک مطالعه در سال ۲۰۲۰ نشان داد که ترکیب ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌های عصبی کانولوشنی در شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی تخریب‌های ناشی از آفات در جنگل‌های شمشاد، می‌تواند دقت طبقه‌بندی را بهبود بخشد و خطاهای پردازش را کاهش دهد. این ترکیب به‌ویژه در مناطقی با پیچیدگی‌های زیاد، مانند جنگل‌های آلوده به آفات، مفید واقع شده است (Li et al., 2020).

مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که ترکیب جنگل تصادفی با ماشین بردار پشتیبان می‌تواند در شبیه‌سازی وضعیت پوشش گیاهی و پیش‌بینی تغییرات محیطی مانند تغییرات اقلیمی و اثرات آفات مؤثر باشد. این مدل‌های ترکیبی می‌توانند به‌ویژه در تشخیص و طبقه‌بندی مناطق آسیب دیده از آفات کمک کنند و از طریق بهبود دقت، کارایی پردازش داده‌ها را افزایش دهند (Zhang et al., 2021).

این نوآوری‌ها نشان می‌دهند که مدل‌های ترکیبی به‌عنوان ابزارهای قدرتمند در تحلیل داده‌های سنجش از دور می‌توانند به‌طور مؤثری در شبیه‌سازی و پیش‌بینی وضعیت پوشش گیاهی و تأثیرات آفات در جنگل‌ها استفاده شوند.

تأثیر تغییرات اقلیمی و آفات بر جنگل‌های شمشاد

در کنار استفاده از فناوری‌های نوین، تحقیقات زیادی بر تأثیر آفات و بیماری‌ها بر جنگل‌های شمشاد انجام شده است. در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی تأثیرات عمده‌ای بر شیوع آفات و بیماری‌های گیاهی در جنگل‌های ایران داشته است. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که تغییرات دمایی و بارشی به افزایش فعالیت آفات و بیماری‌های قارچی در این جنگل‌ها منجر شده‌اند. برای مثال، در مطالعات اخیر به افزایش شیوع بیماری‌های قارچی و آفات در جنگل‌های شمال ایران اشاره شده است که تهدیدی جدی برای سلامت این اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود (Zhang and Zhang, 2022).

یکی از این پژوهش‌ها به ارتباط مستقیم تغییرات اقلیمی با شیوع بیماری‌های قارچی در جنگل‌های ایران پرداخته است. این تغییرات سبب گسترش و افزایش میزان فعالیت قارچ‌ها و آفات در مناطق خاصی از شمال کشور شده‌اند که در گذشته این گونه‌ها کمتر مشاهده می‌شدند. این وضعیت می‌تواند به تهدید جدی برای تنوع زیستی این جنگل‌ها تبدیل شود، زیرا در پی این تغییرات، برخی از گونه‌های گیاهی ضعیف‌تر شده و به بیماری‌های قارچی حساس‌تر می‌شوند (Liu and Yang, 2020). بنابراین تغییرات اقلیمی به‌طور مستقیم بر پویایی اکوسیستم‌های جنگلی اثر گذاشته و شرایط را برای رشد و گسترش آفات و بیماری‌ها مساعد کرده است.

مدل‌های چند شاخصه برای شناسایی آفات در جنگل‌های شمشاد

برای شناسایی آفات در جنگل‌های شمشاد و ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی، از شاخص‌های مختلف سنجش از دور مانند شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده و دیگر شاخص‌ها استفاده می‌شود. در جدول ۱ شاخص‌های مختلفی که می‌توانند برای شناسایی آفات و بررسی سلامت گیاهان مورد استفاده قرار گیرند، ارائه شده است.

جدول ۱- شاخص‌های مختلف مورد استفاده درشناسایی آفات و بررسی سلامت گیاهان

شاخص	توضیحات	کاربرد در شناسایی آفات شمشاد
NDV (Normalized Difference Vegetation Index)	شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی، معمولاً برای ارزیابی سلامت پوشش گیاهی و شدت خشکی استفاده می‌شود.	به‌طور مؤثر تغییرات سلامت پوشش گیاهی و آفات را شبیه‌سازی می‌کند. کاهش مقدار NDVI ممکن است نشان‌دهنده وجود آفات یا بیماری‌ها باشد.
EVI (Enhanced Vegetation Index)	مشابه شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی است، اما حساس‌تر به شرایط خاک و پوشش گیاهی در مناطق مختلف.	EVI دقیق‌تر از NDVI است و می‌تواند برای شناسایی تغییرات جزئی در وضعیت گیاهان تحت تأثیر آفات مفید باشد.
SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)	شاخص پوشش گیاهی تنظیم شده با خاک که برای کاهش تأثیرات خاک در مناطق با پوشش گیاهی کم استفاده می‌شود.	این شاخص در مناطق خشک که تأثیر خاک بیشتر است، می‌تواند آفات را با دقت بیشتری شبیه‌سازی کند.
GCI (Green Chlorophyll Index)	شاخص کلروفیل سبز که برای شناسایی و بررسی میزان کلروفیل در گیاهان استفاده می‌شود.	برای شناسایی تخریب ناشی از آفات و بیماری‌ها که منجر به کاهش میزان کلروفیل می‌شود، مفید است.
CVI (Chlorophyll Vegetation Index)	شاخص پوشش گیاهی کلروفیلی که تأثیرات بیماری‌های گیاهی و آفات را بر سلامت گیاهان شبیه‌سازی می‌کند.	این شاخص می‌تواند تغییرات در میزان کلروفیل گیاهان تحت تأثیر آفات را نشان دهد.
NBR (Normalized Burn Ratio)	شاخص نسبت سوختگی نرمال شده که به‌طور معمول برای شناسایی آتش‌سوزی‌ها استفاده می‌شود.	می‌تواند برای شناسایی تغییرات در پوشش گیاهی ناشی از خشکسالی یا آسیب آفات مفید باشد.
MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index)	شاخص اختلاف نرمال شده آب تغییر یافته که برای بررسی محتوای آب گیاهان و وضعیت خشکی استفاده می‌شود.	این شاخص در شناسایی خشک‌سالی‌ها و آفات با تأثیر بر رطوبت گیاهان کاربرد دارد.
DVI (Difference Vegetation Index)	شاخص اختلاف پوشش گیاهی که به بررسی تفاوت‌های بین وضعیت گیاهی سالم و آسیب‌دیده می‌پردازد.	به شناسایی تغییرات ناشی از تخریب گیاهی به علت آفات و بیماری‌ها کمک می‌کند.

این شاخص‌ها می‌توانند به شبیه‌سازی و شناسایی تخریب ناشی از آفات، بیماری‌ها و شرایط زیست‌محیطی در جنگل‌های شمشاد کمک کنند. استفاده ترکیبی از این شاخص‌ها می‌تواند دقت بیشتری در تشخیص و ارزیابی شرایط اکوسیستم‌های جنگلی به ویژه در مناطقی که تحت تأثیر آفات قرار دارند، فراهم آورد.

مدل‌های چند شاخصه

با ترکیب وزن‌های مختلف برای هر شاخص می‌توان دقیق‌ترین ارزیابی‌ها را در مورد وضعیت پوشش گیاهی فراهم کرد. وزن شاخص‌ها به‌طور معمول براساس تجربه و داده‌های محلی تنظیم می‌شوند تا دقت مدل را افزایش دهند (Wang and Zhang, 2021).

به عنوان مثال بکارگیری ترکیبی از شاخص‌های پراستفاده مانند NDVI، EVI، SAVI و GCI می‌تواند در شناسایی آفات و ارزیابی پوشش گیاهی جنگل‌ها موثرتر باشند (Liu et al., 2023). این شاخص‌ها به دلیل حساسیت متفاوت به ویژگی‌های مختلف محیطی، اطلاعات دقیقی را برای شناسایی تغییرات اکوسیستمی و وضعیت گیاهی فراهم می‌کنند.

در زمانیکه وضعیت آفات در یک منطقه خاص مانند جنگل‌های شمشاد بررسی می‌شود، می‌توان از این مدل‌ها به‌طور ترکیبی استفاده کرد تا مناطق آسیب‌دیده از آفات را شناسایی نمود. بسته به وضعیت محیطی منطقه و نوع آفات، این شاخص‌ها ممکن است وزن‌های مختلفی دریافت کنند (Zhai et al., 2022).

مدل‌های چند شاخصه در مقایسه با استفاده از هر شاخص به‌تنهایی، می‌توانند تحلیل دقیق‌تری را ارائه دهند و به مدیریت مؤثرتر جنگل‌ها کمک کنند.

مدل ترکیبی برای چهار شاخص یاد شده به صورت زیر است:

$$\text{Model} = w_1 \times \text{NDVI} + w_2 \times \text{EVI} + w_3 \times \text{SAVI} + w_4 \times \text{GCI}$$

در این مدل، وزن‌های اختصاص داده شده به هر شاخص w_1، w_2، w_3 و w_4 اهمیت نسبی هر شاخص را براساس منطقه و شرایط مشخص می‌کنند (Smith and Johnson, 2021). وزن ها و توضیحات شاخص ها در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- وزن ها و توضیحات شاخص ها

شاخص	وزن (w)	توضیحات
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	0.4	برای شناسایی تغییرات در پوشش گیاهی و کاهش رشد گیاهان آسیب‌دیده استفاده می‌شود.
EVI (Enhanced Vegetation Index)	0.3	دقت بالاتر در مناطق با پوشش گیاهی متراکم و مناطق با شرایط مختلف گیاهی دارد.
SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)	0.2	به‌ویژه در مناطق با خاک‌های روشن یا خشک کاربرد دارد.
GCI (Green Chlorophyll Index)	0.1	میزان کلروفیل را اندازه‌گیری کرده و برای تشخیص آسیب‌های ناشی از آفات کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این مدل می‌تواند به شبیه‌سازی دقیق‌تری از وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی آفات کمک کند.

پیشرفت‌های هوش مصنوعی در تحلیل تصاویر ماهواره‌ای

پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، افق‌های جدید و امیدبخشی را در زمینه تحلیل تصاویر ماهواره‌ای گشوده است. این فناوری‌های پیشرفته با دقت و سرعتی بی‌سابقه، امکان پایش مستمر و دقیق جنگل‌های شمشاد را در مقیاس وسیع فراهم می‌کنند و به محققان اجازه می‌دهند تا تغییرات جزئی در وضعیت این اکوسیستم‌های ارزشمند را شناسایی و ردیابی کنند.

یادگیری عمیق در طبقه‌بندی پوشش گیاهی

یادگیری عمیق به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین شاخه‌های هوش مصنوعی، با قابلیت پردازش حجم عظیمی از داده‌های ماهواره‌ای و تحلیل الگوهای پیچیده، دقت طبقه‌بندی پوشش گیاهی را به طور چشمگیری افزایش داده است. مطالعات گسترده و تحقیقات میدانی نشان می‌دهد که الگوریتم‌های یادگیری عمیق با دقت بیش از ۹۵ درصد، در طبقه‌بندی انواع پوشش گیاهی عملکرد به مراتب بهتری نسبت به روش‌های سنتی و کلاسیک دارند.

تشخیص خودکار و دقیق الگوها در تصاویر ماهواره‌ای با حداقل دخالت انسانی، کاهش چشمگیر در زمان پردازش و تحلیل داده‌ها، شناسایی دقیق‌تر مناطق آسیب‌دیده با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته پردازش تصویر و الگوریتم‌های بهینه‌سازی شده که امکان تشخیص حتی کوچک‌ترین تغییرات در سطح پوشش گیاهی را فراهم می‌کند و همچنین قابلیت مقیاس‌پذیری در سطح وسیع با بهره‌گیری از زیرساخت‌های محاسباتی قدرتمند و پردازش موازی که امکان تحلیل همزمان هزاران تصویر ماهواره‌ای را در کسری از زمان میسر می‌سازد، از جمله مزایای کلیدی یادگیری عمیق در پایش جنگل‌ها می‌باشد.

شبکه‌های عصبی کانولوشنی

شبکه‌های عصبی کانولوشنی با الهام از سیستم بینایی انسان، قادر به تشخیص الگوهای پیچیده در تصاویر ماهواره‌ای هستند. معماری VGG16 به عنوان یکی از موفق‌ترین مدل‌ها در این زمینه، امکان تشخیص دقیق تغییرات پوشش گیاهی را فراهم می‌کند.

الگوریتم‌های تشخیص تغییرات

الگوریتم‌های تشخیص تغییرات مبتنی بر هوش مصنوعی، با مقایسه تصاویر چندزمانه، روند تغییرات جنگل‌های شمشاد را با دقت زیاد شناسایی می‌کنند. این سیستم‌ها با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته پردازش تصویر و شبکه‌های عصبی عمیق، قادرند تغییرات جزئی در سلامت درختان را حتی پیش از مشهود شدن برای چشم انسان تشخیص دهند.

کاربرد مدل‌های یادگیری ماشین

برای بهبود دقت مدل‌های ترکیبی، از روش‌های یادگیری ماشین نیز می‌توان استفاده کرد. الگوریتم‌هایی مانند جنگل تصادفی و ماشینهای بردار پشتیبان می‌توانند به‌طور خودکار وزن‌ها را بهینه کرده و شبیه‌سازی دقیق‌تری از وضعیت پوشش گیاهی ارائه دهند.

عوامل مؤثر بر دقت طبقه‌بندی

عوامل متعددی بر دقت نتایج طبقه‌بندی تأثیرگذار هستند که مهمترین آنها عبارتند از:

کیفیت نمونه‌های آموزشی و صحت داده‌های میدانی جمع‌آوری شده

تعداد و تنوع باندهای طیفی مورد استفاده در فرآیند طبقه‌بندی

پیچیدگی الگوهای پوشش گیاهی و تنوع گونه‌های موجود در منطقه

تغییرات فصلی در بازتاب طیفی و تأثیر شرایط محیطی بر کیفیت داده‌ها

پیشنهادات بهبود

برای افزایش دقت و کارایی مطالعات آینده، راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:

بهبود کیفیت داده‌ها

استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی و طیفی بیشتر

ترکیب داده‌های چندسنجنده‌ای و استفاده از مزایای هر سنجنده

بهینه‌سازی پیش‌پردازش‌های رادیومتریک و اتمسفری

ارتقای روش‌های پردازش

توسعه الگوریتم‌های هوشمند ترکیبی و بهینه‌سازی پارامترها

استفاده از روش‌های یادگیری عمیق پیشرفته و شبکه‌های عصبی

بهبود تکنیک‌های استخراج ویژگی و انتخاب ویژگی‌های مؤثر

افزایش دقت طبقه‌بندی

جمع‌آوری نمونه‌های آموزشی بیشتر با پراکنش مکانی مناسب

استفاده از داده‌های کمکی مانند مدل رقومی ارتفاع و شیب

توسعه شاخص‌های گیاهی اختصاصی

تجربیات به‌دست آمده از مطالعات گسترده در زمینه پایش جنگل‌های شمشاد نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های ترکیبی و داده‌های چندمنبعی می‌تواند به بهبود قابل توجه نتایج منجر شود. این روش‌ها با تلفیق داده‌های حاصل از سنجنده‌های مختلف مانند لندست، سنتینل و مُدیس، امکان استخراج اطلاعات دقیق‌تر را فراهم می‌کنند. همچنین توسعه سیستم‌های پیشرفته پردازش تصویر و الگوریتم‌های هوشمند، راه را برای تحلیل‌های پیچیده‌تر هموار ساخته است.

این نتایج تأکید می‌کنند که استفاده از مدل‌های چند شاخصه می‌تواند به‌طور مؤثر مناطق تخریب شده ناشی از آفات را شناسایی کرده و به مدیران منابع طبیعی کمک کند تا در حفظ جنگل‌های شمشاد اقدامات مؤثرتری انجام دهند. همچنین، این روش‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزارهایی مؤثر در شبیه‌سازی و پیش‌بینی تخریب‌ها در مناطق مختلف دیگر به‌کار روند.

بحث و نتیجه‌گیری

پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، به ویژه در تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، تحول چشمگیری در پایش جنگل‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی ایجاد کرده است. استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق، به‌ویژه شبکه‌های عصبی کانولوشنی، دقت طبقه‌بندی پوشش گیاهی را به طور چشمگیری افزایش داده و توانایی تشخیص تغییرات جزئی در وضعیت جنگل‌ها را با سرعت و دقت زیاد فراهم کرده است. این فناوری‌ها، علاوه بر کاهش زمان پردازش و تحلیل داده‌ها، امکان مقیاس‌پذیری وسیع و تحلیل همزمان هزاران تصویر ماهواره‌ای را میسر می‌سازند. الگوریتم‌های تشخیص تغییرات مبتنی بر هوش مصنوعی نیز از جمله ابزارهای قدرتمند در ردیابی وضعیت جنگل‌ها و شناسایی تغییرات جزئی در سلامت درختان هستند. این سیستم‌ها می‌توانند تغییرات را پیش از آشکار شدن برای انسان شبیه‌سازی کنند و به محققان کمک کنند تا از روند تخریب یا تغییرات اکوسیستم‌ها آگاه شوند.

در نهایت، استفاده از مدل‌های ترکیبی یادگیری ماشین و تکنیک‌های پیشرفته پردازش تصویر می‌تواند دقت مدل‌ها را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشیده و نتایج دقیق‌تری از وضعیت پوشش گیاهی ارائه دهد. این موضوع نشان‌دهنده تحول اساسی در روش‌های پایش و مدیریت منابع طبیعی است که می‌تواند به حفاظت و بهبود جنگلهای ارزشمند شمشاد کمک کند.

منابع

Ahmadi, S., and Zeynali, M. (2024). Comparative study of machine learning algorithms for vegetation classification and pest detection. Journal of Applied Remote Sensing, 15(2): 50-65.

Bao, L., et al. (2022). Evaluation of SAVI for vegetation monitoring in arid regions. International Journal of Remote Sensing.

Ghaffari, H., and Azizi, A. (2023). Remote sensing and AI techniques in forest health monitoring: A review. Remote Sensing Applications, 18(3): 111-123.

Liu, Y., et al. (2021). Improved vegetation index for drought monitoring in semi-arid regions. Environmental Monitoring and Assessment.

Li, Q., et al. (2020). Combining SVM and CNN for vegetation damage detection in forests. Forest Ecology and Management.

Liu, J., et al. (2022). Using convolutional neural networks for pest detection in climate-affected forests. Ecological Modelling.

Liu, Z., and Yang, L. (2020). Satellite-based vegetation indices and their application in detecting forest pests. Environmental Monitoring and Assessment, 192(5): 302.

Liu, W., et al. (2023). A multi-index model for forest health monitoring: Combining NDVI, EVI, SAVI, and GCI for pest detection. Remote Sensing Applications: Society and Environment.

Smith, R., and Johnson, M. (2021). Multi-index models for vegetation monitoring: A comparative study. Geospatial Science and Technology, 6(2): 99-112.

Smith, T., et al. (2022). Assessing forest recovery post-hurricane: A Sentinel-2 NDVI approach. Remote Sensing Applications: Society and Environment.

Wang, J., and Zhang, H. (2021). Multi-index approaches for pest outbreak prediction using remote sensing. Environmental Monitoring and Assessment.

Zhai, L., et al. (2022). Assessment of vegetation indices for monitoring forest health under different environmental conditions. Ecological Indicators.

Zhang, J., et al. (2021). Use of GCI for plant health monitoring in forest ecosystems. Forest Ecology and Management.

Zhang, Z., et al. (2021). Application of SVM in forest pest detection and vegetation status simulation. Journal of Remote Sensing.

Zhang, Y., et al. (2021). Random forest for predicting forest pest damage in tropical forests. Environmental Monitoring and Assessment.

Zhang, Y., and Zhang, H. (2022). Application of remote sensing indices for monitoring forest health in Northern Iran. Remote Sensing for Ecology and Conservation, 8(3): 122-134.

Role of AI Models in Detecting and Predicting Ecosystem Changes in Northern Iran's Boxwood Forests

M. Ghavidel[1*], M.A. Ghavidel[2] and M.E. Farashiani[3]

1- Department of Compuer Engineering, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran.
2- Department of Wood Industry, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran.
3- Associate Prof., Conservation and Protection Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract
Boxwood forests, as one of the most sensitive and diverse ecosystems, play a crucial role in maintaining ecological and biological balance in natural environments. These forests are not only vital habitats for numerous plant and animal species but also significantly influence the carbon cycle and water resource conservation. However, climate change and pest infestations increasingly pose threats to the health and sustainability of these ecosystems. Identifying and analyzing the vegetation status of boxwood forests, as well as monitoring pest-induced degradation, require tools with high precision and efficient processing capabilities. Hybrid models that utilize various vegetation indices enable more accurate analysis of vegetation conditions and identification of pest-related damage. Moreover, employing advanced deep learning techniques, such as convolutional neural networks (CNNs), and machine learning algorithms, including random forests and support vector machines (SVMs), can optimize index weighting and enhance the accuracy and processing speed of satellite image analyses. This study aims to introduce a hybrid model based on adaptive weighting of vegetation indices and recommend the application of various artificial intelligence models and techniques for simulating vegetation conditions and detecting pests in boxwood forests.

Keywords: Boxwood forests, Convolutional neural networks (CNNs), Deep learning, Multi-index models.

*Corresponding author Tel: +98 9113334989 Email: marzieh.ghavidel@gmail.com

بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و ارزش بازاری جنگلکاری‌های مناطق بیابانی

یاسر قاسمی آریان[1*]، هادی اسکندری دامنه[2]، محمد ابراهیم فراشیانی[3]، حافظ اسکندری دامنه[4] و کیمیا جواهری[5]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
۲- پژوهشگر، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
۳- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات حفاظت و حمایت، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت.
۵- دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی اثربخشی جنگلکاری‌های مناطق بیابانی در طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی در منطقه سه‌قله سرایان، خراسان جنوبی پرداخته است. از تصاویر ماهواره‌ای لندست و شاخص MSAVI برای ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۲ استفاده شد. همچنین، ارزش اقتصادی علوفه تولیدی با استفاده از روش هدونیک برآورد شد. تیپ‌های گیاهی تعیین و با استفاده از روش‌های تصادفی- سیستماتیک و پلات‌های ۳۰۰ متری بررسی شدند. انرژی قابل متابولیسم (TDN) برای استخراج رابطه رگرسیون بین TDN نهاده‌های دامی با قیمت از داده‌های طرح کیفیت علوفه گیاهان مرتعی کشور استفاده شد. نتایج نشان داد مقدار شاخص MSAVI از ۰/۰۵۷ در سال ۱۳۶۹ به ۰/۲۲ در سال ۱۴۰۲ افزایش یافته است. نتایج بررسی تغییرات مکانی نیز نشان داد که مقدار شاخص در دوره مورد مطالعه از شمال و شمال غرب به سمت شرق و جنوب شرق محدوده افزایش داشته که ناشی از تاثیر باد غالب منطقه است. نتایج ارزش‌گذاری نشان داد که در محدوده مورد مطالعه تعداد ۵ تیپ گیاهی با غالبیت گونه سیاه‌تاغ استقرار داشته که منجر به تولید ۱۸۵۱/۵ تن علوفه (تولید سال جاری با احتساب ۳۰ درصد حد بهره‌برداری مجاز) در سال می‌شود. ارزش‌گذاری اقتصادی کارکرد علوفه تولیدی نیز نشان داد که ارزش منطقه مورد مطالعه ۲۲۶/۸ میلیارد ریال به میزان هر هکتار ۲۱ میلیون ریال برای سال ۱۴۰۳ است. به‌طور کلی مدیریت و بهره‌برداری اصولی از پروژه‌های مقابله با بیابان‌زایی با تاکید بر اصل حفاظت از آنها می‌تواند در برقراری پیوند منطقی بین اهداف حفاظتی کارشناسان و اهداف معیشتی بهره‌برداران موفق باشد.

واژگان کلیدی: ارزیابی، ارزش‌گذاری اقتصادی، استان خراسان جنوبی، کالا و خدمات اکوسیستمی.

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۷۱۱۸۳۹۶ ایمیل: ghasemiaryan@rifr-ac.ir

مقدمه

شکاف‌های تحقیقاتی موجود در زمینه تبیین کالا و خدمات اکوسیستمی بیابان و همچنین عدم بررسی اثربخشی اقدامات مربوط به مقابله با بیابان‌زایی از نظر تقویت شاخص‌های اکولوژیکی و ارزش اقتصادی کارکردهای آن سبب شده است تا اهمیت اکوسیستم بیابان در مقایسه با سایر اکوسیستم‌های طبیعی و سهم آن بر رفاه جوامع انسانی نادیده گرفته شود. با این حال، این شکاف‌ها نباید مانع حرکت برای مطالعه و مدیریت بهتر اکوسیستم‌های بیابانی از نظر حفاظت و تقویت خدمات آن‌ها شود. امروزه بسیاری از مسائل زیست محیطی، محصول جانبی توسعه اجتماعی- اقتصادی هستند که در اثر نادیده انگاشتن خدمات اکوسیستمی (به‌ویژه آن‌هایی که غیر مستقیم و برای مردم ناملموس هستند) پدید آمده‌اند. بنابراین در تبیین استراتژی‌های مدیریت بیابان، توجه به ارزیابی خدمات اکوسیستمی که مزایای پنهان اکوسیستم را منعکس نموده و آنان را با رفاه انسان و پیامدهای توسعه اجتماعی- اقتصادی او مرتبط می‌سازد، از ضروریات است (Chen and Costanza, 2024). خدمات اکوسیستمی به مزایایی اشاره دارد که انسان به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم از فرآیندهای اکولوژیکی به‌دست می‌آورد (Liu et al., 2024 b; Daily, 2017).

خدمات اکوسیستمی در چهار طبقه تنظیمی، حمایتی، تولیدی و فرهنگی تقسیم‌بندی می‌شوند. خدمات حمایتی شامل کارکردهای اساسی اکوسیستم مانند تشکیل خاک است، در حالی که خدمات تدارکاتی منابع مهمی از غذا و فیبر هستند. خدمات تنظیمی به تنظیم فرآیندهای اکوسیستمی و به کنترل اقلیم از طریق ترسیب کربن کمک می‌کنند و خدمات فرهنگی شامل مسائلی مانند تفریح و آموزش هستند (Finisdore et al., 2020). در واقع ترسیب کربن (CS) و پیشگیری از فرسایش بادی (WEP) در اکوسیستم‌های بیابانی به‌عنوان دو سرویس حیاتی اکوسیستم شناخته می‌شوند که به طور مؤثر نتایج اکولوژیکی کنترل بیابان‌زایی را منعکس می‌کنند (Luo et al., 2020; Sheng et al., 2019). Liu et al. (2024 b) در تحقیقی به ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیتمی پروژه حفاظت و احیای بیابان کوبوچی طی یک دوره ۲۰ ساله (۲۰۲۰-۲۰۰۰) پرداختند. نتایج آنان نشان داد تثبیت ماسه‌های روان با ۳۹ درصد، بیشترین سهم را در ارزش‌گذاری تولیدات ناخالص به خود اختصاص داده‌اند. با این حال ارزش تولیدات دامی در اثر توسعه پوشش گیاهی و تولید علوفه به سه برابر افزایش یافته است. نتایج تحقیق Xu et al. (2017) در مغولستان نشان داد که ارزش خدمات کل اکوسیستم (ESV) از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ به میزان ۶۷/۱۶ میلیارد یوان کاهش یافت و پویایی بیابان‌زایی همبستگی خطی متوسطی با ESV داشت که سبب کاهش ۲۳/۷ درصدی ESV شد.

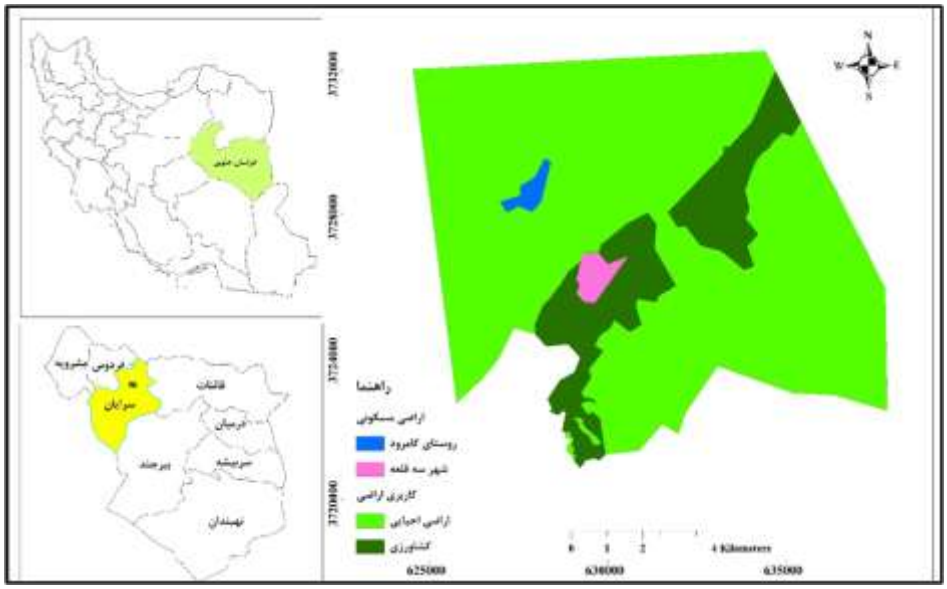
اقدامات در زمینه توسعه پوشش گیاهی با هدف مقابله با بیابان‌زایی و کنترل فرسایش بادی در ایران از سال ۱۳۳۸ با کشت گونه تاغ در روستای حارث‌آباد سبزوار آغاز شد. موفقیت این اقدام در تثبیت شن‌های روان و تثبیت جمعیت در منطقه اجرای طرح منجر به توسعه قرارگاه‌های عملیاتی و استقرار ایستگاه‌های تثبیت شن‌های روان در مناطق تحت خسارت فرسایش بادی کشور شد و در ادامه، مطالعه و شناسایی مناطق مبتلا به فرسایش بادی و کانون‌های بحرانی گردوغبار در دستور کار سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور قرار گرفت. در ادامه تهیه برنامه اقدام ملی مقابله با بیابان‌زایی و کاهش اثرات خشکسالی و عضویت ایران در کنوانسیون بین‌المللی مقابله با بیابان‌زایی بر حجم اقدامات افزود. چنانچه دفتر امور بیابان سازمان یاد شده، فقط سطح اراضی تاغ‌کاری را حدود دو میلیون هکتار برآورد می‌نماید. اگرچه بیابان‌ها شکننده هستند و از سطوح پایین بهره‌وری پشتیبانی می‌کنند، اما کالاها و خدمات مختلفی را ارائه می‌کنند که ادامه در دسترس بودن آن‌ها منوط به اتخاذ شیوه‌های مدیریت منطقی زمین است (Bidak et al., 2015).

اگرچه مطالعه در مورد اثربخشی اقدامات آبخیزداری سابقه‌ای طولانی در سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور دارد، اما مطالعه اثربخشی و ارزش اقتصادی کالا و خدمات اکوسیستمی پروژه‌های مقابله با بیابان‌زایی، نه تنها در سطح ایران، بلکه در سطح جهان نیز بسیار محدود است. این در حالی است که بررسی اثربخشی این اقدامات در مناطق بیابانی که فرسایش بادی و گردوغبار چالشی جدی محسوب می‌شود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا استفاده از تکنیک سنجش از دور برای بررسی تغییرات صورت گرفته در اثر اقدامات مقابله با بیابان‌زایی و ترکیب نتایج آن با سایر اثرات می‌تواند نقش مهمی در آگاهی‌رسانی و تقویت دانش اجتماعات محلی، کارشناسان و برنامه‌ریزان در زمینه کالا و خدمات اکوسیستمی بیابان فراهم آورد. با این هدف اجرای این تحقیق در منطقه سه‌قلعه در شهرستان سرایان خراسان جنوبی اهمیتی دوچندان دارد. چنانچه برخی بومیان معتقدند در اثر حمل شن‌های روان در گذشته، دوبار این قلعه، زیر شن مدفون شده و با شروع عملیات تثبیت شن‌های روان در دهه ۱۳۵۰، قلعه برای بار سوم پا گرفته است که آن را دلیلی بر نام کنونی منطقه نیز ذکر می‌کنند. تحقیق حاضر با هدف تبیین اثربخشی اکولوژیکی و ارزش اقتصادی کارکرد تولیدی پروژه‌های مقابله با بیابان‌زایی در منطقه سه‌قلعه سرایان خراسان جنوبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

سه‌قلعه یکی از شهرهای سرایان در استان خراسان جنوبی بوده که در فاصله ۲۴ کیلومتری جنوب غرب این شهرستان و ۵۲ کیلومتری جنوب شرق شهرستان فردوس و در حاشیه کویر قرار گرفته است. این شهر جزو مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی محسوب می‌شود. هوای تابستان گرم و سوزان و زمستان‌ها سرد و خشک است. در بیشتر سال‌ها بارندگی از ۱۰۰ میلی‌متر کمتر است. بر پایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر ۴۴۳۶ نفر (۱۲۹۰ خانوار) بوده است. اراضی کشاورزی نسبتاً زیاد در نواحی شرق و شمال شرق و مجموعه تپه‌های ماسه‌ای عمدتاً تثبیت‌یافته در شمال و جنوب غربی منطقه طرح و در حوالی شهر سه‌قلعه واقع شده است. آغاز فعالیت‌ها در مورد راه‌اندازی ایستگاه و اجرای پروژه‌های تثبیت شن‌های روان در محدوده سه‌قلعه، سال ۱۳۵۲ بوده است. شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه را در کشور، استان خراسان جنوبی و شهرستان سرایان نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

روش تحقیق

در این پژوهش اثربخشی اکولوژیکی، از منظر تغییرات درصد پوشش گیاهی و ارزش اقتصادی کارکرد تولید علوفه بررسی شد. روند احیا و تخریب سرزمین در محدوده مطالعاتی با استفاده از تصاویر سنجش از دوری ماهواره لندست با وضوح ۳۰ متر و در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۲ انجام شد. برای بررسی پوشش گیاهی از شاخص اصلاح شده پوشش گیاهی تعدیل شده با خاک (MSAVI) استفاده شد. در ادامه به‌منظور بررسی روند احیا و تخریب اراضی، تغییرات شاخص پوشش گیاهی MSAVI برای هر پیکسل تصویر با استفاده از شیب تغییرات رگرسیون خطی شبیه‌سازی شد.

جهت برآورد ارزش اقتصادی کارکرد تولید علوفه از روش هدونیک (التذاذی) استفاده شد که مبتنی بر انجام رگرسیون قیمت مشاهده شده یک کالا بر روی صفات کیفی آن است. روش هدونیک برای تعیین ارزش کالایی استفاده می‌شود که از نظر اقتصادی یک کالای ناهمگن بوده و بازار سازمان یافته‌ای برای مبادله آن وجود ندارد. علوفه مرتع نیز یک کالای ناهمگن محسوب شده که نمی‌توان قیمت خاصی برای آن در نظر گرفت؛ هر چند کارشناسان اجرایی به شکل سنتی، ۷۰ درصد قیمت جو را برای تعیین قیمت علوفه مرتع در نظر می‌گیرند که این رقم مطمئناً با توجه به نوع گونه غالب هر مرتع، درجه خوشخوراکی و مواد مغذی قابل هضم آن متفاوت است (قاسمی آریان، ۱۴۰۱). در این تحقیق، شاخص کل ماده خشک قابل هضم (TDN) در علوفه مرتع به‌عنوان یک صفت مشترک بین تمام نهاده‌های دامی، مبنای ارزش‌گذاری علوفه قرار گرفت تا با تعیین رابطه رگرسیونی بین TDN نهاده‌های دامی با قیمت آن‌ها، بتوان ارزش واقعی علوفه مرتع را تعیین نمود.

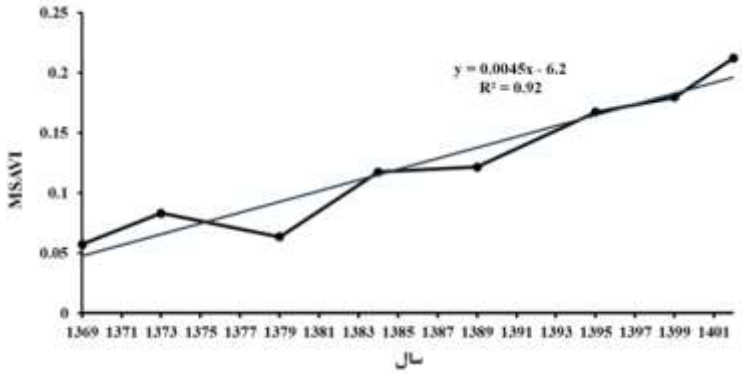
برای این منظور از داده‌های طرح کیفیت علوفه گیاهان مرتعی کشور استفاده شد (ارزانی و همکاران، ۱۳۹۱). پس از تعیین انرژی قابل متابولیسم در علوفه قابل دسترس برای کلیه تیپ‌های مرتعی، میزان انرژی قابل هضم محاسبه و در نهایت میزان TDN برآورد شد. اندازه‌گیری تولید با روش دوبل انجام گرفت. برای این هدف تیپ‌های گیاهی محدوده مطالعاتی مشخص و ضمن تعیین منطقه معرف هر تیپ و با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و وضعیت پراکنش و نوع گونه‌های گیاهی هر تیپ (ارزانی و همکاران، ۱۳۹۱)، تعداد ۵ ترانسکت ۳۰۰ متری به روش تصادفی- سیستماتیک برداشت و تعداد ۵ پلات ۴

مترمربعی در طول هر ترانسکت پیاده شد. برای تعیین تعداد برای برآورد تولید در طول هر ترانسکت، یک پلات قطع و توزین و باقی پلات‌ها مورد تخمین نظری قرار گرفت (اندازه پلات دو برابر سطح بزرگ‌ترین گونه در نظر گرفته شد).

یافته‌ها

بررسی روند تغیرات مکانی – زمانی شاخص MSAVI

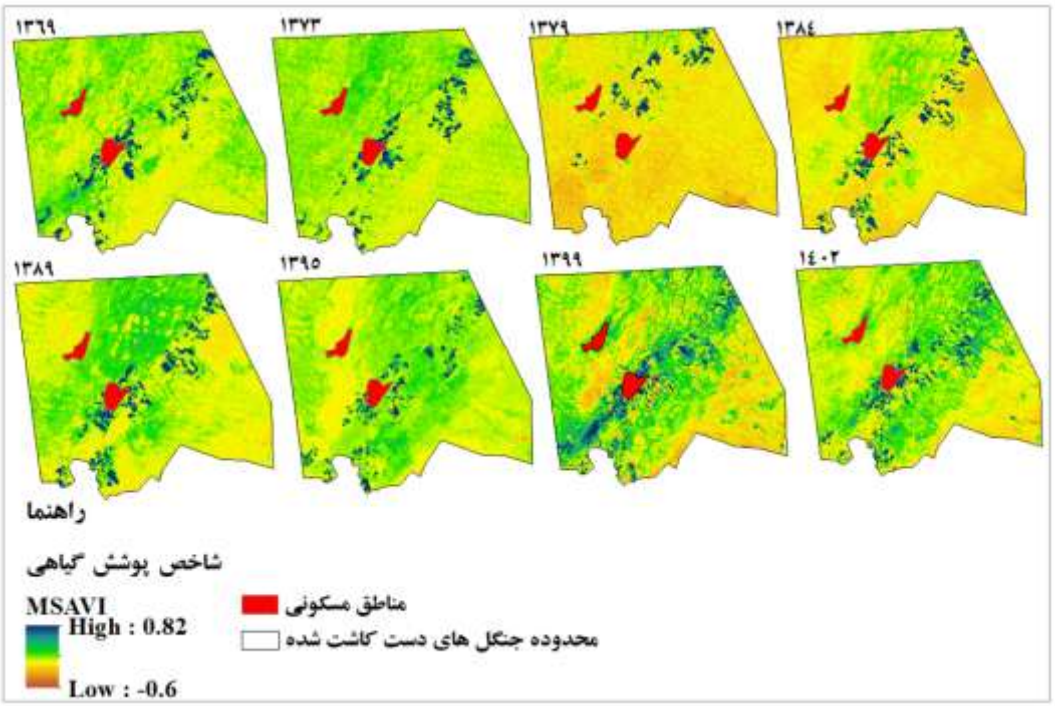
نتایج بررسی تغییرات شاخص پوشش گیاهی MSAVI در بازه زمانی ۳۳ ساله (۱۴۰۲-۱۳۶۹) در منطقه مورد مطالعه (شکل ۲ و ۳) موید روند افزایشی بوده که با ضریب تبیین ۰/۹۲ معنی‌دار می‌باشد. بررسی نتایج این شاخص نشان داد که متوسط آن از ۰/۰۵۷ در سال ۱۳۶۹ به ۰/۲۲ در سال ۱۴۰۲ افزایش یافته است. همچنین بررسی تغییرات مکانی نشان می‌دهد حداکثر مقدار شاخص یاد شده در این بازه زمانی ۳۳ ساله مربوط به قسمت‌های مرکزی منطقه است که به‌صورت خطی از شرق به غرب منطقه مشاهده می‌شود که بیشتر شامل کاربری کشاورزی است. از طرفی دیگر مقادیر متوسط و کمتر از مقادیر ذکر شده به‌صورت پراکنده در سایر مناطق مشاهده شده که بیشتر شامل جنگل دست‌کاشت مستقر شده در منطقه است.



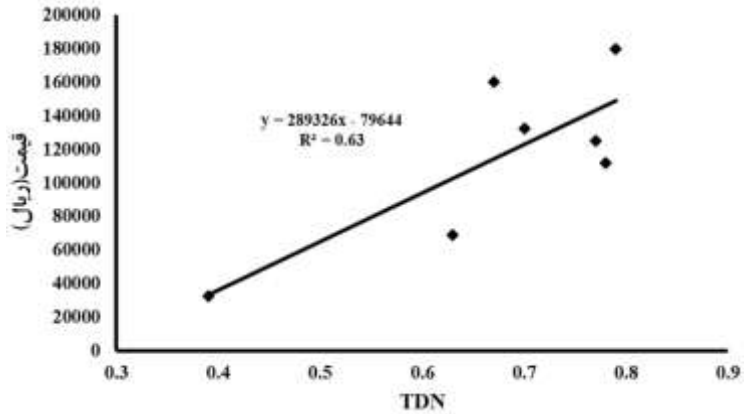
شکل ۲- متوسط شاخص MSAVI در بازه زمانی ۱۴۰۲-۱۳۶۹

نتایج حاصل از بررسی روند افزایشی و کاهشی شیب تغییرات شاخص پوشش گیاهی MSAVI در بازه زمانی ۳۳ ساله با استفاده از شیب خط رگرسیون (شکل ۴) نشان داد که ۱۱۰۲/۷۷ هکتار از منطقه مورد مطالعه (۹۸/۴۴ درصد) با افزایش پوشش گیاهی و ۱۵۶/۴۸ هکتار (۱/۵۶ درصد) با تخریب و کاهش پوشش گیاهی همراه بوده است. نتایج مربوط به تعیین رابطه رگرسیونی بین قیمت نهاده‌های دامی و کل ماده خشک قابل هضم (TDN) در شکل ۵ آمده است. بر این اساس قیمت واحد وزن علوفه در مراتع احیایی مورد مطالعه بر پایه رابطه ۳ با ضریب تبیین ۰/۶۳ برآورد شد. که در آن P قیمت علوفه و x کل ماده خشک قابل هضم (TDN) است. لازم به ذکر است قیمت نهاده‌های دامی براساس اطلاعات مؤسسه مطبوعاتی اطلاعات مرغداری و دامپروری برای سال ۱۴۰۱ استخراج شده است.

$$P = 289326\,x - 79644$$ رابطه (۱)



شکل ۳- تغییرات مکانی شاخص MSAVI در بازه زمانی ۱۴۰۲-۱۳۶۹



شکل ۴- رابطه رگرسیونی بین قیمت نهاده‌های دامی و کل ماده خشک قابل هضم

با توجه به رابطه رگرسیونی به‌دست آمده، میزان TDN و ارزش اقتصادی گونه‌های مرتعی منطقه مورد مطالعه به تفکیک هر گونه و کل علوفه تولیدی در جدول ۱ برآورد شده است. بر این اساس ارزش کل علوفه تولیدی ۲۲۶/۸ میلیارد ریال به میزان هر هکتار ۲۱ میلیون ریال برآورد شده است.

جدول ۱- ارزش اقتصادی علوفه تولیدی طرح‌های توسعه پوشش گیاهی منطقه سه قلعه

گونه گیاهی	TDN (کیلوگرم)	قیمت یک کیلوگرم علوفه	کل علوفه قابل برداشت (تن)	ارزش کل علوفه قابل برداشت (میلیارد ریال)
Artemisia sieberi	۰/۵۳	۷۳۶۹۹	۲۳۶	۱۷/۴
Haloxylon aphyllum	۰/۷۴	۱۳۴۴۵۷	۱۴۱۶/۸	۱۹۰/۵
Salsola tomentosa	۰/۶۱	۹۶۸۴۵	۱۶۸	۱۶/۳
Alhagi camelorum	۰/۵۷	۸۵۲۷۲	۳۰/۷	۲/۶
جمع			۱۸۵۱/۵	۲۲۶/۸

بحث و نتیجه‌گیری

تبیین اثربخشی اکولوژیکی و تعیین ارزش اقتصادی کالا و خدمات اکوسیستمی به‌ویژه در پروژه‌های مقابله با بیابان‌زایی نقش مهمی در ارتقای آگاهی بهره‌برداران و جلب مشارکت بخش خصوصی به همراه خواهد داشت. نتایج بررسی اثربخشی اجرای پروژه‌های مقابله با بیابان‌زایی سه‌قلعه در بازه زمانی ۳۳ ساله (۱۴۰۲-۱۳۶۹) نشان از روند افزایشی این شاخص دارد. چنانچه شاخص پوشش گیاهی MSAVI از ۰/۰۵۷ در سال ۱۳۶۹ به ۰/۲۲ در سال ۱۴۰۲ افزایش یافته است. نتایج بررسی تغییرات مکانی منطقه مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد مقدار شاخص یاد شده در سال‌های ابتدایی دوره مورد مطالعه در نیمه شمالی محدوده به خصوص شمال غرب بوده است. این افزایش را می‌توان با جهت باد غالب منطقه مرتبط دانست که با توجه به محل برداشت، اولین اقدامات برای تثبیت شن‌های روان در این منطقه آغاز شده است. نکته جالب توجه این که با گذشت زمان، شاخص پوشش گیاهی در مرکز و شرق محدوده افزایش داشته است. در واقع با توجه به تکثیر جنسی گونه سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum*)، پس از انتشار بذور، پوشش گیاهی در جهت باد غالب منطقه گسترش یافته است. در این میان تخریب و کاهش چشمگیر پوشش گیاهی منطقه در اواسط دهه ۱۳۷۰ تا نیمه دهه ۱۳۸۰ قابل ملاحظه است که بررسی‌های صورت گرفته نشان از تداوم خشکسالی در این منطقه طی این دوران داشته است. نکته مهم دیگر این که همزمان با این کاهش، سطح اراضی کشاورزی نیز به‌شدت کاهش داشته و متقابلاً در دهه ۱۳۹۰ افزایش درصد پوشش گیاهی با توسعه کشت اراضی کشاورزی همراه بوده است. بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که کاهش درصد پوشش گیاهی در دهه ۱۳۸۰ منجر به تشدید حمل شن‌های روان و تخریب بستر کاشت اراضی کشاورزی شده، به نحوی که آماده‌سازی زمین برای کاشت محصول با هزینه زیادی همراه بوده است. همچنین در مرحله داشت و برداشت نیز خسارات زیادی به تولیدات کشاورزی از نظر کمیت و کیفت محصولات وارد آمده است. در همین راستا نتایج بررسی قاسمی آریان (۱۴۰۱) در زمینه بررسی ابعاد اجتماعی- اقتصادی طرح‌های توسعه پوشش گیاهی منطقه سه‌قلعه نشان داد که تثبیت شن‌های روان و ممانعت از ورود شن به اراضی کشاورزی و در نتیجه افزایش کمیت و کیفیت محصولات، به‌عنوان مهم‌ترین اثرات طرح‌ها از دیدگاه اجتماعات محلی منطقه بوده است. این مهم همچنین عامل اصلی واگذاری بخشی از اراضی تحت مالکیت کشاورزان سه‌قلعه و روستای بسطاق، به اداره منابع طبیعی به شکل داوطبانه بوده که اجرای پروژه‌های احیایی نیز با مشارکت خود آنان همراه بوده است.

نتایج نشان داد که در محدوده مورد مطالعه تعداد پنج تیپ گیاهی با غالبیت گونه تاغ استقرار داشته که منجر به تولید ۱۸۵۱/۵ تُن علوفه (تولید سال جاری با احتساب ۳۰ درصد حد بهره‌برداری مجاز) در سال شده است. ارزش‌گذاری علوفه

تولیدی به روش هدونیک نشان داد که ارزش منطقه مورد مورد مطالعه از نظر کارکرد علوفه قابل دسترس ۲۲۶/۸ میلیارد ریال به میزان هر هکتار ۲۱ میلیون ریال در سال ۱۴۰۳ است. نکته قابل ذکر این که این رقم تنها برای مقدار علوفه در دسترس بوده و ارزش کل آن، عددی بالغ بر دو برابر مبلغ به‌دست آمده است. در ضمن اگر ارزش افزوده آن یعنی تولید مواد پروتئین و لبنی را در نظر بگیریم، ارزش به‌دست آمده به مراتب بیشتر و واقعی‌تر خواهد بود. در کنار کالای ارزش‌گذاری شده در این تحقیق یعنی تولید علوفه، تولید زغال در اثر اجرای هَرس و عملیات پرورشی به‌منظور رعایت انبوهی و تراکم گیاه تاغ نیز از دیگر تولیدات منطقه محسوب می‌شود که به نوبه خود ارزش اقتصادی قابل‌توجهی است. در این راستا مطالعات قاسمی آریان (۱۴۰۱) نشان داد که با رعایت انبوهی تاغ در هکتار، ارزش تولید زغال معادل ۲۱ میلیارد ریال است. نتایج رستگار و همکاران (۱۳۹۲)، مرادی (۱۴۰۰) و رضوی‌سلیم (۱۴۰۲) که هر کدام در مطالعات جداگانه به ارزش‌گذاری علوفه تولیدی پرداخته‌اند، از نظر برآورد ارزش علوفه در مرتع با نتایج این تحقیق متفاوت است. این تفاوت از یک سو به‌دلیل تفاوت‌های بوم‌شناختی مناطق مورد مطالعه و از سوی دیگر به‌دلیل تفاوت در قیمت نهاده دامی در سال‌های مورد مطالعه بوده است. هر چند که غالب این مطالعات از روش سنتی برآورد ارزش علوفه تولیدی یعنی معادل ۷۰ درصد قیمت جو برای ارزش‌گذاری استفاده کرده‌اند.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که تکنیک سنجش از دور می‌تواند نقش مهمی در ارزیابی و نمایش تغییرات اکوسیستم‌ها در اثر دخالت‌های انسان به‌منظور بهبود پوشش گیاهی داشته باشد (اسکندری دامنه و همکاران، ۱۴۰۰). در نتیجه آگاهی‌رسانی و تقویت دانش اجتماعات محلی، کارشناسان و برنامه‌ریزان را در زمینه حفاظت و احیای مناطق بیابانی تسهیل می‌کند.

منابع

ارزانی، ح. (۱۳۹۱). طرح کیفیت علوفه گیاهان مرتعی کشور، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

اسکندری دامنه، ه.، غلامی، ح.، مهدوی، .ر، خورانی، ا.، لی، ج. (۱۴۰۰). ارزیابی تخریب اراضی با استفاده از شاخص کارایی مصرف آب و خشکسالی (مطالعهٔ موردی: استان فارس) .نشریه علمی-پژوهشی مرتع و آبخیزداری، ۷۴ (۱): ۱۲۰-۱۰۳.

رستگار، ش.، دریجانی، ع.، بارانی، ح.، قربانی، م.، قربانی، ج.، بردی شیخ، و. (۱۳۹۲). رهیافتی نو در ارزش‌گذاری اقتصادی کارکرد تولید علوفهٔ مراتع (مطالعهٔ موردی: مراتع ییلاقی حوزهٔ آبخیز نوررود، استان مازندران، پژوهشی مرتع و آبخیزداری، ۶۶(۳): ۳۴۷-۳۵۷.

رضوی سلیم، ف.، ارزانی، ح.، جعفری، م.، جوادی، س. ا. (۱۴۰۲). ارزش‌گذاری اقتصادی افزایش علوفه تولیدی متأثر از عملیات مرتع‌کاری در مناطق خشک سربیشه، خراسان جنوبی .تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۳۰(۱): ۳۹-۴۷.

قاسمی آریان، ی. (۱۴۰۱). ارزیابی و ارزشگذاری اقتصادی کالا و خدمات اکوسیستمیِ پروژه‌های مقابله با بیابان‌زایی در استان خراسان جنوبی، گزارش نهایی طرح خاتمه‌یافته، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

قاسمی آریان، ی.، خاکساریان، ف.، سیداخلاقی، س. ج.، عباسی، ح. ر.، فرج‌اللهی، ا. (۱۴۰۱). شناسایی ابعاد اجتماعی-اقتصادی طرح‌های توسعه پوشش گیاهی مناطق بیابانی در منطقه سه‌قلعه سرایان. پنجمین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، دانشگاه یزد.

مرادی، س. (۱۴۰۰). ارزش‌گذاری اقتصادی کارکرد تولید علوفه مراتع با استفاده از روش قیمت گذاری هدونیک-مطالعه موردی: حوزه آبخیز زمکان استان کرمانشاه. انسان و محیط زیست، ۱۹(۵۶): ۱۹۹-۱۸۹.

Bidak, L.M., Kamal, S.A., Halmy, M.W.A., and Heneidy, S.Z. (2015). Goods and services provided by native plants in desert ecosystems: Examples from the northwestern coastal desert of Egypt. Global Ecology and Conservation, 3: 433-447.

Chen, H., and Costanza, R. (2024). Valuation and management of desert ecosystems and their services. Ecosystem Services, 66, 101607.

Daily, G. C. 2017. "Nature's services: societal dependence on natural ecosystems (1997)," in The future of nature (New Haven, Connecticut, USA: Yale University Press), 454–464.

Finisdore, J., Rhodes, Ch., Haines-Young, R., Maynard, S., Wielgus, J., Dvarskas, A., Houdet, J., Quetier, F., Lamothe, A., Ding, H., Soulard, F., Van Houtven, G. and Rowcroft, P. (2020). The 18 benefits of using ecosystem services classification systems. Ecosystem Services, 45, 101160.

Liu, Y., Kong, L., Jiang, C., Zhang, X., and Ouyang, Z. (2024). Accounting of value of ecosystem services in the desert: an example of the Kubuqi Desert ecosystem. Frontiers in Earth Science, 11, 1247367.

Liu, Y., Kong, L., Jiang, C., Zhang, X., Ouyang, Z. (2024 b). Accounting of value of ecosystem services in the desert: an example of the Kubuqi Desert ecosystem. Frontiers in Earth Science, 11, 1247367.

Luo, Q., Zhen, L., Xiao, Y., and Wang, H. (2020). The effects of different types of vegetation restoration on wind erosion prevention: a case study in Yanchi. Environmental Research Letters, 15(11), 115001.

Sheng, W., Zhen, L., Xiao, Y., Hu, Y. (2019). Ecological and socioeconomic effects of ecological restoration in China's Three Rivers Source Region. Science of the total environment, 650: 2307-2313.

Xu, D., Song, A. and Song, X. (2017). Assessing the effect of desertification controlling projects and policies in northern Shaanxi Province, China by integrating remote sensing and farmer investigation data. Frontiers in Earth Science, 11: 689–701.

Studying the trends of vegetation changes and the market value of afforestation in desert areas

Y. Ghasemi Aryan[1*], H. Eskandari Damaneh[2], M.E. Farashiani[3], H. Eskandari Damaneh[4] and K. Javaheri [7]

1- Assistant Prof., Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2- Researcher, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
3- Associate Prof., Conservation and Protection Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
4- M.Sc. Student of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
5- Ph.D. Student of Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

Abstract

The present study investigates the effectiveness of afforestation in desert areas within the context of combating desertification projects in the Se-Qaleh Sarayan region, South Khorasan Province. Landsat satellite images and the Modified Soil-Adjusted Vegetation Index (MSAVI) were used to assess vegetation cover changes from 1990 to 2023. Additionally, the economic value of forage production was estimated using the hedonic method. Plant types were identified and examined using random-systematic methods and 300-meter plots. Metabolizable energy in digestible dry matter (TDN) was used to derive the regression relationship between TDN of livestock inputs and price, utilizing data from the national rangeland forage quality project. The results showed that the value of the MSAVI index increased from 0.057 in 1980 to 0.22 in 1983. The results of the spatial changes study also showed that the value of the index increased from the north and northwest to the east and southeast of the area during the study period, which is due to the influence of the prevailing wind in the region. The valuation results showed that five plant types with the dominant species of black locust have established themselves in the study area, which leads to the production of 1851.5 tons of forage (the current year's production, including 30% of the permitted exploitation limit) per year. The economic valuation of the function of the produced forage also showed that the value of the study area is 226.8 billion rials at the rate of 21 million rials per hectare for the year 1983. In general, the moral management and operation of desertification control projects, emphasizing the principle of their protection, can successfully establish a logical link between the conservation goals of experts and the livelihood goals of operators.

Keywords: Evaluation, Economic Valuation, South Khorasan Province, Ecosystem goods and services.

* Corresponding author Tel: +98 9127118396 Email: ghasemiaryan@rifr-ac.ir

تعیین سهم تخریب جنگل‌های دست‌کاشت در تشدید گردوغبار شهرستان سرخس

یاسر قاسمی آریان[۱*]، هادی اسکندری دامنه[۲]، محمد ابراهیم فراشیانی[۳]، حافظ اسکندری دامنه[۴]، محمود محمدی رودباری[۵]، نوید ضیایی[۶] و کیمیا جواهری[۷]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
۲- پژوهشگر، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
۳- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات حفاظت و حمایت، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت.
۵- مدیر عامل شرکت مهندسین مشاور طرح آبریز.
۶- دکتری بیابان زدایی، دفتر امور بیابان، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور.
۷- دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.

چکیده

شهرستان سرخس با وجود تمام قابلیت‌ها از جمله قرارگیری در محور ترانزیتی و منطقه ویژه اقتصادی شرق کشور، از همه مهم‌تر استقرار زیرساخت‌های استخراج و صادرات منابع گازی غنی، امروزه با چالش جدی گردوغبار و حمل ماسه‌های روان درگیر است. چنانچه جنگل‌های دست‌کاشت بیابانی نیز که در طول چند دهه گذشته با هدف اصلی مهار این چالش توسعه یافته‌اند، با تخریب مواجه گردیده‌اند. بنابراین تحقیق حاضر با هدف تعیین سهم تخریب جنگل‌های دست‌کاشت در تشدید گردوغبار شهرستان سرخس به مرحله انجام رسیده است. برای این منظور روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجش از دوری ماهواره لندست و شاخص MSAVI در بازه زمانی ۲۰۲۳-۱۹۹۵ و در محیط Terrst2020 تعیین و موقعیت و ویژگی اراضی تخریب‌یافته شناسایی شد. در ادامه نقشه حاصل با نقشه کاربری اراضی تلفیق شد. نتایج بررسی روند تغییرات شاخص MSAVI نشان داد متوسط این شاخص از ۰/۲۰۹ در سال ۱۳۷۴ به ۰/۱۳۷ در سال ۱۴۰۳ کاهش یافته است. همچنین نتایج نشان داد ۴/۴۸ درصد از مناطق تخریب‌یافته در محدوده جنگل‌های دست‌کاشت واقع شده است. بنابراین لازم است مدیریت مناسب‌تری در جهت حفاظت، احیاء و همچنین اجرای عملیات پرورشی با تاکید بر مشارکت اجتماعات محلی در محدوده جنگل‌های دست‌کاشت شهرستان سرخس اعمال شود.

واژگان کلیدی: شاخص MSAVI، تخریب سرزمین و بیابان‌زایی، تغییر کاربری، مشارکت، سرخس.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۷۱۱۸۳۹۶ ایمیل: ghasemiaryan@rifr-ac.ir

مقدمه

اگرچه پرداختن جدی به مسئله گردوغبار مستلزم توجه به تمام ابعاد حکمرانی و مدیریت پایدار سرزمین است، اما در درجه اول آنچه منجر به بر هم زدن پایداری خاکدانه، تخریب ساختمان و کاستن از سرعت آستانه فرسایش خاک می‌شود زوال پوشش گیاهی است (Ghasemi Arian, 2021). در این میان تکنیک‌های سنجش از دوری فرصت مناسبی را بررسی تغییرات پوشش گیاهی در طول سالیان گذشته فراهم آورده‌اند. در همین راستا طی تحقیقی روند بیابان‌زایی و تخریب سرزمین در تالاب صالحیه و شوره‌زار دشت مرکزی قزوین در دوره زمانی سال ۱۴۰۲- ۱۳۶۶ با استفاده از از تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ و با بکارگیری شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج بیانگر کاهش شدید درصد پوشش گیاهی بوده است (Eskandari damaneh and Ghasemi Aryan, 2024). نتایج بررسی پویایی زمانی- مکانی پوشش زمین و اثرات آن بر مناطق بالقوه منبع گردوغبار در حوضه تاریم در شمال غربی چین نیز نشان داد زمین‌های کشاورزی، بیابان و جنگل به‌ترتیب به میزان ۲۸/۶۳، ۰/۶۴ و ۲۹/۲۷ درصد افزایش یافته‌اند، در حالی که علفزارها ۱۰/۲۹ درصد طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۰ کاهش یافته‌اند؛ به‌طوری که حدود $۲۳۵۰/۴۲\times۱۰^{۳}$ مرتع از بین رفته و سبب ایجاد $۸۶/۱۶۰۵\times۱۰^{۳}$ هکتار بیابان‌زایی در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ شده است. همچنین نتایج این تحقیق بیان داشت رابطه معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد بین تخریب مراتع و بیابان‌زایی با افزایش منابع گردوغبار وجود داشته است. نتایج مطالعه شناسایی کانون‌های گردوغباری در پایین دست رودخانه ژووشوی در تایوان با استفاده از شاخص‌های زیست محیطی نشان داد روند تغییرات پوشش گیاهی حاصل از شاخص NDVI کاهشی بوده است. در این راستا کانون‌های گردوغبار ۱۴۱ هکتار از منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته که حدود ۳۴٪ از آن زمین‌های بایر هستند (Updating plan of hot spots of wind erosion in Iran, 2018). ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی عمق نوری و داده‌های اقلیمی کشور ایران در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ نشان داد روند تغییرات شاخص AOD و NDVI در بازه زمانی مدت نظر به ترتیب افزایشی و کاهشی بوده که رابطه همبستگی این دو شاخص نیز مثبت و معنی‌دار بوده است (Eskandari Damaneh et al., 2021).

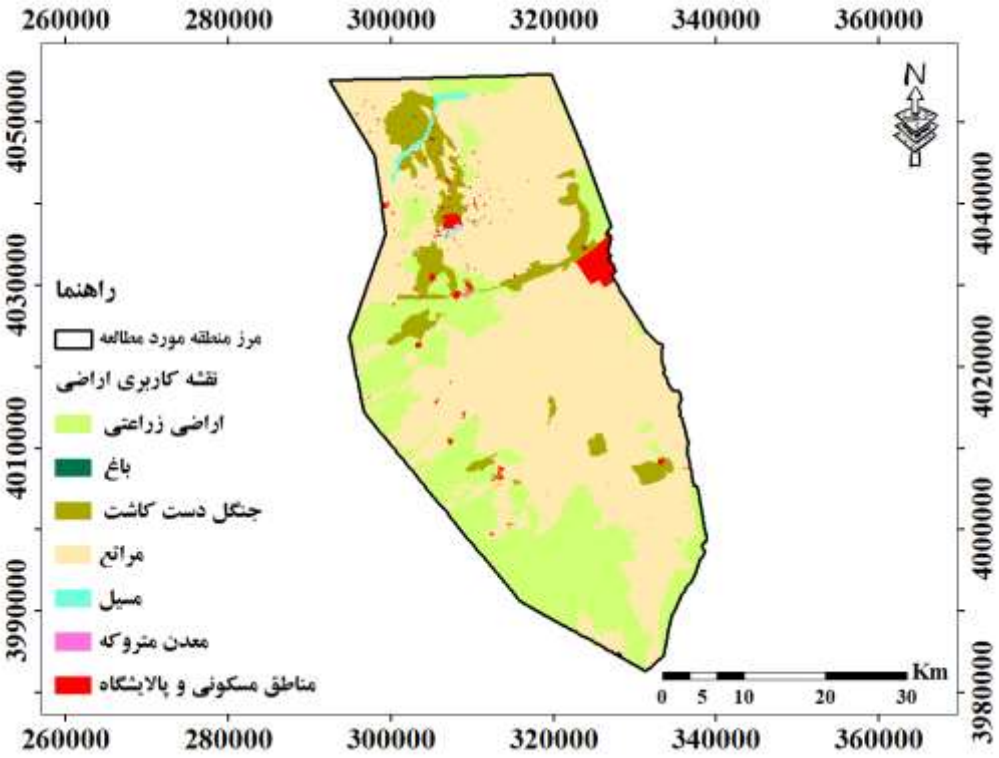
تخریب پوشش گیاهی منجر به تشدید فرسایش بادی و گسترش مناطق تحت تاثیر فرسایش بادی و کانون‌های بحرانی گردوغبار می‌شود. در این زمینه مطالعات متعددی توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور (Hamidian and Ghasemi Arian, 2021; Identifying hot spots of wind erosion in Iran, 2013; Naeimi et al., 2022; Rivera-Marin et al., 2022; Shobeiri et al., 2024) با هدف تعیین موقعیت و مساحت این محدوده‌ها صورت پذیرفته که این رقم برای استان خراسان رضوی ۱/۱۸ میلیون هکتار و برای شهرستان سرخس ۵۰۶۱۱ هکتار بوده است در این راستا بیشترین محدده کانون‌ها در کاربری زراعت دیم با ۴۳ درصد و در واحد اراضی فلات‌ها و تراس‌های فوقانی با پستی و بلندی کم واقع شده است (Eskandari Dameneh et al., 2021; Ghasemi Arian, 2017). به‌طور کلی بهره‌برداری غیراصولی و بارگذاری بیش از ظرفیت و توان سرزمین، در کنار آثار مشهود تغییرات اقلیمی، طبیعت شمال شرق کشور به ویژه محدوده شهرستان سرخس را از آستانه تحمل و تاب‌آوری خارج نموده است. به‌طوری که ظهور پهنه‌ای خوفناک از ماسه‌های روان، به تهدیدی جدی برای زیست‌پذیری سکونت‌گاه‌های انسانی و زیرساخت‌های این شهرستان تبدیل گردیده است (Eskandari Dameneh et al., 2021). با وجود تمام قابلیت‌های شهرستان سرخس از جمله استقرار آن در محور ترانزیتی شرق کشور، وجود سد و رودخانه مرزی، ایجاد برخی زیرساخت‌ها در این منطقه ویژه اقتصادی و مهم‌تر از همه استخراج و صادرات منابع گازی غنی، پدیده بیابان‌زایی و گردوغبار به معضلی جدی در راه زیست‌پذیری و توسعه این شهرستان تبدیل شده است. چنانچه در طول سالیان اخیر چندین مرتبه راه‌آهن سراسری کشور در ایستگاه سرخس به دلیل گردوغبار و کاهش دید قطارها با مشکلات

جدی روبرو شده و همچنین آلودگی هوای این شهرستان در روزهای متعدد به وضعیت بحرانی رسیده و رفاه ساکنان را به مخاطره انداخته است. در این راستا هدف از پژوهش حاضر بررسی روند ظهور و تشدید فعالیت کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و گردوغبار شهرستان سرخس با استفاده از داده‌های محیطی در بازه زمانی ۱۴۰۳-۱۳۷۲ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان سرخس با وسعت ۵۳۹۶/۹ کیلومتر مربع، واقع در شمال شرق استان خراسان رضوی و بخشی از حوزه آبریز قره‌قوم، دارای ۲ شهر، ۲ بخش، ۶ دهستان، ۱۵۴ روستا، ۸۳ روستای دارای سکنه و دارای ۷۰ روستای دارای ۲۰ خانوار و بالاتر است. این شهرستان دارای ۱۷۶/۴ کیلومتر مرز مشترک با کشور ترکمنستان است که یک فرصت ارزشمند برای توسعه فعالیت‌های گمرکی محسوب می‌شود. براساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ این شهرستان دارای ۲۶۹۳۲ خانوار و ۹۷۵۱۹ نفر جمعیت بوده که ۴۳۴۲۰ نفر در مناطق شهری و ۵۴۰۹۸ نفر در روستا زندگی می‌کنند. حداکثر ارتفاع محدوده ۷۱۲، حداقل ۲۵۰ و ارتفاع متوسط ۴۲۹/۶ متر از سطح دریاست است (Eskandari Dameneh et al., 2021; Ghasemi Arian, 2017). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نقشه کاربری آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه کاربری اراضی محدوده موردمطالعه

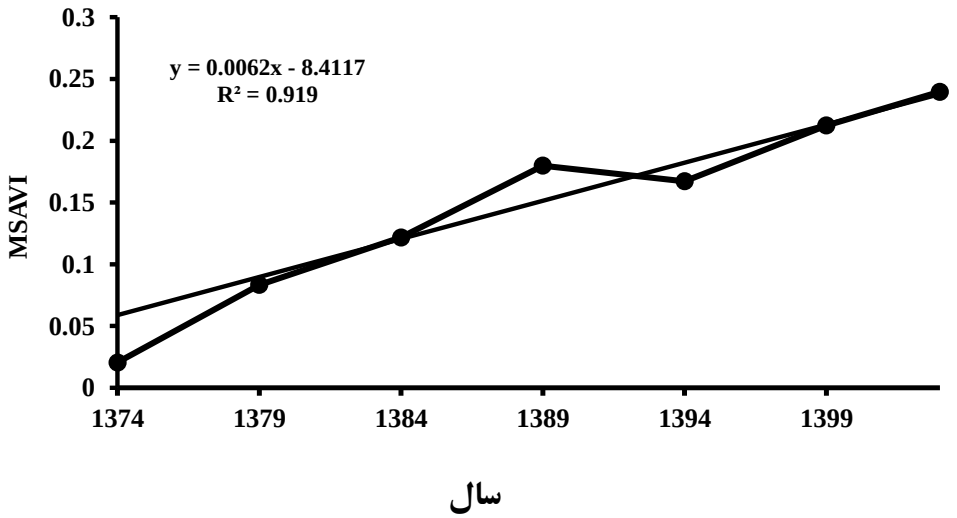
روش تحقیق

در این تحقیق به‌منظور بررسی روند بیابان‌زایی و تخریب سرزمین از تصاویر سنجش از دوری ماهواره لندست با وضوح ۳۰ متر در بازه زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۳ و شاخص اصلاح شده پوشش گیاهی تعدیل شده با خاک (MSAVI[1]) استفاده شد. در ادامه برای تعیین اراضی تخریب‌یافته، روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی MSAVI برای هر پیکسل تصویر با استفاده از شیب تغییرات رگرسیون خطی در محیط Terrst 2020 شبیه‌سازی شد. در ادامه نقشه اراضی تخریب یافته با نقشه کاربری اراضی تلفیق و خصوصیات اراضی تخریب یافته از نظر قرارگیری در هر یک از واحدهای کاربری اراضی و مناطق تحت تاثیر و کانون‌های بحرانی فرسایش بادی تبیین گردید.

یافته‌ها

بررسی روند تغیرات مکانی – زمانی شاخص MSAVI

نتایج بررسی تغییرات شاخص پوشش گیاهی MSAVI در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۷۴-۱۴۰۳) در منطقه مورد مطالعه (شکل ۲) موید روند کاهشی این شاخص است. به‌طوری که که متوسط آن از ۰/۲۰۹ در سال ۱۳۷۴ به ۰/۱۳۷ در سال ۱۴۰۳ کاهش یافته است. همچنین بررسی تغییرات مکانی نشان می‌دهد حداکثر مقدار شاخص یاد شده طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۹ در قسمت‌های غربی و مرکزی منطقه و طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۳ در قسمت‌های جنوبی و جنوب شرقی منطقه مشاهده شده است.



شکل ۲- متوسط شاخص MSAVI در بازه زمانی ۱۴۰۳-۱۳۷۴

بررسی روند تغییرات کاهشی شاخص پوشش گیاهی MSAVI در این بازه زمانی ۲۳ ساله (با استفاده از شیب خط رگرسیون به‌عنوان نشانگر تخریب سرزمین) نشان داد ۲۴۱۴۷/۸ هکتار، معادل ۱۱ درصد از منطقه مورد مطالعه دچار تخریب شده که اغلب در قسمت‌های مرکزی، غربی و جنوب غربی منطقه بوده است.

1- Modified Soil Adjusted Vegetation Index

نتایج تلفیق نقشه مربوط به مناطق تخریب یافته (با استفاده از شاخص MSAVI) با نقشه کاربری اراضی نشان داد که بیشترین سطح این مناطق (۸۸ درصد) در اراضی زراعتی که اغلب دیم‌زارهای کم‌بازده هستند واقع است. بر همین اساس تنها ۶ درصد از مناطق تخریبی در کاربری مرتع بوده است. ۴/۴۸ درصد از مناطق تخریب یافته در محدوده جنگل‌های دست‌کاشت شناسایی شده است. جدول ۱، مساحت و درصد مساحت مناطق تخریب یافته محدوده مطالعاتی را به تفکیک نوع کاربری اراضی نشان می‌دهد.

جدول ۱- مساحت و درصد مساحت مناطق تخریب‌یافته محدوده مطالعاتی به تفکیک نوع کاربری اراضی

کاربری	مساحت	درصد مساحت
مرتع	۱۶۵۷/۷	۶/۸۵
اراضی زراعتی	۲۱۳۱۴/۳	۸۸/۰۵
جنگل دست کاشت	۱۰۸۵/۳	۴/۴۸
مسیل	۹۰/۸	۰/۳۷
معدن متروکه	۴/۹	۰/۰۲
مناطق مسکونی و پالایشگاه	۵۲/۳	۰/۲۲
جمع	۲۴۲۰۵/۸۱	۱۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

فراوانی چشمگیر رخداد گردوغبار در شهرستان سرخس، طی سال‌های اخیر به یک مسئله اجتماعی تبدیل شده است. نتایج موید روند کاهشی شاخص پوشش گیاهی MSAVI در بازه زمانی ۲۳ ساله (۱۳۷۴-۱۴۰۳) است. به طوری که متوسط مقدار شاخص، از ۰/۲۰۹ در سال ۱۳۷۴ به ۰/۱۳۷ در سال ۱۴۰۲ کاهش یافته است. نتایج نشان داد که ۲۴۱۴۷/۸ هکتار از منطقه مورد مطالعه جزو مناطق تخریب یافته محسوب شده که بیشتر در قسمت‌های مرکزی، غربی و شرقی منطقه بوده است. نکته قابل توجه در ارتباط با تغییرات مکانی این بود که حداکثر مقدار شاخص یاد شده طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۹ در قسمت‌های غربی و مرکزی منطقه و طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۳ در قسمت‌های جنوبی و جنوب شرقی منطقه مشاهده شده است. در این راستا نتایج بررسی‌ها نشان داد که تغییرات در قسمت‌های غربی و مرکزی منطقه ناشی از اجرای پروژه‌های توسعه پوشش گیاهی و جنگل‌های دست‌کاشت با هدف تثبیت شن‌های روان در دهه ۱۳۷۰ بوده تا از این طریق ناپایداری منابع اکولوژیکی کنترل گردد؛ چرا که حرکت شن‌های روان تهدیدی جدی برای جاده ترانزیت مشهد- سرخس در منطقه گنبدلی، مدفون شدن روستاهای گنبدلی و صمدآباد، تهدید منابع زیستی و اقتصادی شهر سرخس (مانند فرودگاه، اراضی کشاورزی، منطقه ویژه اقتصادی، راه‌آهن، پالایشگاه - به ویژه محدوده پالایشگاه خانگیران - و چاه‌های گاز) بوده است. همچنین افزایش شاخص در قسمت جنوبی و جنوب شرقی ناشی از اقدامات مالچ‌پاشی همراه با تاغ‌کاری صورت‌گرفته در حوالی روستاهای گنبدلی و سرباز بوده که بسیار موفق بوده است. با این حال نتایج بیانگر این واقعیت است که جنگل‌های دست‌کاشت منطقه به‌نحو مطلوبی حفاظت نشده است؛ چرا که ۴/۴۸ درصد از مناطق تخریب یافته در آن محدوده واقع شده‌اند. تلفیق نقشه مربوط به مناطق تخریب یافته (مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از شاخص (MSAVI) با نقشه کاربری اراضی نشان داد که بیشترین سطح این مناطق (۸۸ درصد) در اراضی زراعی و تنها ۶ درصد از مناطق تخریبی در

کاربری مرتع واقع است. بنابراین می‌توان اذعان نمود که تغییر کاربری اراضی از طریق شخم و شیار (در اراضی واگذار شده توسط آستان قدس رضوی) و در نتیجه تبدیل مراتع به دیم‌زارهای کم‌بازده اصلی‌ترین عامل تخریب سرزمین و بیابان‌زایی و متعاقباً تشدید پدید گردوغبار در شهرستان سرخس بوده است.

همواره بین متخصصان و کارشناسان اجرایی در نهادهای ذینفع، معرفی عامل اصلی تشدید پدیده گردوغبار در هر منطقه، محل مناقشه بوده است. نتایج پژوهش حاضر به‌خوبی موید این حقیقت است که تغییر کاربری اراضی، تبدیل مراتع به دیمزارهای کم‌بازده و تخریب جنگل‌های دست‌کاشت مهمترین عامل افزایش حساسیت اراضی شهرستان سرخس به فرسایش بادی و تشدید پدیده گردوغبار طی ۴ دهه اخیر بوده است. در این میان خاک‌ورزی اراضی برای کشت گندم و جو، برداشت محصول (مصادف با زمانی که رطوبت خاک به‌شدت تحلیل رفته و همزمان شدت باد در حال افزایش است) و در ادامه لگدکوبی دام برای استفاده از پس‌چر مزارع، بر استعداد خاک منطقه برای فرسایش بادی افزوده است. از آنجا که غالب اراضی شهرستان سرخس تحت مالکیت آستان قدس رضوی است، هر گونه اقدام جهت کنترل و مهار گردوغبار می‌بایست با مشارکت این نهاد و اجتماعات محلی هدف صورت پذیرد. مهمترین پیشنهاد برای تحقق این مهم (اگر همچنان تاکید بر کشاورزی است)، پیاده‌سازی اصول کشاورزی حفاظتی هم‌زمان با اجرای طرح‌های چندمنظوره (کشت گیاهان پایا، کم‌آبخواه و اقتصادی) با هدف پایداری زیست‌توده و در نتیجه حفاظت خاک و در عین حال پایداری معیشت اجتماعات محلی است.

منابع

Eskandari damaneh, H., and Ghasemi Aryan, Y. (2024). Investigating the trend and explaining the key drivers of desertification and land degradation in Salehiyeh wetland and Qazvin salt plain. Integrated Watershed Management, https://doi.org/10.22034/iwm.2024.2026209.1146.[in Persian].

Eskandari Damaneh, h., Eskandari Damaneh, H., Sayadi, Z., and Khoorani, A. (2021). Evaluation of spatiotemporal changes and correclations of aerosol optical depth, NDVI and climatic data over Iran. Iranian Journal of Range and Desert Research, 28(4): 772-786. https//:doi.org/10.22092/ijrdr.2021.125252. [in Persian].

Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivan, H., and Barati, A. (2022). Investigating the Influence of Drought on Trend of Vegetation Changes in Arid and Semiarid Regions, Using Remote Sensing Technique: A Case Study of Hormozgan province). Desert Ecosystem Engineering, 9(28): 13-28. doi: 10.22052/deej.2020.9.28.11. [in Persian].

Eskandari Dameneh, H., Gholami, H., Telfer, M.W., Comino, J.R., Collins, A.L., and Jansen, J.D. (2021). Desertification of Iran in the early twenty-first century: assessment using climate and vegetation indices. Scientific Reports, 11(1), 20548.

Ghasemi Arian, Y. (2017). The feasibility of using social, economic and human resources to desertification and land degradation to stabilize the population and create security in the eastern border areas of Iran. Elite research project report, the specialized working group of defense technology, Higher National Defense University, 386 pages. [in Persian].

Ghasemi Arian, Y. (2021). Monitoring of dust sources and shifting sand in Khorasan Razavi province. The research project's final report, Research Institute of Forests and Rangelands. [in Persian].

Hamidian, A., Ghasemi Arian, Y. (2021). Preparing a risk map of wind erosion and dust storms emphasizing affected human societies and developing mitigation strategies (case study: Razavi Khorasan Province). The research project's final report is from the Research Institute of Forests and Rangelands. [in Persian].

Identifying hot spots of wind erosion in Iran. (2013). Desert affair bureau, natural resources and watershed organization. [in Persian].

Naeimi, M., Mirakbari, M., Khosroshahi, M., Zandifar, S., and Ghasemi Aryan, Y. (2022). Analyzing the effects of climate change on dust events, a case study: Khorasan Razavi province. Desert Ecosystem Engineering, 10(33): 65-78. doi: 10.22052/deej.2021.10.33.41. [in Persian].

Rivera-Marin, D., Dash, J., and Ogutu, B. (2022). The use of remote sensing for desertification studies: A review. Journal of Arid Environments, 206, 104829. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104829.

Shobeiri, S. M., Khosravi, H., Azarnivan, H., and Eskandari Dameneh, H. (2024). Spatiotemporal Dynamics of Vegetation Cover and Their Relationships with Climate Change and Land Use in North-Eastern Iran (2001-2020) [Research]. Journal of Rangeland, 18(1): 1-22. http://rangelandsrm.ir/article-1-1192-en.html. [in Persian].

The national plan of dust prone areas in Iran. (2017). geological organization. [in Persian].

Updating plan of hot spots of wind erosion in Iran. (2018). Desert affair bureau, natural resources and watershed organization. [in Persian].

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science

Determining the Contribution of Deforestation of Planted Forests to the Intensification of Dust Storms in Sarakhs County

Y. Ghasemi Aryan[1*], H. Eskandari Damaneh[2], M.E. Farashiani[3], H. Eskandari Damaneh[4], M. Mohamadi Roudbari[5], N. Ziaei[6] and K. Javaheri [7]

1- Assistant Prof., Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2- Researcher, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
3- Associate Prof., Conservation and Protection Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
4- M.Sc. Student of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
5- Director of Consulting Engineers Company of Tarh Abriz, Tehran, Iran.
6- Ph.D. of Combat Desertification, Desert Affairs Bureau, Natural Resources and Watershed Management Organization, Tehran, Iran.
7- Ph.D. Student of Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

Abstract

Despite all its capabilities, including being located on a transit axis and a special economic zone in eastern Iran, and most importantly, having infrastructure for the extraction and export of rich gas resources, Sarakhs County is currently facing serious challenges with dust storms and drifting sand. Additionally, the man-made desert forests developed over the past few decades to address these challenges have faced degradation. Therefore, this study aims to determine the contribution of deforestation of these man-made forests to the intensification of dust storms in Sarakhs County. To achieve this, changes in vegetation cover were analyzed using remote sensing images from Landsat satellites and the MSAVI index from 1995 to 2023 within the Terrst2020 environment, identifying the location and characteristics of degraded lands. The resulting map was then integrated with the land use map. The results of the MSAVI index analysis showed that the average index decreased from 0.209 in 1995 to 0.137 in 2023. Additionally, it was found that 4.48% of the degraded areas were located within the man-made forests. Therefore, better management is required for the protection, restoration, and implementation of development operations, emphasizing the participation of local communities in the man-made forests of Sarakhs County.

Keywords: MSAVI Index, Land Degradation and Desertification, Land Use Change, Participation, Sarakhs.

* Corresponding author Tel: +98 9127118396 Email: ghasemiaryan@rifr-ac.ir

ششمین همایش ملی
جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ISC کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵

بررسی ارتباط بین مدیریت پایدار جنگل‌ها، طراحی منظر و تأثیرات اقتصادی آن بر جوامع محلی

محمدرضا طاهری[۱]، علی جعفربکلو[۲*] و میلاد بت‌شکن[۳]

۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت، دانشکده مدیریت اقتصادی و مهندسی صنعتی، دانشگاه پلی تکنیک میلان، میلان، ایتالیا.

چکیده

با توجه به اهمیت جنگل‌ها در حفظ تنوع زیستی و بهبود کیفیت محیط زیست، مدیریت پایدار آن‌ها به عنوان یک رویکرد کلیدی در توسعه اجتماعی و اقتصادی مطرح است. این مدیریت نه تنها به حفظ منابع طبیعی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند با ترکیب عناصر جنگلی در طراحی منظر شهری، به کاهش آلودگی و ارتقاء کیفیت زندگی ساکنان نیز منجر شود. این تحقیق با تحلیل مطالعات دیگر نشان می‌دهد که طراحی فضاهای سبز با استفاده از جنگل‌ها می‌تواند فرصت‌های اقتصادی جدیدی برای جوامع محلی ایجاد کند، از جمله توسعه گردشگری پایدار و تولید محصولات جنگلی. این ادغام همچنین سبب تقویت حس تعلق اجتماعی و مشارکت جوامع در حفاظت از منابع طبیعی می‌شود. در نهایت، مقاله پیشنهاداتی برای سیاست‌گذاران و طراحان منظر ارائه می‌دهد تا از ظرفیت‌های جنگل‌ها در ایجاد جوامع پایدار و مقاوم بهره‌برداری کنند.

واژگان کلیدی: مدیریت پایدار، جنگل، طراحی منظر شهری، فرصت های اقتصادی، مشارکت اجتماعی.

مقدمه

مدیریت پایدار جنگل‌ها به عنوان یکی از ارکان اساسی توسعه، نه تنها به حفظ منابع طبیعی کمک می‌کند، بلکه تأثیرات اقتصادی و اجتماعی قابل‌توجهی بر جوامع محلی دارد. جنگل‌ها به عنوان منابع تجدیدپذیر، نقش مهمی در کاهش آلودگی و ریزگردها ایفا می‌کنند (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین جنگل‌ها با ارائه خدمات اکوسیستمی مانند ذخیره آب و کنترل سیلاب به پایداری محیط زیست کمک می‌کنند (امیدنژاد و همکاران، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، بهره‌برداری صحیح از جنگل‌ها می‌تواند به رشد اقتصادی جوامع محلی منجر شود. درآمد حاصل از تولیدات جنگلی، چه به صورت محصولات چوبی و چه غیرچوبی، نقش بسزایی در تأمین معیشت خانوارهای روستایی دارد (ناجی میدانی و عبدالهی، ۱۳۹۴). با این حال، نادیده گرفتن ارزش‌های اقتصادی و اجتماعی جنگل‌ها در تصمیم‌گیری‌های سیاسی ممکن است به تخریب این منابع ارزشمند منجر شود (وطنی و همکاران، ۱۳۹۷). مشارکت جوامع محلی در مدیریت جنگل‌ها یکی از راهکارهای مؤثر برای تحقق مدیریت پایدار است (شهرکی و همکاران، ۱۴۰۲). تحقیقات نشان داده‌اند که حفاظت مشارکتی می‌تواند به کاهش تعارضات بین جوامع محلی و نهادهای دولتی کمک کند و نگرش مثبت نسبت به حفاظت از جنگل‌ها را افزایش دهد. بنابراین، طراحی

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۹۲۷۳۵۲۵۸۵ : ایمیل alijafarbeklou@ut.ac.ir

منظر باید با الهام از طبیعت و جنگل‌ها صورت گیرد و با در نظر گرفتن نیازها و خواسته‌های جوامع محلی همراه باشد تا ضمن حفظ محیط زیست، رفاه اقتصادی آن‌ها نیز تأمین شود.

بررسی تاریخچه پژوهش نشان می‌دهد که موضوع ارتباط بین مدیریت پایدار جنگل‌ها، طراحی منظر و تاثیرات اقتصادی آن بر جوامع محلی، به عنوان یک موضوع میان‌رشته‌ای، مورد توجه پژوهشگران مختلف قرار گرفته است. مطالعات انجام شده بر روی این موضوع، از زوایای مختلفی به آن پرداخته‌اند که در ادامه به برخی از مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

طراحی منظر و الهام از طبیعت: بهزادمهر و یزدان‌شناس (۱۳۹۵) با تاکید بر اهمیت الهام از طبیعت در زیرساخت‌های پایدار شهری، به بررسی طراحی براساس معماری بایونیک پرداخته‌اند. این پژوهش نشان داد که چگونه می‌توان با الهام از طبیعت، به طراحی فضاهایی پرداخت که هم پایدار باشند و هم با محیط زیست اطراف خود همخوانی داشته باشند. این رویکرد می‌تواند در طراحی منظر جنگل‌ها و مرمت آنها نیز مورد استفاده قرار گیرد.

اکوتوریسم و توانمندسازی جوامع محلی: مداحی و سیدی نسب (۱۴۰۱) با بررسی رابطه بین اکوتوریسم و توانمندسازی جوامع محلی نشان دادند که چگونه توسعه گردشگری پایدار در مناطق جنگلی می‌تواند به بهبود وضعیت اقتصادی و اجتماعی جوامع محلی کمک کند. این پژوهش به اهمیت مشارکت جوامع محلی در مدیریت پایدار جنگل‌ها و طراحی منظر تاکید دارد.

تغییرات محیطی و آلودگی هوا: شاه‌بیگ و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی روندهای زمانی و مکانی تغییرات آلاینده‌های هوا در کلانشهر کرج، به اهمیت حفظ کیفیت هوا و نقش جنگل‌ها در کاهش آلودگی هوا اشاره کردند. این پژوهش نشان داد که چگونه تغییرات محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند بر سلامت انسان و اکوسیستم‌ها تاثیرگذار باشد.

ارتقای فضاهای گردشگری: خاک‌زند و هاللی (۱۳۹۱) با بررسی ارتقای فضای گردشگری دریاچه پارک جنگلی تلو، به اهمیت طراحی منظر براساس رویکردهای اکولوژیکی، زیبایی‌شناختی و اجتماعی تاکید کردند. این پژوهش نشان داد که چگونه می‌توان با طراحی منظر مناسب، به بهبود کیفیت فضاهای گردشگری و افزایش رضایت جوامع محلی و گردشگران کمک کرد.

معماری سبز و توسعه پایدار شهری: دربان و جوادنیا (۱۳۹۷) با بررسی معماری سبز و توسعه پایدار شهری، به اهمیت استفاده از مصالح طبیعی و روش‌های ساخت سازگار با محیط زیست در ساختمان‌ها اشاره کردند. این پژوهش نشان داد که چگونه می‌توان با طراحی ساختمان‌های سبز، به کاهش مصرف انرژی، صرفه‌جویی در هزینه ها و بهبود کیفیت زندگی شهری کمک کرد.

مواد و روش‌ها

ابتدا مطالعاتی از طریق پایگاه های علمی معتبر در زمینه های مدیریت پایدار جنگل‌ها، طراحی منظر و تأثیرات اقتصادی آن‌ها بر جوامع محلی جمع‌آوری و سپس به تحلیل آنها پرداخته شد.

تحلیل داده‌ها

- خلاصه‌سازی نتایج
- ارزیابی نقاط قوت و ضعف هر یک از مطالعات برای شناسایی شکاف‌های تحقیقاتی موجود

استفاده از این فرآیند سبب شفاف‌سازی ارتباطات میان مدیریت جنگل‌ها، طراحی منظر و تأثیرات اقتصادی بر جوامع محلی می‌شود.

تحلیل مطالعات

مطالعه اول به بررسی اهمیت جنگل‌های شهری و نقش آن‌ها در پایداری شهرها می‌پردازد که توسط Michela Conigliaro و Simone Borelli در سال ۲۰۱۹ نوشته شده است. خلاصه این مطالعه عنوان می‌کند که با توجه به پیش‌بینی افزایش جمعیت شهری تا سال ۲۰۵۰، حفظ و مدیریت جنگل‌ها به عنوان راه‌حلی برای کاهش اثرات منفی شهرنشینی مطرح شده است. جنگل‌های شهری بهبود کیفیت زندگی، کاهش آلودگی، افزایش برابری اجتماعی و ارتقاء سلامت عمومی را فراهم می‌آورند. همچنین طراحی مناسب فضای سبز به کاهش هزینه‌های بهداشتی و ایجاد فرصت‌های اقتصادی جدید کمک می‌کند.

نقاط قوت

تحلیل جامع: مطالعه به‌طور کامل به تأثیرات مثبت جنگل‌های شهری بر سلامت، محیط زیست و اقتصاد جوامع پرداخته است

استناد به داده‌های معتبر: استفاده از آمار و شواهد علمی برای تأکید بر اهمیت جنگل‌ها در کاهش آلودگی و بهبود کیفیت زندگی

توجه به ابعاد اجتماعی: بررسی نقش جنگل‌ها در تقویت حس تعلق اجتماعی و برابری

نقاط ضعف

عدم بررسی چالش‌ها: مطالعه به چالش‌ها و موانع موجود در مدیریت پایدار جنگل‌ها اشاره‌ای نکرده است

کمبود مطالعات موردی: نبود مثال‌های عملی از موفقیت‌های مدیریت جنگل‌های شهری در نقاط مختلف جهان

تمرکز بر شهرها: عدم توجه کافی به تأثیرات این مدیریت بر روستاها و جوامع غیرشهری

این تحلیل نشان می‌دهد که مدیریت پایدار جنگل‌ها نه تنها می‌تواند به حفظ منابع طبیعی کمک کند، بلکه با طراحی منظر مناسب، تأثیرات اقتصادی مثبتی بر جوامع محلی خواهد داشت.

مطالعه دوم با نام "تحلیل سهم اقتصادی جنگلداری شهری و اجتماعی در جنوب ایالات متحده" در سال ۲۰۱۹ توسط راجان پاراجولی و همکاران در سال ۲۰۲۳ در مجله "Journal of Forestry" منتشر شده است.

این مطالعه به بررسی اهمیت اقتصادی جنگلداری شهری و اجتماعی (U&CF) در جنوب ایالات متحده (SUS) می‌پردازد. مطالعه نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۹، U&CF در این منطقه حدود ۲۳,۲ میلیارد دلار ارزش افزوده و بیش از ۳۴۹۲۰۰ شغل ایجاد کرده است.

نکات کلیدی

این مطالعه براساس یک بررسی منطقه‌ای از مشاغل و سازمان‌های خصوصی، عمومی و غیرانتفاعی درگیر در U&CF انجام شده است.

با استفاده از مدل‌سازی ورودی- خروجی منطقه‌ای (IMPLAN)، محققان سهم اقتصادی U&CF را از نظر اشتغال، درآمد نیروی کار، ارزش افزوده، تولید صنعت و جمع‌آوری مالیات محلی، ایالتی و فدرال تخمین زده‌اند.

ایالات جنوبی براساس سهم اقتصادی فعلی و تعداد شهرها و شهرستان‌ها به چهار سطح مختلف تقسیم‌بندی شده‌اند.

نتایج این مطالعه بر اهمیت اقتصادی مشاغل و فعالیت‌های U&CF در SUS تأکید می‌کند و به عنوان مبنایی برای ردیابی روندها و عملکرد آینده U&CF از نظر معیارهای مختلف تجاری عمل می‌کند.

نقاط قوت

تأکید بر اهمیت اقتصادی: این مطالعه به طور واضح نشان می‌دهد که U&CF یک بخش اقتصادی قابل توجه است و به سیاست‌گذاران و مدیران اطلاعاتی را برای تصمیم‌گیری بهتر ارائه می‌دهد.

استفاده از روش‌شناسی معتبر: استفاده از مدل‌سازی ورودی- خروجی IMPLAN و داده‌های حاصل از بررسی‌های منطقه‌ای، اعتبار نتایج مطالعه را افزایش می‌دهد.

توجه به کمبود نیروی کار: مقاله به کمبود نیروی کار در بخش U&CF اشاره می‌کند و بر اهمیت آموزش و توسعه نیروی کار متخصص در این حوزه تأکید دارد.

نقاط ضعف

تمرکز محدود بر مدیریت پایدار جنگل و طراحی منظر: مقاله به طور خاص به جنبه‌های مدیریت پایدار جنگل و طراحی منظر نمی‌پردازد و بیشتر بر جنبه‌های اقتصادی U&CF متمرکز است.

عدم ارائه جزئیات در مورد تأثیرات اقتصادی بر جوامع محلی: اگرچه این مطالعه به طور کلی به تأثیرات اقتصادی U&CF اشاره می‌کند، اما جزئیات کمی در مورد چگونگی توزیع این تأثیرات در جوامع محلی ارائه می‌دهد.

عدم بحث در مورد چالش‌های اجتماعی و سیاسی: مطالعه به چالش‌های اجتماعی و سیاسی مرتبط با U&CF مانند عدالت محیط زیستی، مشارکت جامعه و توزیع عادلانه منافع نمی‌پردازد.

به طور کلی، این مطالعه یک تحلیل جامع از سهم اقتصادی U&CF در جنوب ایالات متحده ارائه می‌دهد و اطلاعات ارزشمندی را برای سیاست‌گذاران، مدیران و محققان فراهم می‌کند.

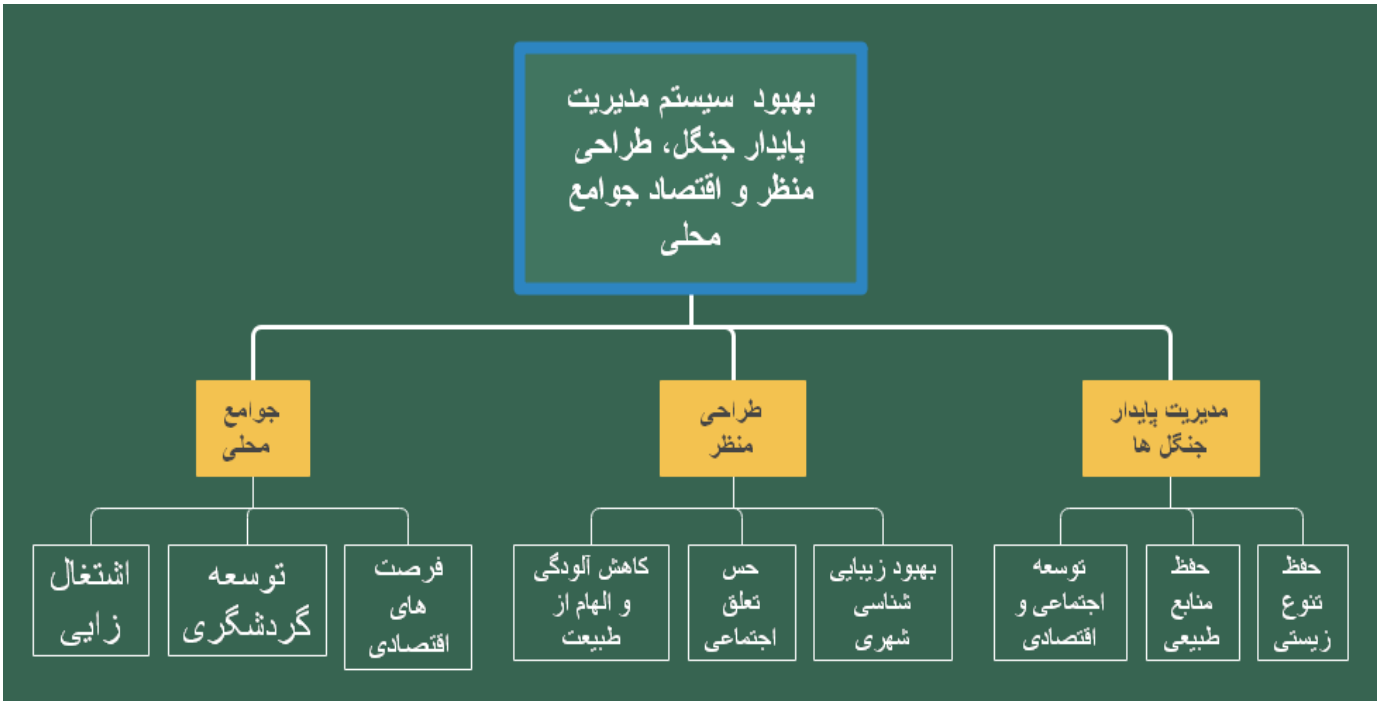
یافته ها

مدیریت پایدار جنگل: یافته‌ها نشان می‌دهند که مدیریت پایدار جنگل‌ها به حفظ تنوع زیستی و بهبود کیفیت محیط زیست کمک می‌کند. این مدیریت نه تنها منابع طبیعی را حفظ می‌کند، بلکه به عنوان یک رویکرد کلیدی در توسعه اجتماعی و اقتصادی شناخته می‌شود.

تأثیر بر طراحی منظر: ترکیب عناصر جنگلی در طراحی منظر شهری به کاهش آلودگی و افزایش کیفیت زندگی ساکنان کمک می‌کند. طراحی فضاهای سبز با استفاده از جنگل‌ها می‌تواند زیبایی‌شناسی شهری را بهبود بخشد و حس تعلق اجتماعی را تقویت کند.

فرصت‌های اقتصادی جدید: طراحی فضاهای سبز با استفاده از جنگل‌ها می‌تواند فرصت‌های اقتصادی جدیدی برای جوامع محلی ایجاد کند. این فرصت ها شامل توسعه گردشگری پایدار و تولید محصولات جنگلی هستند که به رونق اقتصادی و اشتغال‌زایی کمک می‌کنند.

مشارکت اجتماعی: ادغام جنگل‌ها در فضای شهری سبب افزایش مشارکت جوامع در حفاظت از منابع طبیعی می‌شود. این امر نه تنها حس تعلق اجتماعی را تقویت می‌کند، بلکه مردم را به فعالیت‌های مشترک در زمینه حفاظت از محیط زیست تشویق می‌کند.



شکل ۱- عملکرد هرکدام از عوامل در صورت تقویت آنها

بحث و نتیجه گیری

ترکیب جنگل‌ها در فضای شهری سبب افزایش مشارکت جوامع در حفاظت از منابع طبیعی می‌شود. از پیشنهاداتی که برای سیاست‌گذاران و مدیران این زمینه می‌توان ارائه داد این است که از ظرفیت‌های جنگل‌ها بهره‌برداری کنند. این پیشنهادات شامل توسعه برنامه‌های آموزشی، تشویق به مشارکت عمومی و طراحی سیاست‌های حمایتی برای حفظ و گسترش فضاهای سبز است که می‌توان به این صورت بیان کرد:

آموزش و آگاهی: برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی برای افزایش دانش جامعه محلی درباره اهمیت حفاظت از جنگل‌ها و روش‌های مدیریت پایدار.

مشارکت عمومی: ایجاد بسترهای مناسب برای مشارکت مردم در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مدیریت جنگل، از جمله تشکیل گروه‌های محلی و شوراهای مشورتی.
طراحی سیاست‌های حمایتی: تدوین سیاست‌هایی که به حمایت از فعالیت‌های اقتصادی پایدار و حفاظت از منابع طبیعی کمک کند، مانند اعطای تسهیلات مالی و مشوق‌های اقتصادی.

در نهایت این مطالعه استفاده از عناصر طبیعی و الهام از طبیعت را به معماران منظر به دلیل افزایش کیفیت اکوسیستم و محیط‌زیست پیشنهاد می‌دهد. با توجه به تأثیر مثبت جنگل‌ها بر بهبود کیفیت هوا، کاهش آلودگی صوتی و ایجاد زیستگاه‌های متنوع برای گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری، استفاده از این عناصر در طراحی منظر می‌تواند به ارتقاء سلامت عمومی و رفاه ساکنان کمک کند.

منابع

بهزادمهر، م.، و یزدان شناس، ن. (۱۳۹۵). لزوم الهام از طبیعت در زیرساخت های پایدار شهری. کنگره بین المللی تحولات نوین پایداری در معماری، شهرسازی، عمران و مهندسی ساختمان. استانبول.

مداحی، ع.، و سیدی نسب، س. ع. (۱۴۰۱). اکوتوریسم و توانمندسازی جوامع محلی. کنفرانس بین المللی توسعه پایدار و عمران شهری.

شاه بیگ، ی.، پورمظاهری، ر.، طاهری، ا. (۱۳۹۵). بررسی روندهای زمانی و مکانی تغییرات آلاینده های هوا در کلانشهر کرج. مجله پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، محیط زیست و توسعه فرابخشی.

خاک زند، م.، و هاللی، ش. (۱۳۹۱). ارتقای فضای گردشگری دریاچه پارک جنگلی تلو (پیشنهاد طراحی بر مبنای رویکردهای سه گانه اکولوژیکی، زیبایی شناختی و اجتماعی). فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات شهری و منطقه ای دانشگاه آزاد اسلامی.

دربان، ع.، جوادنیا، م. (۱۳۹۷). معماری سبز، گامی به سوی توسعه پایدار شهری. اولین کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری.

یوسفی، م.، حیاتی، ج.، بهی، م. ج. (۱۳۹۵). نقش جنگل ها و مراتع استان در مبارزه با ریزگردها و آلودگی هوا. چهارمین کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی.

امیدنژاد، ح. ر.، معیری، م. ه.، شهرکی، م. ر. (۱۴۰۰). نقش جنگل‌ها در توسعه پایدار. سومین همایش ملی توسعه پایدار روستایی.

ناجی میدانی، ع. ا.، عبدالهی، ع. (۱۳۹۴). توسعه پایدار و مدیریت جنگل. کنفرانس ملی رویکردهای نوین در علوم مدیریت.

وطنی، ل.، شمسی، س. س.، رفیعی، ع. ا. (۱۳۹۷). مروری بر وضعیت مدیریت جنگل‌های ایران. کنفرانس بین المللی جامعه و محیط زیست.

شهرکی، م. ر.، خلیلی، ا.، امیرخانی، س. ح. (۱۴۰۲). تحلیلی بر نگرش جوامع محلی به تاثیر حفاظت مشارکتی در بهبود مدیریت جنگل‌ها. چهارمین کنفرانس بین المللی صیانت از منابع طبیعی.

Conigliaro, M., and Borelli, S. (2019). Urban forests make cities more sustainable. Ecosystems, 22(4): 1-12.

Parajuli, R., Chizmar, S., Lamica, A., Wiseman, E., Gordon, J., Ochuodho, T., Zucchetti Schons, S., Henderson, J. E., Mehmood, S., and Johnson, L. (2023). Economic contribution analysis of urban and community forestry in the southern United States. Journal of Forestry, 121(3): 217–223. https://doi.org/10.1093/jofore/fvad011.

The Interconnection Between Sustainable Forest Management, Landscape Design, and Their Economic Impacts on Local Communities

M.R. Taheri [1], A. Jafarbeklou [2*] and M. Botshekan [3]

1- Assistant Prof., Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.
2- M.Sc. Student, Department of Horticultural science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.
3- M.Sc. Student, Department of Management Economics and Industrial Engineering, Politecnico di Milano, Milan, Italy.

Abstract

Given the crucial role of forests in preserving biodiversity and enhancing environmental quality, sustainable forest management has emerged as a pivotal approach in social and economic development. This management not only aids in conserving natural resources but also, by integrating forest elements into urban landscape design, can reduce pollution and elevate the quality of life for residents. This research, through an analysis of other studies, reveals that designing green spaces utilizing forests can generate novel economic opportunities for local communities, including the development of sustainable tourism and the production of forest products. This integration also fosters a stronger sense of social belonging and community participation in the protection of natural resources. Ultimately, the paper offers recommendations for policymakers and landscape designers to leverage the potential of forests in creating sustainable and resilient communities.

Keywords: Sustainable management, forest, urban landscape design, economic opportunities, social participation.

*Corresponding author Tel: +98 9927352585 Email: alijafarbeklou@ut.ac.ir

دیدگاه مأمورین یگان حفاظت درباره قاچاق چوب
(مطالعه موردی: واحد منابع طبیعی رستم‌آباد، گیلان)

فریبرز دلیری[۱]، رامین نقدی[۲]، حمیدرضا افرند سرخنی[۳*]، سجاد زیرک‌پور[۴] و ایمان خسروی[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۳- دکتری مسائل اجتماعی و اقتصادی جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۴- کارشناس ارشد مدیریت جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۵- دانشجوی دکتری ترویج و آموزش کشاورزی پایدار، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

پس از تصویب قانون موسوم به توقف بهره‌برداری چوبی از درختان جنگلی، کمبود تولید چوب، تقاضای صنایع چوب و افزایش قیمت چوب در کنار مسائل معیشتی مردم محلی و طمع برخی افراد، جنگل‌ها را با مخاطرات جدی مانند قاچاق چوب مواجه ساخته است. پژوهش حاضر تلاش دارد با استفاده از تکنیک مصاحبه گروهی، باز و نیمه‌ساختار یافته، دیدگاه مأمورین واحد منابع طبیعی رستم‌آباد را در مواجهه با قاچاق چوب بررسی نماید. مصاحبه در نرم‌افزار Word ثبت و با نرم‌افزار NVivo تحلیل شد. از دیدگاه مأمورین یگان حفاظت مهمترین علت روی آوردن به قاچاق، سود زیاد ناشی از فروش چوب قاچاق است. نبود وسایل حمل و نقل سازمانی و نبود حمایت قانونی در مقابل قاچاقچیان از مهمترین چالش‌های مأمورین است. به باور ایشان گسترش فرهنگ احترام به منابع طبیعی، کمک گرفتن از مردم محلی، احساس تعلق خاطر جنگل‌نشینان به جنگل و آگاهی از جریمه‌های سنگین قاچاق چوب مهمترین راه حل‌های اجتماعی و فرهنگی مقابله با این جرم است. همچنین اصلی‌ترین سیاست مقابله با قاچاق چوب نیز همکاری بین‌بخشی سازمان‌ها عنوان شده است. به باور مصاحبه شوندگان عملکرد سازمان منابع طبیعی در مبارزه با قاچاق چوب به ویژه پس از افزایش تعداد شرکت‌های حفاظتی از سال ۱۳۹۷ موفقیت‌آمیز و قابل‌قبول ارزیابی می‌شود. در نهایت پژوهش به این نتیجه می‌رسد که چالش‌های ناشی از اجرای طرح تنفس، سیاست‌های نوین و مثبت در مقابله با قاچاق چوب، نیاز به بازنگری در سیاست‌گذاری‌ها و لزوم اصلاح قوانین مرتبط با قطع درختان، از جمله مهمترین راه‌کارهای مقابله با قاچاق چوب در جنگل‌های جنوب استان گیلان می‌باشد.

واژگان کلیدی: جرم قاچاق چوب، مصاحبه گروهی، شرکت حفاظت جنگل، قانون توقف بهره‌برداری.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۲۳۸۲۰۲۶ ایمیل: afrand@ut.ac.ir

مقدمه

جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان تنها منبع با قابلیت تولید چوب صنعتی کشور، آخرین بازمانده دوران سوم زمین‌شناسی و از نظر گونه‌های درختی بسیار غنی و ارزشمند هستند. چراکه این جنگل‌ها تحت پیشروی دوران یخبندان قرار نگرفته و در نتیجه بسیاری از گونه‌های درختی هیرکانی در مناطق مختلف اروپا به شکل فسیل یافت شده‌اند (مرادی، ۱۴۰۰). از دیدگاه سیاست جنگل که از ابتدای سال‌های ۱۳۹۰ به این سو در سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور در جریان است، اهمیت جنگل‌های هیرکانی در کنار موج فزاینده نگرانی‌های محیط زیستی درباره حفاظت از این جنگل‌ها و نیز برخی جهت-گیری‌های سیاسی دیگر موجب شد تا در ماده ۳۸ قانون برنامه ششم توسعه: «هرگونه بهره‌برداری چوبی از درختان جنگل‌های کشور از ابتدای سال چهارم اجرای قانون برنامه، ممنوع» شود (قانون برنامه ششم توسعه، ۱۳۹۶). برقراری چنین ممنوعیتی در برنامه توسعه که به طرح استراحت/ تنفس جنگل معروف شد از دید بسیاری متخصصین جنگل کشور، بی‌توجهی به کارکردهای چندگانه جنگل، تضعیف و تضییع اصل ۴۵ قانون اساسی از طریق از بین بردن انفال، ثروت‌ها و سرمایه ملی، بیکار کردن کارگران، قرقبانان و تکنسین‌های اره موتوری و رها ساختن ایشان در ورطه بی‌عملی و بیکاری و بعضاً ایجاد و تقویت حس انتقام‌جویی ایشان نسبت به جنگل و سازمان منابع طبیعی در قالب همکاری، مباشرت و معاونت در جرم قاچاق چوب شده است. به باور این دسته از متخصصین، سیاست یاد شده به معنای نادیده گرفتن علم اقتصاد جنگل و تأثیر آن در بهینه‌سازی همزمان منافع اقتصادی و محیط زیستی تولیدی توسط جنگل‌ها و در نهایت تباه ساختن علم و فنّ جنگلداری کشور بود که توسط استادان رشته جنگل در دانشگاه‌ها و کارشناسان سازمان منابع طبیعی در عرصه‌های طبیعی کشور طی سالیان متمادی به‌دست آمده بود. در مقابل، عمده استدلال موافقان طرح تنفس، ممنوعیت برداشت از جنگل‌ها با استناد بر لزوم حفاظت از جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره، عدم دست‌اندازی به جنگل با اتّکا به تأمین چوب مورد نیاز از طریق واردات و زراعت چوب، تخصیص بودجه برای حفاظت جنگل توسط مأمورین و مواردی این چنینی متمرکز بود.

صرف‌نظر از موافقت یا مخالفت با طرح یاد شده و سیاست‌های مرتبط با آن، از دیدگاه بوم‌شناختی و لزوم حفاظت و استفاده عُقلایی از منابع طبیعی، باید اذعان داشت منزوی کردن جنگل‌ها و جلوگیری از استفاده پایدار از منابع موجود، حیات اجتماعی رو به رشد نسل‌ها آن‌چنان که در اصل پنجاهم قانون اساسی مورد تأکید قرار گرفته است را مختل کرده و توسعه پایدار را دشوار می‌سازد. چراکه مدیریت کارآمد و استفاده صحیح از منابع طبیعی برای ساختن آینده‌ای پایدار در بسیاری از کشورهای سرشار از منابع، ضروری است (Erdoğan et al., 2020) و نباید این فرصت را با موانع توسعه‌ای مانند ممنوعیت برداشت چوبی از جنگل‌ها از دست داد و یا از سرعت آن کاست. با وجود سیاست جنگل موجود که امروزه به‌صورت غیررسمی در حکمرانی جنگل‌های ایران اِعمال می‌شود، از دیدگاه پرورش جنگل، جنگل‌ها از جمله منابع طبیعی تجدید شونده هستند که در صورت برداشت مطابق روش‌های علمی مانند همگام با طبیعت، خسارات وارد به آن اندک و به تدریج قابل برگشت خواهد بود. در نتیجه این روش‌ها تخریب غیر قابل جبران "آن گونه که در اصل پنجاهم قانون اساسی بدان تأکید شده" به بار نمی‌آورد. مطابق اصل ۵۰:

> در جمهوری اسلامی، حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌شود. از این رو فعالیت‌های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است (قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۵۸).

از این رو بنابر اصل یاد شده، حفظ محیط زیست لازم بوده و باید به گونه‌ای عملی شود که نسل امروز و نسل‌های بعد در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند. یعنی اگر محیط زیست در حدی حفاظت شود که افراد بتوانند حداقل معیشت خود را تأمین کنند که زنده بمانند، این نوع حفاظت مورد تأیید قانون اساسی نیست. حفاظتی مورد تأیید قانون اساسی است که محیط بتواند آن درجه از آرامش و رفاه را برای مردم تأمین کند که "شرایط اجتماعی رو به رشد" در آن فراهم باشد (شامخی، ۱۳۹۷). در سوی دیگر و برابر اصل چهل و پنجم قانون اساسی، جنگل از دیدگاه فقه اسلامی برابر آیه نخست سورهٔ انفال برای استفاده عموم در اختیار حکومت اسلامی است و جزء مشترکات عمومی محسوب شده، اصولاً قابل تملک خصوصی و حتی دولتی نیست و باید براساس مصالح عمومی اداره شود (عراقی و همکاران، ۱۳۸۴). حال این‌که مصالح عامه چگونه می‌تواند تعیین شود این مهم بر عهده قانونگذار می‌باشد (شامخی، ۱۳۹۷).

با عنایت به مطالب عنوان شده این‌گونه به نظر می‌رسد که عدم توجه سیاست جنگل و برنامه توسعه کشور به اسناد بالادستی مانند قانون اساسی و مواردی از این دست، جنگل‌ها را با مخاطرات جدی مانند قاچاق چوب مواجه ساخته است. چراکه سابق بر این با توجه به حضور همیشگی کارکنان طرح‌های جنگلداری و رونق جنگل‌ها در این ادوار، قاچاق چوب که بیشتر در سطوح خرد و عمدتاً توسط جوامع جنگل‌نشین فقیر صورت می‌گرفت، در اثر اتخاذ این سیاست و در کنار افزایش سرسام‌آور قیمت چوب، «طمع برخی افراد در کسب درآمد با زحمت کم و سود زیـاد از قاچاق چوب و فرار صنایع چوبی از تعرفه‌ها و مالیات‌ها با قاچاق چوب» (بیرانوند و همکاران، ۱۴۰۲) و مواردی این‌چنینی به سمت قاچاق سازمان یافته متشکل از اره‌موتورچی‌ها، کارگران محلی سابق، قاطرچی‌ها، رانندگان، خرده و عمده فروشان/ خریداران چوب و بعضاً حتی مأمورین و پرسنل سازمان منابع طبیعی و نیروی انتظامی و غیره در حال گذار است. موارد فزاینده حمله به مأمورین پاکدست سازمان منابع طبیعی، ضرب و شتم، جراحت و بعضاً فوت ایشان در ماه‌ها و سال‌های اخیر خود گواه این مدعا بوده و آن را تصدیق می‌کند. با این حال موضوع قاچاق چوب، منبعث از عوامل گوناگون است. برای نمونه عامل حقوقی- قانونی که شامل ابزارهای قانونی در جرم‌انگاری و پیشگیری از وقوع جرم است، تنها بر حدود ۱۱ درصد از وقوع جرم قاچاق زغال در زاگرس مرکزی موثر است (مهدوی و همکاران، ۱۴۰۱). در نتیجه در کنار توجه به سایر عوامل دخیل در قاچاق، بررسی تجربیات مأمورین یگان حفاظت سازمان منابع طبیعی در این زمینه می‌تواند در رابطه با پیشگیری از قاچاق چوب و به دست آوردن راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت[1] و به آسانی در دسترس راه‌گشا باشد. از این رو پژوهش حاضر در نظر دارد با بررسی دیدگاه‌های مأمورین یگان حفاظت جنگل در زمینه قاچاق چوب با استفاده از ابزار مصاحبه، دانش اندک موجود در این حوزه را گسترش داده و شرایط اجتماعی، اقتصادی، حقوقی و سیاستی مرتبط با پدیده قاچاق را شناسایی کرده و راه حل‌های مناسب را در پیشگیری از آن ارائه نماید. در نتیجه هدف از انجام این پژوهش تعیین مهمترین عوامل پیشگیری از جرم قاچاق از دیدگاه مأمورین یگان حفاظت و ارائه نتایج حاصل از پژوهش به سازمان‌های ذیربط می‌باشد. این پژوهش بخشی از یک پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشگاه گیلان است.

[1] Nature-based Solutions

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

با توجه به عواملی مانند اشتغال دانشجو به عنوان سرجنگلبان واحد منابع طبیعی رستم‌آباد و امکان دسترسی به دیگر مأمورین یگان حفاظت به‌منظور انجام مصاحبه در این منطقه، قرابت زبانی و فرهنگی دانشجو با منطقه، واحد منابع طبیعی رستم‌آباد وابسته به اداره منابع طبیعی شهرستان رودبار واقع در استان گیلان برای انجام این پژوهش انتخاب شد. تعداد ۱۷ نفر از مأمورین واحد منابع طبیعی یاد شده در این مصاحبه حضور داشتند.

روش انجام پژوهش

بررسی اسنادی

بررسی اسنادی از جمله روش‌های رایج تحقیق در پژوهش‌های موردی است که در آن داده‌ها از دیگر پژوهش‌های مشابه یا نزدیک به موضوع مورد نظر، موجود و قابل استفاده است. در این پژوهش با بررسی محتوای پژوهش‌های مشابه، مقوله‌های مهم و نزدیک به موضوع قاچاق چوب استخراج و در محورهای مختلف دسته‌بندی شد. سپس این محورها به‌صورت پیش‌فرض در مصاحبه رودرو با مأمورین یگان حفاظت در واحد منابع طبیعی رستم‌آباد مورد استفاده، گپ و گفت و پرسش و پاسخ قرار گرفت.

بازدید میدانی و مصاحبه

در مطالعات کیفی، پژوهشگر ضمن حضور در منطقه مورد نظر، پدیده‌ها، رخدادها و عوامل موثر بر موضوع تحقیق را مشاهده کرده (ساروخانی، ۱۳۸۰) تا برخی موضوعات (محورهای) از پیش تعیین شده که معمولاً از بررسی اسنادی به دست می‌آید را از طریق مصاحبه بدون ساختار مطرح نماید (کریمی و نصر، ۱۳۹۱). از این رو تعدادی از مأمورین یگان حفاظت که داوطلب همکاری هستند در واحد منابع طبیعی رستم‌آباد جمع شدند. سپس پژوهشگران در قالب مصاحبه‌های بدون ساختار مبتنی بر محورهای به‌دست آمده به گپ و گفت گروهی پرداختند. مأمورین یگان حفاظت و واحد یاد شده به محورها و سوالات از قبل تعیین شده و یا سوالاتی که در حین جلسه به ذهن پژوهشگر و یا دیگر مأمورین متبادر می‌شد پاسخ دادند. این جلسه ضبط و ثبت شد؛ در ادامه با بررسی محتوای مطالب رد و بدل شده، مقوله‌های مهم مرتبط با موضوع پژوهش از محتوای مصاحبه گروهی استخراج شد. بدین ترتیب این مقوله‌ها دسته‌بندی شده و با استفاده از آن مهمترین دلایل و عوامل قاچاق چوب و مسائل مبتلابه و ارتباط بین این عوامل براساس دیدگاه مصاحبه شوندگان (مأمورین یگان حفاظت) به دست آمد.

تحلیل داده‌ها

در پژوهش حاضر از نرم‌افزار NVIVO برای تحلیل مصاحبه کیفی انجام شده، استفاده شده است. روش چارچوب که از خانواده وسیع روش‌های تحلیلی است، عمدتاً تحلیل تماتیک یا تحلیل محتوایی کیفی نام‌گذاری می‌شود. در این رویکرد تفاوت و شباهت‌های بین داده‌های کیفی شناسایی می‌شود. یعنی این‌که قبل از توجه به رابطه‌های بین بخش‌های مختلف داده‌ها، شباهت‌ها و تفاوت‌های بین داده‌های کیفی را شناسایی کرده و به جستجوی ترسیم نتایج توصیفی و یا اکتشافی جمع شده حول تم‌ها می‌پردازد. این روش توسط لیز اسپنسر و جان ریتچی، دو پژوهشگر واحد تحقیقات کیفی مرکز ملی پژوهش‌های اجتماعی انگلستان در اواخر سال‌های دهه ۱۹۸۰ برای کاربرد در پژوهش‌های سیاست‌گذاری در مقیاس بزرگ

طراحی شد. نرم‌افزار NVIVO عمدتاً برای تجزیه و تحلیل متون در روش تحقیق کیفی و کدگذاری در تحقیق کیفی به‌کار می‌رود. به این ترتیب که داده‌ها (متن مصاحبه‌های انجام شده، یا پاسخ‌های تشریحی به پرسش‌نامه‌ها) وارد این نرم‌افزار می‌شوند، سپس امکان کدگزاری متن وجود دارد و در نهایت از نرم‌افزار برای بررسی کدهای موجود و ارتباط آن‌ها با خصوصیات افراد شرکت کننده استفاده می‌شود. قابلیت سازمان‌دهی اطلاعات و جستجوی واژه در تمام داده‌های موجود کمک‌های بسیار بزرگی به محقق محسوب می‌شوند (پورعزت و کاوسی، ۱۳۹۹).

یافته‌ها

علت روی آوردن به قاچاق چوب

از دیدگاه نیروهای یگان حفاظت مهمترین عامل قاچاق چوب، سود بالای ناشی از فروش چوب قطع‌شده از جنگل با فراوانی ۶ است و در مرحله بعد بیکاری با فراوانی ۳ دیده می شود.

جدول ۱- علت روی آوردن به قاچاق چوب

کد	فراوانی
بیکاری	۳
سود زیاد از قاچاق چوب	۶
اعتیاد	۱

منبع: یافته‌های تحقیق

چالش‌های یگان حفاظت جهت مقابله با قاچاق چوب

از چالش‌های یگان حفاظت جنگل‌ها به منظور مقابله با قاچاق چوب می‌توان به نبود وسایل حمل و نقل سازمانی که با فراوانی ۸ در نتایج دیده می‌شود، اشاره کرد. همچنین از دیدگاه ایشان حمایت‌های قانونی از این گروه برای مقابله اساسی با قاچاق چوب و قاچاقچیان صورت نمی‌گیرد. در این مورد یکی از اعضای گروه مصاحبه شونده چنین گفت: «یک‌بار جایی هم پیش آمده است که نیروهای ما را کتک زده‌اند و آن‌ها ۴ نفر شاهد دروغین پیدا کردند که نیروی ما دماغ او را شکانده است و نیروی ما ۱۲۰ میلیون تومان جریمه شد».

جدول ۲- چالش‌های یگان حفاظت جهت مقابله با قاچاق چوب

کد	فراوانی
زیاد بودن بروکراسی اداری	۲
کم بودن حقوق	۴
حمایت ضعیف سازمان منابع طبیعی از نیروهای یگان حفاظت	۷
در دسترس نبودن تکنولوژی پیشرفته	۵
شهادت دروغ علیه نیرو در دادگاه	۲

عدم حمایت قانونی	۸
قراردادی بودن اکثر نیروها	۱
کافی نبودن تعداد نیروهای حفاظت	۱
نبود وسایل حمل و نقل سازمانی	۸
نداشتن امنیت جانی	۵
نداشتن امنیت مالی	۴
نداشتن بیمه بعد از ساعات کاری	۱
نداشتن وسایل دفاعی	۷
نداشتن وسایل و تجهیزات مناسب	۷
نداشتن یونیفرم و کارت شناسایی	۲
نیاز به آموزش داشتن نیروهای حفاظت	۶

منبع: یافته‌های تحقیق

راه حل‌های اجتماعی و فرهنگی مقابله با قاچاق چوب

یافته‌ها نشان می‌دهد مهمترین راه‌کار مقابله با قاچاق چوب با دیدگاه اجتماعی- فرهنگی را می‌توان گسترش فرهنگ احترام به منابع طبیعی با فراوانی ۶ دانست. به همین ترتیب مهمترین راه‌کارهای دیگر: کمک گرفتن از مردم محلی، احساس تعلق خاطر جنگل نشینان نسبت به جنگل و آگاهی از جریمه‌های سنگین قاچاق چوب با فراونی ۳ است.

جدول ۳- راه حل‌های اجتماعی و فرهنگی مقابله با قاچاق چوب

کد	فراوانی
احساس تعلق خاطر جنگل نشینان نسبت به جنگل	۳
ارائه راه‌کارهای آموزشی و ایجاد شغل‌های مبتنی بر جنگل	۱
آگاهی از جریمه‌های سنگین قاچاق چوب	۳
آموزش دادن به مردم در مورد قاچاق چوب	۱
فرهنگ‌سازی از درون مدارس	۲
کمک گرفتن از مردم محلی	۳
گسترش فرهنگ احترام به منابع طبیعی	۶

منبع: یافته‌های تحقیق

راه حل‌های حقوقی و سیاست‌گذاری برای مقابله با قاچاق چوب

اصلی‌ترین روش سیاست‌گذاری برای مقابله با قاچاق چوب از دیدگاه مأمورین یگان حفاظت از جنگل‌ها در این مطالعه موردی، موظف کردن سازمان‌ها جهت مقابله با قاچاق چوب با فراوانی ۵ است. بازنگری در قوانین، افزایش تعداد شرکت‌های

حفاظتی و قوانین جایگزین جریمه‌های نقدی با فراوانی ۴ در رتبه دوم قرار می‌گیرند. از دیدگاه ایشان نقش افزایش جریمه‌ها برای کاهش قاچاق چوب بسیار مشهود بوده است. در مورد همین جریمه‌ها می‌توان گفت که: «بالاترین حالت بازدارنده همان قلم و کاغذ است که تأثیرش از تفنگ هم بیشتر است».

جدول ۴- راه حل‌های حقوقی و سیاست‌گذاری برای مقابله با قاچاق چوب

کد	فراوانی
افزایش تعداد شرکت‌های حفاظتی	۴
افزایش تعداد نیروهای یگان حفاظت	۳
افزایش نرخ جریمه‌ها	۳
ایجاد سامانه جامع برای مقابله با قاچاق چوب	۳
بازنگری در قوانین	۴
داشتن استاندارد برای ارزیابی عملکرد یگان حفاظت	۱
قوانین جایگزین جریمه‌های نقدی	۴
موظف کردن سازمان‌ها جهت مقابله با قاچاق چوب	۵

منبع: یافته‌های تحقیق

بحث و نتیجه‌گیری

مشکل قاچاق چوب علاوه بر عوامل اقتصادی، به پیچیدگی‌های اجتماعی و شبکه‌های سازمان‌یافته مرتبط است. بسیاری از قاچاقچیان به دلیل مشکلات معیشتی و بیکاری به این جرم روی می‌آورند. با این حال، همه ایشان به دلیل بیکاری به این کار مشغول نیستند؛ طمع کسب سود زیاد و از دیگر عوامل اصلی این پدیده است. مطابق مشاهدات عینی مصاحبه شوندگان قاچاقچیان به دلیل اعتیاد، کمتر وارد این ورطه می‌شوند، زیرا توانایی فعالیت‌های سنگین قطع و حمل چوب قاچاق را ندارند. برخی از این افراد برای افراد دیگری کار می‌کنند و معمولاً درخت‌ها را به‌صورت نقدی معامله می‌کنند. از طرفی، قاچاق‌های سازمان‌یافته شامل حمایت گسترده‌تر از قاچاقچیان است؛ مانند تأمین اره‌های موتوری، خودروهای وانت (نیسان)، و حتی اسکورت برای حمل محموله قاچاق. این حمایت‌ها گاهی از حمایت‌هایی که نیروهای حفاظتی منابع طبیعی دریافت می‌کنند، قوی‌تر است. از سوی دیگر قاچاقچیان به شدت از طریق فحاشی و ناسزاگویی با نیروهای حفاظتی برخورد می‌کنند که این موضوع می‌تواند منجر به درگیری‌های شدید و تشدید تنش‌ها شود. با این حال، نیروهای حفاظتی تمام تلاش خود را به کار می‌گیرند تا این رفتارهای منفی تأثیری بر انگیزه و روحیه آن‌ها نگذارد.

قاچاق چوب به‌عنوان یکی از چالش‌های محیط‌زیستی، ارتباط مستقیمی با عوامل اجتماعی و اقتصادی دارد. بیکاری به‌عنوان اصلی‌ترین دلیل، افراد را به سمت این فعالیت سوق می‌دهد، به‌ویژه کسانی که به‌دلیل نداری و شرایط اقتصادی دشوار مجبور به این کار می‌شوند. از سوی دیگر، قیمت زیاد چوب نیز انگیزه قاچاق را افزایش داده است. به باور مصاحبه شوندگان در سال‌های اخیر، قاچاق چوب به‌صورت سازمان یافته کاهش یافته است. این کاهش عمدتاً به افزایش تعداد نیروهای حفاظتی و شرکت‌های فعال در این حوزه از سال ۱۳۹۷ به بعد مربوط می‌شود؛ البته به‌دلیل محلی بودن این مصاحبه، این یافته مورد تأیید پژوهشگران نیست.

کارکنان حفاظت جنگل با مشکلات و کمبودهای جدی مواجه هستند. نیروهای حفاظتی جنگل اغلب قراردادی بوده و با خطرات متعددی از جمله نبود امنیت جانی و مالی دست و پنجه نرم می‌کنند. آن‌ها فاقد امکانات رفاهی و تجهیزات دفاعی هستند و حتی لباس مناسب یا کارت شناسایی ندارند. برخلاف نیروهای حفاظت محیط‌زیست که به تجهیزات کافی مانند دستبند و سایر ابزارها مجهزند، این نیروها در مقابل حملات حیوانات یا درگیری با قاچاقچیان کاملاً بی‌دفاع هستند. حوادث شغلی نیز به‌عنوان یکی از مشکلات عمده مطرح است. در صورت آسیب‌دیدگی، نیروهای قراردادی تحت پوشش کامل بیمه قرار نمی‌گیرند و بعضاً هزینه‌های درمانی و جریمه‌ها شخصاً پرداخت می‌شود. علاوه بر این، عدم حمایت قانونی و حقوقی از نیروها موجب شده که در درگیری با قاچاقچیان یا مشکلات قضایی، آن‌ها بدون پشتیبانی عملی سازمانی به تنهایی با پیامدهای آن مواجه شوند.

به گفته مصاحبه شوندگان منابع طبیعی حمایت‌های ضروری و موردنیاز را از نیروهای حفاظتی خود به عمل نمی‌آورد. از جمله حمایت‌هایی که باید ارائه شود، تأمین وکیل برای انجام امور حقوقی و دفاع از نیروها در محاکم قضایی است. همچنین، فراهم‌سازی وسایل نقلیه مناسب و صدور کارت شناسایی برای نیروهای حفاظتی از الزامات است. در شرایط فعلی، نیروهای حفاظتی در هنگام حضور در دادگاه با چالش‌هایی مواجه می‌شوند؛ به‌گونه‌ای که قضات معمولاً آن‌ها را به عنوان مأمور رسمی نمی‌شناسند و فقط پس از استعلام، اعتبار آن‌ها تأیید می‌شود. حتی در برخی موارد، قضات از نیروها درخواست می‌کنند که وضو گرفته و بر قرآن قسم بخورند تا ادعاهایشان پذیرفته شود.

نیاز به برگزاری دوره‌های آموزشی ویژه برای نیروهای حفاظتی برای آشنایی با آداب صحبت‌کردن در دادگاه و تعامل مؤثر با قضات به‌شدت احساس می‌شود. پیش‌تر تلاش‌هایی برای برگزاری چنین دوره‌هایی صورت گرفته و جلساتی برای توضیح نیازها و انتظارات قضات از نیروهای حفاظتی برنامه‌ریزی شده بود، اما این جلسات به‌دلیل عدم حضور کارشناسان مربوطه برگزار نشد. یکی از چالش‌های موجود، عدم آشنایی برخی از نیروهای حفاظتی با رفتار مناسب در دادگاه است. برای مثال، پیش‌آمده که یکی از نیروها در دادگاه با حرکات دست صحبت کرده که این امر موجب نارضایتی قاضی و در نهایت صدور جریمه برای وی شده است. از سوی دیگر، قاچاقچیان اغلب با مظلوم نمایی و ادعای داشتن مشکل شخصی نیروهای حفاظتی با ایشان، از این ضعف ارتباطی سوءاستفاده کرده و اعتبار اظهارات نیروها را زیر سؤال می‌برند. نقش دادگستری و قوه قضاییه در این زمینه چالش‌برانگیز است. انتظار می‌رود که دادگستری از سازمان‌های حفاظتی حمایت بیشتری داشته باشد؛ اما این همکاری‌ها اغلب کافی نیست. قوه قضاییه معمولاً به نفع افراد محلی رأی می‌دهد، زیرا آن‌ها را ضعیف‌تر از دولت تصور می‌کند. این وضعیت با مظلوم نمایی قاچاقچیان نیز تشدید می‌شود.

از میان نفرات حاضر در جلسه، تنها سه نفر به‌صورت رسمی استخدام شده‌اند. حتی این افراد رسمی نیز از امکاناتی مانند وسایل نقلیه یا خودروی سازمانی محروم هستند. حقوق دریافتی کارکنان یگان حفاظت برابر با حداقل حقوق تعیین شده توسط وزارت کار و به طور میانگین حدود ۱۰ میلیون تومان می‌باشد. به‌دلیل ناکافی بودن این حقوق برای تأمین نیازهای زندگی، بسیاری از کارکنان ناچار هستند در کنار این شغل، به کارهای دیگری در خارج از مجموعه مشغول شوند. افرادی که در روستا زندگی می‌کنند و از ارثیه خانوادگی زمین‌های کشاورزی ویا باغی دارند، از طریق کشاورزی بخشی از هزینه‌های زندگی خود را تأمین می‌کنند. در مقابل، کارکنانی که در شهر زندگی می‌کنند، به دلیل عدم دسترسی به منابعی مانند زمین یا دارایی‌های موروثی، با مشکلات بیشتری مواجه‌اند و عملاً نمی‌توانند با این حقوق، دارایی جدیدی (خانه، زمین، باغ و...) به‌دست آورند.

نیروهای حفاظتی با وجود مشکلات معیشتی و فشارهای اقتصادی که با آن مواجه هستند، از مباشرت در قاچاق چوب خودداری می‌کنند. این نگرش ماحصل چند عامل مهم است: نخست این که بسیاری از این افراد دارای خانواده و مسئولیت‌پذیری اجتماعی خاص خود هستند و انگیزه‌های اخلاقی و خانوادگی، آن‌ها را از شرکت در فعالیت‌های غیرقانونی باز می‌دارد. علاوه بر این، احترام به منابع طبیعی و درختان که برای آن‌ها به‌عنوان میراثی ارزشمند محسوب می‌شود، نقش عمده‌ای در حفظ انگیزه و صداقت حرفه‌ای آن‌ها ایفا می‌کند. در نتیجه، ارزش‌های اخلاقی، تربیت و مسئولیت‌پذیری خانوادگی و تعهد به منابع طبیعی، مانع از گرایش به فعالیت‌های قاچاق می‌شود.

نیروهای حفاظت جنگل در مقایسه با محیط‌بانان با چالش‌ها و کمبودهای جدی مواجه‌اند. محیط‌بانان مجهز به دوربین‌هایی هستند که امکان ثبت و مستندسازی حوادث را برای آن‌ها فراهم می‌کند، اما نیروهای حفاظتی فاقد چنین تجهیزاتی هستند. در مواردی که نیروها تلاش می‌کنند با استفاده از تلفن همراه خود اسناد و مدارکی جمع‌آوری کنند، قاچاقچیان گوشی‌ها را به زور گرفته و تخریب می‌کنند. در یکی از موارد، یکی از نیروهای حفاظتی به اتهام شکستن بینی یک قاچاقچی توسط چهار شاهد جعلی به پرداخت ۱۲۰ میلیون تومان جریمه محکوم شد. این وضعیت نشان‌دهنده تأثیر روابط نزدیک قاچاقچیان با محلی‌ها و سهولت در یافتن افرادی برای شهادت علیه نیروهای حفاظتی است. کمبود امکانات و تجهیزات مناسب، به شدت کار نیروهای حفاظتی را دشوار کرده است. به‌طور مشخص، در برخی مناطق هیچ‌گونه پوشش آنتن‌دهی وجود ندارد و امکان ارتباط بین نیروها فراهم نیست. اگر فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند سامانه‌های مبتنی بر GPS وجود داشت، نیروها می‌توانستند موقعیت یکدیگر را شناسایی کرده و به‌راحتی در منطقه با همدیگر ارتباط برقرار کنند. همچنین تجهیز نیروها به ابزارهایی مانند GPS، دوربین، دستبند، وسایل نقلیه مناسب، شوکر، بی‌سیم و غیره می‌تواند به بهبود عملکرد و امنیت آن‌ها کمک شایانی کند. نصب دوربین‌های نظارتی در مناطق حساس نیز امکان پایش دقیق‌تر را فراهم می‌آورد.

از طرف دیگر، نیروهای حفاظتی در برخی مواقع کارت آموزش کار با اسلحه دارند؛ اما اسلحه‌ای در اختیار آن‌ها قرار داده نمی‌شود که این موضوع سبب کاهش توانایی آن‌ها در برخورد با قاچاقچیان می‌شود. در موارد توقیف خودروهای حامل چوب قاچاق، نیروها ملزم به دریافت مجوز شفاهی از قاضی کشیک هستند که این فرایند معمولاً یک تا دو ساعت طول می‌کشد. استفاده از وسایل نقلیه شخصی برای گشت‌زنی، خطرات متعددی را برای نیروها به همراه دارد. قاچاقچیان، اغلب با خودروهای سنگین مانند نیسان، به‌عمد به وسایل نقلیه شخصی نیروها آسیب می‌زنند و فرار می‌کنند. با این حال، سازمان منابع طبیعی در این‌گونه موارد هیچ مسئولیتی را نمی‌پذیرد در حالی که وسایل نقلیه سازمانی برای انجام مأموریت‌ها در اختیار نیروها قرار ندارد. علاوه بر این تعداد نیروهای حفاظتی به نسبت نیاز منطقه ناکافی است. اگرچه پس از سال ۱۳۹۷ تعداد نیروها افزایش یافته، اما همچنان این تعداد پاسخگوی نیاز منطقه نیست. نیروهای موجود و جدیدالورود نیز از آموزش‌های لازم و کافی برخوردار نیستند که این مسئله بر اثربخشی و کارایی آنان تأثیر منفی گذاشته است.

سازمان‌های مختلف در مبارزه با قاچاق چوب در سطوح متفاوتی همکاری و مشارکت دارند. سازمان‌هایی مانند نیروی انتظامی، کلانتری، بسیج و سپاه همکاری مطلوبی ارائه می‌دهند. همچنین نیروهای مردمی در این حوزه نقش مثبتی ایفا می‌کنند. گاهی اوقات نیز راهنمایی و رانندگی در عملیات‌های مرتبط مشارکت دارد. با این حال، دهیاری‌ها و شوراهای محلی اغلب همکاری ضعیف و محدودی نشان می‌دهند، زیرا بیشتر به منافع مردم محلی توجه دارند. با این حال در برخی موارد حتی دامداران داخل جنگل نیز به حفاظت از جنگل‌ها کمک می‌کنند.

در گذشته، زمانی که طرح‌های جنگلداری اجرا می‌شد، تعداد نیروهای حفاظتی به دو نفر محدود بود. با این حال، نیروهای حاضر در طرح جنگلداری در جنگل به‌عنوان حامی و نیروی کمکی نقش مهمی ایفا می‌کردند. اما در مناطقی که تحت پوشش این طرح‌ها نبودند، معضل قاچاق چوب بسیار جدی‌تر و گسترده‌تر بود. امروزه برای مقابله با این معضل، اقداماتی مانند جذب و همکاری با افراد محلی در قالب همیاران طبیعت انجام شده است. این افراد به‌صورت ناشناس و بدون اطلاع سایر مردم با نیروهای حفاظتی در ارتباط هستند. وظیفه آن‌ها ارائه گزارش درباره آتش‌سوزی یا قطع درخت در منطقه است که بلافاصله به اطلاع نیروهای حفاظتی می‌رسد. پاداش همیاران طبیعت محدود به مناسبت‌هایی مانند جشنواره‌های روز منابع طبیعی یا رویدادهای مشابه است که در این مواقع به آن‌ها هدیه‌ای کوچک تعلق می‌گیرد. از سوی دیگر در صورت توقیف خودروهای حامل چوب قاچاق، مبالغ جریمه‌ای که وصول می‌شود می‌تواند بین نیروهای حفاظتی تقسیم شده و بر انگیزه ایشان بیافزاید. تعداد موارد کشف و ضبط چوب قاچاق به‌صورت ماهانه متغیر است. در برخی ماه‌ها ممکن است تنها یک خودروی نیسان توقیف شود، در حالی که امکان دارد در ماه‌های دیگر تعداد خودروهای توقیفی به ۵۰ نیسان نیز برسد. ارزش تقریبی هر نیسان حامل چوب قاچاق حدود ۲۰ میلیون تومان برآورد می‌شود. در نتیجه با یک محاسبه سرانگشتی، مبلغی معادل ۱۰ میلیون تومان می‌تواند در پایان سال به اعضای یگان حفاظت تعلق گیرد؛ اما متأسفانه تاکنون چنین سازوکاری راه‌اندازی نشده است.

از سوی دیگر بی‌توجهی و بی‌اعتمادی سازمان منابع طبیعی به نیروهای یگان حفاظت یکی از عوامل مهم کاهش همکاری میان این دو گروه است. برخی بخشنامه‌ها تأکید دارند که در صورت عدم حفاظت کافی از مناطق تحت پوشش، نیروها باید پاسخگو باشند و در صورت اثبات قصور، جریمه می‌شوند. به‌عنوان مثال، اگر نگهبان منطقه (قرقبان) به‌عمد در انجام وظایف خود کوتاهی کند یا تخلفات را گزارش ندهد، مشمول جریمه مالی می‌شود و حتی شریک جرم تلقی می‌گردد. این شرایط فشار مضاعفی بر نیروهای یگان حفاظت وارد کرده و انگیزه آنها را کاهش می‌دهد. به همین ترتیب اگر تعداد کشفیات زیاد باشد، اداره کل آن را حمل بر کم‌توانی نیروها در انجام وظایف خود تلقی می‌کند و اگر تعداد کشفیات کم باشد، بازهم نیروها متهم به کم‌کاری می‌شوند. به نظر می‌رسد در این زمینه دستورالعمل مشخصی برای شناسایی و معرفی نیروهای توانمند و بهره‌ور به منظور اقدامات تشویقی و تنبیهی وجود ندارد. یعنی برای ارزیابی عملکرد نیروهای یگان حفاظت، روش کارآمد و استانداردی وجود نداشته و این موضوع مشکلات متعددی را درپی دارد. از جمله این‌که افزایش تعداد پرونده‌های قاچاق به‌جای اینکه تلاش برای مقابله با قاچاق چوب تلقی شود، نشانه‌ای از عدم حضور کافی نیروها در عرصه و کم‌کاری آن‌ها قلمداد می‌شود. برای نمونه، در منطقه تالش، افزایش آمار قاچاق سبب ورود سازمان بازرسی و تغییر نیروها در آن منطقه شد. از سوی دیگر، کاهش آمار پرونده‌ها نیز نمی‌تواند نشان‌دهنده موفقیت نیروها باشد، چرا که انتشار محتوای تصویری در فضای مجازی، مانند فیلم‌هایی از کمپ‌های جنگلی و قاچاق، هرگونه کتمان یا کم‌نمایی در گزارش آمار را آشکار می‌کند. بنابراین، گزارش آمار کم نیز مورد قبول واقع نمی‌شود.

برای بهبود عملکرد نیروهای یگان حفاظت، ضروری است برنامه‌ریزی دقیقی برای نحوه فعالیت آن‌ها انجام شود. یکی از مهم‌ترین مسائل، تعیین وسعت مناسب برای بلوک‌های گشت‌زنی است تا نیروها بتوانند به‌طور مؤثر مناطق تحت پوشش خود را مدیریت کنند. همچنین افزایش تعداد نیروهای حفاظتی متناسب با وسعت بلوک‌ها امری ضروری است تا بار کاری متوازن باشد و امکان استراحت کافی برای نیروها فراهم شود. در شرایط فعلی، نیروها شیفت‌بندی مشخصی ندارند و باید به صورت ۲۴ ساعته منطقه را پایش کنند که این امر سبب خستگی مفرط و کاهش بهره‌وری می‌شود. پیشنهاد می‌شود که شیفت‌های کاری به صورت ۲۴ ساعت کار و ۴۸ ساعت استراحت تنظیم شود. این نوع شیفت‌بندی نه‌تنها کارایی را افزایش

می‌دهد، بلکه سختی کار نیز به آن تعلق خواهد گرفت که می‌تواند انگیزه نیروها را افزایش دهد. در برخی مواقع، نیروهای یگان حفاظت در ساعات نیمه‌شب، هنگام گشت‌زنی در منطقه تحت حفاظت خود با موارد مشکوکی مانند قطع غیرمجاز درختان مواجه می‌شوند. در چنین شرایطی، یک مأمور تنها، احساس خطر و نا امنی می‌کند و امکان مداخله مستقیم کاهش می‌یابد. در مقابل، حضور گروهی مأموران در گشت‌زنی سبب افزایش امنیت و کاهش جسارت قاچاقچیان می‌شود، چرا که قاچاقچیان معمولاً از گشت‌زنی‌های گروهی بیشتر هراس دارند.

یکی دیگر از چالش‌های مرتبط با قاچاق چوب، نا آگاهی برخی افراد نسبت به قوانین مربوط به قطع و حمل درختان است. به‌عنوان مثال، برخی افراد بدون اطلاع از قوانین، درختانی مانند زیتون را در باغ خود قطع کرده و برای فروش به خارج از باغ منتقل می‌کنند. در این موارد، اگر این افراد توسط نیروهای حفاظتی بازداشت شوند، نه‌تنها چوب‌هایشان توقیف می‌شود، بلکه مشمول پرداخت جریمه نیز خواهند شد؛ بنابراین حتی برای درختانی مانند زیتون و صنوبر نیز حمل و فروش آن‌ها مستلزم اخذ مجوز قانونی است.

قاچاق چوب معمولاً در مراحل مختلف توسط نیروهای حفاظتی شناسایی و ضبط می‌شود. حمل چوب یکی از مراحل اصلی است که معمولاً با خودرو انجام می‌شود. شناسایی این خودروها اغلب از طریق پلاک انجام می‌شود، اما قاچاقچیان معمولاً از این روش‌ها فراتر می‌روند و تدابیر هوشمندانه‌تری به کار می‌برند. به‌عنوان مثال، رانندگانی که از استان‌های دیگر وارد گیلان می‌شوند، برای دریافت بار برگشت، بعضاً نادانسته چوب قاچاق حمل می‌کنند. همچنین پیشنهادات وسوسه‌انگیز از طرف قاچاقچیان سبب می‌شود تا این رانندگان در مسیر برگشت، چوب قاچاق را جابه‌جا کنند. علاوه بر این، افرادی که دست به قاچاق می‌زنند، به دنبال سوژه‌های مناسب برای این کار می‌گردند. آنها رانندگان نیسان را که از استان‌های دیگر به منطقه وارد می‌شوند تحت‌نظر می‌گیرند و افرادی که به مشکلات مالی برخورد کرده‌اند را هدف قرار می‌دهند. این افراد به راحتی به دام پیشنهادات قاچاقچیان می‌افتند، چرا که به دنبال راهی برای کسب درآمد سریع هستند. برخی از افرادی که در زمینه قاچاق چوب فعالیت می‌کنند، برای پنهان‌کردن بار قاچاق خود از روش‌هایی استفاده می‌کنند که شناسایی آن را دشوارتر کند. به‌عنوان مثال، زمانی که آنها نیسان خود را با چوب بارگیری می‌کنند، برای پنهان‌سازی بار، چند کارتن مقوایی روی آن قرار می‌دهند تا ظاهر بار را تغییر داده و از شناسایی آن جلوگیری کنند. خوب است یک سامانه یکپارچه اطلاع‌رسانی برای دارندگان وانت‌بار راه‌اندازی شود تا از طریق آن پیامک‌هایی به رانندگان برای جلوگیری از بارگیری چوب قاچاق ارسال شود. این اطلاع‌رسانی به افزایش آگاهی رانندگان و پیشگیری از قاچاق کمک می‌کند. همچنین در مراحل اولیه قاچاق، معمولاً قاچاقچی تنها جریمه نقدی می‌شود و هیچ اقدامی برای ضبط ماشین صورت نمی‌گیرد و تنها خلافی ماشین ممکن است پرداخت شود. اگر ماشین‌های قاچاقچیان به مدت طولانی‌تری در پارکینگ‌ها نگهداری شوند، این اقدام می‌تواند مؤثرتر باشد. همچنین یکی دیگر از روش‌های پیشنهادی این است که گواهینامه رانندگان به دلیل تخلفات قاچاق باطل شود یا می‌توان با همکاری راهنمایی و رانندگی به رانندگان حامل بار قاچاق امتیاز منفی اعطا نمود.

مدیریت توقیف خودروها و جریمه‌های سنگین می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش قاچاق چوب داشته باشد. توقیف طولانی‌مدت خودروها به عنوان یک اقدام بازدارنده قوی شناخته می‌شود. از سوی دیگر مصادره خودرو در صورتی اتفاق می‌افتد که تعدد جرم با یک پلاک واقع شود. در این راستا یک اپلیکیشن مختص استعلام خودروها که از طریق شماره پلاک کار می‌کند (*۶۶۵۵*۱۰۰۰۸۸#) وجود دارد که امکان بررسی سوابق خودروهای دخیل در قاچاق را فراهم می‌کند. اما قاچاقچی این فرصت را دارد که مثلاً پس از ارتکاب قاچاق و شناسایی توسط مأمورین و ثبت اطلاعات پلاک، خودرو خود را بفروشد و یا آن را به نام یکی از اعضای خانواده پلاک کرده و به نوعی سابقه قاچاق را پاک کند. از این رو برای برخورد با قاچاقچیان باید

پرونده‌های قاچاق با ثبت موارد تخلف به صورت آنلاین تهیه شود. هنگامی که متخلفان به دادگاه ارجاع داده می‌شوند، قضات می‌توانند از این پرونده‌ها برای بررسی سوابق استفاده کنند، چراکه یکی از مشکلات اساسی، نبود سامانه‌ای یکپارچه برای ثبت و ردیابی تخلفات در مناطق مختلف است. به‌دلیل محدودیت سیستم کنونی، اگر فردی در مناطق مختلف مرتکب قاچاق شود، این تخلفات به صورت پراکنده و در دفتر ثبت تخلفات هر منطقه ثبت می‌شود و قضات نمی‌توانند به سوابق جامع او دسترسی داشته باشند. به‌عبارت دیگر هر چند دفترچه‌های ثبت تخلفات در مناطق موجود است، اما این روش سنتی نمی‌تواند به‌طور کامل نیازها را برآورده کند. با این حال، نبود سامانه‌ای جامع برای ثبت و استعلام سوابق شخصی قاچاقچیان، شکافی جدی در مدیریت مؤثر این موضوع ایجاد کرده است.

در میان افرادی که به قاچاق چوب مشغول هستند، مواردی وجود دارد که زنان نیز در این فعالیت‌ها نقش دارند. به‌عنوان مثال، یک زن قاچاقچی در منطقه زندگی می‌کند که با استفاده از اره موتوری و موتورسیکلت، اقدام به قاچاق چوب می‌کند. این فرد به‌اندازه‌ای قدرت و جسارت دارد که حتی در مواجهه با نیروهای یگان حفاظت نیز به خشونت متوسل می‌شود. جالب توجه است که فعالیت‌های قاچاق این فرد در چارچوب خانوادگی صورت می‌گیرد؛ به این معنا که تمام اعضای خانواده در این امر دخیل هستند.

مصاحبه شوندگان بر این باور هستند که اگر سازمان منابع طبیعی مدیریت/ مالکیت جنگل‌ها را به جوامع محلی واگذار کند، به‌ویژه به افرادی که در نزدیکی جنگل‌ها زندگی می‌کنند، این اقدام می‌تواند تأثیر مثبتی در مدیریت بهتر منابع طبیعی و کاهش قاچاق داشته باشد. از آن جایی که حس مالکیت و یا تعلق خاطر به جنگل در جوامع محلی ایجاد می‌شود، این افراد، به ویژه دامداران، تمایل دارند که از منابع طبیعی خود محافظت کنند و نمی‌خواهند به این منابع آسیبی وارد شود. دامداران در مناطق نزدیک به جنگل‌ها به‌عنوان مخبران اصلی عمل می‌کنند و در صورتی که متوجه قاچاق چوب شوند، به سرعت اطلاعات لازم را در اختیار مسئولین قرار می‌دهند. در مناطقی که ساماندهی جنگل‌نشینان و طرح خروج دام انجام شده و دامداران حضور ندارند، قاچاق چوب به‌شدت افزایش یافته است؛ زیرا هیچ‌کس به‌عنوان ناظر وجود ندارد تا این مسائل را گزارش کند. در نتیجه، اگر در طرح‌های جنگلداری، دامداران به‌عنوان ذی‌نفع در نظر گرفته شوند، این مشارکت می‌تواند به کاهش قاچاق چوب و ارتقای نظارت کمک کند. به‌عبارت‌دیگر، استفاده از دامداران به‌عنوان همیاران در طرح‌های جنگلداری می‌تواند در مبارزه با قاچاق چوب بسیار مؤثر باشد.

از نظر مصاحبه شوندگان توسعه آگاهی در مورد منابع طبیعی و محیط‌زیست در مدارس و دانشگاه‌ها می‌تواند تأثیر به‌سزایی در حمایت از این منابع داشته باشد. افزایش علاقه به طبیعت در میان مردم از طریق آموزش و اطلاع‌رسانی می‌تواند به تقویت حفاظت از منابع طبیعی کمک کند. متأسفانه این موضوع هنوز در مدارس به اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته است. به‌عنوان مثال، فردی که کارمند نیروی دریایی است، از طریق فعالیت‌های آموزشی در شبکه‌های اجتماعی و بازدید از مدارس تلاش می‌کند تا گونه‌های حیات وحش نایاب را به مردم معرفی کند. وی همچنین با استفاده از دوربین‌های نصب شده در جنگل‌ها برای رصد شکار، با صرف هزینه‌های شخصی و یا جمع‌آوری کمک از مردم، وقت خود را برای این کار صرف می‌کند. همچنین سریال‌هایی مانند "افرا" که در مورد محیط‌زیست و منابع طبیعی ساخته می‌شوند، می‌توانند به بهبود دیدگاه فرهنگی و اجتماعی نسبت به حفاظت از جنگل‌ها و منابع طبیعی کمک کنند. به‌ویژه، این سریال‌ها سبب می‌شوند مردم نسبت به تلاش‌های نیروهای حفاظتی احساس همدردی و حمایت بیشتری داشته باشند. با این حال، رسانه‌های داخلی کشور در این زمینه ضعیف عمل کرده‌اند که نیاز به اطلاع‌رسانی گسترده‌تر از سوی سازمان‌های مربوطه احساس می‌شود. از سوی دیگر، به دلیل دیدگاه منفی برخی مردم نسبت به فعالیت‌های حفاظتی نیروهای منابع طبیعی که به باور ایشان مانع

استفاده مردم از جنگل‌ها می‌شود، لازم است در رسانه‌ها و سخنرانی‌های عمومی بر نقشی که این مأمورین برای حفاظت از طبیعت و تحویل آن به نسل‌های آینده ایفا می‌کنند، تأکید شود. همچنین اگر آموزش‌های اداره کل منابع طبیعی و برنامه‌های آگاهی‌دهی بیشتری در نمازجمعه‌ها و سخنرانی‌های رؤسای سازمان‌ها به موضوعات محیط‌زیست و قاچاق چوب اختصاص یابد، می‌تواند به افزایش آگاهی عمومی و تقویت همکاری‌ها کمک کند.

نتیجه‌گیری

به باور مصاحبه شوندگان عملکرد سازمان منابع طبیعی در مبارزه با قاچاق چوب موفقیت‌آمیز و قابل‌قبول ارزیابی می‌شود، به ویژه از زمانی که تعداد شرکت‌های حفاظتی از سال ۱۳۹۷ افزایش یافته است. به سخنی دیگر، افزایش شرکت‌ها به بهبود نظارت و حفاظت از منابع طبیعی منجر شده است. البته همان‌طور که پیشتر بیان شد به دلیل محلی بودن مصاحبه و انجام مصاحبه در یک منطقه خاص، نتایج به دست امده را نمی‌توان به کلّیّت جنگل‌های شمال تعمیم داد. با این حال، برای ارتقای کیفیت اقدامات حفاظتی، پیشنهاد می‌شود که آموزش‌های تخصصی برای نیروهای حفاظتی برگزار شود تا با دانش و مهارت‌های لازم برای مقابله با قاچاق چوب و حفاظت از جنگل‌ها مجهز شوند. همچنین لازم است انتخاب نیروهای حفاظتی به دقت انجام گیرد و افراد شایسته، متعهد و دارای اخلاق حرفه‌ای به کار گرفته شوند. در ادامه نکات کلیدی که توسط مصاحبه شوندگان بازگو و توسط پژوهشگران جمع‌بندی شده است به شرح زیر فهرست می‌شود:

۱- چالش‌های ناشی از اجرای طرح تنفس:

- اجرای طرح تنفس بدون در نظرگرفتن معضل قاچاق، سبب افزایش مشکلات شده است.
- اِعمال محدودیت بر قطع در مستثنیات (املاک خصوصی) فشار بیشتری به مالکان وارد کرده و برخی از آن‌ها را به سمت اقدامات غیرقانونی سوق داده است.
- لغو طرح‌های بهره‌برداری جنگل موجب شد که بسیاری از افراد شاغل در این بخش که تخصص دیگری نداشتند، به سمت قاچاق چوب روی بیاورند.

۲- سیاست‌های نوین و مثبت در مقابله با قاچاق چوب:

- استفاده از شرکت‌های حفاظتی از سال ۱۳۹۷ و به‌کارگیری مردم محلی برای گزارش‌دهی قاچاق چوب، از موفق‌ترین سیاست‌ها بوده است.
- افراد محلی به‌عنوان گزارش‌دهنده، نقش مؤثری در پیشگیری از قاچاق ایفا کرده‌اند.

۳- نیاز به بازنگری در سیاست‌گذاری‌ها:

- سیاست‌های جدید باید وضعیت سیاست‌های قبلی را تعیین تکلیف کنند تا تناقض و سردرگمی‌ها کاهش یابد.
- عدم پیش‌بینی مشکلات اجرایی از جمله معضل قاچاق در تدوین و اجرای سیاست‌ها سبب ایجاد چالش‌های متعدد شده است.
- بازنگری در قوانین و سیاست‌های مرتبط با یگان حفاظت منابع طبیعی و جنگل به‌ویژه در زمینه قاچاق چوب لازم است.

۴- لزوم اصلاح قوانین و مقررات مرتبط با قطع درختان:

- امکان استفاده قانونی از درختان موجود در باغ‌ها و محاوط افراد به‌ویژه از طریق صدور مجوزها و استفاده از چکش‌های نشانه‌گذاری فراهم شود.
- ممنوعیت‌های سخت‌گیرانه و اجرای بخشنامه‌هایی مانند ممنوعیت کامل چکش‌زنی، نه‌تنها تأثیری در کاهش قاچاق نداشته بلکه آن را تشدید کرده است؛ بنابراین لازم است بازنگری شود.

۵- پیشنهادات کاربردی:

- اجرای دوباره طرح‌های بهره‌برداری جنگل به‌صورت قانونی و مدیریت شده.
- ایجاد فرصت‌های شغلی برای قاچاقچیان سابق مانند فعالیت‌های پیمانکاری یا حفاظتی.
- تخصیص امکانات بهتر به یگان حفاظت منابع طبیعی برای ارتقای عملکرد.
- تدوین سیاست‌های واقع‌بینانه، مبتنی بر تحلیل دقیق معضلات و شفاف‌سازی قوانین، همراه با همکاری مردم محلی و ارتقای زیرساخت‌ها.

سپاس‌گزاری

یافته‌های این پژوهش برگرفته از مصاحبه با مأمورین واحد منابع طبیعی رستم‌آباد وابسته به اداره منابع طبیعی شهرستان رودبار واقع در استان گیلان است که بدین وسیله از ایشان سپاس‌گزاری می‌شود.

منابع

بیرانوند، ا. عسگری، م. جوانمیری پور، م. خاکی پور، ل. اعتماد، و. (۱۴۰۲). بررسی دلایل و عوامل قاچاق چوب‌های جنگلی در شمال ایران، مجله جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ۱۵(۱): ۵۱-۳۵.

پورعزت، ع. ا.، و کاوسی، ر. (۱۳۹۹). روش پژوهش کیفی با کاربست نرم افزار NVIVO، انتشارات کتاب مهربان، تهران، ۱۶۰ ص.

ساروخانی، ب. (۱۳۸۰). روش‌های تحقیق در علوم اجتماعی، انتشارات پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۵۴۴ ص.

شامخی، ت. (۱۳۹۷). قوانین و مدیریت منابع طبیعی (جنگل‌ها و مراتع). چاپ سوم، موسسه انتشارات دانشگاه تهران، ۶۰۰.

عراقی، ع.، کریمی، ع.، غمامی، م.، تقی زاده انصاری، م.، و شمس، ا. (۱۳۸۴). مطالعه تطبیقی نظام حقوقی جنگل‌ها و مراتع، ۹۸ ص.

کریمی، ص. و نصر، ا. ر. (۱۳۹۱). روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌های مصاحبه، مجله پژوهش، ۴ (۱): ۹۴-۷۱.

مرادی، غلامحسین. (۱۴۰۰). بررسی غنای گیاهان چوبی جنگل‌های شمال ایران و جنگل‌های معتدله پهن‌برگ اروپای مرکزی، فصلنامه انسان و محیط زیست، ۱۹(۲): ۹۰-۷۵.

مهدوی، ع. غلام حسینی، م. و سلاورزی، م. (۱۴۰۱). ارزیابی و تحلیل عوامل موثر بر قاچاق چوب سوخت و زغال در جوامع محلی زاگرس مرکزی، استان ایلام، مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۱۳ (۱): ۸۳-۹۶.

قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۵۸). قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران.

قانون برنامه ششم توسعه. (۱۳۹۶). مجلس شورای ایران، انتشارات مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

Erdoğan, S., Demircan Çakar, N., Ulucak, R., and Danish, Y. K. (2020). The role of natural resources abundance and dependence in achieving environmental sustainability: Evidence from resource-based economies. Sustainable Development, 29(1): 143–154.

The viewpoint of forest security unit officers on timber smuggling (case study: Rostam abad natural resources unit, Guilan)

F. Daliri[1], R. Naghdi[2], H.R. Afrand Sorkhani[*3], S. Zirakpour Navi[4] and I. Khosravi[5]

1- M.Sc. Student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
2- Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some Sara, Iran.
3- Ph.D. of Socioeconomic Issues of Forest, University of Tehran, Karaj, Iran.
4- M.Sc. of Forest Management, University of Tehran, Karaj, Iran.
5- Ph.D. Student of Agricultural Extension and Education, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

After the approval of the law called the cessation of timber exploitation from forest trees, the shortage of wood production, demand of wood industry, increase of wood price, along with the livelihood issues of local people and the greed of some individuals, have exposed forests to serious dangers such as timber smuggling. The present study attempts to examine the perspectives of officers of the Rostamabad Natural Resources Unit in dealing with timber smuggling, using open and semi-structured group interview techniques. The interview was recorded and registered in Word software and analyzed with NVivo software. From the perspective of the Forest Security Unit, the most important reason for resorting to smuggling is the high profits from selling smuggled timber. Also, the lack of organizational transportation and the lack of legal protection against smugglers are among the most important challenges for the officers. In their opinion, spreading a culture of respect to environment, seeking help from local people, making belonging to forest in forest dwellers, and being aware of the heavy fines for timber smuggling are the most important social and cultural solutions to combat this crime. Also, the main policy to combat timber smuggling has been stated to be inter-sectoral cooperation between organizations. According to interviewees, the performance of the Natural Resources Organization in combating timber smuggling is considered successful and acceptable, especially after the increase in the number of Security companies since 2018. Finally, the research concludes that the challenges arising from the implementation of the cessation of timber exploitation plan, new and positive policies in combating timber smuggling, the need to review policies and to amend laws related to tree felling are among the most important solutions to combating timber smuggling in the forests of southern Guilan province.

Keywords: Crime of timber smuggling, Group interview, Forest Security company, law on cessation of exploitation.

* Corresponding author Tel: +98 9112382026 Email: afrand@ut.ac.ir

عوامل حقوقی – قانونی معضل قاچاق چوب از نظر قاچاقچیان غرب مازندران

حسن ایزک عبداللهی[۱]، رامین نقدی[۲]، حمیدرضا افرند سرخنی[۳*] و سجاد زیرک‌پور ناوی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۳- دکتری مسائل اجتماعی و اقتصادی جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۴- کارشناس ارشد مدیریت جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

قاچاق چوب یکی از چالش‌های محیط زیستی است که به عوامل حقوقی، معیشتی، اجتماعی- اقتصادی و فرهنگی مرتبط است. در نظام حقوقی ایران، جنگل‌ها به‌عنوان انفال تحت مدیریت دولت قرار دارند، اما ضعف در اجرای قوانین و وجود شکاف‌های قانونی به فعالیت‌های غیرقانونی دامن زده است. این پژوهش با هدف بررسی دیدگاه‌های قاچاقچیان چوب در شهرستان‌های تنکابن، رامسر و چابکسر انجام شده است. پژوهش براساس روش کیفی با نمونه‌گیری هدفمند و تکنیک گلوله برفی و تحلیل داده‌ها براساس مراحل تحلیل مضمون صورت گرفت. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که ابزارهای قانونی مانند الزام به گواهی حمل قانونی و جریمه‌های سنگین تأثیر بازدارنده‌ای داشته‌اند، اما برخی گونه‌های درختی همچنان در معرض قاچاق قرار دارند. این پژوهش عواملی مانند قوانین ناعادلانه، محدودیت‌های معیشتی و شکاف‌های نظارتی را شناسایی و سیاست های سختگیرانه‌ای مانند تقویت نظارت و ایجاد ایستگاه‌های بازرسی چوب را به عنوان راه حل معرفی می‌کند. نتایج پژوهش چشم‌اندازی را برای پیشگیری از قاچاق چوب و حفاظت از جنگل ها ارائه می‌کند و تلاش می‌کند دانش موجود در این زمینه را ارتقا دهد.

واژگان کلیدی: جرم قاچاق چوب، عوامل حقوقی - قانونی، دیدگاه قاچاقچیان، تحلیل مضمون.

مقدمه

پس از استقرار نظام جمهوری اسلامی ایران و تمرکز بیشتر قوانین بر آرای فقهی، اصطلاح «انفال» وارد فرهنگ حقوقی ایران شد. بر این اساس جنگل‌ها و مراتع متعلق به عموم بوده و جزء مشترکات عمومی محسوب شده، اصولاً قابل تملک خصوصی نیستند و دولت نیز مالک آن‌ها شمرده نمی‌شود (آن‌گونه که مثلاً مالک اموال دولتی است)، بلکه تنها می‌تواند براساس مصالح عمومی آن‌ها را اداره نماید. به این ترتیب جنگل در نگاه فقه اسلامی مطابق آیه اول سورهٔ انفال، مالک خصوصی نداشته و برای استفادهٔ عموم در اختیار حکومت اسلامی است. از این رو حقوق محیط زیست از نظر الهیات محیط زیستی شایسته رعایت، حمایت و پاسداشت است (عراقی و همکاران، ۱۳۸۴).

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۲۳۸۲۰۲۶ ایمیل: afrand@ut.ac.ir

در گفتمان محیط زیستی ایران که تحت تأثیر عوامل انسانی، طبیعی، عقلانی و احساسی است باید در نظر داشت که مردمان بسیاری در جنگل و یا در جوار آن زندگی می‌کنند و از نظر امرار معاش به آن وابسته‌اند. از این رو برابر تبصره سوم ماده چهار قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع کشور مصوب ۱۳۴۶، جنگل‌نشینان و ساکنین دهکده‌های مجاور جنگل برای تهیه هیزم، از درخت‌ها و شاخه‌هایی کـه سازمان منابع طبیعی مناسب بداند از دریافت پروانه معاف هستند. همچنین در این قانون اگرچه درباره مصارف روستایی، قطع اشجار در محوطه خانه‌های روستایی، انداختن درخت بدون پروانه و استفاده از درخت‌های افتاده جنگلی برای مالکین آن‌ها پس از معاینه و گواهی مأمور جنگلبانی، احکامی مقرر شده، اما پیرامون حمل چوب، هیزم و زغال حاصل از چوب جنگلی حکمی وجود ندارد. در نتیجه این امر موجب می‌گردید تا این عمل ذیل عناوین چالش برانگیز معاونت در ارتکاب جرم طبق قانون کیفر عمومی بررسی و تحلیل شده و یا این که حمل‌کننده چوب و هیزم، الزاماً مالک و تهیه کننده محسوب و مشمول مادۀ ۴ آن قانون شده و مجازات شود (محسنی، ۱۳۹۶).

در حقوق ایران، سیاست جنگل، قانونگذاری را در مسیر حفظ، احیاء، توسعه و بهره‌برداری جنگل‌ها و مراتع پیش می‌برد. در این راستا پیش‌بینی مجازات برای متخلفان سوءاستفاده‌ها و تخلفات احتمالی یکی از راه‌حل‌های تأمین سیاست یاد شده است (عراقی و همکاران، ۱۳۸۴). از سوی دیگر انسان به درستی از جنگل که یک منبع طبیعی تجدیدپذیر است حفاظت نکرده و بخش زیادی از آن را از بین برده است. این تخریب عمدتاً از طریق قطع یکسره برای کشاورزی و تأمین هیزم برای سوخت صورت گرفته است. مورد دوم که به بحران چوب هیزمی در جهان معروف شده است به تنهایی مسئول نصف قطع چوب در جهان و ۸۰ درصد قطع چوب در کشورهای فقیر است (میلر، ۱۳۹۱). البته در ایران به دلیل وجود منابع سرشار نفت و گاز (BP, 2018)، نیاز به چوب سوختی به شدت کاهش یافته، ولی مصارف روستایی برای ساخت سراها، حصارکشی زمین‌ها و البته فروش غیرقانونی چوب از طریق قاچاق همچنان در حال وقوع است (افرند، ۱۴۰۲؛ Ghanbari et al., 2021). برای نمونه و برابر پژوهشی که توسط مهدوی و همکاران (۱۴۰۱) انجام شده است:

> در برخی مناطق مانند ایلام تا حدود ۳۰ درصد از ساکنین مناطق روستایی حاشیه جنگل به قاچاق چوب و تهیه زغال می‌پردازند که به‌عنوان عامل اصلی قطع درختان و تخریب جنگل‌ها در آن منطقه شناسایی شده است؛ بر این اساس عامل اقتصادی- معیشتی با بیش از ۶۲ درصد، عامل حقوقی- قانونی با حدود ۱۱ درصد و عامل اجتماعی- فرهنگی با بیش از ۹ درصد، به‌ترتیب مهمترین عوامل در بررسی نگرش و عوامل موثر بر زغال‌گیری معرفی شده‌اند.

قاچاق چوب، دارای عوامل مختلفی است. از این رو بررسی دیدگاه‌های قاچاقچیان چوب می‌تواند، چشم‌انداز جدیدی را در زمینه پیشگیری از قاچاق در جنگل از طریق بررسی عوامل مختلف بگشاید. از سوی دیگر در پژوهش‌هایی که به‌طور معمول در چنین موضوعاتی مورد بررسی قرار می‌گیرند، جامعه آماری اغلب شامل کلیه ساکنین یک منطقه روستایی- جنگلی و یا کارشناسان منابع طبیعی است. اما پژوهش حاضر تلاش می‌کند از طریق هدف‌گذاری جامعه آماری و منحصر کردن آن به قاچاقچیان دستگیر شده و یا آنانی که حاضر به همکاری و مصاحبه هستند، دریچه‌ای به سوی جنبه‌های تاریک معضل قاچاق و اقتصاد پنهان مرتبط با آن بگشاید. از این رو پژوهش حاضر در نظر دارد با بررسی دیدگاه‌های قاچاقچیان در مورد قاچاق چوب، دانش مرتبط را در این زمینه ارتقاء داده، شرایط اجتماعی، اقتصادی، حقوقی و قانونی مرتبط با معضل قاچاق را شناسایی کرده و راه حل‌های مناسب را در پیشگیری از آن معرفی نماید.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

با اتکا به مؤلفه‌هایی از جمله اشتغال پژوهشگر به سمت مأمور یگان حفاظت در اداره منابع طبیعی شهرستان تنکابن، قرابت فرهنگی و زبانی پژوهشگر با منطقه و شهرستان‌های همجوار، دسترسی به قاچاقچیان دستگیر شده و امکان مصاحبه با ایشان، شهرستان‌های تنکابن، رامسر و چابکسر برای برای انجام این پژوهش انتخاب شد.

روش پژوهش

در تحقیقات کیفی میدانی، از روش نمونه‌گیری غیراحتمالی و مبتنی بر هدف استفاده می‌شود. به این معنا که نمونه‌ها نه براساس شانس، بلکه با توجه به هدف خاصی انتخاب می‌شوند. در نمونه‌گیری هدفمند، پژوهشگر به طور آگاهانه و هدفمند افرادی را برای مشارکت در پژوهش انتخاب می‌کند که دارای شناخت عمیق، تجربه کافی و اطلاعات مرتبط با موضوع تحقیق هستند. همچنین، این افراد باید انگیزه و تمایل کافی برای مشارکت در پژوهش داشته باشند. روش نمونه‌گیری غیراحتمالی و هدفمند شامل تکنیک‌های متعددی است که یکی از آن‌ها روش نمونه‌گیری گلوله برفی یا زنجیره‌ای است. این روش به گونه‌ای طراحی شده است که از طریق مشارکت کنندگانی که دارای اطلاعات مرتبط هستند، افراد دیگری که دارای شناخت کافی در زمینه مورد نظر می‌باشند، معرفی شوند. در این تکنیک، ابتدا تعدادی از افراد کلیدی و برجسته در زمینه پژوهش شناسایی و مورد بررسی قرار می‌گیرند. سپس با توصیه و معرفی این افراد، نمونه‌های بعدی انتخاب شده و مراحل تحقیق و مصاحبه با آن‌ها انجام می‌شود. در نتیجه، هسته اولیه پژوهش به تدریج و با هر مرحله از این فرآیند گسترش می‌یابد؛ به گونه‌ای که همانند گلوله برفی که با غلتیدن بر روی سطح برفی بزرگ‌تر می‌شود، دامنه نمونه‌های تحقیق نیز به مرور افزایش می‌یابد. این تکنیک معمولاً در شرایطی به کار می‌رود که امکان تهیه یک چارچوب نمونه‌گیری مشخص وجود ندارد و در عین حال، اعضا و افراد نمونه نسبت به یکدیگر شناخت دارند. فرایند نمونه‌گیری تا زمانی ادامه می‌یابد که دیگر فرد یا نمونه جدیدی معرفی نشود (ازکیا و دربان آستانه، ۱۳۸۹) یا اطلاعات حاصل از این افراد تکراری شده و داده جدیدی به دست نیاید که به آن اشباع داده‌ها گفته می‌شود. لازم به ذکر است که در این نمونه‌گیری، به‌دلیل محدودیت‌هایی که برای قاچاقچیان در معرفی همکاران خود وجود دارد، نمی‌توان تنها به این روش اکتفا نمود؛ زیرا برخی از آن‌ها تمایلی به معرفی افراد دیگر ندارند. برای غلبه بر این محدودیت، محقق با افرادی که دستگیر می‌شوند، مصاحبه می‌کند. این افراد به دلیل اینکه مصاحبه‌ها در چارچوب یک تحقیق علمی انجام می‌شود و با در نظر گرفتن مساعدت‌هایی که از سوی پژوهشگر و اداره منابع طبیعی به شکلی غیر رسمی برای آن‌ها فراهم می‌شود، حاضر به همکاری و ارائه اطلاعات مورد نیاز می‌باشند. بدین ترتیب، فرایند نمونه‌گیری پژوهش مذکور به ترتیب روند معرفی شده در بالا پیش می‌رود.

اشباع شدن نمونه‌ها

به‌طورکلی، در پژوهش‌های کمی، حجم نمونه‌ها از پیش و با استفاده از محاسبات و قوانین آماری دقیق تعیین می‌شود. اما در مطالعات کیفی، حجم نمونه‌ها به‌طور دقیق مشخص نیست. در این نوع پژوهش‌ها، فرآیند جمع‌آوری داده‌ها تا زمانی ادامه می‌یابد که دیگر اطلاعات جدیدی به دست نیاید یا داده‌ها شروع به تکرار کنند. به‌عبارت دیگر، هنگامی که داده‌های به‌دست‌آمده تکراری می‌شوند و اطلاعات یا افراد جدیدی به دست نمی‌آیند، این وضعیت به اشباع نمونه‌ها اشاره دارد که در

پژوهش‌های کیفی به آن اشباع نظری[1] یا اغناء گفته می‌شود. بنابراین در مطالعات کیفی، نمونه‌گیری تا زمانی ادامه دارد که نمونه‌های انتخاب شده بتوانند اطلاعات جدید و غیرتکراری را به پژوهشگر ارائه دهند. اشباع نظری کلید دستیابی به روایی و پایایی تحقیق کیفی است. نقطهٔ اشباع نظری که در آخرین مرحلهٔ کدگذاری نظریهٔ بنیادی، یعنی کدگذاری انتخابی، رخ می‌دهد تبیین کننده نظریهٔ بنیادی است. کدگذاری انتخابی شامل یکی از کدهای محوری به مثابه مفهوم اصلی برای پژوهشگر است. براساس این کدمحوری، اهداف و ایده‌های پژوهشگر جستجو می‌شود. روند کدگذاری باز، محوری و انتخابی سبب می‌شود تا دلایل و شواهد اعتبار تحقیق روشن شود. (حبیبی و جلال نیا، ۱۴۰۱).

تحلیل داده‌های کیفی

تحلیل کیفی داده‌ها از طریق مراحل شش‌گانه تحلیل مضمون Braun and Clarke (2006) به ترتیب زیر انجام می‌شود:

۱- آشنایی با داده‌ها و استخراج مفاهیم

در تحلیل مضمون چه محقق خود داده‌ها را جمع‌آوری کرده باشد و چه داده‌های پژوهش در اختیار محقق قرار گرفته باشد؛ می‌بایست مطالعه فراوان و مرور مکرر داده‌ها به روشی فعال و غوطه‌وری در داده‌ها انجام شود و با توجه به معانی و الگوهای مستتر در داده‌ها، مفاهیم[2] استخراج شوند. داده‌های این پژوهش، متن پیاده شدهٔ مصاحبه‌ها و یادداشت‌های میدانی محقق و مفاهیم گزاره‌هایی از آن‌ها هستند که به گونه‌ای با عوامل اقتصادی - معیشتی، عوامل حقوقی - قانونی و عوامل اجتماعی - فرهنگی قاچاق چوب از دیدگاه قاچاقچیان ارتباط دارند. به عبارتی دیگر ابتدا در مرحلهٔ اول از طریق مصاحبه باز با چند قاچاقچی اطلاعات اولیه‌ای به‌دست آمد و سپس با استفاده از این اطلاعات و یافته‌های به‌دست آمده از بررسی اسنادی اقدام به طراحی تعدادی سوال و پرسش آن‌ها از قاچاقچیان شد. در ادامه با مرور مکرر متن مصاحبه‌ها، ایده‌ها و مطالب مرتبط آنها در زمینهٔ قاچاق چوب به‌طور کلی یا در ارتباط با عوامل اقتصادی - معیشتی، عوامل حقوقی - قانونی و عوامل اجتماعی - فرهنگی قاچاق چوب، شناسایی شده و بخش‌های مرتبط با آن‌ها موسوم به "مفاهیم" استخراج شدند.

۲- تولید کدهای اولیه

در این مرحله مفاهیم مشابه با یکدیگر ادغام شده و برچسب‌های توصیفی قابل فهمی را ایجاد می‌کند که به آنها کد گفته می‌شود. به‌عبارتی این مرحله، نیازمند تولید کدهای اولیه (codes) از داده‌ها می‌باشد. کد غالباً یک کلمه یا عبارت کوتاه است که به طور نمادین صفتی خلاصه، جامع، برجسته و ماهیت‌دار دارد و مفاهیم را به قسمت‌های قابل‌فهم و قابل استفاده تبدیل می‌کند.

۳- جستجو و شناخت مضامین

بعد از اتمام کدگذاری، فهرستی طولانی از کدهای مختلف در مجموعه داده‌ها شناسایی و تهیه شد. در این مرحله، تحلیل در سطح وسیعی از کدها متمرکز و کدهای مختلف در قالب مضامین[3] بالقوه، مرتب و دسته‌بندی شدند. مضمون یا تم،

1-Theoretical saturation
2-concepts
3-themes

نشان‌دهندهٔ اطلاعات مهمی درباره سؤالات و داده‌های تحقیق است که به‌عنوان الگویی، نکته جالبی درباره موضوع تحقیق بیان می‌کند. یعنی کدهای مشابه با یکدیگر ادغام شده و در قالب مضامین دسته‌بندی شدند که نشان‌دهندهٔ الگوی مشخصی در داده‌ها یا رابطهٔ علت و معلولی در آن‌ها یا صرفاً وجود نکتهٔ جالبی دربارهٔ موضوع تحقیق است.

۴- مرور و ترسیم مضامین

این مرحله شامل دو سطح بازبینی و تصفیه و شکل‌دهی به مضامین است. ابتدا با بازبینی و مرور اگر دو مضمون مجزا، یک معنی و مفهوم داشته باشند، با اتصال به یکدیگر مضمون واحدی تشکیل می‌دهند و بالعکس ممکن است مضامین تفکیک شوند. سپس با توجه به کدهای مرتبط با یک مضمون و نیز کلّیّت داده‌های کدگذاری شده، مضامین در گروه‌های مشابه و منسجمی دسته‌بندی شده و ارتباطات آن‌ها با یکدیگر برقرار شد تا نقشه‌های مضمونی[1] به دست آید. دسته‌بندی مضامین پژوهش حاضر براساس سؤالات، اهداف و مؤلفه‌های پژوهش صورت گرفت.

۵- تعریف و نام‌گذاری مضامین

در این مرحله به نقشه مضمونی، عناوین مشخصی اختصاص یافته که متناسب با محتوای آن‌ها و اهداف پژوهش است. نقشه‌های مضمونی رسم شده، اگرچه خود، تحلیل نیستند، اما ابزاری برای تحلیل هستند و به پژوهشگر کمک می‌کنند تا به درک عمیق‌تری از معانی متون برسد.

۶- تهیه و تدوین گزارش

مرحله پایانی زمانی شروع می‌شود که مجموعه کاملی از مضامین نهایی فراهم آمده باشد و امکان تحلیل و تدوین گزارش نهایی تحقیق، وجود داشته باشد. گزارش نهایی نه تنها باید شرح دقیق، مختصر، منسجم، منطقی و جالب برآمده از داده‌ها را در قالب مضامین، ارائه دهد، بلکه باید به سؤالات و اهداف تحقیق نیز بپردازد.

اعتبار یا روایی ابزار پژوهش

اعتبار به این معنی است که یافته‌های به‌دست آمده از مصاحبه‌ها تا چه اندازه بیانگر میزان اطمینان به دقت داده‌های اندازه‌گیری شده است. به‌طوری که یکی از وظایف بسیار مهم محقق در فرآیند گردآوری داده‌ها در تحقیق کیفی، لزوم توجه و حساسیت بسیار زیاد او نسبت به این نکته است که آیا آن‌چه که گردآوری می‌شود، واقعاً منعکس کننده دیدگاه و نقطه نظرات مشارکت‌کنندگان در تحقیق هست یا خیر؟ و بتواند این نقطه نظرات را به درستی استخراج و تفسیر نماید (فهام، ۱۳۸۶). از این رو در پژوهش حاضر از چندین روش برای این امر استفاده و اعتبار نمونه‌های تحقیق بررسی شد. به سخنی دیگر در تحقیقات کیفی، زمانی نمونه، شایسته اعتماد است که به جای استفاده از نمونه‌گیری تصادفی، از نمونه‌گیری هدفمند و یا به عبارتی غیراحتمالی و مبتنی بر هدف استفاده شود. نمونه‌گیری هدفمند مشخص می‌کند که با چه افرادی باید مصاحبه کرد (زیرک‌پور و همکاران، ۱۴۰۲). در ادامه اعتبار داده‌های تحقیق را نیز بررسی شد. به این ترتیب که داده‌ها هم‌زمان از دیدگاه‌های مختلف، زمان‌ها و مکان‌های مختلف، افراد و گروه‌های مختلف جمع‌آوری شده و ترکیبی از روش‌های

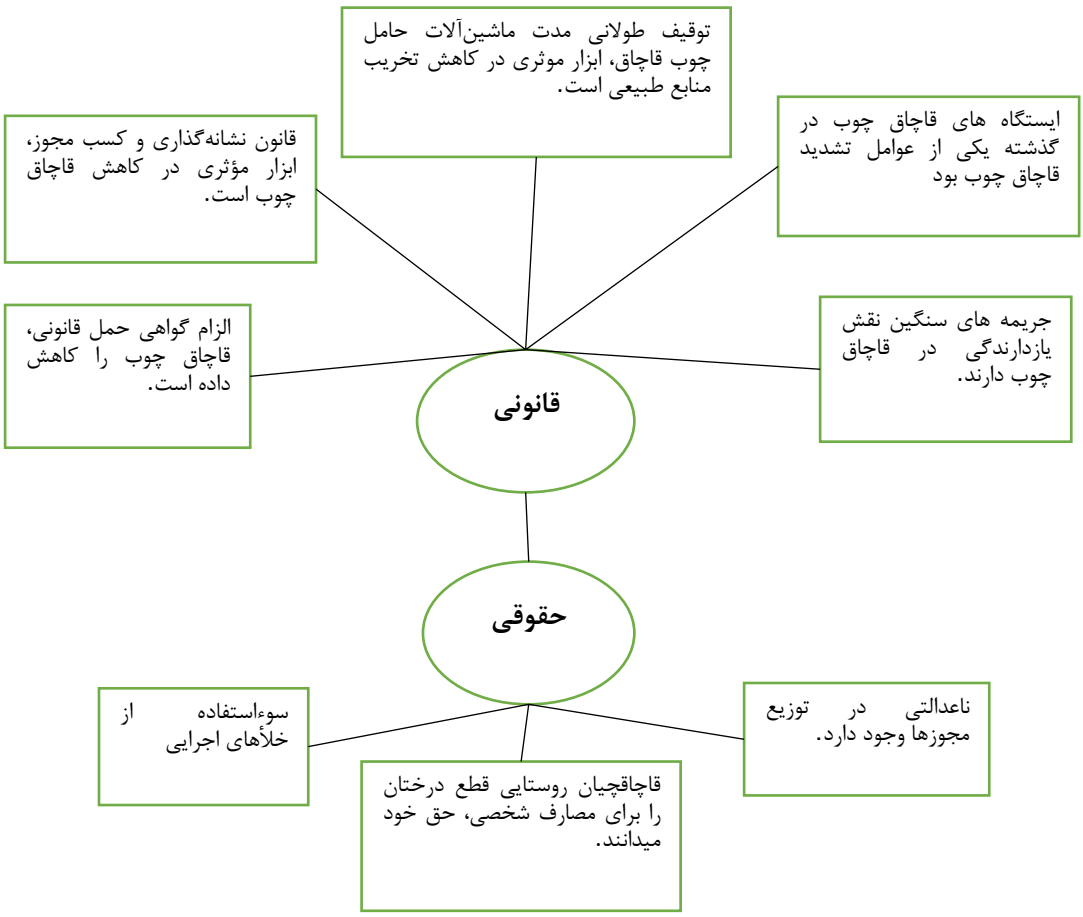
4- thematic maps

کیفی مانند مصاحبه، مشاهده و یا ترکیبی از روش‌های کمی و کیفی استفاده شد. همچنین در این زمینه بعد از طراحی سؤالات مصاحبه، اعتبار آن با استفاده از نظرات کارشناسان متخصص در این حوزه به دست آمد (فهام، ۱۳۸۶). از این رو برای طراحی سؤالات این پژوهش تلاش شد سؤالات با استفاده از گروه متخصصان مورد سنجش قرار بگیرد (معتمد و قربانی، ۱۴۰۰). همچنین اعتبار تحلیل داده‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گرفت؛ بدین ترتیب که از مضامین فراگیر و سازمان‌یافته، با مطالعه مبانی نظری، چارچوب نظری پژوهش، اهداف و سؤالات تحقیق استفاده شده و هم‌زمان از کدگذاران مستقل و گروه خبرگان نیز استفاده شد (زیرک‌پور و همکاران، ۱۴۰۱).

یافته‌ها

قاچاق چوب به عنوان یکی از انواع قاچاق‌های رایج در ایران، تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و حقوقی قرار دارد. در این مطالعه، عمده تمرکز بر جنبه‌های حقوقی و قانونی قاچاق چوب در شهرستان‌های تنکابن، رامسر و چابکسر قرار گرفته است. یافته‌ها نشان می‌دهند که قوانین موجود در ایران، با وجود تلاش‌هایی برای مقابله با قاچاق چوب، همچنان با چالش‌هایی جدی مواجه‌اند.

نقشه مضمونی (شکل ۱) نشان‌دهنده چالش‌های کلیدی در بخش حقوقی - قانونی قاچاق چوب است که به‌طور مستقیم به فعالیت‌های قاچاقچیان مرتبط می‌شود.



شکل ۱- نقشهٔ مضمونی بخشی از عوامل حقوقی – قانونی معضل قاچاق چوب از نظر قاچاقچیان

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که عوامل حقوقی و قانونی تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش یا تسهیل قاچاق چوب دارند. "ناعادلانه بودن توزیع مجوزها" و "وجود خلأهای اجرایی"، زمینه را برای گسترش فعالیت‌های غیرقانونی فراهم کرده است. قاچاقچیان از این شکاف‌ها سوءاستفاده کرده و با بهره‌گیری از شبکه‌های غیررسمی و مجاری غیرقانونی، فعالیت‌های خود را تسهیل می‌کنند. در مقابل، ابزارهای قانونی مانند "الزام گواهی حمل قانونی"، "قانون نشانه‌گذاری، و کسب مجوز قطع درختان" نقش به سزایی در محدود کردن این فعالیت‌ها داشته‌اند. به‌ویژه، "اِعمال جریمه‌های سنگین و توقیف ماشین‌آلات حامل چوب قاچاق" به‌عنوان ابزارهای بازدارنده، اثر قابل‌توجهی بر کاهش قاچاق داشته است. با این حال، برخی از گونه‌های درختی که تحت الزامات نشانه‌گذاری و کسب مجوز قرار ندارند، همچنان در معرض بهره‌برداری غیرقانونی قرار دارند. سیاست‌های محدود کننده مانند "ایجاد ایستگاه‌های چوب از سال ۱۴۰۱ و اعمال محدودیت‌های بیشتر از سوی اداره منابع طبیعی"، به کاهش قاچاق کمک کرده است. در گذشته، احداث ایستگاه‌های جدید بین سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱، با افزایش تعداد مراکز خرید غیرمجاز، قاچاق چوب را تسهیل کرده بود. اکنون با استقرار این ایستگاه‌ها، خریداران از همکاری با قاچاقچیان اجتناب کرده و فعالیت‌های قاچاقچیان به‌شدت کاهش یافته است.

از سوی دیگر، یافته‌ها نشان می‌دهند که در مناطق روستایی، برخی قاچاقچیان فعالیت‌هایشان را به‌عنوان حق طبیعی خود تلقی می‌کنند که این مسئله ناشی از تعارض میان قوانین رسمی و باورهای محلی و عرفی است. این افراد که اغلب نقش تاریخی در حفظ، احیا و نگهداری جنگل‌ها داشته‌اند، به دلیل محدودیت‌های قانونی و حذف سهمیه‌های سابق خود در بهره‌برداری از جنگل‌ها، دلسرد شده‌اند. علاوه بر این، "ناعدالتی در توزیع مجوزها" و عدم توجه به نیازهای معیشتی روستاییان موجب افزایش نارضایتی آن‌ها شده است. به‌طور کلی، در سال‌های اخیر، سخت‌گیری‌های قانونی، الزام نشانه‌گذاری درختان و کنترل دقیق‌تر بر فعالیت‌های غیرقانونی، موجب کاهش چشمگیر قاچاق چوب شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

بحث قاچاق چوب یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی و اقتصادی در کشورهایی با منابع طبیعی گسترده است. در شهرستان‌های تنکابن، رامسر و چابکسر، این مسئله ابعاد مختلفی دارد که تحلیل دیدگاه‌های قاچاقچیان و عوامل تأثیرگذار بر فعالیت‌های آنان می‌تواند زمینه‌ساز ارائه راهکارهای مؤثر برای کنترل این معضل باشد. قاچاق چوب در این مناطق صرفاً به دلایل اقتصادی و معیشتی محدود نمی‌شود. اگرچه تفاوت قیمت‌ها، مالیات و هزینه‌ها از محرک‌های اصلی این فعالیت به شمار می‌آید، بررسی‌ها نشان می‌دهد که قاچاق به‌شدت تحت تأثیر سیاست‌های محلی، ضعف قوانین و خلأهای اجرایی است (Gallien and Weigand, 2022). در برخی موارد، سیاست‌های ناکارآمد و نبود هماهنگی میان نهادهای مختلف، نه‌تنها مانع قاچاق نمی‌شوند، بلکه موجب تسهیل آن می‌شوند (Wajid et al., 2014).

یکی از دلایل عمده گسترش قاچاق چوب در مناطق شمالی ایران، ضعف نظارت و نبود ابزارهای قانونی کافی برای پیشگیری از این پدیده است. براساس مطالعات، ضعف در جرم‌انگاری قاچاق چوب و نظارت ناکافی بر مناطق جنگلی، موجب افزایش بهره‌برداری غیرقانونی شده است (Nikooy et al., 2022). همچنین اجرای ناقص قوانین مرتبط با جنگل‌داری و خلأهای قانونی سبب شده قاچاقچیان به‌راحتی از قوانین عبور کنند (Wajid et al., 2014). به‌عنوان مثال، در حقوق ایران، اگرچه برخی تسهیلات قانونی برای ساکنین جنگل‌نشین پیش‌بینی شده است، اما این تسهیلات گاهی به‌طور نادرست مورد سوءاستفاده قرار گرفته و به قاچاق چوب منجر شده است (محسنی، ۱۳۹۶).

دیدگاه قاچاقچیان نسبت به فعالیت‌های خود در مناطق روستایی نیز جالب توجه است. یافته‌ها نشان می‌دهد که برخی از آنان فعالیت‌های خود را به‌عنوان حق طبیعی خود می‌دانند و این مسئله ناشی از تعارض میان قوانین رسمی و باورهای محلی است. به‌ویژه، محدودیت‌های قانونی و حذف سهمیه‌های سابق بهره‌برداری از جنگل‌ها، دلسردی و نارضایتی روستاییان را در پی داشته است (Nikooy et al., 2022). این تعارض‌ها نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری باید نه‌تنها از منظر محیط زیستی، بلکه با در نظر گرفتن ابعاد حقوقی و قانونی نیز انجام شود. همچنین سیاست‌های محدودکننده مانند استقرار ایستگاه‌های خرید چوب در سال‌های اخیر تأثیر مثبتی بر کاهش قاچاق داشته است. به‌طور خاص، کاهش تعداد مراکز خرید غیرمجاز سبب شده خریداران از همکاری با قاچاقچیان اجتناب کنند و در نتیجه فعالیت‌های قاچاق کاهش یابد (Wajid et al., 2014). اعمال جریمه‌های سنگین و توقیف ماشین‌آلات حامل چوب قاچاق نیز به‌عنوان ابزارهای بازدارنده، اثربخشی قابل توجهی داشته است. بنابراین برای مقابله با قاچاق چوب در این مناطق، راه‌کارهایی مانند اصلاح قوانین، نظارت دقیق‌تر و ارتقای همکاری‌های بین‌سازمانی ضروری است. در این راستا، اِعمال جریمه‌های سنگین، الزام به کسب مجوز و تقویت ابزارهای قانونی مانند گواهی حمل قانونی می‌تواند از گسترش این معضل جلوگیری کند (عراقی و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین، هماهنگی و همکاری بین‌المللی برای مقابله با قاچاق چوب به‌عنوان یک مسئله جهانی امری ضروری است (Wajid et al., 2014). به‌طور کلی، با توجه به دیدگاه‌های مختلف قاچاقچیان و عوامل تأثیرگذار بر فعالیت‌های آنان می‌توان نتیجه گرفت که برخورد با قاچاق چوب نیازمند راه‌کارهای چندجانبه و برنامه‌ریزی بلندمدت است.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر در محدوده جغرافیایی غرب استان مازندران شامل شهرستان‌های تنکابن، رامسر و چابکسر و با همکاری ادارات منابع طبیعی این شهرستان‌ها و نیز تعدادی از قاچاقچیانی که حاضر به مصاحبه شدند انجام گرفت. بدین وسیله از ایشان قدردانی می‌شود. همچنین امید است این‌گونه تعاملات با افراد یاد شده منجر به پشیمانی ایشان و حفاظت موثرتر از جنگل‌ها شود.

منابع

ازکیا، م.، و دربان آستانه، ع.، (۱۳۸۹). روش‌های کاربردی تحقیق، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات کیهان: ۵۳۵ ص.

افرند سرخنی، ح. (۱۴۰۲). مطالعه تطبیقی حقوق جنگل و مرتع در ایران، فرانسه، ترکیه و آفریقای جنوبی، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۳۸۰ ص.

حبیبی، آ. جلال‌نیا، ر. (۱۴۰۱). پدیدارشناسی، انتشارات نارون دانش، ۱۰۹ص.

زیرک‌پور ناوی، س. عواطفی همت، م. حشمت الواعظین، س. م. (۱۴۰۱). ارزیابی کیفی نتایج اجرای برنامه جامع صیانت از جنگل های هیرکانی در استان گیلان، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۳۰(۳): ۲۷۶-۲۵۷.

زیرک‌پور ناوی، س. عواطفی همت، م. حشمت الواعظین، س. م. (۱۴۰۲). چگونگی ارزیابی اجرای برنامهٔ جامع صیانت از جنگل‌های شمال کشور در استان گیلان. نشریه جنگل و فرآورده های چوب, ۷۶(۳): ۲۸۳-۲۹۷.

عراقی، ع.، کریمی، ع.، غمامی، م.، تقی زاده انصاری، م.، و شمس، ا. (۱۳۸۴). مطالعه تطبیقی نظام حقوقی جنگل‌ها و مراتع، ۹۸ ص.

فهام، ا. (۱۳۸۶). بررسی عوامل مؤثر بر مشارکت روستاییان در جنگلداری روستایی (مطالعه موردی: غرب استان مازندران)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۳۹.

محسنی، ح. (۱۳۹۶). عدالت زیست محیطی و قاچاق چوب، هیزم و زغال جنگلی (نقد و بررسی مبانی رأی وحدت رویه شماره ۷۴۹ مورخ ۱۳۹۵/۰۱/۲۴)، مطالعات حقوقی کیفری و جرم شناسی، ۴(۱): ۱۰۹-۸۵.

معتمد، م.ک. و قربانی پیرعلیدهی، ف. (۱۴۰۰). ارزیابی طرح ساماندهی خروج دام از جنگل (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان رضوانشهر)، بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۹ (۱۷): ۲۹-۲۰

مهدوی، ع. غلام حسینی، م. و سلاورزی، م. (۱۴۰۱). ارزیابی و تحلیل عوامل موثر بر قاچاق چوب سوخت و زغال در جوامع محلی زاگرس مرکزی، استان ایلام، مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۱۳(۱): ۸۳-۹۶.

میلر، جی. تی. (۱۳۹۱). زیستن در محیط زیست، ترجمه دکتر مجید مخدوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سیزدهم، ۳۶۸ ص.

BP British Petroleum Company. (2018). Statistical Review of World Energy. In British Petroleum.

Braun, V., and Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77-101.

Ghanbari, S., Avatefi Hemmat, M., Shamekhi, T., and Nercissians, E. (2021). Women and Woods: The Provisioning of Forest Ecosystem Services Seite 95 138. Austrian Journal of Forest Science, 95–116.

Gallien, M., and Weigand, F. (2022). The routledge handbook of smuggling (p. 484). Taylor and Francis.

Nikooy, M., Hajatnia, M., Sotoudeh Foumani, B., and Mohammadi, E. (2022). Assessment of the log smuggling causes in Caspian forests, north of Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 20(2): 243-251.

Wajid, Z., Aziz, B., Iqbal, Z. (2014). Smuggling around the World: An Empirical Investigation of Causes and Indicators.

Legal and Regulatory Factors of Timber Smuggling: Perspectives of Timber Smugglers in west of Mazandaran

H. Izak Abdollahi[1], R. Naghdi[2], H.R. Afrand Sorkhani[*3] and S. Zirakpour Navi[4]

1- M.Sc. Student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
2- Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh-Sara, Iran.
3- Ph.D. of Socioeconomic Issues of Forest, University of Tehran, Karaj, Iran.
4- M.Sc. of Forest Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

Timber smuggling is an environmental challenge that is linked to legal, livelihood, socio-economic, and cultural factors. In Iran's legal system, forests are managed by the government as an Anfal, but weak law enforcement and legal loopholes have increased illegal activities. This research aimed to investigate the views of timber smugglers in the cities of Tonekabon, Ramsar, and Chabaksar. The research was conducted using a qualitative method with purposeful sampling and snowball technique, and data analysis was based on thematic analysis steps. Research findings show that legal tools such as requiring legal transport certificates and heavy fines have had a deterrent effect, but some tree species are still vulnerable to smuggling. This research identified factors such as unfair laws, livelihood constraints, and monitoring gaps, and introduced strict policies such as strengthening monitoring and establishing wood inspection stations as solutions. The research results provide a perspective for preventing timber smuggling and protecting forests and attempt to progress existing knowledge in this field.

Keywords: Timber smuggling crime, Legal and Regulatory Factors, Smugglers' perspective, Thematic analysis.

* Corresponding author Tel: +98 9112382026 Email: afrand@ut.ac.ir

چارچوب اصلاح قانون جامع جنگل ایران
(مطالعه تطبیقی حقوق جنگل ایران، فرانسه، ترکیه و آفریقای جنوبی)

حمیدرضا افرند سرخنی[1*]، محمد عواطفی همت[2]، تقی شامخی[3] و الهه محسنی[4]

۱- دکتری مسائل اجتماعی و اقتصادی جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- استادیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۴- استادیار، گروه حقوق خصوصی، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

چکیده

حقوق جنگل به‌دلیل ویژگی‌های متقاطع بسیار زیاد، دشواری تعادل در منافع چندگانه و لزوم حفاظت از محیط‌زیست توأم با برداشت منابع، در سالیان اخیر به‌سمت اطمینان از پایداری خدمات و تولیدات چندگانه زیست‌بوم‌های طبیعی و ارزش‌های زیبایی‌شناختی در حال گذار است. از این‌رو مجموعه‌ای از تصمیماتی که سیاست‌گذاران باید در درک قوانین جنگل اتخاذ کنند، برای حقوق‌دانان و سیاست‌گذاران هر کشوری دلهره‌آور است. با این حال قوانین جنگل بسیاری از کشورها اصلاح شده و یا در حال اصلاح است. در ایران تحولات سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و گذشت ۵۷ سال از تصویب قانون حفاظت و بهره‌برداری در سال ۱۳۴۶ در کنار تغییر نگرش و ارتقای دانش مدیریت و علوم مربوط به زیست‌بوم‌های جنگلی، به‌روزرسانی قوانین جنگل را اجتناب‌ناپذیر نموده است. فقدان قوانین جامع برای حفاظت از مناطق جنگلی موضوعی پیچیده است که تاکنون حل نشده است. در تهیه پیش‌نویس قوانین جدید جنگل یا اصلاح قوانین قدیمی، قانونگذاران اغلب به تجربه سایر کشورها توجه می‌کنند. در حالی که مطالعات تطبیقی مهمی در مورد روندهای اخیر حقوق جنگل انجام شده است، اما آن‌ها به‌ندرت راهنمایی عملی مستقیمی در مورد چگونگی ارزیابی قوانین مرتبط با جنگلداری و فرآیند بهبود آن ارائه می‌دهند. از این رو پژوهش حاضر با استفاده از دانش حقوق تطبیقی ابتدا کشورها و قوانین مناسب برای مقایسه را انتخاب و سپس با تطبیق قوانین و استخراج کلیه مفاهیم و موضوعات و دسته‌بندی آن‌ها، چارچوبی برای اصلاح قانون جامع جنگل ایران را در قالب ۱۴ محور پیشنهاد می‌کند. بر مبنای چارچوب یاد شده، این امکان فراهم می‌شود تا در آینده جزئیات مواد قانون یاد شده، تدقیق شده تا کلیه محورها، موضوعات و مفاد قانونی مرتبط با جنگل از قلم نیفتد و به‌روزرسانی‌های لازم نیز لحاظ شود.

واژگان کلیدی: قانون جامع جنگل، چارچوب قانون جنگل، حقوق تطبیقی، اصلاح قانون، نقشه قانون جنگل.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۲۳۸۲۰۲۶ ایمیل: afrand@ut.ac.ir

مقدمه

امروزه بحث پیرامون جنگل‌ها و روش‌های حفاظت و حمایت از آن، از گستره مرزهای داخلی فراتر رفته و بعدی فراملی یافته است. ملل جهان به این نتیجه رسیده‌اند که می‌بایست با فراهم آوردن مصوبه‌ها و اهرم‌های قانونی، دخالت‌های غیر مجاز در منابع طبیعی را کنترل و این منابع را به‌عنوان میراث آیندگان و بشریت مدیریت نمود (ابراهیمی، ۱۳۸۴). در نتیجه پس از برپایی کنفرانس ریو در سال ۱۹۹۲، بسیاری از کشورهای دنیا قوانین اداره جنگل‌خود را اصلاح کرده و یا در تلاش برای اصلاح آن هستند (Nugraheni, 2021). تدوین قوانین و مقرراتی که منظم‌تر، غیرهمپوشان و مساعدتر باشند نیازمند اصلاح قوانین و توجه به حکمرانی منابع جنگلی می‌باشد (Rusiana, 2022). پژوهش‌های بین‌المللی انجام شده توسط بانک جهانی بیان می‌دارد که قوانین و مقررات بخش منابع طبیعی به‌طور کلی در جهت توسعه پایدار حرکت می‌کنند و قوانین از اختصاص به بهره‌برداری صِرف، به‌سمت اطمینان از پایداری خدمات و تولیدات چندگانه زیست‌بوم‌های طبیعی همچون تولید کالاها و خدمات تنظیمی و اجتماعی و اقتصادی و حفظ منابع و ارزش‌های زیبایی‌شناختی گرایش داشته‌اند (Kiss et al., 2013). از این رو یکی از ابزارهای دستیابی به اهداف مذکور، نهاد حقوق است که در زمره ابزارهای اجباری دستیابی به اهداف سیاست‌ها طبقه‌بندی می‌شود (Krott, 2005).

حقوق جنگل مجموعه قواعد، قوانین، آئین‌نامه‌ها و تصویب‌نامه‌هایی است که موضوع‌های راجع به جنگل‌ها و فعالیت‌های مربوطه، حدود فعالیت سازمان‌های وابسته به جنگل‌ها و چارچوب و حدود دخالت‌های انسان‌ها، جوامع و سازمان‌ها را پوشش می‌دهد (میرزابیاتی، ۱۳۸۶). به باور دبیری و کیانی (۱۳۸۶)، هر چند نمی‌توان انتظار داشت اجرای قوانین، تمام مشکلات و معضلات جنگل‌ها و مراتع کشور را حل نماید، چرا که نقش عوامل دیگر از قبیل آگاه‌سازی مردم و نهادینه کردن این مقوله در فرهنگ و رفتارهای اجتماعی بسیار مهم و چشمگیر می‌باشد، ولی مسلماً پیشگیری و ممانعت، بدون وجود قواعد حقوقی الزام‌آور، میسر نخواهد بود. در ایران یکی از مهم‌ترین قوانین حوزه منابع طبیعی، قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع، مصوب سال ۱۳۴۶ است. این قانون برای تضمین حفاظت از منابع طبیعی، به برخی ضمانت‌های اجرای حقوقی و کیفری متوسل شده که به‌نظر می‌رسد در پاره‌ای از موارد نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای امروزی باشد (ایزدی‌خواه و گرجی فرد، ۱۳۹۴).

با توجه به گذشت ۵۷ سال از تصویب قانون اصلی جنگل ایران در سال ۱۳۴۶ و همچنین تحولات سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در نیم قرن اخیر، در کنار تغییر نگرش و ارتقای دانش مدیریت و علوم مربوط به زیست‌بوم‌های جنگلی و مرتعی، لزوم به‌روزرسانی قوانین و مقررات منابع طبیعی به‌شدت احساس می‌شود. ماده دوم قانون حفاظت و بهره‌برداری، حفظ، احیاء، توسعه و بهره‌برداری از جنگل‌ها، مراتع، بیشه‌های طبیعی و اراضی جنگلی ملی شده به‌عهده سازمان منابع طبیعی گذاشته شده و در ماده سوم این قانون نیز بر بهره‌برداری از منابع مذکور، مطابق طرح‌های مصوب در این سازمان تأکید شده است (دفتر حقوقی و بازرسی سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۳۸۰). یعنی قانون‌گذار اهمیت حفاظت، احیا و استفاده اصولی از منابع جنگلی و مرتعی را درک نموده و قوانین لازم را برای صیانت از این منابع تصویب کرده است. با وجود این‌که در سال‌های اخیر برخی قوانین، مانند قانون حفظ و حمایت از منابع طبیعی و ذخائر جنگلی کشور مصوب ۱۳۷۱، قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی، مصوب ۱۳۸۹ و برخی قوانین مقطعی دیگر به تصویب رسیده است، همچنان تدوین یک قانون جامع، منسجم و به روز شده که متضمن حفاظت، احیاء، توسعه و استفاده پایدار از منابع طبیعی کشور باشد، محقق نشده است. در مورد قوانین حفاظت و حمایت از منابع طبیعی در ایران باید توجه داشت که بسیاری از این قوانین ناکارآمد هستند. در این راستا قانون حفاظت و بهره‌برداری مصوب ۱۳۴۶، اگرچه پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در

جهت حفاظت منابع طبیعی می‌باشد، اما باید اذعان کرد که نیاز به اصلاحات عمده‌ای برای به‌روزرسانی دارد (ایزدی‌خواه و گرجی فرد، ۱۳۹۴).

در طول دهه گذشته، نگرانی‌های گسترده‌ای در مورد چگونگی تغییر حکمرانی محیط‌زیستی برای جلوگیری از فجایع قریب‌الوقوع مانند تغییرات اقلیمی، از دست دادن تنوع زیستی، نا امنی معیشتی و غیره پدید آمده است (Ojha et al., 2022). ضمن این‌که در سال‌های اخیر موج آگاهی‌های مربوط به اهمیت جنگل‌ها، در سراسر جهان رو به افزایش بوده (صالحی و حمایت خواه جهرمی، ۱۳۹۲؛ اسدی و مهرابی، ۱۳۹۷) و قانونگذار در ایران می‌بایست مطالبات افکار عمومی را نیز در فرآیند قانونگذاری لحاظ کند (زمانی، ۱۳۹۳)؛ چرا که جایگاه چنین موضوعاتی در قوانین جنگل ایران اغلب قدیمی و مبهم بوده و نیازمند به‌روزرسانی است (افرند و همکاران، ۱۴۰۱). به‌همین ترتیب در قوانین جاری ایران در بخش منابع طبیعی تجدید شونده، در رابطه با حق پرداخت به ازای خدمات زیست‌بوم[1]، قوانین و دستورالعمل‌های گردشگری، استفاده از سایر ظرفیت‌های اقتصادی محصولات غیر چوبی جنگل و موارد دیگر احکام مناسبی وجود ندارد و یا آن‌چنان که باید مورد تأکید قرار نگرفته است. همچنین به‌سبب متنوع بودن اوضاع و احوال محیط بر هر قضیه و پیشرفت‌های علمی و تحولات اجتماعی، گاه ممکن است بین واقعه پیش‌بینی شده به‌وسیله حقوق و واقعه عینی فاصله بیفتد یا سکوت مقررات موضوعه و یا حتی تعارض آن‌ها با عدالت واقعی حادث شود و همین امر منجر به ناکارآمدی مقررات حقوقی در آن مورد خاص شود (زارعی و همکاران، ۱۳۹۶).

از سوی دیگر به‌موجب ماده ۹ قانون مدنی: «مقررات عهودی که بر طبق قانون اساسی بین دولت ایران و سایر دول منعقد شده باشد، در حکم قانون است»؛ در نتیجه عهدنامه‌های مرتبط با منابع طبیعی و محیط‌زیست که جمهوری اسلامی ایران در گذشته به آن‌ها متعهد شده و یا در آینده بدان‌ها خواهد پیوست نیز در شمول قوانین عادی قرار می‌گیرد (کاتوزیان، ۱۳۹۶). یعنی در برخی موارد محتمل است، در حالی که توافقنامه، عهدنامه، کنوانسیون و یا هر تعهد بین‌المللی دیگر به‌صورت کلی مراحل رسمی تصویب، انتشار و تبدیل به قانون را طی کرده باشد، ولی هنوز جزئیات آن به‌صورت قوانین و مقررات جداگانه به تصویب نرسیده و یا احیاناً اجرا نمی‌شود.

همچنین در سده‌های اخیر سرنوشت کشورها چنان به هم تنیده شده است که هیچ دولتی نمی‌تواند جدای از دیگران باشد؛ پیشرفت‌های حیرت‌آور به‌دست آمده موجب شده هر دولتی برای حفظ حیات خود، ناگزیر سایر ملت‌ها را بشناسد و از عادات و رسوم و قوانین آن‌ها آگاه شود. به‌همین دلیل از اواخر سده نوزدهم، انجمن‌های گوناگونی برای ترویج روش حقوق تطبیقی به‌وجود آمده است (کاتوزیان، ۱۳۹۶). قطعاً امکان شناخت بهتر و دقیق و همه‌جانبه این حقوق جز از طریق مقایسه با سایر حقوق‌ها قابل دستیابی نیست. مطالعات تطبیقی می‌تواند در اصلاح و تدوین حقوق ملی چه در سطح قوه مقننه هنگام قانونگذاری و چه در سطح قوه مجریه هنگام وضع تصویب‌نامه‌ها، آئین‌نامه‌ها، بخشنامه‌ها و اجرای قانون، کمک بزرگی برای پیشگیری از اشتباهات قبلاً تجربه شده یا بهره‌گیری از ابتکارات و راه‌حل‌های نوین باشد (پروین، ۱۳۹۶).

فقدان قوانین جامع برای حفاظت از مناطق جنگلی موضوعی پیچیده است که تاکنون حل نشده است (Mundher et al., 2022). حقوق جنگل به‌دلیل ویژگی‌های متقاطع بسیار زیاد و دشواری‌های ایجاد تعادل در منافع چندگانه، بسیار پیچیده و مورد توجه خدمات توسعه حقوقی فائو[2] و گروه حقوق بین‌الملل توسعه پایدار اجتماعی و محیط‌زیستی بانک جهانی[3] بوده

1- Ecosystem
2- FAO Development Law Service
3- World Bank’s Environmentally and Socially Sustainable Development and International Law Group

است. برخلاف برخی از قوانین محیطزیستی، مانند قوانین مربوط به مناطق حفاظت شده، قانون جنگل باید حفاظت از محیطزیست را به‌طور همزمان با برداشت منابع ترکیب کند. همچنین باید تعهدات بین‌المللی مربوط به محیطزیست و تجارت را در نظر بگیرد. در نتیجه مجموعه‌ای از تصمیماتی که سیاست‌گذاران باید در درک قانون جنگل اتخاذ کنند، برای حقوق‌دانان و سیاست‌گذاران هر کشوری دلهره‌آور است. از این رو در تهیه پیش‌نویس قوانین جدید جنگل یا اصلاح قوانین قدیمی، قانون‌گذاران اغلب به تجربه سایر کشورها توجه می‌کنند. در حالی که مطالعات تطبیقی مهمی در مورد روندهای اخیر حقوق جنگل انجام شده است، اما آن‌ها به‌ندرت راهنمایی عملی مستقیمی در مورد چگونگی ارزیابی قوانین مرتبط با جنگلداری و فرآیند بهبود آن ارائه می دهند (Christy et al., 2007). با این حال برای دستیابی به یک حکمرانی خوب در زمینه جنگل‌ها و مراتع، تدوین و توسعه قوانین و مقررات الزام‌آور، ضروری بوده که دستیابی به آن می‌تواند با مطالعه تطبیقی قوانین کشورهایی که در این زمینه خوب عمل کرده‌اند تسریع شود (ابراهیمی، ۱۳۸۴). در نتیجه مطالعه تطبیقی قوانین جنگل کشورهای ایران، فرانسه، ترکیه و آفریقای جنوبی در این پژوهش می‌تواند یافته‌هایی را در اختیار قرار دهد و راه حل‌های قانونی کشورهای دیگر که قابلیت پیاده‌سازی دارند را شناسایی کرده تا چارچوبی برای تدوین قانون جامع جنگل برای استفاده در ایران و دیگر کشورهای دنیا ارائه شود.

مواد و روش‌ها

روش مورد استفاده در این پژوهش، حقوق تطبیقی است. براساس نوشته‌های زوایگرت و کوتس (۱۳۹۳)، در کتاب «درآمدی بر حقوق تطبیقی»، Van Hoecke (2015)، در مقاله «روش‌شناسی تحقیقات قانونی تطبیقی» و همچنین محسنی (۱۳۹۸)، در مقاله «روش‌شناسی حقوق تطبیقی» مشخص می‌شود که پژوهش در حقوق تطبیقی به‌طور کلی پنج مرحله اصلی دارد که از آن‌ها به‌عنوان **گام‌های پژوهش تطبیقی** یاد می‌شود؛ این گام‌ها عبارتند از:

(۱) انتخاب موضوع و تعیین حیطه تحقیق
(۲) توصیف
(۳) مقایسه
(۴) تبیین
(۵) ارزیابی و ارائه پیشنهادها

گام اول شامل انتخاب کشورهای مورد مطالعه و قوانین جنگل مورد استفاده و نیز تهیه نقشه پژوهش است که این گام در این پژوهش تشریح می‌شود. گام‌های دوم تا پنجم شامل نحوه مقایسه و تطبیق مواد قانونی است که به بررسی جزئیات مواد قانونی و ارائه پیشنهادات برای ایجاد یا اصلاح مواد قانونی می‌پردازد که به‌دلیل گستردگی محورهای قانونی به آن پرداخته نمی‌شود.

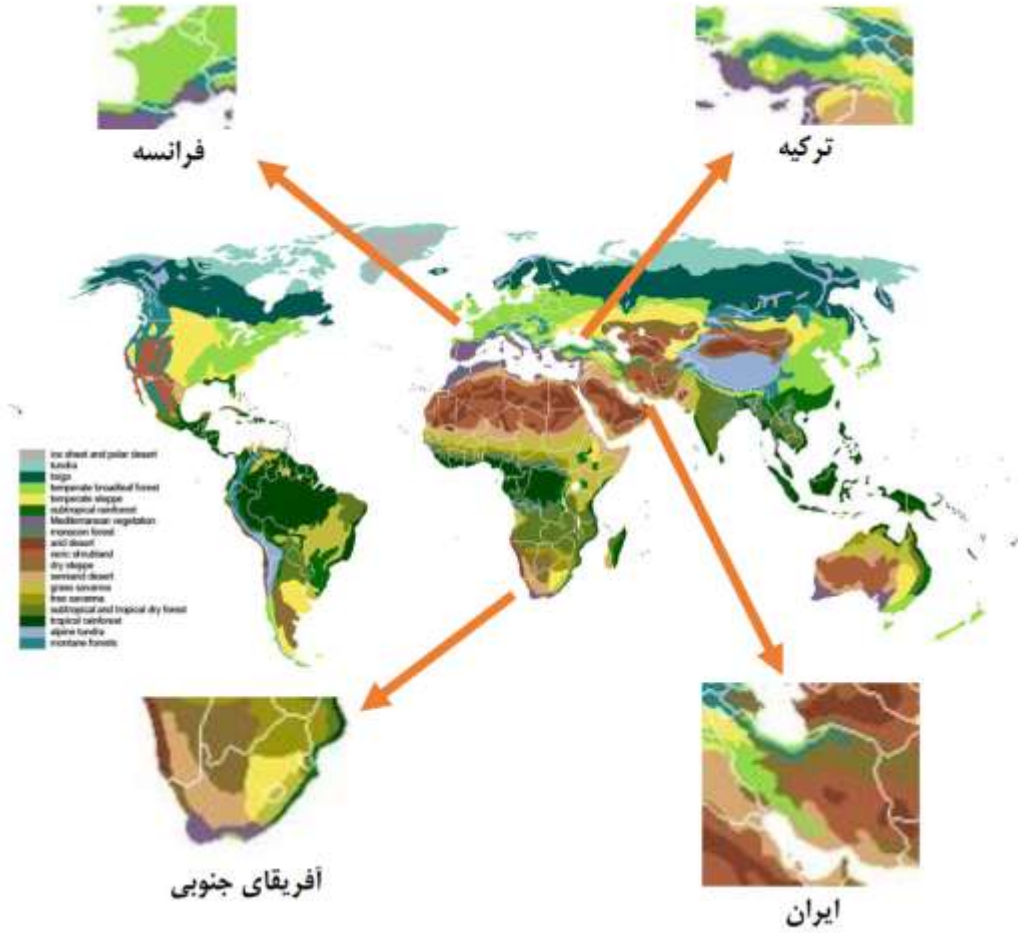
فرآیند انتخاب کشورهای مورد مطالعه

در حقوق تطبیقی برای انتخاب نظام و یا کشور مورد مطالعه می‌بایست هر آن‌چه که حقوق را تحت تأثیر قرار می‌دهد از جمله توجه به نظام اقتصادی، نظام سیاسی، مذهب، سابقه تاریخی، وضعیت جغرافیایی و اقلیمی، عوامل جمعیتی و غیره

بررسی گردد (شیروی، ۱۳۹۶؛ زوایگرت و کوتس، ۱۳۹۳). از این رو با الهام از توصیه حقوقدانان نام برده و با توجه به این نکته که برخلاف حقوق بین انسان‌ها، مشابهت در اقلیم، بیوم، پوشش گیاهی و معیارهای دیگر برای انتخاب نظام حقوقی و کشور مورد مطالعه اولویت دارد، در مرحله نخست به نقشه بیوم‌های زمینی جهان مراجعه شد. مشابهت اقلیمی و پوشش گیاهی کشورها، متعاقباً تیپ مشابهی از جنگل ایجاد خواهد کرد و این اشتراکات و شباهت‌ها تبعاً می‌تواند مسائل مشترکی را در اداره جنگل، حفاظت، احیا، استفاده پایدار و مسائل ناشی از آن به‌دنبال داشته باشد. در نتیجه کشورهای دارای مشابهت با ایران به‌ترتیب شرق به غرب انتخاب شدند:

۱- استرالیا، ۲- چین، ۳- هندوستان، ۴- قزاقستان، ۵- عراق، ۶ - ترکیه، ۷- سوریه، ۸- آفریقای جنوبی، ۹- تونس، ۱۰- فرانسه، ۱۱- اسپانیا، ۱۲- مراکش، ۱۳- ایالات متحده، ۱۴- مکزیک، ۱۵- آرژانتین.

شکل ۱ نقشه بیوم‌های زمینی جهان، موقعیت ۱۵ کشور نامزد و کشورهای منتخب (ایران، فرانسه، ترکیه و آفریقای جنوبی) را نشان می‌دهد.



منبع: Wikimedia

شکل ۱- نقشه بیوم‌های زمینی جهان و موقعیت کشورهای مورد مطالعه

در مرحله دوم، ۱۵ کشور ذکر شده از نظر متغیرهایی چون وسعت سرزمین، مساحت جنگل، نسبت جنگل، جمعیت و سرانه جنگل مورد بررسی قرار گرفتند. برابر اطلاعات جمع‌آوری شده از سایت FAO، برخی کشورها مانند استرالیا، چین، قزاقستان و ایالات متحده و از سوی دیگر کشورهایی مانند عراق، سوریه، تونس و مراکش اختلاف زیادی در متغیرهای یاد شده داشتند. بنابراین شانس این کشورها برای انتخاب کم شد.

در مرحله سوم، به وضعیت حاکمیتی ۱۵ کشور نامزد توجه شد. بر این اساس کشورهایی چون استرالیا، هندوستان، اسپانیا و ایالات متحده، به‌صورت فدرالی یا ایالتی اداره می‌شوند و قوانین در هر ایالت متفاوت است. در نتیجه کشورهای یاد شده از فرآیند انتخاب کنار گذاشته شدند.

در مرحله چهارم به زبان اصلی قانون و یا وجود ترجمه آن به انگلیسی توجه شد. در بین کشورهای باقیمانده، مکزیک و آرژانتین به‌دلیل اسپانیولی بودن زبان و نیز در دسترس نبودن ترجمه قانون به انگلیسی، از فرآیند انتخاب کنار گذاشته شدند. با این حال به‌دلیل تسلط دو نفر از اعضای تیم راهنمایی رساله به زبان فرانسه، کشور فرانسه برای این پژوهش انتخاب شد. از سوی دیگر به‌دلیل دسترسی آسان به مترجم زبان ترکی، کشور ترکیه نیز انتخاب شد. همچنین در بین کشورهای نامزد، زبان رسمی کشور آفریقای جنوبی انگلیسی است و به‌عنوان کشور آخر برای انجام این پژوهش انتخاب شد.

ایران

از آن‌جا که هدف این پژوهش فراهم آوردن پیشنهادهایی برای اصلاح قوانین و مقررات جنگل‌ها در ایران می‌باشد، بنابراین بدیهی است کشور نخست در فهرست انتخابی، «ایران» باشد و سه کشور دیگر براساس مشابهت‌های موجود با کشور ایران برای این مهم انتخاب شوند. ایران برابر گزارش برنامه توسعه ملل متحد، رتبه ۶۰ دنیا را دارد (UNDP, 2018).

فرانسه

از بین کشورهای توسعه یافته، کشور فرانسه با رتبه توسعه انسانی ۲۴ (UNDP, 2018)، برای این مطالعه انتخاب شد تا مسیر اصلاح قوانین جنگل ایران به‌سمت یک نظام حقوقی پیشرفته، مطالعه شده و توسعه یابد. از دیگر دلایل انتخاب این کشور، قدمت زیاد جنلگبانی، عملکرد مناسب در زمینه مدیریت پایدار جنگل‌ها و آشنایی اولیه تیم راهنمایی رساله با قوانین و سازمان‌های عهده‌دار مدیریت جنگل در فرانسه می‌باشد. فرانسه کشوری پیشرو در زمینه حقوق و قانونگذاری بوده و نیز قانون مدنی فرانسه الگویی برای قوانین تمامی کشورهای عضو خانواده حقوق رومی محسوب می‌شود (زوایگرت و کوتس، ۱۳۹۳). همچنین بسیاری از بنیان‌ها و آموزه‌های علوم جنگل ایران، وام‌دار دانش جنگل فرانسه بوده است؛ چنانچه بسیاری از بانیان علوم جنگل ایران در آن کشور تحصیل کرده و به‌تبع آن، در نظام آموزشی و اداری مدیریت جنگل ایران در بسیاری از موارد از این کشور الگوبرداری شده است. دلیل دیگر انتخاب کشور فرانسه آن است که در نظام حقوقی نوین ایران از نظام حقوقی کشورهای فرانسه و بلژیک الگوبرداری شده و قوانین ایران به سیاق کدهای ناپلئون تدوین شده‌اند (رفیعی، ۱۳۹۲).

ترکیه

کشور ترکیه با رتبه توسعه ۶۴ (UNDP, 2018)، دارای اشتراکات اقلیمی، تاریخی، فرهنگی و اجتماعی با ایران است. ترکیه عضو فرآیند کشورهای خاور نزدیک و همچنین فرآیند تهران می‌باشد. قرابت اکولوژیکی نزدیک بین ایران و ترکیه و همچنین قدمت بیشتر و عملکرد بهتر ترکیه در زمینه مدیریت جنگل‌ها، موجب انتخاب این کشور شد. همچنین از بین سه قانون

اصلی این کشور در زمینه جنگل‌ها، دو قانون (قانون احداث جنگل و قانون مرتع) به زبان انگلیسی و دیگری (قانون جنگل) به زبان ترکی در اختیار بود که البته در مورد آخر، متن انگلیسی نسخه مصوب سال ۱۹۵۶ آن نیز در دسترس بود، اما دچار اصلاحات زیادی شده بود. همچنین ترکیه دارای یک قوه قضاییه فعال و دانشگاهیان خلاق بوده و نظام حقوقی آن به‌خوبی طی صد سال گذشته (پس از سقوط امپراطوری عثمانی و ظهور جمهوری) پیشرفت داشته است (Örücü, 2006).

آفریقای جنوبی

با تأکید بر قرابت‌های اکولوژیک، آفریقای جنوبی با رتبه توسعه ۱۱۳ (UNDP, 2018)، از نظر اقتصادی در برخی بخش‌ها پیشرفته و در عین حال دارای مسائل اجتماعی- فرهنگی و جوامع بومی- محلی بوده و همچنین عضو فرآیند تهران است. از منظر دیگر، نظام حقوقی کشورهای آفریقایی مدت مدیدی است که در نگاه حقوقدانان تطبیقی، قوم‌شناسان و جامعه‌شناسان حقوقی از جذابیت زیادی برخوردار شده است (زوایگرت و کوتس، ۱۳۹۳ به نقل از Jus ۱۹۸۲). این کشور سالیان متمادی مستعمره انگلستان بوده و نظام حقوقی آن رومی- هلندی- کامن‌لا بوده (Van Hoecke, 2015) که از این منظر نیز جالب توجه است. همچنین زبان رسمی این کشور انگلیسی و تمام قوانین آن به زبان انگلیسی در دسترس می‌باشد. ضمن این که بعد از سرنگونی نظام آپارتاید، تلاش‌های گسترده و موفقیت‌آمیزی توسط قانونگذاران و جامعه مدنی با تأسی از تحولات بین‌الملل به‌منظور اصلاحات در قوانین صورت گرفته (Botha and Bekink, 2018) که با وجود رتبه پایین توسعه در این کشور، قوانین به‌روز شده‌ای ارائه می‌دهد. همچنین شتاب این کشور در اصلاح قوانین با هدف زدودن نابرابری‌ها و توانمندسازی جامعه پس از آپارتاید، می‌تواند پیشنهادها و راه‌حل‌های کارآمدی را در مورد رویکردهای مؤثر تعامل با جوامع جنگل‌نشین در قوانین جنگل ایران فراهم آورد.

پس از انتخاب کشورهای مورد مطالعه همچنین مشخص شد که هر ۴ کشور، فرانسه با انقلاب کبیر فرانسه، ایران با انقلاب مشروطه و انقلاب اسلامی، ترکیه با انقلاب منتهی به جمهوریت و نیز آفریقای جنوبی با انقلاب بر علیه آپارتاید، پیشینه مشترکی در تحول و دگرگونی اساسی در همه زمینه‌ها دارند که انتخاب آن‌ها را از این منظر نیز جذاب می‌کند.

تهیه قوانین جنگل مورد مطالعه

با بررسی قوانین موجود در پایگاه داده‌های حقوقی فائولکس[1] و مکاتبه با افراد مطلع در کشورهای منتخب، آخرین نسخه از قوانین اصلی جنگل این کشورها به شرح زیر تهیه شد:

۱- ایران: قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع (۱۳۴۶)، قانون حفظ و حمایت از منابع طبیعی و ذخائر جنگلی کشور (۱۳۷۱)، قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (۱۳۸۹).

۲- فرانسه: جلد اول و دوم قانون جنگل (۲۰۱۲).

۳- ترکیه: قانون جنگل (۱۹۵۶) با اصلاحات بعدی تا ۲۰۱۸؛ قانون بسیج ملی جنگلکاری و کنترل فرسایش (۱۹۹۵) و قانون مرتع (۱۹۹۸).

۴- آفریقای جنوبی قانون ملی جنگل‌ها (۱۹۹۸) و قانون آتش‌سوزی جنگل و درختزار (۱۹۹۸).

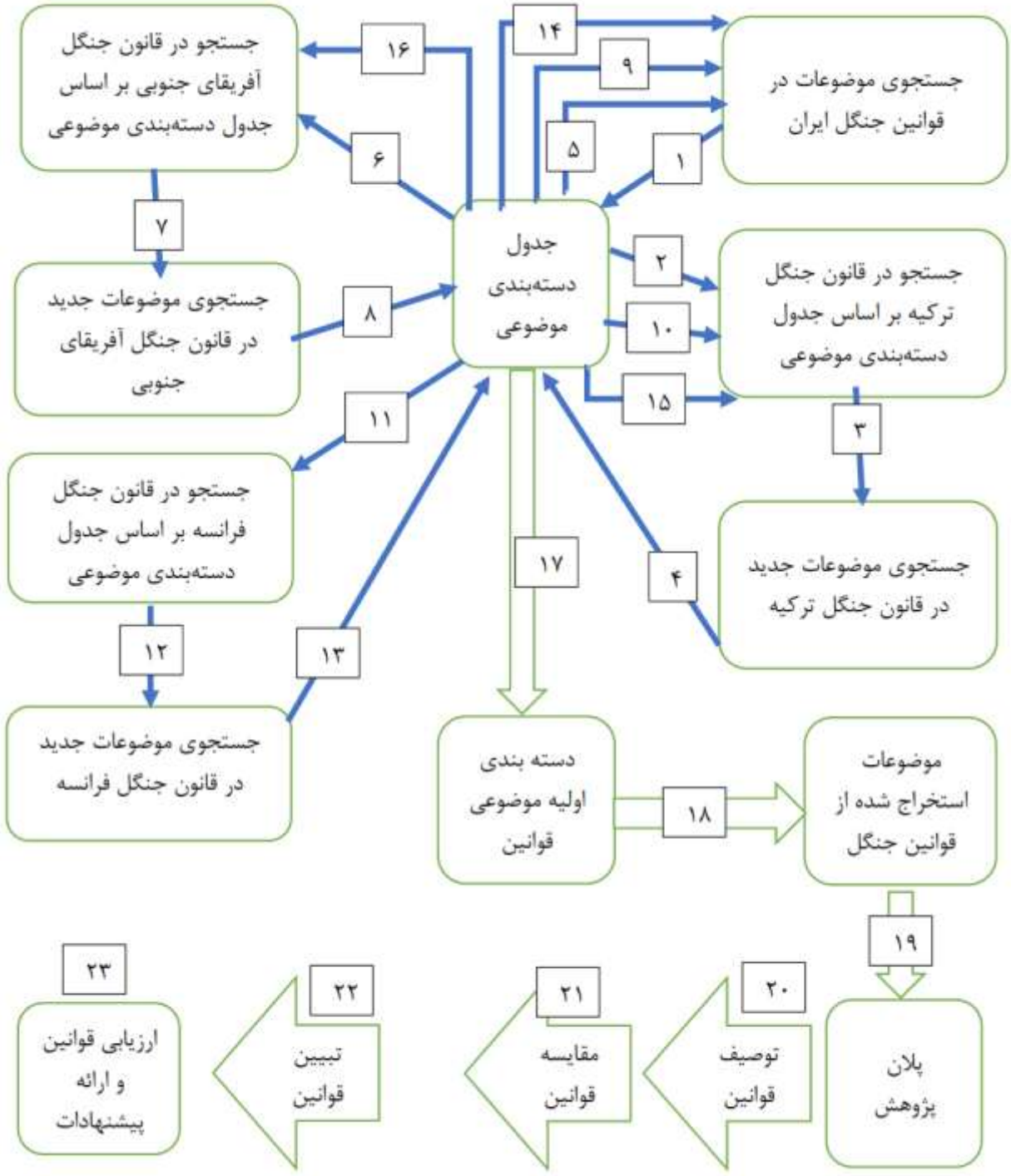
1- https://www.fao.org/faolex

طراحی سامانه و نقشه پژوهش

برای شروع روند تطبیق مواد قانونی در یک مطالعه تطبیقی، طرح یک سامانه ضروری است. سامانه‌سازی به معنای ادغام همه قوانین در یک کل منسجم، از طریق تفسیر و تئوری‌سازی است (Van Hoecke, 2015). برای تحقق این هدف باید لغات و چینش آن‌ها را مناسب با موضوع تطبیقی مورد نظر انتخاب کرد. این سامانه می‌بایست از انعطاف‌پذیری زیادی برخوردار بوده و دارای مفاهیمی عام و دربرگیرنده تمامی نهادهای حقوقی با کارکردی قابل مقایسه باشد (زوایگرت و کوتس، ۱۳۹۳). با توجه به لزوم طرح یک سامانه منعطف که دارای مفاهیم عام و مشترک نیز باشد، قوانین انتخاب شده مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفته و موضوعات و مقوله‌های مختلف مورد اشاره در بطن و نصّ قوانین کشورهای منتخب استخراج شد. در ادامه با کنار هم قرار دادن مقوله‌های دارای مفاهیم مشترک، نقشه پژوهش به‌دست آمد.

شکل ۲ در قالب یک روندنما[1] مراحل تحلیل قوانین جنگل کشورهای مورد مطالعه، استخراج مقوله‌ها، بازبینی مقوله‌ها، کنار هم قرار دادن مقوله‌ها و در نهایت طراحی نقشه پژوهش تا تطبیق قوانین را نشان می‌دهد.

1- Flowchart



منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۲- روندنمای مراحل پژوهش

یافته‌ها

پس از مطالعه چندباره قوانین جنگل مورد مطالعه به شرح شکل ۲ و تحلیل مفاهیم استخراج شده، ۳۷ موضوع مختلف از متن قوانین استخراج و طبقه‌بندی شد. جدول ۱ این موضوعات ۳۷ گانه را در مواردی مانند آتش‌سوزی، حوزه و قلمرو، بهره‌برداری چوبی، نظارت و کنترل و موضوعات دیگر نشان می‌دهد. بدین ترتیب جدولی تهیه شد که براساس آن هر موضوع از موضوعات ۳۷ گانه در ستون اول قرار گرفته و در مقابل آن در چهار ستون، شماره مواد قانونی کشورهای ایران، فرانسه، ترکیه و آفریقای جنوبی که چه به‌صورت ماده کامل، چه در قالب یک جمله یا به اختصار و چه از نظر محتوا به موضوع مورد نظر اشاره دارند، درج شده است. جدول یاد شده به‌دلیل حجم و صفحات زیاد در این مقاله قابل ارائه نیست. با این حال برای نمونه در جدول ۲ موضوع آتش‌سوزی که یکی از موضوعات ۳۷ گانه جدول ۱ است به‌همراه شماره مواد قانونی مرتبط با آتش‌سوزی برگرفته از قوانین جنگل کشورهای مورد مطالعه آمده است.

جدول ۱- موضوعات استخراج شده از قوانین جنگل کشورهای مورد مطالعه

ردیف	موضوع
۱	حوزه و قلمرو
۲	مالکیت، مصادره (عرصه و اعیان)، واگذاری، ما به ازاء و معاوضه، اجاره
۳	تغییر کاربری
۴	کاداستر، مساحی و ثبت، محدوده عملیات اجرایی
۵	حفظ و نگهداری، (در وضعیت موجود)، آماربرداری، پایش
۶	احیاء، آماده‌سازی، بازکاشت جنگل
۷	حمایت، قرق، پیشگیری و نظایر آن
۸	آتش‌سوزی
۹	توسعه، جنگلکاری (احداث جنگل)
۱۰	بهبود، بهسازی، ارتقاء، اصلاح
۱۱	فایده عمومی
۱۲	اشتراک داده، اطلاعات، تبلیغات، اسناد، اطلاع‌رسانی
۱۳	بهره‌برداری (به معنای عام و غیره)، بهره‌برداری ژنتیکی
۱۴	بهره‌برداری چوبی
۱۵	بهره‌برداری غیر چوبی
۱۶	بهره‌برداری خاک و مواد معدنی
۱۷	شکار، حیات وحش
۱۸	قاچاق، تخلف، تجاوز و تصرف نسبت به جنگل و مرتع
۱۹	تعاریف
۲۰	مؤسسات، انجمن‌ها و ساختار آن‌ها
۲۱	وظائف، اختیارات، تعهدات و تکالیف، دارایی سازمان‌ها، مأمورین، روند اداری و اجرایی، عقد قرارداد، حمایت از مأمورین، رشوه، تخطی از وظائف، بازرسی و تفتیش، صلاحیت، تعقیب و پیگیری، توقیف، بازداشت، آئین

ردیف	موضوع
	دادرسی، جرایم و مجازات
۲۲	تفویض اختیارات سازمانی و نظایر آن
۲۳	نظارت و کنترل
۲۴	بخش خصوصی، مسائل و حمایت‌های مربوطه، اتحادیه
۲۵	حمایت از تولید
۲۶	مدیریت پایدار، توسعه پایدار، شاخص و معیار و استاندارد، هماهنگی و سازگاری طبق عملکردهای اقتصادی، اکولوژیک، اجتماعی، منطقه‌ای، اهداف، اولویت‌ها، قوانین جهانی، آئین‌نامه‌های اداری، مخاطرات و بلایای طبیعی
۲۷	تنوع زیستی، گرم شدن هوا، تغییر اقلیم، ذخایر طبیعی و بیولوژیک، منابع ژنتیکی و تولید مثلی، میراث زیستی، دانش بومی، اهمیت اکولوژیکی، پارک‌های ملی و جنگلی، سایت شکننده
۲۸	مدیریت اقتصادی، ارزیابی اقتصادی، بازار و تجارت، خرید و فروش، شغل و حرفه
۲۹	طرح، برنامه و مجوز، (مدیریت یا بهره‌برداری)، رویه خوب جنگلداری/ پرورش جنگل
۳۰	سیاستگذاری و جهت‌دهی، شورای جنگل و مرتع، برنامه ملی جنگل، استراتژی، مشارکت در سیاستگذاری
۳۱	جوامع محلی، ذینفعان، دارندگان حق انتفاع، مشکلات، حمایت و ساماندهی جوامع محلی، وظایف آنان، تسهیلگری و داوری، رفع تبعیض
۳۲	مشارکت (انفرادی، گروهی یا عمومی)
۳۳	دام، مرتع، چرا و مسائل مربوطه
۳۴	عوارض، تعرفه، جریمه، معافیت، مصادره (اموال)
۳۵	غرامت، پاداش
۳۶	آموزش، پژوهش، ترویج، مشورت
۳۷	گردشگری، ورزش، دسترسی، نگرانی و مطالبات محیط‌زیستی و نظایر آن، زباله

منبع: یافته‌های پژوهش

موضوع ردیف شماره ۸ از موضوعات ۳۷ گانه جدول ۱ یعنی «آتش‌سوزی» برای نمونه در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- نمونه موردی آتش‌سوزی از دسته‌بندی موضوعی

ردیف	قوانین ایران	قوانین ترکیه	قوانین آفریقای جنوبی	قوانین فرانسه
۸- آتش‌سوزی	قانون حفاظت و بهره‌برداری ۱۳۴۱: ماده ۴۵، ماده ۴۶، ماده ۴۶ اصلاحی، ماده ۴۷، ماده ۴۸، ماده ۴۹، قانون افزایش بهره‌وری: ماده ۱۳، قانون مجازات: بند ج ماده ۳۸، بند الف ماده ۴۷، ماده ۳۴، ماده ۱۷۸، قانون هوای پاک: ماده ۲۰،	قانون جنگل: ماده ۲، ماده ۱۷، ماده ۱۹، ماده ۲۳، ماده ۵۷، ماده ۶۸، ماده ۶۹، ماده ۷۱، ماده ۷۲، ماده ۷۴، ماده ۷۵، ماده ۷۶، ماده ۹۵، ماده ۱۰۴، ماده ۱۰۵، ماده ۱۰۶، ماده ۱۰۷، ماده ۱۱۰، قانون بسیج جنگلکاری: ماده ۲، قانون مرتع: -	قانون ملی جنگل‌ها: بند ب از بند ۳، ماده ۲۰، قانون آتش سوزی: ماده ۱، ماده ۲، ماده ۳، ماده ۴، ماده ۵، ماده ۱۶، ۶، ماده ۷، ماده ۸، ماده ۹، ماده ۱۰، ماده ۱۱، ماده ۱۲، ماده ۱۳، ماده ۱۴، ماده ۱۵، ماده ۱۶، ماده ۱۷، ماده ۱۸، ماده ۱۹، ماده ۲۰، ماده ۲۱، ماده ۲۲، ماده ۲۳، ماده ۲۴، ماده ۲۵، ماده ۲۶، ماده ۲۷، ماده ۲۸، ماده ۲۹، ماده ۳۰، ماده ۳۱، ماده ۳۲، ماده ۳۳، ماده ۳۴،	کتاب اول: ماده L131-1، ماده L131-2، ماده L131-3، ماده L131-4، ماده L131-5، ماده L131-6، ماده L131-7، ماده L131-8، ماده L131-9، ماده L131-10، ماده L131-11، ماده L131-12، ماده L131-13 ، ماده L131-14 ، ماده L131-15، ماده L131-16، ماده L131-17 ، ماده L131-18، ماده L132-1، ماده L132-2، ماده L132-3، ماده L133-1، ماده L133-2، ماده L133-3، ماده L133-4، ماده L133-5، ماده L133-6، ماده L133-7، ماده L133-8 ، ماده L133-9، ماده L133-10، ماده L133-10، ماده L134-1، ماده L134-2، ماده L134-3، ماده L134-4، ماده L134-5، ماده L134-6، ماده L134-7، ماده L134-8، ماده L134-9، ماده L134-10 ، ماده L134-11، ماده L134-12، ماده L134-13، ماده L134-14، ماده L134-15، ماده L134-16، ماده L134-17، ماده L134-18، ماده L135-1، ماده L135-2، ماده L136-1، ماده L161-1، ماده L161-28، ماده L162-3، ماده L163-3، ماده ال L163-4، ماده L163-5، کتاب دوم: ماده L241-4، ماده L242-3،

منبع: یافته‌های پژوهش

سامانه و نقشه کلی پژوهش

موضوعات ۳۷ گانه مندرج در جدول ۱ به دقت بررسی شدند. با توجه به مشابهت‌هایی که برخی موضوعات به‌دست آمده با یکدیگر دارند و به تعبیری از یک جنس هستند، موضوعاتی که از نظر محتوا، مفهوم و یا بعد فنی و تکنیکی، قرابت‌های بیشتری نسبت به یکدیگر دارند در محورهای مشترکی قرار گرفتند. پس از نهایی شدن این دسته‌ها در محورهای جداگانه، هر محور با توجه به مفاهیم و موضوعات شناخته شده در علوم جنگل نام‌گذاری شد. در نتیجه نقشه کلی پژوهش به شرح جدول ۳ مشتمل بر ۱۴ محور به‌دست آمد. هر محور، برای نمونه محور حفاظت، بر حسب مواد قانونی موجود در آن خود به چند موضوع و زیر موضوع تقسیم شد.

جدول ۳- نقشه کلی قوانین جنگل کشورهای مورد مطالعه

ردیف	محور	موضوع‌ها و زیرموضوع‌ها	
۱	حفاظت	حفظ و نگهداری به صورت عام	حفاظت از طریق تهیه و پیاده‌سازی طرح
			حفاظت در مناطق فاقد طرح
			حفظ عرصه، مبارزه با تجاوز و تصرف
			حفظ اعیان، مبارزه با قاچاق چوب و بهره‌برداری غیرمجاز
		مناطق ویژه حفاظتی	ذخایر طبیعی و بیولوژیک، تنوع زیستی و ایجاد مناطق حفاظت شده
			میراث زیستی
			سایت‌های حساس و شکننده
۲	حمایت	آتش‌سوزی	
		آفات و امراض	
		تغییر اقلیم	
		بیابان‌زایی، خشکسالی و تخریب زمین	
۳	احیا و توسعه	احیا، آماده‌سازی، بازکاشت جنگل	
		بهبود، بهسازی، ارتقا، اصلاح	
		توسعه، جنگلکاری (احداث جنگل)	
۴	بهره‌برداری	بهره‌برداری چوبی	
		بهره‌برداری غیر چوبی	بهره‌برداری خاک و مواد معدنی
			بهره‌برداری دامی و مسائل آن
			پارک‌ها، گردشگری، ورزش
			شکار، حیات وحش
			بهره‌برداری ژنتیکی و تولید مثلی
۵	پایش و ارزیابی	آماربرداری جنگل‌ها	
		نظارت و کنترل	
۶	توانمندسازی جوامع محلی	حمایت‌ها و اولویت‌گذاری جوامع محلی	
		ساماندهی	
		تأمین چوب مصرفی و سوخت	
		دانش بومی	
		حل و فصل اختلافات	

ردیف	محور	موضوع‌ها و زیرموضوع‌ها	
۷	حق مردم نسبت به جنگل‌ها	حق دسترسی به جنگل‌ها، فایده عمومی	
		حق دسترسی به اطلاعات	
		حق مطالبه‌گری در مورد نگرانی‌های محیط‌زیستی	
		حق ایمنی در برابر مخاطرات طبیعی، تخلیه و دفن زباله	
		ذینفعان، دارندگان حق انتفاع	
۸	مشارکت و آموزش	توسعه مشارکت	
		مشارکت در حفاظت، ارزیابی و اجرا	
		مشورت	
		آموزش، پژوهش، ترویج	
		موسسات، اتحادیه‌ها، سمن‌ها	
۹	مدیریت پایدار	توسعه پایدار و سازگاری با آن	
		طرح‌های مدیریت و بهره‌برداری	
		برنامه‌ها و مجوزها	
		شاخص‌ها، معیارها، استانداردها	
		ضمانتنامه‌ها و گواهینامه‌های مدیریت پایدار	
۱۰	سیاست جنگل	سیاستگذاری و جهت‌دهی	
		استراتژی (راهبرد) و برنامه ملی جنگل	
۱۱	اقتصاد جنگل	مدیریت و ارزشگذاری اقتصادی	
		بازار و تجارت، خرید و فروش	
		مشاغل مربوط به جنگل و مرتع	
۱۲	حقوق اداری سازمان	وظائف، تعهدات، تکالیف	
		اختیارات، تفویض اختیارات	
		اشتراک اطلاعات و اسناد	
		شورای جنگل	
		روندهای اداری - اجرایی و رسیدگی به اعتراضات و شکایات	
		مأمورین سازمان	صلاحیت، تعقیب و پیگیری
			بازرسی و تفتیش، توقیف و بازداشت

ردیف	محور	موضوع‌ها و زیرموضوع‌ها		
			حمایت از مأمورین	مادی (پاداش)
				معنوی (قضایی)
			تخطی از وظائف، رشوه	
		امور مالی و قراردادها	دارایی سازمان	
			عقد قرارداد، اجاره، واگذاری	
۱۳	مالکیت	وضعیت مالکیت جنگل‌ها		
		تملیک (مصادره عرصه و اعیان)		
		واگذاری		
		ما به ازا و معاوضه		
		تغییر کاربری		
		کاداستر، مساحی و ثبت		
۱۴	کلیات	حوزه و قلمرو		
		تعاریف		

منبع: یافته‌های پژوهش

بحث و نتیجه گیری

در مورد فرآیند انتخاب کشورهای مورد مطالعه با وجود این که تقریباً تمامی منابع حقوق تطبیقی بر این قول متفق‌اند که برای انتخاب نظام‌های حقوقی می‌بایست به تمامی خصوصیات نظام‌های حقوقی از جمله اصالت نظام حقوقی، اقلیم، فرهنگ، تاریخ، مردم و غیره توجه داشت، اما در عمده پژوهش‌های صورت گرفته معلوم نیست که انتخاب نظام‌های حقوقی برای انجام مطالعه با چه معیار و سنجه‌ای صورت گرفته است.

از آن‌جا که براساس روش‌شناسی حقوق تطبیقی، نظام‌های حقوقی مختلف برای حل مسائلی مشابه از راهکارهای قانونی متفاوتی استفاده کرده، ولی در حل آن مسائل به نتایج مشابهی می‌رسند، برای این پژوهش بسیار مهم بود که نظام‌های حقوقی دارای جنگل‌های مشابه با ایران را انتخاب کند تا از راهکارهای قانونی آن‌ها در حل مسائل مربوط به جنگل ایران، استفاده شود. از این رو، این پژوهش با استفاده از رهنمودهای حقوق تطبیقی برای انتخاب نظام‌های حقوقی و با در نظر گرفتن موضوعاتی که برای جنگلبانان اهمیت دارد، معیارهایی را برای انتخاب کشورهای مناسب برای انجام یک مطالعه تطبیقی در زمینه حقوق جنگل‌ها و مراتع معرفی نمود که البته پس از بررسی و تکمیل بیشتر می‌تواند به‌عنوان یکی از نتیجه‌های برجسته این پژوهش معرفی گردد. چرا که معیارهای به‌دست آمده می‌تواند در پژوهش‌های آتی برای انتخاب نظام‌های حقوقی مناسب برای یک مطالعه تطبیقی در زمینه جنگل‌ها و مراتع کمک کند.

همچنین برابر پژوهش جداگانه و مستقلی که توسط مؤسسه حقوق تطبیقی دانشگاه تهران با موضوع «مطالعه تطبیقی نظام حقوقی جنگل‌ها و مراتع» در سال ۱۳۸۴ انجام شد، کشورهای ایران، فرانسه و ایالات متحده به تفصیل و کشورهای افغانستان، پاکستان، ترکیه، سوریه، اردن، قبرس، لیبی، سودان و آفریقای جنوبی به‌صورت مختصر مورد مطالعه قرار گرفتند.

در نتیجه تمامی کشورهایی که در این رساله انتخاب شده‌اند، در ردیف کشورهای مورد مطالعه در پژوهش مؤسسه نام برده قرار دارد. این یافته نشان می‌دهد فرآیند انتخاب کشورهای مورد مطالعه در مسیر صحیحی پیش رفته است.

هر یک از محورها، موضوع‌ها و زیرموضوع‌ها پس از تدقیق در متن مواد قانونی دسته‌بندی شده به‌نوبه خود می‌توانند شامل دسته‌بندی‌های دیگر باشند. این دسته‌بندی‌ها که برگرفته از مواد قانونی و مفاهیم به‌کار رفته در نص قوانین جنگل کشورهای مورد مطالعه است می‌تواند تقریباً کلیه مواردی را که می‌تواند در تدوین قانون جدید و یا اصلاح و به‌روزرسانی قوانین قبلی به‌کار رود را معرفی نماید. این مقاله برگرفته از رساله دکتری در گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشگاه تهران است. در نتیجه از آن‌جایی که پرداختن به جزئیات و دسته‌بندی تمامی محورهای ۱۴ گانه طی بازه زمانی تحصیلی در مقطع دکتری میسر نبود، تنها ۲ محور حفاظت و حمایت مورد مطالعه تطبیقی و تدقیق قانون قرار گرفت. همان طور که در جدول ۳ آمده است محور حفاظت شامل ۲ موضوع حفظ و نگهداری به‌صورت عام و مناطق ویژه حفاظتی است. انجام کامل مراحل ۵ گانه مطالعه تطبیقی درباره این ۲ موضوع پیشنهادات قانونی برای تدوین قوانین جدید و یا به‌روزرسانی قوانین موجود را بر کمک حقوق تطبیقی در اختیار قرار می‌دهد که البته موضوع این پژوهش نیست. بخشی از این یافته‌ها یا در پژوهش‌های قبلی به چاپ رسیده و یا در آینده در قالب مقالات دیگر به تبع خواهد رسید.

حقوق تطبیقی یکی از بهترین روش‌هایی است که با استفاده از آن می‌توان نظام‌های حقوقی و یا قوانین کشورهای مختلف را بررسی کرد و با صرف کمترین وقت و هزینه، نقاط ضعف و قوت قوانین داخلی را شناسایی نمود و از راه‌حل‌های قانونی کشورهای مورد مطالعه به‌منظور تقویت حقوق داخلی گام برداشت. از این رو پژوهش حاضر به این نتیجه رسید که:

- قوانین جنگل ایران و به‌طور مشخص قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع، به‌دلیل گذشت ۵۷ سال از زمان تصویب، نیازمند به‌روزرسانی و اصلاحات گسترده‌ای است.

- قوانین جنگل ایران پراکنده و مقطعی بوده و می‌بایست در قالب یک مجموعه قوانین جامع، یکپارچه و منسجم تدوین گردد.

- برخی موضوعات، وظایف و اقدامات قابل انجام در حفاظت و حمایت از جنگل‌ها وجود دارد که در قوانین جنگل ایران مورد توجه قرار نگرفته و نیاز است سازمان منابع طبیعی نسبت به آگاهی، برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی آن‌ها مکلف شود.

- با توجه به عدم ورود جدّی حقوقدانان و جنگلبانان به قوانین جنگل‌ها خوب است چنین پژوهش‌هایی با هدف افزایش دانش در زمینه قوانین یاد شده ادامه یابد.

همچنین از آن‌جایی که در این پژوهش قانون‌های مرتبط با جنگل در کشورهای مورد مطالعه بررسی شده و کلیه مفاهیم قانونی مندرج در آن‌ها استخراج و دسته‌بندی شده است، بنابراین محورهای ۱۴ گانه ارائه شده در جدول ۳، می‌تواند به‌عنوان چارچوب و الگویی پیشنهادی برای تدوین قانون جامع جنگل در ایران و یا کشورهای با ویژگی‌های مشابه ایران و ۳ کشور مورد مطالعه و به‌عبارتی دیگر و در نمایی کلی‌تر دست‌کم کشورهای مناطق معتدله استفاده شود.

سپاس‌گزاری

این مقاله برگرفته از رساله دکتری با عنوان «مطالعه تطبیقی حقوق و قوانین جنگل و مرتع ایران، فرانسه، ترکیه و آفریقای جنوبی» در گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشگاه تهران است که بخش کوچکی از هزینه‌های آن از طریق گرنت شماره ۹۸۰۰۳۲۸۹ صندوق حمایت از پژوهشگران و فن‌آوران کشور و گرنت شماره ۶۸۳۷۶۹۱ معاونت پژوهشی دانشکدهٔ منابع

طبیعی دانشگاه تهران فراهم شده است که بدین وسیله از آنان قدردانی می‌شود.

منابع

ابراهیمی، ب. (۱۳۸۴). بررسی جرائم زیست محیطی ناشی از تخریب و انهدام محیط زیست با تاکید ویژه بر جنگل و مرتع و ارائه پیشنهادهای قانونی در این زمینه. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشگاه آزاد، علوم و تحقیقات، ۱۸۲.

اسدی، م.، و مهرابی، م. (۱۳۹۷). بررسی عوامل زمینه‌ای و اجتماعی مؤثر بر رفتارهای زیست محیطی شهروندان بندرعباس. پژوهش نامه فرهنگی هرمزگان، ۱۵: ۱۱۸–۱۳۴.

افرند سرخنی، ح.، عواطفی همت، م.، شامخی، ت.، و محسنی، ا. (۱۴۰۱). مطالعهٔ تطبیقی مناطق ویژهٔ حفاظتی در قوانین جنگل‌ها و مراتع ایران، فرانسه و آفریقای جنوبی. نشریه محیط زیست طبیعی، ۷۵(۲): ۳۳۴–۳۴۷.

ایزدی خواه، ن.، و گرجی فرد، ح. (۱۳۹۴). نقش ضمانت اجراهای حقوقی و کیفری در حمایت از محیط زیست با تاکید بر قانون حفاظت از جنگل‌ها و مراتع. فصلنامه قضاوت، ۸۲: ۹۷–۱۲۹.

پروین، خ. (۱۳۹۶). الزامات و آموزه های حقوق اساسی (چاپ دوم). نشر میزان، ۲۵۶.

دبیری، ف.، و کیانی، م. (۱۳۸۶). بررسی قوانین و مقررات پیشگیرانه از جمله ارزیابی اثرات زیست محیطی در کشور ایران و چند کشور صنعتی. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۹(۴): ۹۵–۱۰۹.

دفتر حقوقی و بازرسی سازمان جنگلها و مراتع کشور. (۱۳۸۰). مجموعه قوانین منابع طبیعی کشور. سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۸۱۳.

رفیعی، م. (۱۳۹۲). حقوق تطبیقی. نشر مجد، چاپ دوم، تهران، ۲۵۶.

زارعی، س.، پورهاشمی، م.، پورنوری، س. (۱۳۹۶). توسعه حقوق بین الملل محیط زیست در پرتو آراء و رویه‌های قضایی بین المللی. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۹(۳): ۱۹۵–۲۱۶.

زمانی، ک. (۱۳۹۳). رابطه افکار عمومی و قانونگذاری جنایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه حقوق جزا و جرم شناسی، دانشگاه شهیدبهشتی، ۹۶.

زوایگرت، ک.، کوتس، ه. (۱۳۹۳). درآمدی بر حقوق تطبیقی. ترجمه الیاس نوعی و محمد نوعی، انتشارات مجد، تهران، ۲۵۶.

شیروی، ع. (۱۳۹۶). حقوق تطبیقی. ویرایش دوم، چاپ پانزدهم، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی (سمت)، ۲۸۶.

صالحی، ص.، و حمایت خواه جهرمی، م. (۱۳۹۲). مقایسه تحلیلی ارزش‌های زیست محیطی جهان اسلام و غرب: تحلیل ثانویه داده‌های پیمایش ارزش‌های جهانی (WVS). مطالعات و تحقیقات اجتماعی در ایران، ۲(۳): ۵۰۲–۵۲۳.

کاتوزیان، ن. (۱۳۹۶). مقدمه علم حقوق و مطالعه در نظام حقوقی ایران. انتشارات شرکت سهامی انتشار، چاپ ۱۰۹، تهران، ۳۸۴.

میرزابیاتی، ر. (۱۳۸۶). بررسی وضعیت زیست محیطی و حقوقی جنگل‌های شمال کشور و ارائه راهکارهای لازم برای حفاظت از آن. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد، علوم و تحقیقات، ۲۹۳.

Botha, C., and Bekink, B. (2018). Law reform in South Africa: 21 years since the establishment of a supreme constitutional dispensation. The Theory and Practice of Legislation, 6(2): 263–289.

Christy, C, L., Di Leva, E, C., Lindsay, M, J., and Takoukam, Talla, P. (2007). Forest Law and Sustainable Development. The World Bank, Washington, D.C, 228.

Kiss, A., Sand, P. H., and Lang, W. (2013). Environmental Law (H. Habibi, Ed.). (Translation). University of Tehran, Tehran, Vol. 1, 261, (In Persian).

Krott, M. (2005). Forest Policy Analysis. Translated by Renée von Paschen, Published by Springer, Netherlands, 328.

Mohseni, E. (2019). Methodology of Comparative Law. Comparative Law Review, 10(2): 695–717.

Mundher, R., Bakar, S. A., Maulan, S., Yusof, M. J. M., Osman, S., Al-Sharaa, A., and Gao, H. (2022). Exploring Awareness and Public Perception towards the. Land, 11(8): 1–18.

Nugraheni, N. L. (2021). Law Implementation And Forest Protection (Comparative Analysis Of Indonesia And Australia). Jurnal Ilmiah Ilmu Hukum QISTIE, 14(2): 60–75.

Ojha, H., Nightingale, A. J., Gonda, N., Muok, B. O., Eriksen, S., Khatri, D., and Paudel, D. (2022). Transforming environmental governance: critical action intellectuals and their praxis in the field. Sustainability Science, 17(2): 621–635.

Örücü, E. (2006). Synthetic and Hyphenated Legal System: The Turkish Experience, A. Journal of Comparative Law, 1(2): 261–281.

Rusiana, A. (2022). Regulations for sustainable development in the environment and forestry. South Florida Journal of Development, 3(5): 6237–6254.

UNDP. (2018). Human Development Indices and Indicators 2018. Human Development Indices and Indicators 2018, 123. https://doi.org/10.18356/656a3808-en

Van Hoecke, M. (2016). Methodology of Comparative Legal Research. Law and Method, June 2015. https://doi.org/10.5553/rem/.000010

Framework for Reforming Iran's Comprehensive Forest Law (Comparative Study of Forest Laws of Iran, France, Türkiye and South Africa)

H.R. Afrand Sorkhani1*, M. Avatefi Hemmat[2], T.Shamekhi[3] and E. Mohseni[4]

1- Ph.D. of Socioeconomic Issues of Forest, University of Tehran, Karaj, Iran.
2- Assistant Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4- Assistant Prof., Department of Private Law, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

Abstract

In recent years, forest law due to its many intersecting features, the difficulty of balancing multiple interests, and the need to protect the environment while harvesting resources, is in transition toward ensuring the sustainability of multiple ecosystem services and products and aesthetic values. Therefore, the set of decisions that policymakers must make in understanding the forest law is daunting for lawyers and policymakers in any country. However, forest laws in many countries have been amended or are being amended. In Iran, political, social, economic, and cultural transformations and the passage of 57 years since the enactment of the Conservation and Exploitation Law in 1967, along with changing attitudes and improving management knowledge and sciences related to forest ecosystems, have made updating forest laws inevitable. The lack of comprehensive laws to conservation of forest areas is a complex issue that has not yet been resolved. In drafting new forest laws or amending old ones, legislators often look to the experiences of other countries. While there have been important comparative studies on recent forest law trends, they rarely provide direct practical guidance on how to evaluate forestry-related laws and the process of improving them. Therefore, using comparative law knowledge, the present study first selects countries and laws suitable for comparison, and then, by comparing laws, extracting all concepts and topics, and categorizing them, proposes a framework for amending Iran's comprehensive forest law in the form of 14 axes. Based on the aforementioned framework, it will be possible to refine the details of the articles of the aforementioned law in the future so that all axes, topics and legal provisions related to the forest are not overlooked and the necessary updates are also included.

Keywords: Comprehensive Forest Law, Forest Law Framework, Comparative Law, Law Amendment, Forest Law Map.

* Corresponding author Tel: +98 9112382026 Email: afrand@ut.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

بررسی احیای جنگل در اتراقگاه‌های تخلیه شده حوضه آبخیز ۱۲ شمال کشور پس از خروج دام

آرمین محمد قلی‌پور شالمائی[۱]، ایرج حسن‌زاد ناورودی[۲*] و حمیدرضا افرند سرخنی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۳- دکتری مسائل اجتماعی و اقتصادی جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

اثرات مخرب حضور دام در عرصه‌های جنگلی و برقراری طرح‌های جنگلداری در جنگل‌های هیرکانی سبب شد سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور سیاست خروج دام از جنگل و بازجنگلکاری اتراقگاه‌های تخلیه شده را از دهه ۶۰ در پیش گیرد. با این حال روند خروج دام از جنگل هنوز کامل نشده است. در این پژوهش اتراقگاه‌های تخلیه شده توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور در حوضه آبخیز شماره ۱۲ شمال کشور بررسی شد. آماربرداری از زادآوری، نهال‌ها و درختان در فواصل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری از مرکز هر اتراقگاه در پلات‌های ۱×۱، ۵×۵ و۱۰×۱۰ متر و در ۸ جهت جغرافیایی انجام شد. یافته‌ها نشان داد از ۸ اتراقگاه تخلیه شده تنها ۲ اتراقگاه به هم چسبیده به‌صورت واقعی تخلیه شده و دامداری در بقیه ادامه دارد. همچنین هیچ کدام از اتراقگاه‌ها بازجنگلکاری نشده است. نتایج حاکی از فراوانی زادآوری ممرز در فاصله ۱۵۰ متری از دام‌سراها و نیز فراوانی گونه ممرز با تعداد ۸۰، ۸۳ و ۸۵ اصله در هکتار در فاصله‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری از دام‌سراها بود. پژوهش به این نتیجه می‌رسد که با وجود عدم تخلیه واقعی اتراقگاه‌ها و عدم بازجنگلکاری، به‌دلیل حاصلخیزی مناسب منطقه در کنار کود دامی پخش شده، احیای طبیعی هرچند ناقص در حال انجام بوده و تخریب وارده به جنگل از آستانه تحمل اکولوژیک خارج نشده است.

واژگان کلیدی: اتراقگاه جنگلی، خروج دام، احیای جنگل، زادآوری جنگلی.

مقدمه

جنگل‌ها از منابع ملی هر کشور هستند که در بسیاری از کشورها به‌ویژه در ایران در حال تخریب می باشند. همزیستی بلندمدت انسان در جنگل‌های ایران، رابطه تنگاتنگی بین این دو به وجود آورده است (فریدونی، ۱۳۹۶). اثر حضور انسان در این زمان طولانی سبب کاهش سطح جنگل‌ها شده است (شامخی، ۱۳۹۷). از جمله عوامل تخریب جنگل‌های ایران و جهان می‌توان به تأثیر دام بر روی جنگل اشاره کرد. برای نمونه مطالعات نشان می‌دهد که حتی چرای متوسط یک واحد دامی در هکتار در منطقه جنگلی با بارندگی ۹۹۹ میلی‌متر در ارتفاعات پیرنه مرکزی، تقریباً رویش سالانه زی‌توده علفی و درختچه‌ای را متوقف می‌نماید و سبب کاهش سالانه تعداد درختچه‌ها می‌شود (Casasus et al., 2007). به‌همین ترتیب نتایج طیف گسترده‌ای از مطالعات نشان می‌دهد که چرای دام‌های اهلی یا وحشی در صورتی بر استقرار زادآوری اثر

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۱۳۷۴۹۸۹ ایمیل: Iraj.Hassanzad@gmail.com

می‌گذارد که تراکم یا شدت چرا از آستانه مشخصی فراتر رود. با این حال و با اینکه ثابت شده چرای دام آسیب‌های جدی به جنگل وارد می‌کنند، اما همچنان دامداری در جنگل‌های شمال ایران رونق دارد (امیری، ۱۳۹۸). چرای دام‌های اهلی در عرصه جنگل‌های هیرکانی از مسائل مهم جنگل‌های کشور عنوان شده است، به‌نحوی که براساس مطالعات طرح جامع مقدماتی جنگل‌های شمال کشور توسط دفتر فنی جنگلداری، طی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۶۶ در حوضه‌های آبخیز جنگل‌های شمال کشور ۳۴۱۶ آبادی با جمعیتی بیش از یک میلیون نفر و ۳۳۱۰۰ واحد دامداری با ۴۳۷۰۰۰۰ واحد دامی حضور دارند که با احتساب دام‌های کتول (خانگی) مجموعاً ۵۷۰۰۰۰۰ واحد دامی در این جنگل‌ها تعلیف می‌شوند؛ ضمن آن که ۵۷۰۰۰ هکتار از بهترین رویشگاه‌های جنگلی شمال کشور قطع یکسره شده و به اتراق‌گاه‌های دامداران اختصاص یافته است (صالحی و اسدی اتوئی، ۱۳۸۳). این در حالی است که چرای دام در جنگل‌های هیرکانی با تولید دیگر خدمات اکوسیستمی مانند ترسیب کربن، تنظیم جریان آب، حفظ خاک و تنوع زیستی و تولید چوب، ناسازگار و از عوامل مهم تخریب جنگل است. قانون ملی شدن جنگل‌ها مصوب ۱۳۴۱ علوفه جنگلی را رایگان و یا بخشی از حقوق عرفی دامداران نمی‌داند به‌همین دلیل چرای بیش از ۴ دام بزرگ جنگل‌نشینان را مشمول پرداخت عوارض و بهره مالکانه نموده است (قانون ملی شدن جنگل‌ها، ۱۳۴۱). با این حال این رویه پس از انقلاب اسلامی عملاً اجرا نشده، اما در مقابل حقوق عرفی دامداران در چارچوب سیاست خروج دام از جنگل به رسمیت شناخته شده است. این سیاست مجموعه‌ای از قوانین، ابزارها، اقدامات و منابع مالی است که از سال ۱۳۶۸ برای حل مسأله چرای دام به‌عنوان یکی از مسائل اجتماعی- اقتصادی قدیمی جنگل‌های شمال کشور به‌کار گرفته شده است.

سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور که برابر ماده دوم قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع (۱۳۴۶)، وظیفه حفظ، احیاء، اصلاح، توسعه و بهره‌برداری از جنگل‌ها، مراتع، بیشه‌های طبیعی و اراضی جنگلی کشور را بر عهده دارد، در واکنش به افزایش تخریب در جنگل‌های شمال ایران، سیاست خروج دام از جنگل را به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های در دسترس اتخاذ و اجرا نموده است. بر این اساس کنار گذاشتن دام به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تخریب جنگل، سرعت بخشیدن به احیاء جنگل از طریق زادآوری طبیعی و مصنوعی، بازسازی عرصه‌های با تاج‌پوشش کم، فراهم ساختن عوامل افزایش تولید، ایجاد تغییرات در الگوهای اجتماعی، اقتصادی و معیشتی جوامع جنگل‌نشین از طریق کاهش دامداری‌های سنتی و کم بازده در جنگل، به‌عنوان مهمترین اهداف در دستور کار قرار گرفت (رضوانی و هاشم‌زاده، ۱۳۹۲). در این راستا دولت مکلف شده است تا برنامه حفظ، احیاء، اصلاح، توسعه و بهره‌برداری از منابع طبیعی تجدید شونده را با توجه به اولویت خروج دام از جنگل و ساماندهی جنگل‌نشینان شمال تا پایان برنامه چهارم به‌میزان هفتاد درصد باقیمانده دام و جنگل‌نشینان در پایان سال ۱۳۸۳ تنظیم و به اجرا بگذارد (قانون برنامه چهارم توسعه، ۱۳۸۳). در ادامه نیز ساماندهی جنگل‌ها و حمایت از تولید دام به‌روش صنعتی در دستور کار دستگاه متولی بوده است؛ با این حال برنامه‌های یاد شده به موفقیت کامل نرسید و در نتیجه سازمان منابع طبیعی در برنامه ششم توسعه نیز موظف شده تا بین دام و مرتع به‌میزان سالانه حداقل ۱۰ درصد تعادل بخشی ایجاد کند (قانون برنامه پنجم توسعه، ۱۳۸۹).

برای نمونه براساس برنامه توسعه چهارم، توصیه‌های زیر به سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور ابلاغ گردید (سند توسعه منابع طبیعی در برنامه چهارم توسعه، ۱۳۸۴):

- افزایش موجودی و رویش جنگل به‌دلیل حذف عوامل تخریب ناشی از حضور دام و خانوارهای پراکنده جنگل‌نشین، ترمیم و بازسازی نقاط خالی و مخروبه و ازدیاد درآمد ساکنین روستاهای مجاور جنگل، تحول

شیوه دامداری سنتی به نیمه صنعتی در قالب افزایش کمی و کیفی محصولات لبنی و حصول امکانات دامپزشکی و تسریع عرضه محصولات و ...

- دسترسی به امکانات آموزشی (با توجه به بی‌سوادی حدود ۹۰ درصد جنگل‌نشینان در سال ۱۳۷۵)، سهولت دسترسی به امکانات بهداشتی و ....

- ابلاغ دستورالعمل تهیه و اجرای طرح ساماندهی خروج دام و تمرکز خانوارهای پراکنده جنگل‌نشین در جنگل‌های شمال کشور (مصوب ۱۳۷۴/۹/۶ ستاد عالی اجرای طرح خروج دام از جنگل) و اصلاح آن در دی ماه سال ۱۳۸۱ طی نامه شماره ۵۴۷/۳ مورخ ۱۳۸۱/۲/۱ سازمان منابع طبیعی به‌عنوان «اصلاحیه دستورالعمل اجرای طرح خروج دام از جنگلهای شمال و ساماندهی جنگل نشینان پراکنده».

- بازنگری اصلاحیه دستورالعمل اجرای طرح خروج دام از جنگل‌های شمال و ساماندهی جنگل‌نشینان پراکنده در راستای اعمال ماده ۶ مصوبه شماره ۱۶۲۷۶/ت/۲۶۲۳۹هـ مورخ ۱۳۸۲/۶/۲۴ هیئت وزیران مبنی بر بازنگری در روش‌های اجرایی کنونی به‌منظور دستیابی به راهکارهای مناسب و جدید و قانون برنامه چهارم پنج ساله توسعه و ابلاغ آن به اداره کل منابع طبیعی استان‌ها.

یکی از اثرات اصلی خروج دام که انتظار می‌رفت بعد از اجرای طرح خروج دام تحقق یابد، بهبود کمی و کیفی وضعیت جنگل‌ها بود. نتایج پژوهش‌ها در جنگل‌های شمال کشور نشان می‌دهد که چرای دام میانگین رویش سالانه راش را تا ۲۷ درصد کاهش می‌دهد. به‌طور کلی، نهال گونه‌های جنگلی بر خلاف گیاهان علفی پهن‌برگ و درختچه‌ها به چرای دام حساس هستند و به‌راحتی از توده حذف می‌شوند (Norbu, 2002). همچنین دام‌ها با تغذیه بذر، کوبیدگی خاک و جلوگیری از استقرار، له کردن نهال و یا ریشه‌کن کردن نهال‌های جوان زیر سه سال و نیز سرچر کردن و چند شاخه‌سازی نهال‌های چندساله که در افق چرای دام قرار دارند بر کمیت و کیفیت زادآوری و در نتیجه بر تعداد و ترکیب گونه‌ای پایه‌ها به نفع گونه‌های پیشگام مانند ممرز و خرمندی و نیز توده‌های جنگلی اثر منفی می‌گذارد (جوانمیری‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). در نتیجه در این پژوهش تلاش می‌شود تا با استفاده از آماربرداری از اتراقگاه‌های جنگلی که طرح خروج دام در آن‌ها به مرحله اجرا رسیده است، ترمیم و بازسازی نقاط خالی و مخروبه و به‌طور کلی احیای عرصه‌های آزاد شده ارزیابی شود. هدف از انجام این پژوهش تعیین وضعیت زادآوری و احیای جنگل در اتراقگاه‌های تخلیه شده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

با در نظر گرفتن سکونت پژوهشگر در شهرستان ماسال و اشتغال وی به‌عنوان آماربردار در اداره کل منابع طبیعی استان گیلان، به‌منظور آماربرداری از وضعیت احیاء شامل پوشش علفی، وضعیت زادآوری، نهال‌ها و درختان در توده‌های جنگلی که پس از خروج دام آزاد شده‌اند، شهرستان ماسال از شهرستان‌های استان گیلان برای انجام این مطالعه انتخاب شد. مساحت شهرستان ماسال ۶۳۳ کیلومتر مربع و ارتفاع آن ۸۰ متر بالاتر از سطح دریا است که پس از رودبار مرتفع‌ترین منطقه استان است. ماسال در گذشته جزئی از منطقه وسیع تالش بود که در سال ۱۳۷۶ مستقل و به شهرستان تبدیل شد و در حال حاضر شامل دو بخش مرکزی و شاندرمن و چهار دهستان شاندرمن، شیخ نشین، حومه و ماسال است. منطقه مورد مطالعه

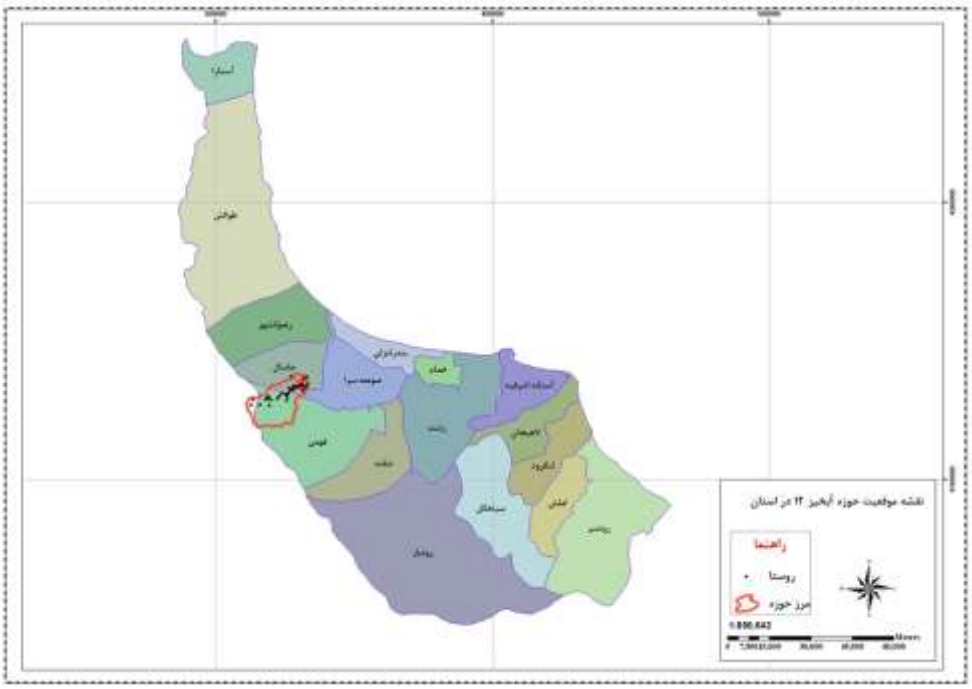
حوضه آبخیز شماره ۱۲ ماسال است. این حوضه در طول جغرافیایی "۱۸'۰۸ °۳۷ و عرض جغرافیایی ۱۸'۱۷ °۴۹ قرار دارد. درجه حرارت متوسط سالانه حوضه ۱۶ درجه سانتی‌گراد و بارندگی متوسط حوضه ۹۲۶ میلی‌متر است.
براساس اطلاعات موجود و جمع‌آوری شده ۷۱ نفر از دامداران این منطقه در طرح ساماندهی خروج دام شرکت کرده و مطابق مفاد قرارداد از جنگل خارج شده و دام‌سراها و اتراقگاه‌های جنگلی ایشان به مختصات جغرافیایی موجود در اطلاعات اداره منابع طبیعی، تخریب و جنگلکاری شده است.

پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

مساحت حوضه ۱۲ ماسال ۲۳۹۸۸ هکتار است که دارای ۱۶ سری جنگلی است. مشخصات سری‌های جنگلی در جدول ۱ ارائه شده است. ۸۱ درصد مساحت کل حوضه پوشیده از جنگل است. جنگل‌های حوضه جزء جنگل‌های هیرکانی بوده و تیپ جنگلی غالب در حوضه، پهن‌برگ آمیخته با گونه‌های متنوعی مانند راش، ممرز، افرا، بارانک و ... می باشد.

جدول ۱- مشخصات سری‌های جنگلی حوضه ۱۲ ماسال

نام سری	مساحت سری (هکتار)	وضعیت طرح
سری ۱ ریزه مندان	۱۲۵۵/۸۳	دارای طرح
سری ۲ طاس کوه	۱۱۹۸/۶۶	غیرفعال
سری ۳ سراکه	۱۱۴۰/۴	غیرفعال
سری ۴ توئه نسا	۱۳۴۸/۱۴	غیرفعال
سری ۵ شهرگاه	۱۸۴۹/۴۳	غیرفعال
سری ۶ بید چال	۱۴۲۰/۱۷	دارای طرح
سری ۷ تالارگاه	۹۴۹/۹۲	دارای طرح
سری ۸ خاله پشت	۱۲۷۸/۳۶	دارای طرح
سری ۹ سه پشت – وشتنگاه	۱۳۰۴/۲۷	غیرفعال
سری ۱۰ داراپشت	۱۳۹۹/۶۶	غیرفعال
سری ۱۱ سلیم آباد – شلما	۱۲۶۰/۴۹	غیرفعال
سری ۱۲ دزدگیت	۱۱۱۵/۹۴	غیرفعال
سری ۱۳ ماسال	۱۸۱۴/۱۱	غیرفعال
سری ۱۴ ماسال	۱۵۸۷/۹	غیرفعال
سری ۱۷ ماسال	۱۴۰۴/۲۹	غیرفعال
سری ۱۸ ماسال	۳۶۵/۹۴	غیرفعال



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گیلان

روش پژوهش

آماربرداری در جنگل، جمع‌آوری سیستماتیک داده‌ها و اطلاعات برای تحلیل و ارزیابی است. برآورد ارزش و استفاده‌های احتمالی و حجم برداشت بخش مهمی از اطلاعات گسترده مورد نیاز برای مطالعه اکوسیستم جنگل است. آماربرداری با توجه به هدف مطالعه معانی متفاوتی دارد. Campbell (1998) این گونه بیان می‌کند که:

آماربرداری زیستی به‌عنوان شمارش تعداد و نوع گونه درختان در یک نمونه کوچک از جنگل، اندازه‌گیری پارامترهای مختلف و تجزیه و تحلیل فراوانی و توزیع افراد به‌عنوان تابعی از شرایط محیط زیستی آن‌ها است.

برای اهداف این مطالعه آماربرداری شامل محاسبه تعداد در هکتار درختان، زادآوری و پوشش گیاهی است. در نتیجه به‌منظور بررسی اثرات خروج دام از اتراقگاه‌ها بر زادآوری و جنگلکاری و به‌طور کلی احیای عرصه‌های جنگلی آزاد شده از چرای دام، براساس روش انجام شده توسط توحیدی و همکاران (۱۳۹۷)، با استفاده از مختصات ثبت شده اتراقگاه‌های تخلیه شده، در جهت‌های جغرافیایی، مشخصات کمی و کیفی عرصه‌های احیا شده در کارت‌پلات‌های آماربرداری به‌شرح زیر ثبت شد:

الف- برای آماربرداری از هر (اتراقگاه) دام‌سرای تخریب شده ابتدا هشت جهت (شمال، شمال شرق، شرق، جنوب شرق، جنوب، جنوب غرب، غرب و شمال غرب) از مرکز دام‌سرا مشخص شد.

ب- در هر هشت جهت جغرافیایی در فواصل ۵۰ متر، ۱۰۰ متر، ۱۵۰ متر و ۲۰۰ متری قطعات نمونه پیاده شد. در مرکز هر قطعه نمونه پلات‌های زیر پیاده و آماربرداری شد:

۱- پلات ۱۰ در ۱۰ متر به‌منظور برداشت درختان با قطر بیشتر از ۱۲,۵ سانتیمتر

۲- پلات ۵ در ۵ متر به‌منظور برداشت زادآوری شل، خال، تیرک با قطر ۲,۵ تا ۱۲,۵ سانتیمتر

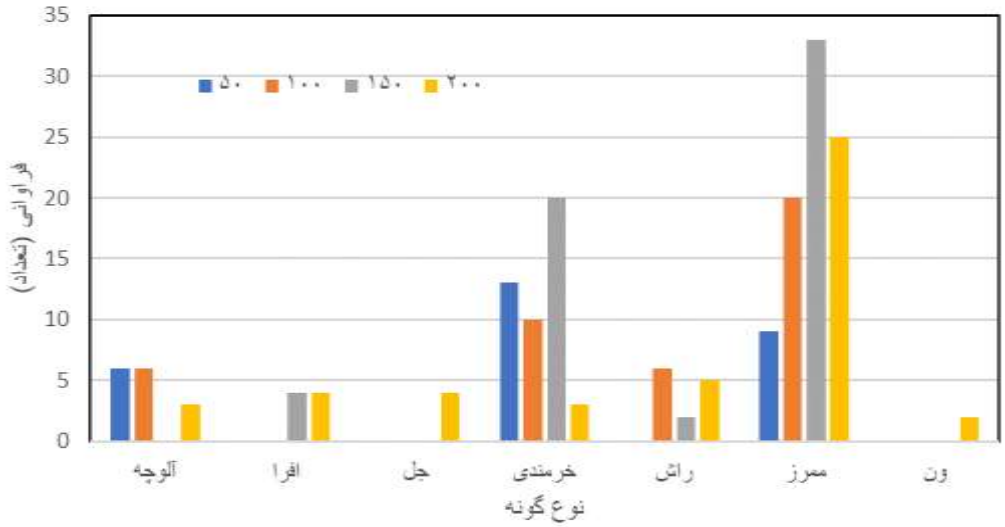
۳- پلات ۱ در ۱ متر به‌منظور برداشت زادآوری کمتر از قطر ۲,۵ سانتیمتر
۴- پلات ۵ در ۵ متر به‌منظور برداشت گونه‌های علفی کف جنگل

پ- داده‌های خام حاصل از آماربرداری در کلاسه‌های قطری، زادآوری و پوشش گیاهی در جهت‌های مختلف جغرافیایی در نرم‌افزار Excel ثبت و جدول‌ها و نمودارهای مربوطه ترسیم شد.
ت- داده‌های آماربرداری در نرم‌افزار SPSS وارد و آزمون‌های آماری مربوطه انجام شد.

یافته‌ها

زادآوری کمتر از قطر ۲/۵ سانتی‌متر

زادآوری کمتر از قطر ۲/۵ سانتی‌متر در گاوسراهای مورد مطالعه از گونه‌های راش، جل، ممرز، ون، افرا و آلوچه به‌وجود آمده است. بیشترین فراوانی زادآوری مربوط به گونه ممرز بوده که در فاصله ۱۵۰ متری از گاوسرا ایجاده شده و فراوانی آن برابر با ۳۳ اصله است (شکل ۲).



شکل ۲- فراوانی گونه‌های زادآوری کمتر از قطر ۲/۵ سانتی‌متر با فاصله از گاوسرا

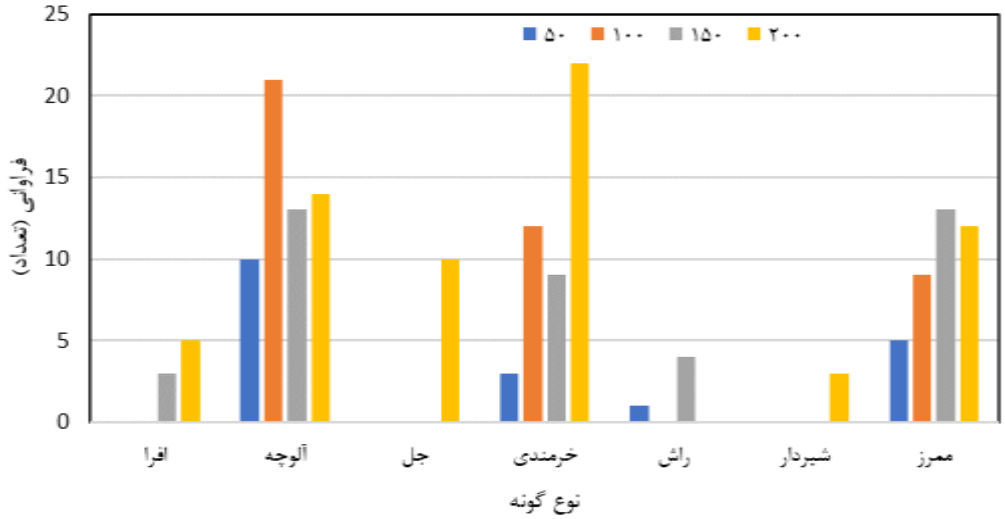
مقایسه فراوانی گونه‌های درختی دارای قطر کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر و نتایج تجزیه واریانس برای فراوانی گونه‌های درختان با قطر کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر در بین گاوسراهای مورد مطالعه به‌احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نشد (sig=۰/۵۵) (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه فراوانی گونه‌های درختان با قطر کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر در بین گاوسراهای مورد مطالعه

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	146.547	4	36.637	.771	.556
Within Groups	1045.971	22	47.544		
Total	1192.519	26			

درختان دارای قطر ۲/۵ - ۱۲/۵ سانتی‌متر

درختان دارای قطر ۲/۵ - ۱۲/۵ سانتی‌متر در گاوسراهای مورد مطالعه از گونه‌های راش، افرا، ممرز و آلوچه به‌وجود آمده است. بیشترین فراوانی درختی مربوط به گونه خرمندی بوده که در فاصله ۲۰۰ متری از گاوسرا ایجاده شده و فراوانی آن برابر با ۲۲ اصله است. همچنین فراوانی درختی مربوط به گونه آلوچه در ۱۰۰ متری از مرکز دامسراها با فراوانی ۲۱ اصله نیز جالب توجه است (شکل ۳).



شکل ۳- فراوانی گونه‌های درختی از قطر ۲/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر با فاصله از گاوسرا

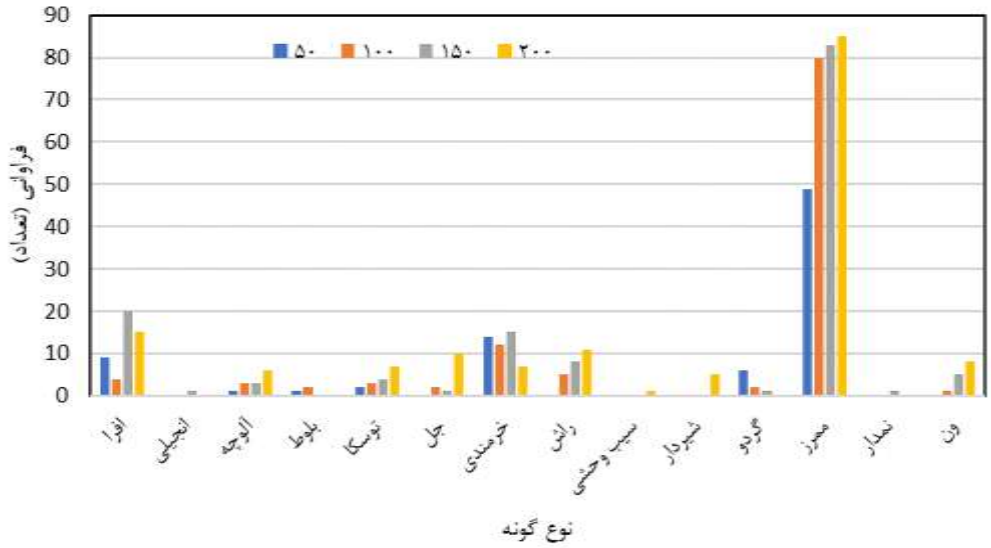
مقایسه فراوانی گونه‌های درختی دارای قطر ۲/۵ - ۱۲/۵ سانتی‌متر و نتایج تجزیه واریانس برای فراوانی گونه‌های درختان با قطر بیش از ۲/۵ و کمتر از ۱۲/۵ سانتی‌متر در بین گاوسراهای مورد مطالعه به‌احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نشد (sig=۰/۱۳) (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه فراوانی گونه‌های درختان با قطر ۱۲/۵ – ۲/۵ سانتی‌متر در بین گاوسراهای مورد مطالعه

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	111.744	5	22.349	1.872	.131
Within Groups	334.256	28	11.938		
Total	446.000	33			

درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر

فراوانی درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در گاوسراهای مورد مطالعه مربوط به گونه‌های آلوچه، افرا، توسکا، سیب وحشی، راش و ممرز است. بیشترین فراوانی درختان مربوط به گونه ممرز با تعداد ۸۰، ۸۳ و ۸۵ اصله در هکتار بوده که در فاصله‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری از گاوسراها ایجاد شده است (شکل ۴).



شکل ۴- فراوانی گونه‌های درختان دارای قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر با فاصله از گاوسرا

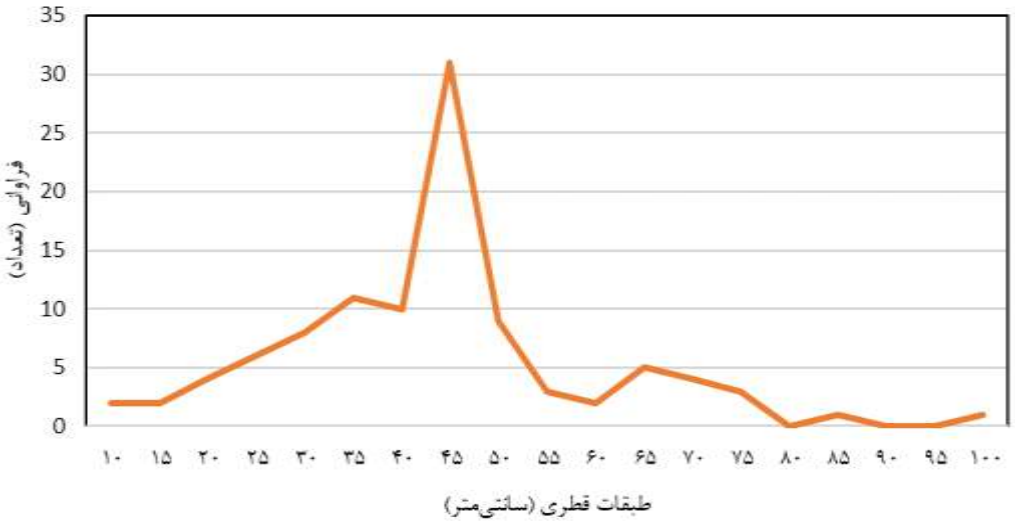
مقایسه فراوانی گونه‌های درختی دارای قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر و نتایج تجزیه واریانس برای فراوانی گونه‌های درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در بین گاوسراهای مورد مطالعه به‌احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نشد (sig=۰/۴۴) (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه فراوانی گونه‌های درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در بین گاوسراهای مورد مطالعه

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	272.091	5	54.418	.969	.442
Within Groups	4269.031	76	56.171		
Total	4541.122	81			

فراوانی درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در طبقات قطری

منحنی پراکنش تعداد درختان دارای قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در طبقات قطری در گاوسراهای مورد مطالعه در طبقه قطری ۴۵ سانتی‌متر دارای بیشترین فراوانی است و نمودار دارای شکل زنگوله‌ای مانند می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۵- فراوانی تعداد درختان دارای قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در طبقات قطری

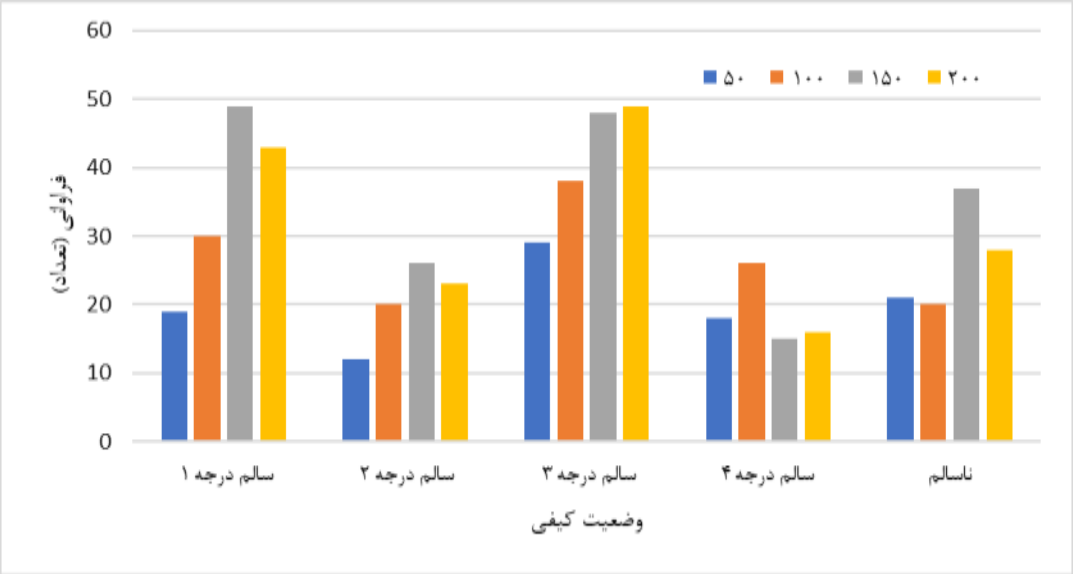
مقایسه فراوانی تعداد درختان در طبقات قطری بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر و نتایج تجزیه واریانس برای فراوانی تعداد درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در طبقات قطری پنج سانتی‌متری در بین گاوسراهای مورد مطالعه به‌احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار شد (sig=۰/۰۰۴) (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه فراوانی تعداد درختان در طبقات قطری بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در بین گاوسراها

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1584.668	5	316.934	3.741	.004
Within Groups	6523.188	77	84.717		
Total	8107.855	82			

وضعیت کیفی درختان با قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر

وضعیت کیفی درختان دارای قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر در گاوسراهای مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین تعداد درختان مربوط به درختان سالم با درجه کیفی ۱ در فاصله ۱۵۰ متر از گاوسرا رخ می‌دهد که برابر با ۴۹ اصله می‌باشد. همچنین بیشترین تعداد درختان با درجه کیفی ۴ در فاصله ۱۰۰ متر از گاوسراها وجود دارد که برابر با ۲۶ اصله درخت است (شکل ۶).



شکل ۶- فراوانی تعداد درختان دارای قطر بیش از ۱۲/۵ سانتی‌متر از نظر وضعیت کیفی

بحث و نتیجه‌گیری

عوامل طبیعی و غیرطبیعی از جمله چرای دام نقش بزرگی در زادآوری و تحول جنگل دارند. چرای دام از عوامل منفی تاثیرگذار بر ساختار جنگل به‌حساب می‌آید که در درازمدت استمرار تولید در جنگل را به مخاطره انداخته و سبب تخریب جنگل می‌شود (رضوانی و همکاران، ۱۳۹۲).

براساس اصول کلاسیک علم جنگلداری، بهره‌برداری صنعتی در جنگلی که دام چرا می‌کند باید متوقف شود، چون دام‌ها سبب از بین رفتن زادآوری، کوبیدگی و فشرده شدن خاک، تغییر مسیر توالی جنگل، تخریب اکوسیستم جنگل و کاهش میزان رویش در عرصه‌های جنگلی هستند (جوانمیری‌پور و همکاران، ۱۳۹۴؛ حق‌ستان و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به این دلایل طرح خروج دام از جنگل تدوین شد و این برنامه در چندین طرح جنگلداری اجرا شد (نظرپورفرد، ۱۳۹۲).

با وجود آنکه علم جنگلداری دام را مخرب می‌داند (منع چرای دام در جنگل از اصول اولیه شیوه تک‌گزینی محسوب می‌شود)، اما کارشناسانی هم وجود دارند که دام‌ها را عاملی برای کنترل داروش (نوعی گیاه انگلی) در جنگل می‌دانند. این گروه کود حیوانی حاصل از گاوسراها را عاملی برای تقویت خاک جنگل دانسته و معتقدند آن قدرها هم که بر نقش مخرب دام‌ها تاکید شده، حضور گاوسراها در جنگل مخرب نیست. اما نتایج تحقیقات از جمله تحقیق حاضر نشان می‌دهد که دام‌ها اثر مثبتی بر روی جنگل ندارند.

براساس این پژوهش‌ها، چرای دام سبب می‌شود لاشبرگ در کف جنگل انباشته نشود (جوانمیری‌پور و همکاران، ۱۳۹۰؛ اقنوم و همکاران، ۱۳۹۴). لاشبرگ‌ها یا همان هوموس، عامل جذب خاک و مرطوب نگه داشتن زمین هستند. لاشبرگ‌ها محل مخفی شدن بذر درختان جنگلی هستند تا این بذرها در فصل مناسب به نهال تبدیل شوند. بنابراین حذف لاشبرگ‌ها برای جنگل مضر است، زیرا خاک جنگل مستقیم در برابر بارش قرار گرفته و فرسایش می‌یابد. با تخریب خاک، فضای رویش گونه‌های اصلی اکوسیستم جنگلی از بین می‌رود (جوانمیری‌پور و همکاران، ۱۳۹۰).

دامداران برای تامین علوفه مورد نیاز دام‌های خود و با هدف رویش گیاه در کف جنگل، اقدام به کت‌زنی درختان کرده (برش

نواری پوست دور درخت که منجر به خشک شدن درخت و افزایش نوردهی به کف جنگل می‌شود) یا جنگل را تنک می‌کنند. در عمل تنک کردن، تعدادی از درختان را قطع می‌کنند تا نور بیشتر و فضای بیشتری برای رویش علف ایجاد شود. در اثر این دو اقدام، انواع گیاهان علفی مهاجم و ناخواسته از قبیل سرخس، تمشک و گزنه در جنگل ظاهر می‌شود. گیاهانی مانند فرفیون و ملف نیز در اثر تخریب ناشی از حضور دام در جنگل و چرای دام، در کف جنگل رشد می‌کنند.

ظهور ارزن جنگلی و فرفیون جنگلی نشان‌دهنده تخریب جنگل بر اثر چرای مفرط دام است. وجود تمشک هم نشانه تخریب جنگل در اثر برداشت تاج پوشش و خاک خلل و فرجدار است که در نزدیکی گاوسراها به‌راحتی قابل مشاهده است.

با افزایش فاصله از گاوسراها میزان تنوع گونه‌ای افزایش پیدا می‌کند. زیرا در فواصل کم از گاوسرا، چرای مفرط دام سبب ظهور گونه‌های مهاجم می‌شود. اما هرچه از گاوسراها بیشتر فاصله می‌گیریم (بیش از یک‌هزار متر) بر تنوع گونه‌های اصلی رویشگاه افزوده می‌شود.

به ظاهر با حذف درختان اصلی رویشگاه، گونه‌های دیگری در جنگل ظاهر می‌شوند که جای خالی گونه‌های قبلی را پر می‌کنند. در نتیجه افراد غیر متخصص، قادر به تشخیص تخریب جنگل نیستند و همین عامل ممکن است سبب شود تا گروهی دام‌ها را غیر مخرب ندانسته و حتی تلاش کنند بر میزان دام‌های خود در جنگل بیافزایند (Javanmiri pour et al., 2013). اما نتایج مطالعه نشان می‌دهد که جنگل تا حد معینی قادر به تحمل فشار دام است. زیرا در شرایط تخریب در اثر حضور دام، ابتدا شاهد حضور گونه‌های خاردار از قبیل ولیک در مناطق نزدیک‌تر به گاوسراها هستیم که از نظر اکولوژیکی نقش پرستار را دارند. اما در صورت تداوم تخریب، این گونه‌های پرستار نیز حذف می‌شوند و رفت و آمد دام سبب فشردگی خاک شده و زادآوری را حذف می‌کند (Javanmiri pour et al., 2012).

همچنین چرای دام نه تنها سبب تغییر پوشش گیاهی منطقه می‌شود، بلکه بر کیفیت نهال‌ها نیز تاثیر گذاشته و سبب ایجاد حالت چنگالی در نهال‌ها می‌شود. در نزدیکی گاوسراها فراوانی نهال‌های چنگالی بیشتر است. یعنی در نزدیکی گاوسراها به‌دلیل چرای دام، میزان نهال‌های سالم کاهش می‌یابد و هرچه فاصله از گاوسراها افزایش یابد، نهال‌های سالم بیشتری دیده خواهد شد. افزایش تعداد نهال‌های چنگالی در آینده، پایداری زیست بوم‌های جنگلی را به مخاطره انداخته و در نتیجه مدیریت جنگل را زیر سئوال می‌برد.

پیشنهادها

از گاوسراهای جنگلی به‌عنوان کانون‌های بحران در جنگل یاد می‌شود که به‌عنوان یک ناهنجاری در تقابل با روشنه‌های جنگلی (کانون‌های زادآوری) به‌عنوان نقطه شروع پویایی در جنگل قرار می‌گیرند. به‌طور کلی زیان‌های چرای دام در جنگل‌ها شامل سرچر شدن جوانه انتهایی، چند شاخگی و فرم نامطلوب نهال‌ها، زخمی شدن نهال‌ها، جویدگی پوست آن، شیوع بیماری‌های قارچی ناشی از پوسیدگی نهال یا درخت، از بین رفتن گونه‌های نادر و در نهایت کاهش تنوع زیستی در جنگل است. بنابراین ضروری است در مطالعات آتی طول مسیرهای انتخاب شده برای مطالعه اثر دام بر جنگل بیشتر در نظر گرفته شود تا در مورد تاثیر آن بتوان با اطمینان بیشتری به اظهار نظر پرداخت.

منابع

اقنوم، م.، فقهی، ج.، مخدوم، م.، جباریان امیری، ب. (۱۳۹۴). تعیین مناطق حساس و آسیب‌پذیر به چرای دام در جنگل (مطالعه موردی: بخش پاتم جنگل خیرود). پژوهش‌های محیط زیست، ۶ (۱۱): ۲۶-۱۵.

امیری، پ.، (۱۳۹۸). تأثیر دام بر میزان زادآوری جنگل مطالعه موردی: جنگل خیرودکنار، نشریه شباک، ۵ (۱۲): ۷۶-۶۹.

توحیدی، م. جلالی، ج. یزدیان، ف. عادل، م. ن. جیرودنژاد، ر. آذرنوش، م. و صادق کوهستانی، ج. (۱۳۹۷). اثر خروج دام و جنگل‌نشین از جنگل بر تجدید حیات طبیعی در جنگل عباس آباد استان مازندران. انسان و محیط زیست، ۴۷ (۴): ۱۳۹-۱۵۹.

جوانمیری‌پور، م.، مروی مهاجر، م. ر.، اعتماد، و.، زبیری، م. (۱۳۹۲). اثر چرای دام بر تغییر و تنوع گونه‌های جنگلی در گروه‌های زادآوری طبیعی (مطالعه موردی: بخش پاتم جنگل خیرود). جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۶: ۴۰۱-۴۱۲.

حق‌ستان، ا.، محمودی، ب.، بختیاری لک، ش.، محققی، م. (۱۳۹۲). بررسی تاثیر چرای دام بر تخریب جنگل های زاگرس جنوبی، کنفرانس ملی مخاطرات محیط زیست زاگرس، خرم‌آباد، اسفند ۱۳۹۲، ۶ ص.

رضوانی، م. و هاشم زاده، ف. (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر در تخریب جنگل و تأثیر خروج دام از حوضه ۱۴ جنگل‌های شمال کشور (فومن). نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۰ (۳): ۱۲۵-۱۳۸.

شامخی، ت. (۱۳۹۷). قوانین و مدیریت منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۰۰.

صالحی، پ.، اسدی اتوئی، ع. (۱۳۸۳). حفاظت از جنگل‌ها در مدیریت‌پایدار، همایش انجمن‌جنگلبانی ایران۲۰-۲۲، مهرماه، ۱۳۸۳، کرج، ایران.

فریدونی، م. (۱۳۹۶). ارزیابی اثرات اجتماعی-اقتصادی زوال جنگل‌های بلوط استان لرستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۱۱.

قانون برنامه چهارم توسعه. (۱۳۸۳). مجلس شورای اسلامی، انتشارات مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

قانون برنامه پنجم توسعه. (۱۳۸۹). مجلس شورای اسلامی، انتشارات مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

قانون برنامه ششم توسعه. (۱۳۹۶). مجلس شورای اسلامی، انتشارات مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع. (۱۳۴۶). مجلس شورا، انتشارات مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

قانون ملی شدن جنگل‌ها. (۱۳۴۱). مجلس شورا، انتشارات مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

نظرپورفرد، ک. (۱۳۹۲). اثرات چرای دام در تخریب پوشش گیاهی اکوسیستم‌های جنگل، کنفرانس ملی مخاطرات محیط زیست زاگرس، خرم‌آباد، اسفند ۱۳۹۲، ۷ ص.

Casasus, I., Bernues, A., Sanz, A., Villalba, D., Riedel, J.L. and Revilla, R. (2007). Vegetation dynamics in Mediterranean forest pastures as affected by beef cattle Ecosystems and Environment, 121: 365-370.

Javanmiri pour, M., Marvi Mohadjer, M.R., Etemad, V., Zobeiri, M. (2012). Effects of grazing on natural regeneration of tree and herb species of Kheyrud forest in northern Iran. Journal of forestry research, 23 (2): 299-304.

Norbu, L. (2002). Grazing management in broad leaf forests, Journal of Bhutan studies. Journal of Bhutan Studies, 7: 99-129.

Investigation of forest restoration in evacuated cattle-campuses in watershed No. 12 after livestock exit

A. Mohammad Gholipour Shalmai[1], I. Hassanzad Navroudi[2*] and H.R. Afrand Sorkhani[3]

1- M.Sc. Student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
2- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh-Sara, Iran.
3- Ph.D. of Socioeconomic Issues of Forest, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

The destructive effects of livestock presence in forest areas and the establishment of forestry plans in the Hyrcanian forests caused the Iran's Natural Resources and Watershed Management Organization to adopt a policy of livestock exit from the forest and restoration of evacuated cattle-campuses since the 1990s. However, the process of livestock exit from the forest has not yet been completed. In this study, evacuated cattle-campuses by the organization in watershed 2 were examined. Inventory of regeneration, seedlings, and trees were conducted at distances of 50, 100, 150, and 200 meters from the center of each evacuated cattle-campuses in 1×1, 5×5, and 10×10 plots and in 8 geographical directions. The findings showed that out of the 8 evacuated cattle-campuses, only 2 adjacent cattle-campuses were actually evacuated, and herding continues in the rest. Also, none of the cattle-campuses have been reforested. The results indicate the abundance of *Carpinus betulus* regeneration within 150 meters of livestock houses, as well as the abundance of *Carpinus betulus* trees with numbers of 80, 83, and 85 trees per hectare at distances of 100, 150, and 200 meters from cattle-campuses. The research concludes that despite the lack of actual evacuation of the cattle-campuses and the lack of reforestation, due to the appropriate fertility of the area along with the spread manure, natural restoration, albeit incomplete, is taking place and the destruction inflicted on the forest has not exceeded the ecological tolerance threshold.

Keywords: forest cattle-campus, livestock exit, forest restoration, forest regeneration.

*Corresponding author Tel: +98 9111374989 Email: Iraj.Hassanzad@gmail.com

شناسایی و تهیه نقشه مناطق آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره لندست ۹

سجاد زیرک‌پور ناوی[۱]، پرویز فاتحی[۲*] و فاطمه مطلبی‌زاده[۳]

۱- کارشناس ارشد مدیریت جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- استادیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

آتش‌سوزی‌های جنگلی از مهم‌ترین تهدیدهای محیط‌زیستی هستند که تأثیرات عمده‌ای بر اکوسیستم‌ها، تنوع زیستی و زندگی انسانی دارند. در این پژوهش با بهره‌گیری از تصاویر چندزمانه ماهواره‌ای لندست ۹ مناطق آتش‌سوزی شناسایی و نقشه آنها تهیه شد. رخ داد تصاویر مربوط به تاریخ ۱۹ آگوست ۲۰۲۴ و ۴ سپتامبر ۲۰۲۴ در اطراف همدان بود که در تابستان ۱۴۰۳ آتش‌سوزی‌های زیادی در آن رخ داده بود. از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) به‌عنوان تکنیک اصلی برای انتخاب باندهای مناسب برای پایش آتش‌سوزی استفاده شد. شاخص گیاهی NDVI و شاخص آتش‌سوزی NBR نیز تهیه شدند. نتایج اعمال تحلیل مولفه اصلی بروی این تصاویر نشان داد که باندهای NIR، SWIR1 و SWIR2 همبستگی زیادی با مناطقی که آتش‌سوزی در آنها رخ داده است، داشته‌اند. روش تحلیل بردار تغییرات (Change Vector Analysis (CVA با استفاده از داده‌های طیفی مختلفی شامل باندهای اصلی NIR و SWIR، شاخص‌های NDVI و NBR و مولفه‌های PCA انجام شد. با استفاده از روش CVA و متغیرهای مختلف طیفی در نهایت ۱۰ نقشه آتش‌سوزی برای منطقه تهیه شد. برای کل منطقه با استفاده از تصاویر ۱۰ متری سنتینل ۲ و روش تفسیر چشمی نقشه واقعیت زمینی تهیه شد. نتایج نشان داد که نقشه آتش‌سوزی بدست آمده از باند SWIR2 با صحت کلی = ۹۹٪ و ضریب کاپا = ۰,۵۳ بهترین نتیجه را داشته است. ترکیب باند SWIR2 و شاخص NBR با صحت کلی= ۹۹٪ و ضریب کاپا = ۰,۴۵ نیز کارایی به نسبت خوبی در تهیه نقشه آتش‌سوزی داشته است. در تمامی نقشه‌ها صحت کلی بالایی بدست آمد؛ اما کاهش قابل توجه در ضریب کاپا نشان دهنده ناهمسانی مساحت کلاسه‌های آتش‌سوزی و غیرآتش‌سوزی است.

واژگان کلیدی: تحلیل بردار تغییرات، آتش‌سوزی، NDVI، NBR، ماهواره‌ای لندست ۹.

مقدمه

آتش‌سوزی‌های جنگلی از مهم‌ترین تهدیدات محیط‌زیستی در سراسر جهان به شمار می‌روند که تأثیرات عمیقی بر اکوسیستم‌ها، تنوع زیستی و زندگی جوامع انسانی دارند. در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی نقش قابل‌توجهی در افزایش وقوع این پدیده داشته‌اند. تغییر در الگوهای اقلیمی، از جمله افزایش دما، خشکسالی‌های طولانی‌مدت و شدت باد، موجب تقویت چرخه‌های بازخورد مثبت میان آتش‌سوزی و اقلیم شده است. این شرایط نه‌تنها وقوع

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲ ایمیل: parviz.fatehi@ut.ac.ir

آتش‌سوزی‌های جنگلی را تشدید می‌کند، بلکه پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی گسترده‌ای به همراه دارد (Dube. 2024؛ Neves et al. 2024). از این رو این پدیده نه‌تنها بر فعالیت‌های سازمان‌های عمومی و بخش خصوصی تأثیر گذاشته است، بلکه اثرات مخربی بر رشد جنگل‌ها، بهره‌وری زمین‌های جنگلی و نرخ مرگ‌ومیر درختان داشته است. علاوه بر این، آتش‌سوزی‌های جنگلی با تخریب زیستگاه‌های طبیعی، کاهش کیفیت هوا و تهدید سلامت عمومی، پیامدهای گسترده‌ای را به همراه دارند؛ بنابراین درک الگوهای وقوع این آتش‌سوزی‌ها و ارزیابی اثرات آن‌ها برای مدیریت بحران و حفاظت از منابع طبیعی ضرورتی انکارناپذیر است. این رویکرد می‌تواند به کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی و آتش‌سوزی‌ها بر محیط‌زیست و جوامع انسانی کمک کند که نیازمند مدیریت جامع و مؤثر است (Wang and Lewis 2024).

آتش‌سوزی در جنگل می‌توانند منجر به از دست رفتن زیست‌توده زمینی و انتشار گازهای گلخانه‌ای شود و درعین‌حال نقشی دوسویه داشته باشد. از یک‌سو، این اختلالات تنوع زیستی را تحت تأثیر قرار داده و زیستگاه‌های طبیعی را تخریب می‌کنند و از سوی دیگر، زیستگاه‌های جدیدی برای حیات‌وحش ایجاد می‌کنند (Tian et al. 2022). بدین جهت اگرچه سرمایه‌گذاری‌ها در مدیریت آتش‌سوزی‌های طبیعی در سراسر جهان رو به افزایش است؛ اما آتش‌سوزی‌های مکرر و شدید همچنان تهدیدی جدی برای انسان‌ها و اکوسیستم‌ها محسوب می‌شوند. این چالش‌ها به‌ویژه به دلیل تعامل پیچیده میان عوامل انسانی و طبیعی و تغییرات اقلیمی در حال تشدید هستند و با وجود کاهش مساحت مناطق سوخته در سطح جهان، خطرات آتش‌سوزی همچنان رو به افزایش است (Dube. 2024). به همین دلیل، Russell et al. (2024) تأکید می‌کنند که حتی مدیریت آتش‌سوزی عمدی هم باید بخشی از استراتژی‌های جامع‌تری برای سازگاری با تغییرات اقلیمی و حفاظت از اکوسیستم‌ها باشد. با این حال، نبود ارزیابی‌های جامع از خسارات و هزینه‌های ناشی از آتش‌سوزی، لزوم پژوهش‌های دقیق‌تر و برنامه‌ریزی‌های منسجم‌تر را برجسته می‌سازد.

Wittkuhn and Hamilton (2010) به تحلیل داده‌های آتش‌سوزی‌ها و استفاده از آن‌ها برای مدیریت و مطالعه رژیم‌های آتش پرداختند. این پژوهشگران روشی ساده و نوآورانه برای ایجاد توالی‌های زمانی آتش‌سوزی‌ها در محیط GIS ارائه کردند. این روش با تحلیل داده‌های آتش‌سوزی‌های جنوب غربی استرالیا، بازه‌های بازگشت آتش را طبقه‌بندی کرده و الگوهای مکانی و زمانی رژیم‌های آتش را شبیه‌سازی کرد. نتایج آنها نشان داد که ترکیب نوع آتش، فصل و بازه‌های بازگشت مطالعه را محدود می‌کند و کاربرد GIS در نمایش توالی‌های زمانی چالش‌هایی دارد. اگرچه این پژوهش یک روش مؤثر برای ارزیابی الگوهای آتش و ارتباط آن‌ها با عوامل محیطی معرفی کرده است؛ اما Dube (2024) اشاره دارد که در عصر حاضر لزوم تغییر شیوه‌های سنتی مدیریت آتش‌سوزی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین برای مدیریت بهینه این بحران ضروری است. یکی از ابزارهای کلیدی در این زمینه، فناوری سنجش از دور است که با پیشرفت‌های اخیر، توانسته است به ابزاری قدرتمند برای پایش و مدیریت آتش‌سوزی تبدیل شود. تصاویر ماهواره‌ای، به‌ویژه لندست و سنتینل۲، به دلیل تفکیک مکانی مناسب و دسترسی آسان، نقش مهمی در مطالعه و پایش آتش‌سوزی‌های جنگلی ایفا می‌کنند. این تصاویر امکان تحلیل تغییرات مکانی و زمانی مناطق آسیب‌دیده، ارزیابی شدت آتش‌سوزی و شناسایی الگوهای تغییر را فراهم می‌کنند. به عبارتی، فناوری سنجش از دور ابزاری موثر برای ارائه داده‌های طولانی‌مدت و سری‌های زمانی از مناطق مختلف است که می‌تواند محدودیت‌های روش‌های سنتی را برطرف کرده و در برنامه‌ریزی های مدیران مؤثر باشد (Tian et al. 2022؛ Alonso et al. 2022؛ Gholamrezaie et al. 2022). به‌طورکلی، فناوری سنجش از دور با ارائه داده‌های کاربردی و امکان نظارت مداوم بر پویایی اکوسیستم جنگل‌ها، به‌عنوان ابزاری حیاتی در مدیریت پایدار جنگل‌ها و مقابله با آتش‌سوزی‌های جنگلی شناخته می‌شود (Kim et al. 2024؛ Perbet et al. 2024).

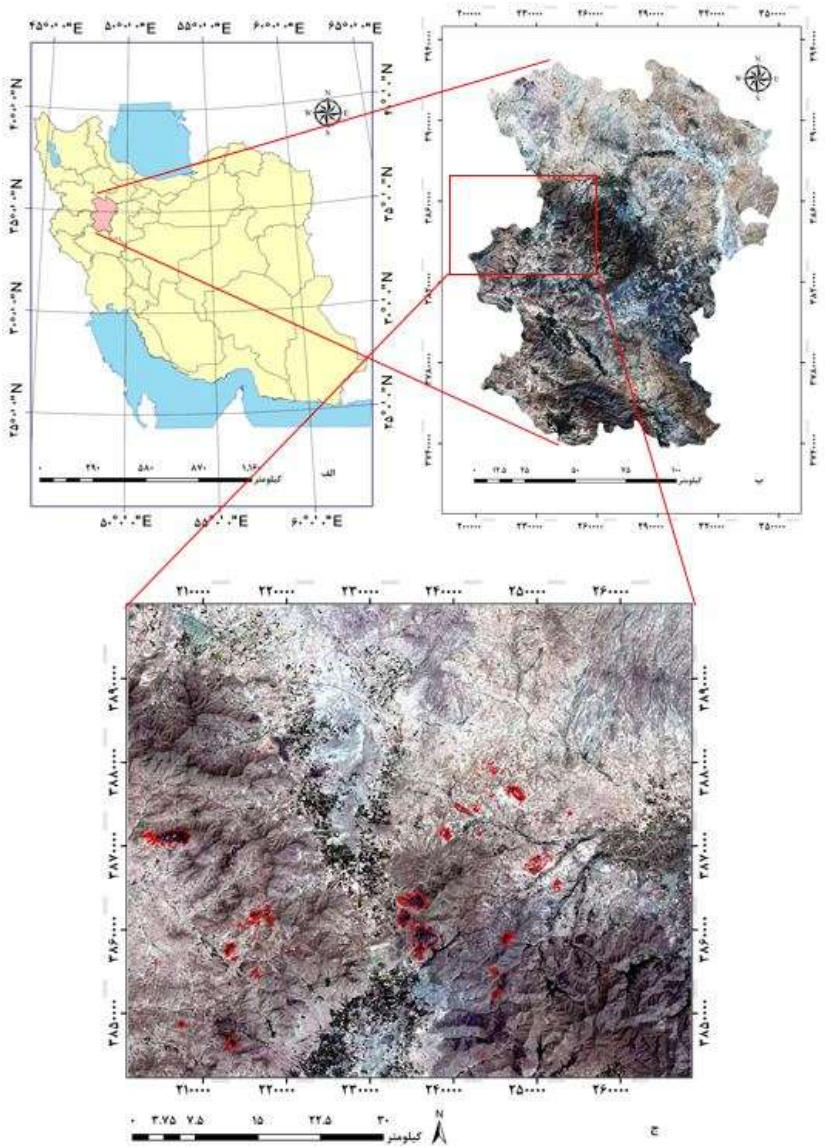
استفاده از تصاویر چندزمانه (قبل و بعد از آتش‌سوزی) و بهره‌گیری از شاخص‌های طیفی مانند NBR و NDVI ابزارهای قدرتمندی برای شناسایی مناطق سوخته و ارزیابی شدت آتش‌سوزی هستند. این شاخص‌ها به دلیل حساسیت زیاد به تغییرات طیفی مرتبط با پوشش گیاهی، اطلاعات دقیقی درباره تغییرات پوشش گیاهی و روند بازیابی آن ارائه می‌دهند و در تحلیل تأثیرات اقلیمی و تغییرات پوشش زمین نیز بسیار مؤثرند (Liu et al. 2023؛ Priya and Vani 2024). همچنین (Duan et al. 2024) در پژوهشی نشان دادند که روش‌های مبتنی بر تصاویر دو زمانه با بهره‌گیری از تغییرات طیفی باندهای مادون قرمز نزدیک (NIR) و موج کوتاه (SWIR) و الگوریتم‌های تحلیل تغییرات مانند BFAST اطلاعات دقیقی درباره شدت و وسعت مناطق سوخته ارائه می‌دهند. در شرایطی که داده‌های چندزمانه کافی در دسترس نیست، استفاده از روش‌های تک‌زمانه مانند مدل‌های طبقه‌بندی و الگوریتم‌های جداسازی مبتنی بر تعیین آستانه پویا نیز کارایی زیادی دارند و در شناسایی سریع مناطق آسیب‌دیده مؤثرند. فناوری‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق نیز نقش مهمی در تحلیل جامع‌تر و دقیق‌تر مناطق سوخته ایفا کرده‌اند. مدل‌هایی مانند U-Net که با تصاویر تک‌زمانه آموزش داده شده‌اند، توانسته‌اند در شناسایی دقیق مناطق آسیب‌دیده نتایج چشمگیری ارائه دهند (Kim et al. 2024). علاوه بر این، ترکیب الگوریتم‌های یادگیری ماشین با داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند به نتایج دقیق دست یابد؛ مانند پژوهش Gholamrezaie et al. (2022) که با استفاده از تصاویر Landsat 8 به دقتی بیش از ۹۴٪ دست یافته‌اند. در این میان، تحلیل دو زمانه تصاویر ماهواره‌ای همچنان به‌عنوان یک روش کلیدی در ارزیابی آتش‌سوزی جنگلی شناخته می‌شود.

تصاویر ماهواره‌ای لندست به دلیل پوشش وسیع، دسترسی رایگان و قابلیت ثبت تغییرات بلندمدت، به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای پایش و مدیریت آتش‌سوزی‌ها مطرح شده‌اند (Smith-Tripp et al., 2022). این پژوهش با بهره‌گیری از تصاویر دو زمانه ماهواره لندست و تحلیل بردار تغییرات Change Vector Analysis (CVA) شناسایی و تهیه نقشه مناطق آتش‌سوزی را بررسی می‌کند. با وجود چالش‌هایی مانند وسعت زیاد مناطق، تراکم پوشش گیاهی و محدودیت در تحلیل تغییرات طیفی، تحلیل تغییرات مکانی – زمانی و استفاده از الگوریتم‌های Change Vector Analysis می‌تواند کمک کننده باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان همدان در گستره‌ای به مساحت ۱۹۴۹۰ کیلومترمربع، در غرب ایران بین ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. این استان از شمال به استان‌های زنجان و قزوین، از جنوب به استان لرستان، از شرق به استان مرکزی و از غرب به استان کرمانشاه و قسمتی از استان کردستان محدود است (شکل ۱). قسمت غربی استان، به‌ویژه مناطقی که با استان کردستان هم‌مرز هستند، به‌عنوان یکی از مناطق مستعد و آسیب‌پذیر در برابر آتش‌سوزی شناخته می‌شوند. این مناطق به دلیل شرایط خاص اقلیمی، پوشش گیاهی متراکم و سایر عوامل محیطی، خطر وقوع آتش‌سوزی‌های گسترده را افزایش می‌دهند (سالنامه آماری استان همدان، ۱۳۹۹). در تابستان ۱۴۰۳ هم به میزان قابل‌توجهی آتش‌سوزی در استان همدان به‌ویژه در اطراف شهرستان بهار اتفاق افتاد؛ بنابراین این منطقه برای انجام این پژوهش انتخاب شد.



شکل ۱- الف) موقعیت منطقه مطالعه در ایران. ب) استان همدان.
ج) ترکیب رنگی RGB 321 تصویر ماهواره‌ای Landsat 9 و پراکنش لکه‌های آتش‌سوزی

داده‌های سنجش از راه دور

در این مطالعه برای تشخیص و پایش آتش‌سوزی از داده‌های ماهواره‌ای Landsat-9 استفاده شد. دو تصویر ماهواره‌ای مربوط به تاریخ ۱۹ آگوست و ۴ سپتامبر ۲۰۲۴ برای تحلیل تغییرات مکانی و زمانی مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی به کار گرفته شدند.

ماهواره Landsat-9 از دو سنجنده شامل سنجنده تصویربردار عملیاتی زمین (OLI-2) و سنجنده مادون قرمز حرارتی (TIRS-2) برای تصویربرداری استفاده می‌کند. تصاویر OLI-2 که در محدوده اپتیک تصویربرداری می‌کند شامل ۹ باند

طیفی در طول موج‌های مرئی (Visible)، مادون قرمز نزدیک (NIR)، مادون قرمز موج‌کوتاه (SWIR) با اندازه تفکیک مکانی ۳۰ متر است. همچنین دارای یک باند پانکروماتیک با اندازه تفکیک مکانی ۱۵ متر است. سنجنده TIRS-2 دارای دو باند در محدوده مادون قرمز حرارتی (LWIR) است که با اندازه تفکیک مکانی ۱۰۰ متر برداشت می‌شوند؛ اما در فرآیند پردازش اولیه به ۳۰ متر تبدیل می‌شوند (جدول ۱)، (Masek et al. 2020).

جدول ۱- ویژگی‌های طیفی و مکانی ماهواره لندست ۹

باندها	محدوده طول موج (µm)	توان تفکیک مکانی (m)
Band 1—Coastal aerosol	0.43–0.45	۳۰
Band 2—Blue	0.45–0.51	۳۰
Band 3—Green	0.53–0.59	۳۰
Band 4—Red	0.64–0.67	۳۰
Band 5—Near Infrared (NIR)	0.85–0.88	۳۰
Band 6—SWIR 1	1.57–1.65	۳۰
Band 7—SWIR 2	2.11–2.29	۳۰
Band 8—Panchromatic	0.50–0.68	۱۵
Band 9—Cirrus	1.36–1.38	۳۰
Band 10—Thermal Infrared (TIRS) 1	10.6–11.19	۳۰ (۱۰۰)
Band 11—Thermal Infrared (TIRS) 2	11.5–12.51	۳۰ (۱۰۰)

چارچوب نظری

آتش‌سوزی در اکوسیستم‌ها با نابودی پوشش گیاهی، به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تغییر در سیمای سرزمین شناخته می‌شود. در راستای مطالعه و پیش‌بینی این پدیده، پژوهش‌های بسیاری با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای انجام شده‌اند که نقش مهمی در تحلیل و مدیریت آتش‌سوزی‌ها ایفا می‌کنند (Morovati and Karami, 2024). یکی از روش‌های مؤثر برای شناسایی مناطق آتش‌سوزی، استفاده از الگوریتم تحلیل بردار تغییرات Change Vector Analysis (CVA) است. این روش با مقایسه دو تصویر ماهواره‌ای از یک منطقه در دو بازه زمانی متفاوت، به شناسایی مناطقی می‌پردازد که در آن‌ها تغییرات قابل توجه طیفی رخ داده است (Pepe and Parente, 2018). برای شناسایی تغییرات، از متغیرهای متفاوتی می‌توان بهره برد که بر پایه اختلاف در بازتاب هر پیکسل تعریف می‌شوند. این متغیرها به‌طورکلی در چهار گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شوند: ۱) باندهای اصلی طیفی که تغییرات در بازتاب‌های طول موج‌های خاص را ارزیابی می‌کنند؛ ۲) شاخص‌های طیفی که با استفاده از ترکیب باندهای طیفی تغییرات، به ویژگی‌های خاص مانند پوشش گیاهی، آتش‌سوزی یا خصوصیات خاک حساسیت دارند؛ ۳) نقشه‌بردار زاویه طیفی که تغییرات طیفی در پیکسل‌ها را در دو زمان با استفاده از محاسبات زاویه‌ای تحلیل می‌کند؛ و ۴) تحلیل مؤلفه‌های اصلی که با فشرده‌سازی و کاهش ابعاد داده‌ها، الگوهای پنهان تغییرات در داده‌های چندطیفی را بارزتر و آشکارتر می‌سازد (Liu et al., 2020 ؛Saber et al., 2021).

برای استفاده مؤثر از این متغیرها در شناسایی تغییرات، آگاهی از الگوی بازتاب طیفی پدیده‌ها ضروری است. این آگاهی امکان انتخاب بهینه متغیرهای باندی را که بر کارایی روش CVA مؤثرند ممکن ساخته و در ادامه امکان شناسایی تغییرات را فراهم می‌کند. براساس نمودار بازتاب طیفی مربوط به پوشش گیاهی و مناطق دچار آتش‌سوزی شده، بیشترین تفاوت در بازتاب در محدوده مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز با طول موج کوتاه (SWIR) اتفاق می‌افتد. این دو محدوده به دلیل حساسیت زیاد خود نسبت به تغییرات ساختاری و رطوبتی پوشش گیاهی، ابزارهای مهمی برای تحلیل مناطق آسیب‌دیده محسوب می‌شوند (Liu et al., 2020). استفاده از شاخص‌های طیفی یکی از محبوب‌ترین روش‌ها برای شناسایی مناطق آتش‌سوزی است که می‌توان از آن‌ها در CVA، استفاده کرد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که شاخص‌هایی مانند NBR[1]، NDVI[2]، GEMI[3] و BAI[4] برای این منظور کاربرد دارند. در این روش، مقادیر محاسبه شده برای شاخص مورد نظر در دو تصویر با دو زمان مقایسه می‌شوند. نتایج این رویکرد به عوامل متعددی از جمله نوع پوشش زمین و بازه زمانی بین ثبت دو تصویر وابسته است. انتخاب مناسب شاخص و تنظیم بازه زمانی از عوامل کلیدی در دقت نتایج محسوب می‌شوند (Liu et al., 2020 ؛Liu et al. 2023).

همچنین تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) روشی کارآمد برای کاهش ابعاد داده‌ها در شرایطی است که تعداد متغیرها بسیار زیاد باشد تا سرعت و کارایی پردازش داده افزایش یابد. این روش با تحلیل واریانس میان متغیرها، اطلاعات اصلی را استخراج کرده و آن‌ها را در قالب تعداد محدودی از مؤلفه‌های اصلی فشرده می‌کند (Siljestrom Ribed and Moreno López, 1995). این روش در مطالعات متعددی مورد استفاده قرار گرفته است، اما احتمال نادیده گرفتن برخی ویژگی‌ها به دلیل فشرده‌سازی اطلاعات یا تأثیرات مرتبط با همبستگی پیچیده میان باندها می‌تواند منجر به شناسایی ناقص یا عدم شفافیت در تغییرات شود (Tewkesbury et al., 2015).

در این پژوهش، ابتدا تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) به صورت جداگانه بر روی تصاویر دو زمانه اعمال شد. هدف از این تحلیل، شناسایی مؤلفه‌های تأثیرگذار در تشخیص مناطق تحت تأثیر آتش‌سوزی بود. همبستگی بین باندهای اصلی و مؤلفه‌ها بررسی شدند و باندهایی که از نظر آماری به شکل معنی‌داری با مولفه‌ای همبستگی داشتند، انتخاب شدند. در ادامه بررسی تغییرات طیفی بر روی آن‌ها اعمال شد تا نقشه مناطق آتش‌سوزی به دست بیاید. در روش CVA، بزرگی بردار تغییر نشان دهنده شدت تغییرات در پوشش زمین است، به این معنی که هرچه بزرگی بردار بیشتر باشد، تغییرات هم شدیدتر است. از طرفی، جهت بردار تغییر می‌تواند نوع تغییرات را مشخص کند که می‌تواند شامل کاهش پوشش گیاهی یا افزایش و یا بدون تغییر باشد. این ارزیابی دوگانه (شدت و جهت تغییرات) امکان درک دقیق‌تری از پویایی‌های پوشش زمین را فراهم می‌آورد. CVA به‌ویژه در استفاده از باندهای طیفی حساس به ویژگی‌های خاص پوشش زمین بسیار مؤثر است. برای نمونه، باندهای مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز موج کوتاه (SWIR) که با پوشش گیاهی و میزان رطوبت واکنش نشان می‌دهند، می‌توانند تغییرات مربوط به پوشش گیاهی، رطوبت خاک و سایر ویژگی‌های محیط زیستی را به‌طور دقیق‌تر شبیه‌سازی کنند (Lorena et al., 1995).

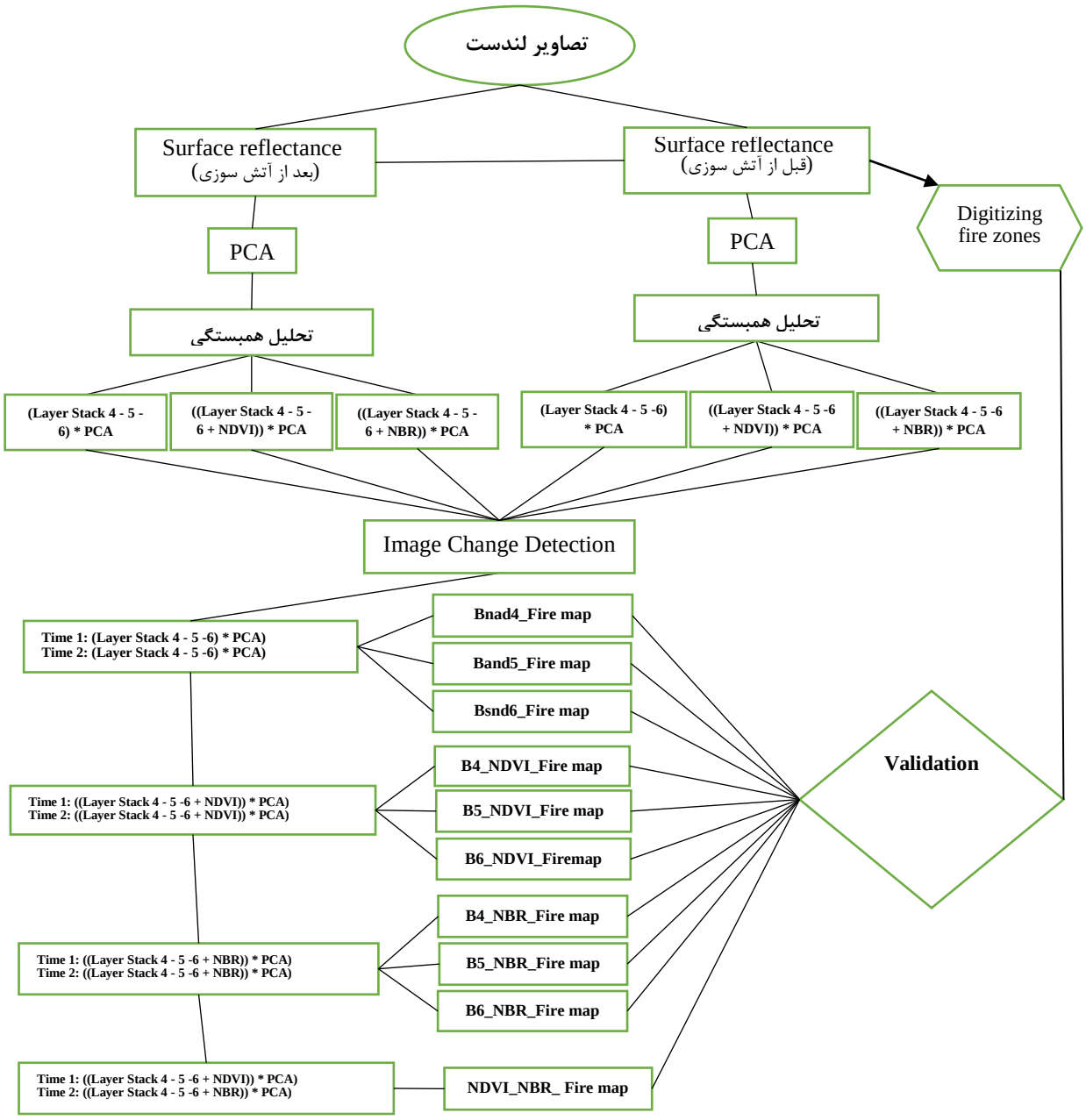
از آنجا که CVA به یک متغیر در دو زمان نیاز دارد، بررسی کارایی استفاده از متغیرهای طیفی شامل باندهای اصلی، شاخص‌های گیاهی مانند NDVI یا NBR و ترکیب باندهای اصلی و شاخص‌های گیاهی در تهیه مناطق آتش‌سوزی مورد

1- Normalized Burn Ratio
2- Normalized Difference Vegetation Index
3- Global Environmental Monitoring Index
4- Burning Area Index

توجه قرار گرفت. در کل کارایی ده ترکیب مختلف از متغیرهای طیفی در تهیه نقشه آتش‌سوزی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲). ابتدا سه باند اصلی (باندهای SWIR1، NIR و SWIR 2) از تصویر اول و سه باند اصلی از تصویر دوم به‌عنوان ورودی به الگوریتم CVA وارد شدند.

شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) برای هر دو تصویر محاسبه و به‌عنوان یک لایه مجزا به ترکیب لایه‌ها برای تحلیل افزوده شد. شاخص NDVI مربوط به دو زمان مختلف باندهای انتخاب شده (SWIR1، NIR و SWIR2)، ترکیب و یک مجموعه جدید از داده‌ها تشکیل شد. برای درک بهتر روابط و همبستگی‌های میان این داده‌ها، از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. در ادامه شاخص NBR برای هر دو تصویر محاسبه و با سایر لایه‌ها ترکیب شد.

برای ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده از الگوریتم CVA نقشه واقعیت زمینی منطقه استفاده شد. ابتدا داده‌های ماهواره‌ای Sentinel-2A مربوط به تاریخ ۹ سپتامبر ۲۰۲۴ (تقریباً هم‌زمان با داده‌های لندست استفاده شده در این پژوهش) دانلود شد. در تهیه نقشه واقعیت زمینی باید داده‌های استفاده شده توان تفکیکی مکانی بیشتری داشته باشند؛ بنابراین باندهای طیفی ماهواره سنتینل ۲ که دارای اندازه تفکیک مکانی ۱۰ متری بودند انتخاب و با استفاده از تفسیر، نقشه مناطق آتش‌سوزی شناسایی و تهیه شد. سپس برای ارزیابی دقت نقشه‌های شناسایی شده، آماره‌های صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شدند.



شکل ۲- فلوچارت روش پژوهش

یافته‌ها

همان‌طور که گفته شد برای تشخیص آتش‌سوزی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۹ استفاده شد. تصویر اول مربوط به تاریخ ۱۹ آگوست ۲۰۲۴ و تصویر دوم مربوط به تاریخ ۴ سپتامبر ۲۰۲۴ بود. باندهای NIR، SWIR 1 و SWIR 2 به دلیل حساسیت زیاد به تغییرات پوشش گیاهی، رطوبت، و حرارت بیشترین نقش را در مؤلفه‌های اصلی داشتند و به عنوان بهترین باندها انتخاب شدند (جداول ۲ و ۳):

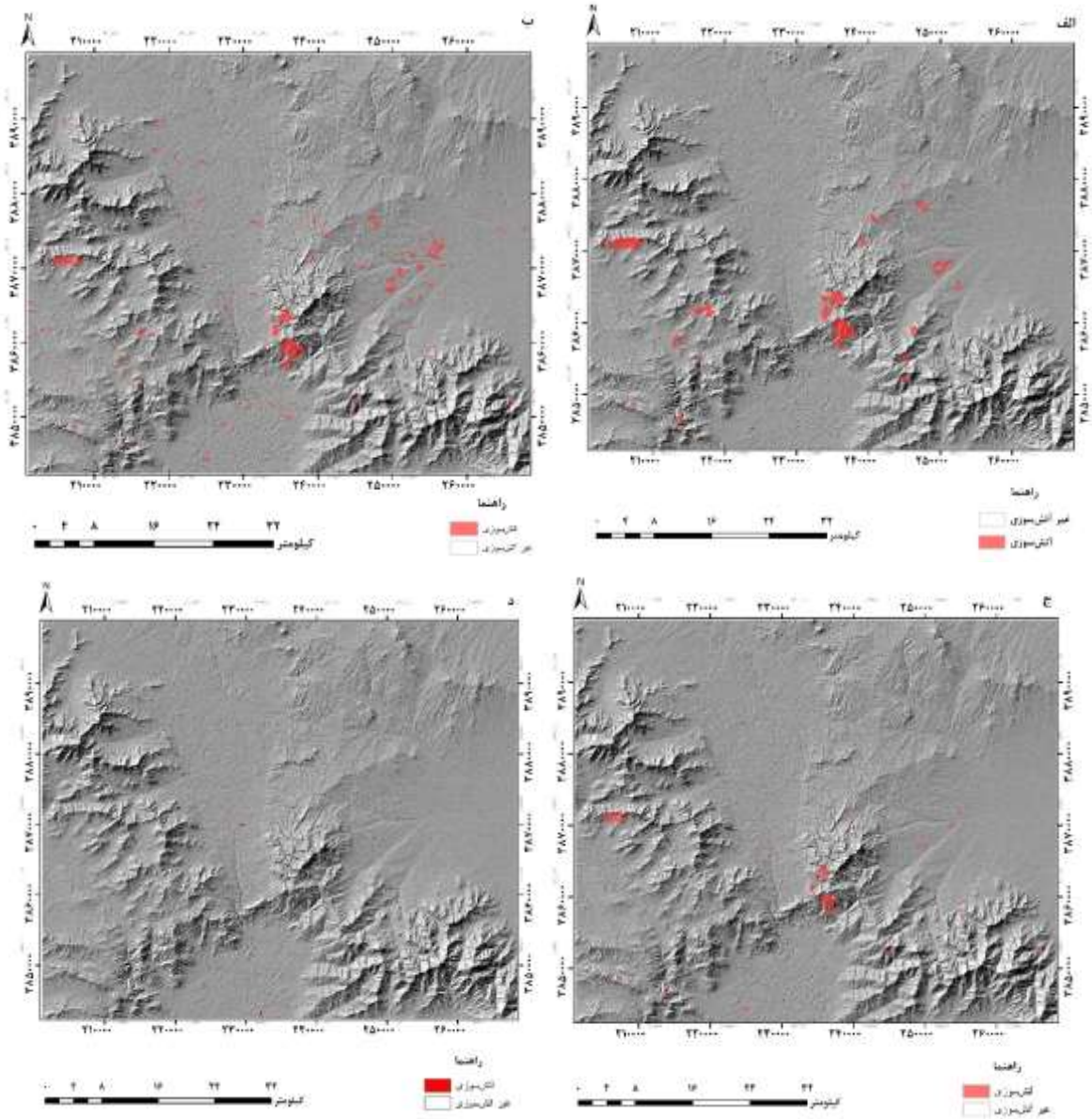
جدول ۲- همبستگی PCA و تصویر ۴ سپتامبر ۲۰۲۴

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
0904_Band 1	-0.93629	-0.19429	-0.23073	0.09398	-0.13931	0.064261
0904_Band 2	-0.96071	-0.11969	-0.22528	0.082203	-0.0476	-0.05418
0904_Band 3	-0.95361	-0.18447	-0.22795	-0.03789	0.055564	0.010414
0904_Band 4	-0.75871	0.64975	0.02915	0.035585	0.008117	0.002775
0904_Band 5	-0.97783	-0.08256	0.140563	-0.12897	-0.02515	-0.00402
0904_Band 6	-0.88231	-0.38943	0.230376	0.127403	0.023653	0.003271

جدول ۳- همبستگی PCA و تصویر ۱۹ آگوست ۲۰۲۴

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
0819_Band 1	0.935344	0.197828	0.225932	-0.1035	-0.14188	0.064094
0819_Band 2	0.959784	0.127722	0.220604	-0.09377	-0.04344	-0.05619
0819_Band 3	0.954389	0.182405	0.225295	0.045901	0.05369	0.011072
0819_Band 4	0.747223	-0.6631	-0.02487	-0.03553	0.008402	0.003009
0819_Band 5	0.977748	0.077247	-0.14268	0.129918	-0.02791	-0.00517
0819_Band 6	0.888631	0.376441	-0.22692	-0.12801	0.026915	0.00459

پس از انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر روی تصاویر ماهواره‌ای، نتایج نشان داد که باند شماره ۵ بهترین باند برای شناسایی مناطق سوخته است. این باند با ارائه بیشترین مقدار PC و تمایز بیشتر میان مناطق سوخته و سایر عوارض، نقش اساسی در تشخیص این مناطق ایفا می‌کند. علاوه بر این، نتایج تحلیل‌ها نشان داد که باندهای SWIR1 (باند ۵)، NIR (باند ۴) و SWIR2 (باند ۶) بیشترین واریانس و اطلاعات طیفی را دارا هستند. برای دستیابی به تحلیل دقیق‌تر و جامع‌تر، این باندها به‌طور مجزا ترکیب شدند. ترکیب این باندها به‌منظور تحلیل تغییرات زمانی ناشی از آتش‌سوزی و بررسی اطلاعات جدید حاصل از ترکیب داده‌های دو زمانه انجام شد و نقشه‌های آتش‌سوزی تهیه شد (شکل ۳).



شکل ۳- الف) نقشهٔ واقعیت زمینی. ب) نقشه Band6_Firemap ج) نقشه B6_NBR_Firemap د) نقشه B4_NDVI_Firemap

ارزیابی صحت

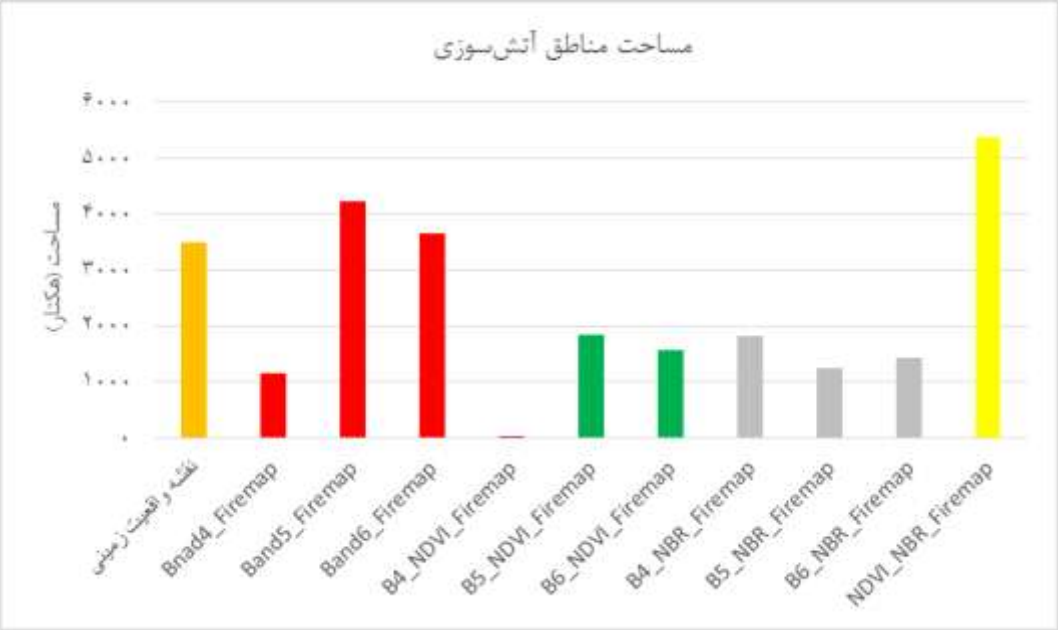
ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده در مقایسه با نقشهٔ واقعیت زمینی براساس تصاویر Sentinel-2 در شکل ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهند که تمامی نقشه‌ها از صحت کلی زیادی برخوردار بوده‌اند، اما تفاوت در ضرایب کاپا کارایی متغیرهای مختلف را به‌وضوح نشان می‌دهد. نقشه Band6_Firemap که برای شناسایی مناطق آتش‌سوزی از باند SWIR2 استفاده کرده است، با ضریب کاپای ۰,۵۴ و صحت کلی ۹۹٪، بهترین عملکرد را داشته است. پس از آن، نقشه B6_NBR_Firemapکه ترکیب باند SWIR2 و شاخص NBR را به‌کار برده، با ضریب کاپای ۰,۴۵ و صحت کلی ۹۹٪،

عملکرد مطلوبی نشان داده است. این دو نقشه را می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین ترکیب‌ها از نظر تطابق با واقعیت زمینی معرفی کرد. در مقابل، نقشه B4_NDVI_Firemap که از ترکیب باند NIR و شاخص NDVI استفاده کرده است، ضعیف‌ترین نتیجه را با ضریب کاپای منفی ۰,۰۰۰۲ ارائه داده است. به‌طور کلی، صحت کلی بالا نشان‌دهنده اعتبار مناسب مدل‌ها است، اما کاهش ضرایب کاپا ناهمگونی در تطابق مساحت کلاسه‌های آتش‌سوزی و غیرآتش‌سوزی را آشکار می‌سازد. این نتایج اهمیت انتخاب متغیرهای مناسب و ترکیب‌های بهینه را در شناسایی دقیق مناطق آتش‌سوزی برجسته می‌کند.



شکل ۴- ضریب کاپا و صحت کلی محاسبه شده برای نقشه‌های آتش‌سوزی تولید شده

در ادامه، مساحت نقشه‌هایی که از طریق الگوریتم CVA تولید شده بودند، محاسبه شدند که نتایج آن‌ها در شکل ۵ ارائه شده است. در جدول ۴، صحت کلی، ضریب کاپا و مساحت نقشه‌های تولید شده به‌صورت خلاصه ارائه شده است تا ارزیابی کمی از عملکرد الگوریتم‌ها و تطابق نتایج با واقعیت زمینی فراهم شود.



شکل ۵- مساحت‌های نقشه‌های آتش‌سوزی با استفاده از متغیرهای طیفی متفاوت

جدول ۴- نتایج ارزیابی صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه‌های تولید شده از ترکیب باندهای مختلف و از طریق الگوریتم‌های Image Change Detection و مساحت محاسبه شده

نقشه	مساحت (ha)	ضریب کاپا	صحت کلی
نقشه تحلیل چشمی	3478		
Bnad4_Firemap	1154	0.27	99
Band5_Firemap	4231	0.43	98
Band6_Firemap	3657	0.53	99
B4_NDVI_Firemap	37	-0.0002	99
B5_NDVI_Firemap	1831	0.37	99
B6_NDVI_Firemap	1577	0.23	98
B4_NBR_Firemap	1819	0.42	99
B5_NBR_Firemap	1251	0.28	99
B6_NBR_Firemap	1428	0.45	99
NDVI_NBR_map	5364	0.38	98

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه از الگوریتم CVA برای شناسایی و تحلیل آتش‌سوزی‌ها در تصاویر چندزمانه ماهواره Landsat 9 استفاده شد. در این پژوهش صحت کلی بین ۹۸٪ تا ۹۹٪ متغیر بود که نشان‌دهنده صحت و دقت زیاد الگوریتم‌های استفاده شده می‌باشد. به طور خاص، نقشه‌های حاصل از باندهای مختلف نشان می‌دهد که توانایی باندها در شناسایی مناطق آتش‌سوزی متفاوت است. به همین علت استفاده از باندهای مناسب که حساسیت کافی به تغییرات طیفی حاصل از آتش‌سوزی داشته باشند حائز اهمیت است. Petropoulos et al. (2010) نیز نشان داده‌اند که با استفاده از داده‌های Landsat و تکنیک‌های

مختلف CVA می‌توانند دقت زیادی در شناسایی مناطق آتش‌سوزی به دست آورند. به‌عنوان‌مثال، طبق مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۰ انجام شد، تصاویر Landsat TM با دقت ۹۰٪ و ضریب کاپا ۰,۸۷۸، توانایی زیاد خود را در شناسایی تغییرات ناشی از آتش‌سوزی‌ها به اثبات رساندند.

انتخاب روش و شاخص‌های طیفی مناسب و آستانه‌گذاری دقیق، نقش کلیدی در افزایش دقت شناسایی مناطق آتش‌سوزی دارد. اثر آتش‌سوزی معمولاً به صورت تغییر در بازتابش امواج الکترومغناطیسی در باندهای طیفی مختلف دیده می‌شود. به همین دلیل شاخص‌هایی مانند NBR و NDVI با هدف نمایش تغییرات سریع پوشش گیاهی ناشی از آتش‌سوزی، به طور گسترده برای شناسایی آتش‌سوزی‌ها بکار برده می‌شوند (Liu et al., 2020)؛ هرچند پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که این دو شاخص می‌توانند نتایج متفاوتی را به دنبال داشته باشند. Pepe and Parente (2018) در سال ۲۰۱۷ از داده‌های Sentinel-2A (بافاصله زمانی ۲۱ روز) و شاخص‌های NBR و NDVI برای شناسایی مناطق آتش‌سوزی استفاده کردند که نتایج این دو شاخص متفاوت بودند. صحت کلی و ضریب کاپا برای شاخص NDVI به ترتیب ۹۶,۷٪ و ۰,۳۶ و برای NBR به ترتیب ۹۹,۳٪ و ۰,۸۵ محاسبه شد که بیانگر عملکرد بهتر شاخص NBR نسبت به NDVI است. علت دقت کم‌تر NDVI مربوط به پراکندگی پوشش گیاهی بیان شده است. علاوه بر این، شاخص در کنار شناسایی تغییرات پوشش گیاهی، قادر به شناسایی علت تغییر به طور مستقیم نیست. در کل، استفاده از NDVI در مناطقی که خاک و پوشش گیاهی آمیخته وجود دارد، با افزایش قابل توجه خطا همراه است. Liu et al. (2020) شاخص‌های متفاوت گیاهی و آتش‌سوزی را استفاده کردند که نتایج نشان داد که شاخص‌های آتش‌سوزی در کل عملکرد بهتری دارند. همچنین به دلیل اهمیت زیاد تعیین آستانه دقیق و ترکیب مناسب داده‌ها، شاخص NBRSWIR و الگوریتمی خودکار برای آستانه‌گذاری ارائه دادند که نتایج نشان می‌دهد استفاده از شاخص‌هایی که به طور ویژه برای این منظور طراحی شده‌اند، می‌تواند خطاهای شناسایی را به طور چشمگیری کاهش داده و دقت نهایی را در تشخیص مناطق آتش‌سوزی بهبود بخشد.

انجام PCA و انتخاب باندهای صحیح برای ورودی PCA نقش کلیدی در دقت نتایج این روش دارد. باندهای NIR و SWIR حساسیت زیادی نسبت به تغییرات ناشی از آتش‌سوزی دارند و به همین جهت استفاده از آن‌ها در PCA، می‌تواند به افزایش دقت کمک کند. پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که مؤلفه‌های اول و دوم قادر به شناسایی دقیق کاهش پوشش گیاهی و افزایش خاک یا مناطق سوخته هستند. انتخاب باندهای مناسب در PCA، سبب کاهش خطاهای ناشی از نویزهای طیفی و اثرات سایر عوامل محیطی، مانند ابرها یا سایه‌ها می‌شود (Elhag et al., 2020).

نتایج این پژوهش نشان داد که به طور کلی استفاده از الگوریتم CVA، همراه با انتخاب شاخص‌ها و باندهای مؤثر مانند NIR و SWIR، نقش مهمی در افزایش دقت شناسایی مناطق آتش‌سوزی دارد. همچنین روش‌هایی مانند PCA و آستانه‌گذاری دقیق به کاهش خطاها و بهبود صحت نتایج کمک کردند.

منابع

Alonso, L., Picos, J., and Armesto, J., (2023). Automatic forest change detection through a bi-annual time series of satellite imagery: Toward production of an integrated land cover map. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 118, 103289. https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103289.

Elhag, M., Yimaz, N., Bahrawi, J., and Boteva, S. (2020). Evaluation of Optical Remote Sensing Data in Burned Areas Mapping of Thasos Island, Greece. Earth Systems and Environment, 4(4): 813–826. https://doi.org/10.1007/s41748-020-00195-1.

Elvidge D.C., (1995). Relative radiometric normalization of Landsat multispectral scanner (MSS) data using an automatic scattergram-controlled regression. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 61(10): 1255-1260.

Duan, Q., Liu, R., Chen, J., Wei, X., Liu, Y., and Zou, X., (2024). Burned area detection from a single satellite image using an adaptive thresholds algorithm. International Journal of Digital Earth, 17(1): 2376275. https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2376275.

Dube, O. P., (2024). Global wildfire activity re-visited. Global Environmental Change, 89, 102894. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2024.102894.

Gholamrezaie, H., Hasanlou, M., Amani, M., and Mirmazloumi, S. M., (2022). Automatic mapping of burned areas using Landsat 8 time-series images in Google Earth engine: A case study from Iran. Remote Sensing, 14(24): 6376. https://doi.org/10.3390/rs14246376.

Kim, B., Lee, K., and Park, S., (2024). Burned-Area Mapping Using Post-Fire PlanetScope Images and a Convolutional Neural Network. Remote Sensing, 16(14), 2629. https://doi.org/10.3390/rs16142629.

Liu, P., Liu, Y., Guo, X., Zhao, W., Wu, H., and Xu, W., (2023). Burned area detection and mapping using time series Sentinel-2 multispectral images. Remote Sensing of Environment, 296, 113753. https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113753.

Liu, S., Zheng, Y., Dalponte, M., and Tong, X. (2020). A novel fire index-based burned area change detection approach using Landsat-8 OLI data. European Journal of Remote Sensing, 53(1): 104–112. https://doi.org/10.1080/22797254.2020.1738900.

Lorena, R. B., Santos, J. D., Shimabukuro, Y. E., Brown, I. F., and Kux, H. J. H. (2002). A change vector analysis technique to monitor land use/land cover in sw Brazilian amazon: Acre state. PECORA 15-Integrating Remote Sensing at the Global, Regional and Local Scale, 8-15.

Lu, D., Mausel, P., Brondízio, E., and Moran, E. (2004). Change detection techniques. International Journal of Remote Sensing, 25(12): 2365–2401. https://doi.org/10.1080/0143116031000139863.

Masek, J. G., Wulder, M. A., Markham, B., McCorkel, J., Crawford, C. J., Storey, J., and Jenstrom, D. T. (2020). Landsat 9: Empowering open science and applications through continuity. Remote Sensing of Environment, 248, 111968. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111968.

Morovati, M., and Karami, P. (2024). Modeling the seasonal wildfire cycle and its possible effects on the distribution of focal species in Kermanshah Province, western Iran. PLOS ONE, 19(10). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312552.

Neves, A. K., Pereira, J. M., Silva, J. M., Catarino, S., Oliva, P., Chuvieco, E., and Campagnolo, M. L., (2024). Active fire-based dating accuracy for Landsat burned area maps is high in boreal and Mediterranean biomes and low in grasslands and savannas. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 209: 461-471. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.02.014.

Pepe, M., and Parente, C. (2018). Burned Area Recognition By Change Detection Analysis Using Images Derived From Sentinel-2 Satellite: The Case Study Of Sorrento Peninsula, Italy. Journal of Applied Engineering Science, 16(2): 225–232. https://doi.org/10.5937/jaes16-17249.

Perbet, P., Guindon, L., Côté, J. F., and Béland, M., (2024). Evaluating deep learning methods applied to Landsat time series subsequences to detect and classify boreal forest disturbances events: The challenge of partial and progressive disturbances. Remote Sensing of Environment, 306, 114107. https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114107.

Priya, R. S., and Vani, K., (2024). Vegetation change detection and recovery assessment based on post-fire satellite imagery using deep learning. Scientific Reports, 14(1), 12611. https://doi.org/10.1038/s41598-024-63047-2.

Petropoulos, G. P., Vadrevu, K. P., Xanthopoulos, G., Karantounias, G., and Scholze, M. (2010). A comparison of spectral angle mapper and artificial neural network classifiers combined with landsat TM imagery analysis for obtaining burnt area mapping. Sensors, 10(3): 1967–1985. https://doi.org/10.3390/s100301967.

Russell, A., Fontana, N., Hoecker, T., Kamanu, A., Majumder, R., Stephens, J., and Terando, A., (2024). A fire-use decision model to improve the United States' wildfire management and support climate change adaptation. Cell Reports Sustainability, 1(6). https://doi.org/10.1016/j.crsus.2024.100125.

Saber, A., El-Sayed, I., Rabah, M., and Selim, M. (2021). Evaluating change detection techniques using remote sensing data: Case study New Administrative Capital Egypt. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 24(3, Part 2): 635–648. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.03.001.

Siljestrom Ribed, P., and Moreno López, A. (1995). Monitoring burnt areas by principal components analysis of multi-temporal TM data. International Journal of Remote Sensing, 16(9): 1577-1587. https://doi.org/10.1080/01431169508954497.

Smith-Tripp, S. M., Coops, N. C., Mulverhill, C., White, J. C., and Axelson, J., (2024). Landsat assessment of variable spectral recovery linked to post-fire forest structure in dry sub-boreal forests. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 208, 121-135. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.01.008.

Tewkesbury, A.P., Comber, A.J., Tate, N.J., Lamb, A., and Fisher, P.F. (2015). A critical synthesis of remotely sensed optical image change detection techniques. Remote Sensing of Environment, 160, 1–14 https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.01.006.

Tian, L., Wang, J., Zhou, H., and Wang, J., (2018). Automatic detection of forest fire disturbance based on dynamic modelling from MODIS time-series observations. International Journal of Remote Sensing, 39(12): 3801-3815. https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1437294.

Wang, Y., and Lewis, D.J., (2024). Wildfires and climate change have lowered the economic value of western US forests by altering risk expectations. Journal of Environmental Economics and Management, 123, 102894. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2023.102894.

Wittkuhn, R. S., and Hamilton, T., (2010). Using fire history data to map temporal sequences of fire return intervals and seasons. Fire Ecology, 6(2): 97-114. https://doi.org/10.4996/fireecology.0602097.

Burned area mapping using multi-temporal Landsat 9 imagery

S. Zirakpour Navi[1], P. Fatehi[2*] and F. Motalebizade[3]

1- M.Sc. of Forestry, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2- Assisstant Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3- B.Sc. Student, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

Forest wildfires pose significant environmental threats, impacting ecosystems, biodiversity, and human life. Multi-temporal Landsat 9 imagery and change vector analysis (CVA) approach was used to detect and map burned areas. In the summer of 1403, several fire events occurred near Hamedan. Landsat 9 images from August 19th and September 4th, 2024, were selected and downloaded. Principal Component Analysis (PCA) was applied as the primary technique for selecting suitable bands for monitoring the fires. NDVI and NBR indices were also prepared. The PCA results indicated that the Near Infrared (NIR), Shortwave Infrared 1 (SWIR1), and Shortwave Infrared 2 (SWIR2) bands exhibited a high correlation with the burned areas. The Change Vector Analysis (CVA) was done utilizing different spectral data, including main bands of NIR and SWIR, NDVI and NBR indices, and component principles of PCA. Finally, by applying CVA and different spectral variables, 10 fire maps were produced. Employing Sentenil-2A imagery with 10m spatial resolution and visual interpretation of the whole area, the ground truthmap was produced. Results indicated that fire maps from the SWIR2 band with an overall accuracy of 99% and a Kapa coefficient of 0.53 had the best performance. A combination of the SWIR2 and NBR with an overall accuracy of 99% and a Kapa coefficient of 0.45 had a relatively good performance in producing the fire map. In all the maps. High overall accuracies were achieved, but a significant decrease in the Kapa coefficient indicates inhomogeneity in areas of fire and not-fire classes.

Keywords: Change vector analysis, Wildfires, Landsat 9 Satellite Imagery, NDVI, NBR.

*Corresponding author Tel: +98 2632249312 Email: parviz.fatehi@ut.ac.ir

پراکنش و تنوع گونه‌های قارچ‌های چوب‌زی ماکرو در جنگلهای هیرکانی

توحید صلاحی[1*]، حسن پوربابایی[2] و مهرداد قدس‌خواه دریائی[3]

۱- دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

چکیده

در این مطالعه به بررسی تاثیر برخی عوامل اکولوژیکی بر پراکنش و تنوع گونه‌های قارچ‌های چوب‌زی ماکرو در جنگل‌های هیرکانی پرداخته شد. این پژوهش در حوضه ۷ (ناو) که در محدوده حوزه جنگل‌داری شهرستان تالش تحت نظر اداره کل منابع طبیعی استان گیلان قرار دارد انجام پذیرفت. این مطالعه در گرادیان ارتفاعی ۱۵۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا به انجام رسید. برای جمع‌آوری داده‌ها از تراسکت‌های خطی در شیب ارتفاعی استفاده شد. اولین قطعه نمونه به صورت تصادفی و بقیه قطعه نمونه‌ها با فاصله افقی ۲۰۰ متر به صورت سیستماتیک در منطقه مورد مطالعه پیاده شد. در قعطات نمونه ۱۰ آری نام قارچ، فراوانی قارچ‌ها روی تنه درختان برداشت شد. در مجموع ۱۴۳ گونه قارچ ماکرو چوب‌زی در ۶۱ قطعه نمونه شناسایی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین حضور قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی بر روی درختان مربوط به خشک دار سرپا و افتاده است، به‌طوریکه بر روی تنه‌های با درجه پوسیدگی متوسط و در صورتیکه رطوبت کافی وجود داشته باشد، حضور قارچ‌های چوب‌زی نیز بیشتر است.

واژگان کلیدی: قارچ‌های چوب‌زی، درختان خشک‌دار سرپا و افتاده، پوسیدگی چوب.

مقدمه

جنگل‌های هیرکانی از آخرین بازمانده‌های جنگل‌های معتدله جهان است. تنوع اقلیمی، توپوگرافی و پوشش گیاهی از جلگه تا ارتفاعات سبب شده که این جنگل‌ها از مهم‌ترین ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی زیست‌کره با گونه‌های انحصاری متعدد باشد (ثاقب طالبی و همکاران، ۱۳۸۳). امروزه توجه زیادی به شناخت و ضرورت چرخه‌های زیستی در اکوسیستم‌های جنگلی می‌شود. قارچ‌ها ممکن است ساختار ساده و ابتدایی داشته باشند، اما نقش کلیدی در زیست‌توده جنگل و چرخه‌های زیستی به عهده دارند. باز چرخش کربن و سایر عناصر آلی و معدنی ذخیره شده در درختان پوسیده، نتیجه فعالیت‌های آنزیم‌های ترشح شده توسط قارچ‌های عامل پوسیدگی چوب است که این عمل کمک فراوانی به حاصلخیزی رویشگاه‌های جنگلی می‌کند (Bogdan et al., 2021).

۵۶۴ هزار هکتار از جنگل‌های هیرکانی در استان گیلان واقع شده است که ۵۵ درصد از آن را جنگل‌های انبوه، ۲۹ درصد آن را جنگل‌های نیمه انبوه و ۱۶ درصد آن نیز به دلیل نزدیک بودن به روستاها، جنگل‌های تبدیل شده است (آمار اداره کل

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۱۱۲۸۱۷۶۸۷ ایمیل: tohidsalahi@yahoo.com

منابع طبیعی استان گیلان). بخش عمده تیپ جنگل‌های گیلان را راشستان و ممرزستان تشکیل می‌دهد. از مرغوب‌ترین راشستان‌های موجود در شمال کشور می‌توان به راشستان اسالم در غرب استان گیلان اشاره نمود که توده‌های مرغوب و شاداب راش را در خود جای داده است. همچنین توده‌های مدیترانه‌ای زیتون و زربین در جنوب استان گیلان که بارندگی کمتری نسبت به سایر مناطق جلگه‌ای گیلان دارد ظهور می‌یابند. بارندگی در جنگل‌های گیلان از شرق به غرب افزایش می‌یابد. میانگین دمای سالانه در استان گیلان ۱۵ درجه سانتی گراد است. جنگل‌های گیلان از نظر تولید در هکتار بهترین وضعیت را بین مناطق دیگر جنگل‌های هیرکانی دارند (ثاقب طالبی و همکاران، ۱۳۸۳). انسان‌ها از دیرباز از قارچها به‌عنوان منبع غذایی استفاده می‌کردند، ولی در اواخر سدهٔ بیستم میلادی، تجاری‌سازی قارچها معرفی شد که در حال حاضر ارزش تجارت جهانی آن میلیاردها دلار است (Bogdan et al., 2021). نا آگاهی از تاکسونومی گونه‌های زیراشکوب جنگل از جمله قارچهای ماکروسکوپی که تأثیر بسیار مهمی در پایداری اکوسیستم‌های جنگلی دارند، سبب تکاپو برای شناخت هر چه بهتر و بهره‌گیری و حفظ آن‌ها شده است (Niego et al., 2023). برای مثال، بسیاری از قارچهای ماکروسکوپی جنبه خوراکی دارند و در اکوسیستم‌های مختلف در زنجیره غذایی برخی روستانشینان به عنوان محصولات فرعی استفاده می‌شوند (Aghajani et al., 2018). اگرچه قارچها نقش حیاتی و مفیدی در چرخه کربن دارند، ولی بدلیل اینکه سبب پوسیدگی درختان سرپا و چوب های با ارزش می‌شوند، مضر هستند (مهدی کرمی و همکاران، ۱۳۹۶). ، زیستگاه و محل استقرار قارچهای چوب‌زی روی درختان افتاده و سرپا متفاوت است و برخی همچنین دارای میزبان اختصاصی می‌باشند. علاوه بر نوع گونه میزبان و کیفیت درختان، قطر درختان نیز در استقرار قارچها مؤثر می‌باشد و بیشتر درختان میزبان در طبقات قطری بالا قرار دارند (آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۷).

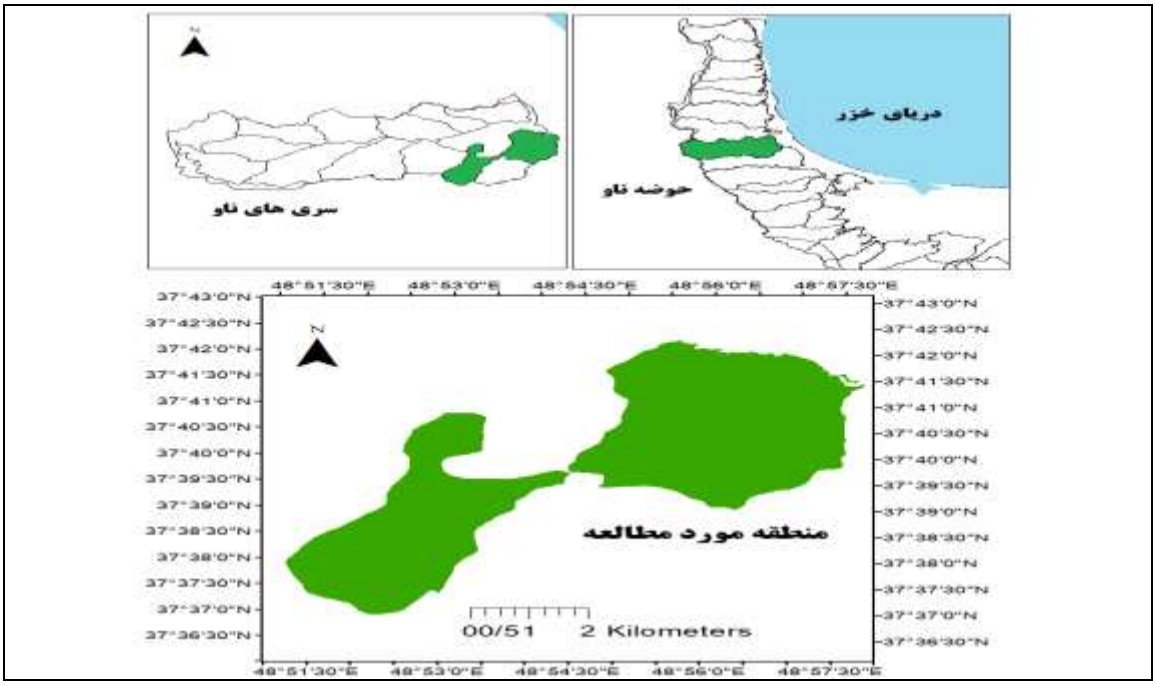
قارچهای چوبزی موجوداتی هستند که به علت نداشتن سبزینه قادر به انجام عمل کربن‌گیری برای تولید مواد آلی مورد نیاز خود نیستند و برای ادامه زندگی ناگزیر به استفاده از مواد چوبی ساخته شده توسط گیاهان چوبی می‌باشند. این قارچها از نظر شکل، رنگ، اندازه و شرایط رویشگاهی بسیار متنوع بوده و به درختان جنگلی و مقطوعات چوبی خسارت وارد کرده و به‌عنوان انگل و ساپروفیت درختان جنگلی در انتخاب میزبان خود اختصاصی عمل می‌کنند (آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۴). میزان خسارت قارچهای چوبزی بر روی گونه‌های مختلف یک جنس یا واریته متفاوت است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که پوسیدگی به‌دست آمده از این قارچها سبب کاهش تدریجی وزن و تراکم چوب می‌شود. قارچهای چوبزی بر روی تنه، شاخه و ریشه‌های گیاهان چوبی مستقر می‌شوند. این قارچها تاکنون سبب خسارات زیادی به درختان جنگلی از جمله پوسیدگی و شکستگی آن‌ها شده و سبب از بین رفتن با ارزش‌ترین قسمت درخت می‌شوند (Bahram and Netherway, 2022). در این راستا در این مطالعه به بررسی تاثیر برخی عوامل اکولوژیکی بر پراکنش و تنوع گونه‌های قارچهای چوب‌زی ماکرو در جنگل‌های هیرکانی پرداخته شد. تغییر در شرایط فیزیوگرافیک رویشگاه موجب تغییر در وضعیت بوم شناختی بوم سازگان شده و متعاقباً، تنوع، پراکنش، کیفیت و غنای گونه‌های مختلف از جمله قارچها را تحت تأثیر قرار می دهد (پوربابایی و همکاران، ۱۳۹۶). از جمله توپوگرافی از مهم‌ترین عواملی است که بر میزان و نوع بارندگی، دما، تبخیر و تعرق، شدت تشعشعات خورشیدی، تکامل خاک و نوع و تراکم پوشش گیاهی و قارچها بیشترین تأثیر را دارد. عوامل فیزیوگرافیک همچنین از جمله عواملی هستند که بر حضور و عدم حضور گونه‌ها تأثیر می‌گذارند (آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۷).

نتاج این پژوهش برای بهبود اطلاعات موجود در مورد قارچهای چوب‌زی و برنامه‌ریزی برای مدیریت و بهره‌گیری از این گونه‌های ارزشمند در شرایط مختلف اقلیمی و گرادیان ارتفاعی قابل بهره‌برداری خواهد بود.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

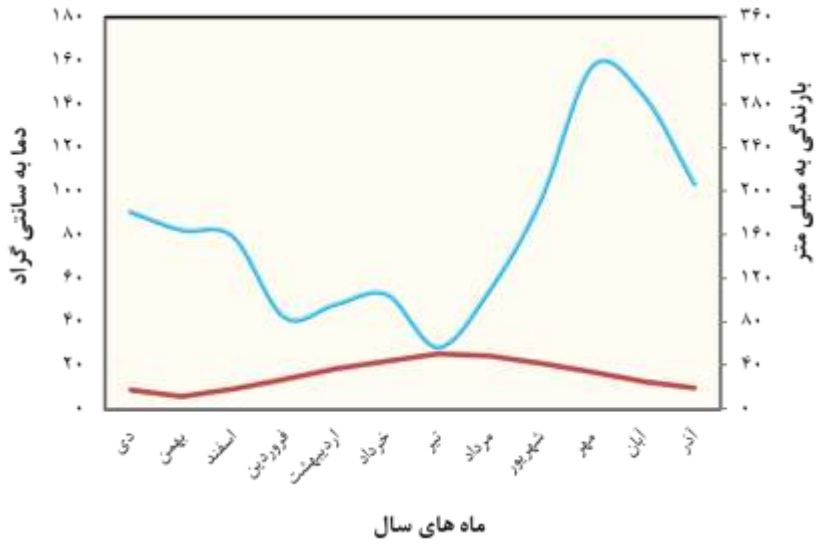
جنگل‌های هیرکانی در استان گیلان به ۲۹ حوضه جنگلی تقسیم‌بندی شده‌اند. این پژوهش در حوضه ۷ (ناو) که در محدوده حوزه جنگل‌داری شهرستان تالش تحت نظر اداره کل منابع طبیعی استان گیلان قرار دارد، انجام پذیرفت. این حوضه شامل ۱۵ سری و به مساحت کل ۳۱۱۴۶/۷۸ هکتار است که از این سطح ۲۲۶۹۶/۷۷ هکتار قابل بهره‌برداری، ۴۰۵۴/۳۵ هکتار مناطق حفاظتی حمایتی و حریم جاده و مابقی آن، معادل ۴۳۹۵/۶۶ هکتار نقاط خالی است (بخشنده ناورود و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

این حوضه بین طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی قرار گرفته است. این پژوهش در سری ۱ کیله سرا و سری ۱۲ پیر هرات از حوضه ۷ ناو اسالم به انجام رسید.

در این مطالعه براساس داده‌های هواشناسی ۱۵ ساله پیسه‌سون اسالم، منحنی آمبروترمیک منطقه رسم گردید که نشان دهنده آب و هوای مرطوب و فاقد فصل خشک است (شکل ۲). بیشترین بارندگی‌های فصلی مربوط به فصل پاییز و ماه‌های مهر و آبان می‌باشد و کمترین بارندگی منطقه را در فصل تیرماه شاهد هستیم.



شکل ۲- منحنی آمبرو ترمیک منطقه مورد مطالعه

مطابق نقشه زمین‌شناسی، سنگ بستر منطقه مورد مطالعه شامل رسوبات دوران کرتاسه و متشکل از انواع سنگ‌های کنگلومرا و آمفیبول‌ها است. در ارتفاعات، پوشش جنگلی با شیب و توپوگرافی بیشتر، عمق خاک کم و بیرون زدگی‌های سنگی همراه بوده که پایداری و نفوذپذیری ضعیفی دارد. ولی در ارتفاعات متوسط، با پوشش جنگلی، شیب و توپوگرافی متوسط و عمق نسبتاً زیاد خاک مشاهده می‌شود که دارای پایداری و نفوذپذیری متوسط است. انواع تیپ‌های خاک قهوه‌ای جنگلی تا خاک‌های پودزول در این منطقه قابل مشاهده است.

سابقه مدیریت

براساس سوابق و مدارک موجود در طرح تجدید نظر اول، در گذشته بهره‌برداری از جنگل‌های ناو اسالم در چند مرحله و بدون برنامه‌ریزی صحیح انجام گرفته و اهالی مناطق جنگلی و مجاور با احداث کوره زغال و بهره‌برداری بی‌رویه از جنگل‌های بلوط موجب انهدام توده درختان بلوط گردیده‌اند. از سال ۱۳۴۰ هجری شمسی برای بهره‌برداری برنامه‌ای در آنجا آغاز و تا سال ۱۳۴۴ به شیوه‌های پناهی ادامه یافته بود. در سال ۱۳۴۶ شیوه بهره‌برداری از قسمتی از جنگل‌های حوضه آبخیز ناو تحت عنوان ناحیه آبی آغاز گردید. این طریقه بهره‌برداری تا سال ۱۳۶۱ ادامه یافت و پس از گذشت یک پریود ۱۶ ساله در سال ۱۳۶۲ اقدام به تهیه اولین طرح تجدیدنظر گردید. اجرای طرح‌ها تا اواخر دهه نود ادامه داشته است که نهایتاً در اواخر دهه ۹۰ با شروع طرح تنفس جنگل‌های شمال کشور این توده‌ها نیز مورد حفاظت قرار گرفتند (بخشنده ناورود و همکاران، ۱۳۹۳).

پوشش گیاهی

عمده تیپ‌های جنگلی موجود در منطقه مورد مطالعه عبارت‌اند از: تیپ پهن برگ آمیخته شامل گونه‌هایی همچون راش (*Fagus orientalis* Lipsky) ممرز (*Carpinus betulus* L.) همراه با شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.) توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.)، ون (*Fraxinus excelsior* subsp. coriariifolia (Scheele) A.E.Murray)،

گیلاس وحشی (*Cerasus avium* (L.) Moench) و بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) (بخشنده ناورود و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل۳- نمایی از پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه در ارتفاعات (عکس: نگارنده)

از گیاهان علفی می توان عسلک (*Salvia glutinosa*)، آسپرولا (*Galium odoratum*)، انواع بنفشه (Viola sp.)، *Sanicula europea* انواع کارکس (Carex sp.) و سرخس‌ها را نام برد (بخشنده ناورود، ۱۳۹۳؛ بی نام، ۱۳۸۵).

روشهای نمونه برداری

این مطالعه در گرادیان ارتفاعی ۱۵۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا به انجام رسید. در این مطالعه برای جمع‌آوری داده‌ها از تراسکت‌های خطی در شیب ارتفاعی استفاده شد. اولین قطعه نمونه به صورت تصادفی و بقیه قطعه نمونه‌ها با فاصله افقی ۲۰۰ متر به صورت سیستماتیک در منطقه مورد مطالعه پیاده شد. قطعات نمونه دایره‌ای شکل و مساحت آنها ۱۰ آری بود. همچنین در این مطالعه ریز قطعه نمونه‌هایی به مساحت ۱ آر به صورت هم مرکز با قطعات نمونه اصلی پیاده شد. در این قطعات نمونه عواملی مانند نوع، قطر، کیفیت درخت میزبان، نام قارچ، فراوانی قارچها روی میزبان و جهت استقرار قارچها بر روی تنه درختان برداشت شد (رستمیان و همکاران، ۱۳۹۲).

شناسایی قارچ ها

شناسایی قارچها با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی و استفاده از کلیدهای معتبر شناسایی انجام شد. به این صورت که از قارچهای مشاهده شده در جنگل نمونه‌برداری انجام می‌گیرد و نمونه‌های جمع‌آوری شده برای شناسایی به آزمایشگاه انتقال یافته و پس از بررسی خصوصیات ظاهری با استفاده از منابع مختلف و مراجعه به تاکسونومیست، از روی کلیدهای شناسایی در منابع معتبر شناسایی شدند (رستمیان و همکاران، ۱۳۹۲).

نتایج

برآورد شاخص‌های تنوع، توزیع و پراکندگی

برخی از شاخص‌های پرکاربرد تنوع، یکنواخی و غنا گونه‌ای مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است. این شاخص‌ها در مطالعات انجام شده بیشترین دقت برآورد شاخص‌های تنوع را داشته و از پرکاربردترین شاخص‌های تنوع زیستی در مطالعات منابع طبیعی محسوب می‌شوند. از طرفی شاخص‌های منتخب حساسیت زیادی در برآورد شاخص‌های تنوع گونه‌های مختلف از جمله قارچ‌ها دارند (پوربابایی و همکاران، ۱۳۸۷).

در این پژوهش مجموعا ۱۴۳ گونه قارچ ماکرو چوب‌زی در ۶۱ قطعه نمونه شناسایی شد. طبق جدول ۱ مقایسه درصد قارچ‌ها بر روی سطح چوب‌آلات بررسی شد که برخی از این قارچ‌ها شامل انواع قارچ صدفی، عسلی، طاقچه‌ای، دم بوقلمونی، مرجانی، سم اسبی و... می باشد.

جدول ۱- مقایسه درصد قارچ‌ها بر روی سطح چوب‌آلات

تعداد گونه قارچ	تعداد گونه چوبی	درصد پوشش قارچ	سطح چوب‌آلات	حجم چوب‌آلات
14	3	9.70	93.58	6.78
15	4	15.46	244.97	19.09
14	4	8.73	53.39	1.55
15	2	14.42	267.85	16.82
27	2	10.41	285.87	22.00
18	3	4.47	239.10	21.32
6	3	18.35	84.82	4.11
11	4	13.08	179.63	8.10
5	2	0.16	172.50	14.44
7	2	15.80	37.96	2.12
19	4	33.12	79.73	3.50
22	3	14.45	181.12	7.44

22.83	302.65	15.52	2	17
14.02	180.87	14.79	5	20
4.88	156.48	14.20	3	22
11.20	276.27	6.81	4	22
17.73	264.82	7.03	2	25
32.18	463.04	1.69	7	8
1.17	34.89	17.13	2	11
1.92	76.34	23.65	2	13
6.26	119.15	0.05	3	6
6.37	170.24	1.46	6	10
0.18	12.97	2.34	4	4
4.04	71.11	0.12	4	4
1.01	27.31	0.67	2	6
0.11	9.99	1.15	3	5
7.14	120.12	1.48	1	6
1.07	27.23	1.92	1	5
0.96	23.50	7.00	1	4
3.29	52.37	0.44	1	5

0.01	1.25	0.03	2	5
0.01	1.51	0.01	3	7
2.86	71.42	0.14	4	9
2.92	32.60	0.37	2	5
1.10	33.62	0.48	2	5
3.69	64.95	0.68	4	11
4.88	130.48	0.10	6	17
0.47	17.40	0.56	4	7
1.34	25.20	0.06	3	5
23.74	299.86	0.27	2	15
5.13	105.64	0.16	4	8
2.48	79.90	1.07	6	24
1.63	40.37	2.35	3	12
0.01	2.03	0.09	4	7
25.40	314.96	0.83	7	27
0.92	40.24	0.23	2	10
4.07	100.18	1.46	3	16
2.28	77.95	0.46	5	16
1.30	32.34	1.79	4	9
2.71	67.79	1.21	3	12
2.68	67.50	0.77	3	18
2.54	94.30	0.12	6	10

0.88	46.65	0.10	2	12
12.77	228.66	1.83	2	23
2.47	68.73	0.21	2	14
0.13	9.65	0.10	3	4
4.61	63.39	1.20	2	11
1.97	54.30	0.27	2	18
1.12	41.18	0.37	3	10
1.73	47.12	0.77	2	13
0.21	12.29	0.08	3	9

همانطور که نتایج جدول ۱ نشان می دهد، هر چقدر سطح چوب‌آلات بیشتر می شود، درصد پوشش قارچها نیز به همان نسبت افزایش می یابد.

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین حضور قارچهای ماکروسکوپی چوب‌زی بر روی درختان مربوط به خشک‌دار سرپا و افتاده است که بسته به نوع درجه پوسیدگی و میزان رطوبت و سایه‌انداز درختان موجود در جنگل، پراکنش قارچها متفاوت می‌باشد. به‌طوریکه هر چقدر درجه پوسیدگی متوسط باشد و رطوبت کافی وجود داشته باشد، حضور قارچهای چوب‌زی نیز بیشتر است. همچنین هر چقدر درختان خشک‌دار افتاده و چوب‌آلات در قطعه نمونه‌ها بیشتر بود به همان نسبت حضور قارچهای چوب‌زی در قطعه نمونه‌ها روند افزایشی داشت. تنوع گونه‌های قارچ در جنگل‌های مدیریت شده کمتر از جنگل‌های مدیریت نشده است، چون حجم خشک‌دارها نیز در جنگل‌های مدیریت نشده بیشتر است (آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۴). در جنگل‌های تحت مدیریت و با توجه به اندازه دست‌خوردگی و نیز سابقه مدیریتی جنگل‌ها، مقادیر متفاوتی از خشک‌دارها به شکل‌های مختلف دیده می شوند که امروزه وجود خشک‌دارها در جنگل‌های مدیریت شده شمال می تواند نقش مهم و مثبتی در پراکنش و توزیع مکانی قارچهای چوب‌زی داشته باشد. تغییر در اندازه و کیفیت خشک‌دارهای افتاده و سرپا در جنگل‌های تحت مدیریت و با سابقه مدیریتی در پژوهش مشابهی در جنگل شمال ایران به اثبات رسیده است (مروی مهاجر، ۲۰۱۱). واضح است که حضور خشک‌دار و درختان افتاده پوسیده در اکوسیستم‌های جنگلی به عنوان یک زیستگاه و منبع غذایی است برای دیگر گونه‌های قارچ و ارگانیسم‌های دیگری که روی چوب زیست می کنند (آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین این پژوهش نشان داد که هر چقدر نور کمتر و تاج پوشش جنگل بسته باشد، شرایط رشد و

استقرار قارچ‌های ماکروسکوپی نیز مناسب‌تر است که به نوعی نقش دما و رطوبت را برای فراوانی حضور قارچ‌های چوب‌زی نشان می دهد. بنابراین حفظ قارچ‌های ماکروسکوپی در جنگل از اهمیت خاصی برخوردار است و اجرای نادرست ابزارهای مدیریتی جنگل چرخه زیستی و تکاملی قارچ‌ها را از بین برده و سبب تضعیف اکوسیستم جنگل می شود.

منابع

آقاجانی، ح، حجتی، س.م، تاجیک قنبری، م.ع، پورمجیدیان، م.ر، و برهانی، ع. (۱۳۹۹). ارتباط متغیرهای محیطی با حضور قارچ‌های اکتومیکوریز درختان راش در جنگل‌های سنگده مازندران. جنگل و فرآورده‌های چوب (منابع طبیعی ایران)، ۷۳(۱): ۸۷-۹۶.

آقاجانی، ح.، مروی مهاجر، م.ر.، آصف، م.ر.، شیروانی، ا.، (۱۳۹۴). فراوانی قارچهای ماکروسکوپی عامل پوسیدگی چوب در اکوسیستمهای جنگلی با سابقه مدیریتی متفاوت در جنگل خیرود نوشهر. مجله پژوهش و توسعه جنگل، ۱ (۴): ۳۰۵-۲۹۵.

بخشنده ناورود، ب، سوسنی، ج، خسروی، ش، برزکوهی، ح، ناصری خلخالی، م (۱۹۹۳). اثرات میان‌مدت اجرای سه شیوه جنگل‌شناسی بر پراکنش قطری توده‌های جنگلی حوضه شفارود با بکارگیری توابع توزیع احتمال، توسعه پایدار جنگل، ۱ (۲): ۱۳۶-۱۱۹.

پوربابایی، ح، ابراهیمی, س. س، حیدرنیا، ه. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر تودهٔ جنگلکاری‌شده آیلان *(Ailanthus altissima)* بر تنوع گونه‌های گیاهی منطقهٔ جوکندان تالش، نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۰ (۴): ۵۷۹-۵۸۶.

پوربابایی، ح و عابدی، ط. (۱۳۸۷). بررسی ساختار توده و تنوع زیستی گونه¬های گیاهی در رویشگاه شمشاد، کیش خاله، تالش ،گیلان. فصل نامه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی شماره ۸۰: ۱۲۸-۱۲۲.

ثاقب طالبی، خ.، ساجدی، تکتم، یزدیان، فرشاد. (۱۳۸۳). نگاهی به جنگلهای ایران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع ایران، ۵۶ ص.

رستمیان، م.، کاوسی، م.ر.، شتایی، ش.، محمدعلیپور ملکشاه، ع.ا.، (۱۳۹۲). شناسایی قارچ‌های طاقچه‌ای و ویژگی‌های درختان میزبان آنها در سری یک جنگل شصت کلاته گرگان. بوم شناسی جنگل‌های ایران، ۱ (۲): ۴۰-۲۷.

مروی مهاجر، م. ر. (۱۳۸۵). جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۹ ص.

مهدی کرمی، ش.، باده‌یان، ض.، ابراری واجاری، ک.، احمدی.، ا.، موسی زاده، س.ع.، (۱۳۹۶). شناسایی قارچ *Phellinus allardii* Bres و بررسی نحوه پراکنش و ارتباط ایجاد پوسیدگی با برخی از عوامل رویشگاهی (مطالعه موردی: سامانه عرفی پرک لرستان). زیست شناسی ایران، ۳۰ (۲): ۴۷۶-۴۶۵.

Aghajani, H., Marvie Mohadjer, m. r., Bari, E., Ohno, K. m., Shirvany, A., Asef, m. r. (2018). Assessing the Biodiversity of Wood Decay Fungi in Northern Forests of Iran. Proceedings of the National Academy of Sciences, India - Section B: Biological Sciences, 88 (4): 1463-1469.

Bahram M., Netherway T. (2022). Fungi as mediators linking organisms and ecosystems. FEMS Microbiology Reviews, 46 (2): 16 p.

Bogdan J., Olga C. N., Ewa, C. C., Marta, W. (2021). Predictors of diversity of deadwood-dwelling macro fungi in a European natural forest. Forest Ecology and Management, 490: 1-10.

Niego A.G.T., Rapior S., Thongklang N., Raspé O., Hyde K.D., Mortimer P. (2023). Reviewing the contributions of macrofungi to forest ecosystem processes and services, Fungal Biol. Rev., 44, 100294.

Distribution and diversity of macro wood fungus species in Hyrcanian forests

T. Salahi[1*], H. Pourbabaei[2] and M. Ghodskhah daryae[3]

1- Ph.D. Student of Forest Biological Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
2- Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, Iran.
3- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, Iran.

Abstract

In this study, the influence of some ecological factors on the distribution and diversity of macro wood fungi species in Hyrcanian forests was investigated. This research was carried out in area 7 (Nav) which is located within the forestry basin of Talesh city under the supervision of the General Directorate of Natural Resources of Guilan province. This study was carried out in an altitude gradient of 150 to 1200 meters above sea level. To collect data, linear transects were used in the elevation gradient. The first piece of the sample was taken randomly and the rest of the samples were taken systematically with a horizontal distance of 200 meters in the study area. In 10 sample plots, the abundance of mushrooms on tree trunks was recorded. A total of 143 types of wood macrofungi were identified in 61 samples. The results of this research showed that the most presence of macroscopic wood fungus is on the trees related to standing and fallen drywood So that on the trunks with a moderate degree of decay and if there is enough moisture, the presence of wood fungi is more.Authors: Times New Roman 10 bold, center, line spacing single)

Keywords: Wood-living fungi, standing and fallen dead trees, wood decay.

*Corresponding author Tel: +98 9112817687 Email: tohidsalahi@yahoo.com

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

شناسایی شاخص‌های اثرگذار بر آتش‌سوزی جنگلی در استان کردستان

عبدالماجد بستانی[۱] و شراره پورابراهیم[۱*]

۱- گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

تعریف یک سیستم جامع از شاخص‌های اثرگذار بر روی آتش‌سوزی در ارزیابی و پایش جنگل‌ها امری ضروری است. در این راستا مطالعه حال حاضر به شناسایی، وزن دهی و اولویت‌بندی شاخص‌ها اثرگذار در احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگلی می‌پردازد. بدین منظور محدوده مطالعاتی کل جنگل‌های استان کردستان انتخاب شد. ابتدا با بررسی اسناد فرادستی، مرور منابع و نظر کارشناسان لیستی از شاخص‌های اثرگذار از پوشش‌گیاهی، اقلیمی و انسانی بر روی میزان ریسک آتش‌سوزی جنگلی تهیه شد. سپس برای تعیین اهمیت‌اثر هر یک از شاخص‌ها شش معیار شدت اثر، هم‌افزایی، نوع ارتباط اثر، صحت داده‌ها، در دسترس بودن داده و تکرار در مقالات در قالب پرسشنامه‌ای به خبرگان محترم ارائه شد. در پایان وزن‌دهی و اولویت‌بندی هریک از شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی شانون و تکنیک تاپسیس صورت پذیرفت. نتایج وزن‌دهی نشان داد که معیار تکرار در مقالات با کمترین آنتروپی ۰/۹۳۲۰ دارای بیشترین اثر در تصمیم‌گیری برای انتخاب شاخص‌های اثرگذار است. همچنین نتایج تکنیک تاپسیس برای اولویت‌بندی شاخص‌های اثرگذار مبتنی بر نتایج وزن‌دهی آنتروپی شانون نشان داد که شاخص‌هایی با کمترین فاصله از راه حل ایده‌ال مثبت و بیشترین فاصله از راه حل ایده‌آل منفی به‌ترتیب عبارتند از تفاضل سوختگی نرمال شده (dNBR)، پوشش‌گیای نرمال شده (NDVI)، ارتفاع، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، بارش، فاصله از جاده، دمای سطح زمین (LST)، فاصله از رودخانه، آب تفاضلی نرمال شده (NDWI) و جهت بیشترین تاثیر را در ارزیابی ریسک آتش‌سوزی جنگلی در استان کردستان را دارا می‌باشند.

واژگان کلیدی: آتش‌سوزی، آنتروپی، تاپسیس، وزن‌دهی، اولویت‌بندی.

مقدمه

جنگل‌های کره زمین با حفظ تعادل اکولوژیکی مهم‌ترین بخش منابع‌طبیعی در محیط‌زیست محسوب می‌شوند (MacDicken, 2015). نقش جنگل‌ها در تولید اکسیژن، تنظیم اقلیم و پالایش محیط‌زیست بسیار حیاتی است (Pourtaghi et al., 2016). امروزه آتش‌سوزی در اکثر اکوسیستم‌های کره زمین وجود دارد، اما در اکوسیستم‌های نیمه‌خشک مدیترانه‌ای دارای بیشترین مقیاس و اثرگذاری است (Massetti et al., 2019; Sivrikaya et al., 2024). آتش‌سوزی در مقیاس طبیعی و تکاملی خود، برای افزایش تنوع زیستی و حفظ کارکرد اکوسیستم‌ها امری ضروری است (Pausas and Keeley, 2019). الگوی آتش‌سوزی نتیجه اثرات متقابل بین عوامل محیطی، اقلیمی و انسانی است که بر ویژگی‌های پوشش‌گیاهی، توزیع گونه‌ها، چرخه‌های بیوشیمیایی، عملکرد و خدمات یک اکوسیستم اثر دارد. با این وجود با افزایش گرمایش جهانی و خشکی،

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۷۶۱۷۸۳۴ ایمیل: sh_pourebrahim@ut.ac.ir

آتش‌سوزی به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است (Westerling et al., 2006). اکوسیستم‌های جنگلی در سراسر جهان در معرض خطر آتش‌سوزی قرار دارند که عمدتاً تحت تأثیر عوامل انسانی و اقلیمی بوده است. از طرفی آتش‌سوزی جنگل به طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند بر روی اقلیم محلی و جهانی، سلامت انسان‌ها و اکوسیستم‌ها تأثیر داشته باشد (Gholamnia et al., 2020). امروزه رژیم آتش‌سوزی اکثر جنگل‌های جهان تغییراتی ایجاد شده است و شاهد آتش‌سوزی‌هایی با مقیاس بزرگتر و شدت بیشتر هستیم. در سال ۲۰۱۷ در غرب آمریکا ۴ میلیون هکتار از اراضی جنگلی دچار حریق شدند، برآورد خسارت دراین جنگل‌ها بیش‌از ۲,۹ میلیارد دلار تخمین زده شد (McWethy et al., 2019). در برخی مناطق جنگل‌های کالیفرنیا در آمریکا به‌دلیل افزایش بی‌سابقه آتش‌سوزی، مردم محلی مجبور به تخلیه و مهاجرت شده‌اند (Li and Banerjee, 2021). در بین کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا ایران به‌دلیل قرارگیری در ناحیه گرم و خشک، رتبه چهارم را در زمینه وقوع آتش‌سوزی جنگلی دارد (Hamed et al., 2011). اطلاعات کافی درباره متغیرهای اقلیمی اثرگذار بر روی رژیم آتش‌سوزی در یک منطقه منجر به تعیین روابط بین توزیع مکانی و زمانی با رخداد آتش‌سوزی می‌شود، در نتیجه شناسایی متغیرهای اثرگذار در رژیم آتش‌سوزی منجر به کنترل و پیش‌بینی پذیر بودن آتش‌سوزی در آینده می‌شود (Geoscience, 2019; Higuera et al., 2015). افزایش میانگین دما به‌ویژه در فصول خشک سال به‌همراه خشکسالی‌های پی در پی ریسک آتش‌سوزی را افزایش داده است. با افزایش رخدادهای حدی آب و هوایی[1] و تغییرات اقلیمی، انتظار می‌رود که ریسک آتش‌سوزی‌های بزرگ بیشتر شود و میزان آسیب‌پذیری اکوسیستم‌های جنگلی افزایش یابد (Feliu et al., 2021). آتش‌سوزی در ایران تهدیدی برای جنگل‌ها و مراتع محسوب می‌شود (Saeedeh et al., 2015). به‌صورت میانگین در هر سال ۴۰۰ رخداد آتش‌سوزی با مساحت بیش از ۶۰ کیلومترمربع در جنگل‌ها و مراتع ایران رخ می‌دهد (Jaafari et al., 2017). در نواحی زاگرس آتش‌سوزی‌های مکرر در چند دهه اخیر صدمات بسیاری به پوشش گیاهی و تنوع‌زیستی، مراتع و جنگل‌ها وارد نموده است (گراوند و همکاران، ۱۳۹۲). در استان کردستان در طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲، بیش از ۴۸۶ مورد حریق در جنگل‌های استان ثبت شده است که از این مقدار ۱۳۷ مورد آن در جنگل‌هایی با تراکم زیاد در منطقه شهرستان‌های مریوان و سروآباد بوده است (یگان حفاظت منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان، ۱۴۰۲). مطالعات بسیاری به روش‌های مختلف در زمینه شناسایی، وزن‌دهی و اولویت‌بندی شاخص‌های موثر بر احتمال آتش‌سوزی پرداخته‌اند. در این راستا حامدی و همکاران (۱۴۰۳) به ارزیابی ریسک آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس شهرستان لردگان پرداختند که با استفاده از شاخص‌های اثرگذار در زمینه ارزیابی ریسک آتش‌سوزی به تغییرات مکانی و زمانی آتش‌سوزی با وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از معیارها پرداختند. این مطالعه در نظر دارد با تعریف یک سیستم جامع برای شناسایی شاخص‌های موثر در ایجاد یا تشدید مخاطره آتش‌سوزی در جنگل‌های استان کردستان که استاندارد و در عین حال قابل درک و پایش باشد بپردازد (Gardner et al., 2010; Xiaofeng et al., 2011). در این راستا ضروری است، پایش مخاطره آتش‌سوزی با لحاظ کردن شاخص‌های اثرگذار این اجازه را به مدیران و برنامه‌ریزان بدهد تا برنامه‌ریزی مناسبی در جهت پیشگیری و کنترل آتش‌سوزی جنگلی اجرا کنند (Oliveira et al., 2021). شناسایی عوامل موثر در وقوع گام‌های اولیه برای دستیابی به پایداری در زمینه آتش‌سوزی جنگلی است (هدایتی و همکاران، ۱۳۹۸). مدیریت ریسک آتش‌سوزی کلید افزایش تاب‌آوری اجتماعی و ایجاد قابلیت بیشتر برای زندگی سازگارانه با آتش‌سوزی است (Thompson et

1- Extreme Weather

al., 2016). در استان کردستان تاکنون شناسایی موثر شاخص‌های اثرگذار در احتمال آتش‌سوزی صورت نگرفته است و مطالعه اندک و محدودی در انتخاب شاخص‌های سرزمینی صورت پذیرفته است.

مواد و روش‌ها

شناسایی شاخص‌های اثرگذار بر احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگلی

ابتدا لیست شاخص‌های اثرگذار از جمله شاخص‌های سرزمینی، اقلیمی و منابع انسانی که به‌صورت بالقوه یا بالفعل در ایجاد مخاطره آتش‌سوزی نقش دارند تهیه شد و با استفاده از ماتریس اثرگذاری فقط پارامترهای علت مورد بررسی قرار گرفت و تأثیرات بر معلول‌ها مورد توجه قرار داده شدند. برای تهیه شاخص‌ها از مرور منابع، اسناد فرادستی، مطالعات آمایش سرزمین در دو سطح ملی و استانی استفاده شد. سپس برای نمره‌دهی با استفاده از معیارها و ارزش‌های کمی جدول ۱ به‌صورت پرسشنامه به معرض دید خبرگان گذاشت.

جدول ۱- معیارها و ارزش‌های کمّی و بهنجار شده شاخص‌های اهمیت‌اثر

ردیف	معیار	ارزش کیفی	ارزش کمّی
۱	شدت اثر	خیلی‌کم	۱
		کم	۲
		متوسط	۳
		زیاد	۴
		خیلی‌زیاد	۵
۲	هم‌افزایی	بدون هم‌افزایشی	۱
		هم‌افزایشی	۲
		خیلی هم‌افزایشی	۳
۳	نوع ارتباط اثر	غیرمستقیم	۱
		مستقیم	۲
		برهمکنش	۳
۴	صحت داده	بدون صحت	۱
		کم	۲
		متوسط	۳
		زیاد	۴
۵	در دسترس بودن داده	کم	۱
		متوسط	۲
		زیاد	۳
۶	تکرار در مقالات	خیلی‌کم	۱
		کم	۲
		متوسط	۳

ردیف	معیار	ارزش کیفی	ارزش کمّی
		زیاد	۴
		خیلی‌زیاد	۵

محاسبه وزن معیارهای شاخص‌ها

محاسبه وزن معیارهای تعیین درجه اهمیت‌اثر هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی شانون باتوجه به نتایج نمره‌دهی خبرگان محترم در بخش قبل انجام گرفته است. بدین منظور در گام اول ابتدا لیست شاخص‌ها به همراه ۶ معیار یاد شده در جدول ۱ جهت تعیین کمی اهمیت‌اثر به صورت پرسشنامه (پیوست ۱) در قالب ماتریس تصمیم‌گیری توسط کارشناسان تکمیل شد. به‌صورتی که در ستون‌های ماتریس (رابطه ۳-۲) معیارها و سطرهای آن شاخص‌ها قرار داده شده است:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & X_{2n} \\ X_{31} & X_{33} & X_{3n} \\ X_{m1} & X_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix}$$

رابطه ۳-۲)

در گام دوم ماتریس فوق با استفاده از نرم‌خطی نرمال گردیده، به‌صورتی که هر درایه نرمال شده P_{ij} نامیده می‌شود. نرمال‌سازی داده‌ها در این ماتریس به گونه‌ای است که درایه هر ستون بر مجموع ستون تقسیم می‌شود. در رابطه زیر نحوه نرمال‌سازی داده‌ها به شکل نرم خطی نشان داده شده است (رابطه ۳-۳)، به صورتی که R_{ij} درایه هر ستون و n تعداد شاخص‌ها است. بنابراین داریم:

$$P_{ij} = \frac{R_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} R_{ij}}$$

رابطه ۳-۳)

در گام سوم برای محاسبه آنتروپی هرمعیار E_j به صورت رابطه ۳-۴ محاسبه می‌شود. در این رابطه P(x)، توزیع احتمال متغیر تصادفی X است. همچنین مقدار k به‌عنوان یک مقدار ثابت مقدار E_j را بین ۰ و ۱ نگه می‌دارد. هرچه آنتروپی هر معیار بیشتر باشد، نشان دهنده یکنواختی بیشتر در داده‌های کمی شاخص‌های آن است. نتایج آنتروپی هر معیار در جدول ۲ ارائه شده است.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} P_{ij} \times LnP_{ij}$$

رابطه ۳-۴)

در گام چهارم با استفاده از رابطه (۳-۵) مقدار d_j (درجه انحراف) محاسبه شد. شاخص مربوط به d_j نشان دهنده میزان اطلاعات مفیدی است که هر معیار می‌تواند برای تصمیم‌گیری در اختیار گروه تصمیم گیرنده قرار دهد، هرچه مقادیر اندازه‌گیری شده معیاری به هم نزدیک‌تر باشند، نشان دهنده آن است که معیارهای دیگر تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. بنابراین نقش آن شاخص به همان اندازه در تصمیم‌گیری کاهش می‌یابد. نتایج درجه انحراف در جدول ۳ ارائه شده است.

$$d_j = 1 - E_j$$ رابطه ۳-۵)

در گام آخر مقدار وزن W_j معیارهای شاخص‌های اهمیت‌اثر محاسبه می‌شود (رابطه ۳-۶). در واقع وزن هر معیار برابر با درجه انحراف هر معیار (d_j) تقسیم بر مجموع درجه انحراف معیارها ($\sum dj$) است. نتایج نهایی وزن معیارهای شاخص‌های اهمیت‌اثر در جدول ۴ ارائه شده است.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum d_j}$$ رابطه ۳-۶)

اولویت‌بندی شاخص‌ها

در این بخش از پژوهش به‌منظور غربالگری و تعیین درجه اهمیت شاخص‌ها تکنیک تاپسیس[1] به کار گرفته شد. در قدم اول ماتریس تصمیم‌گیری مجدداً برای تعیین درجه اهمیت‌اثر شاخص‌های احتمال وقوع آتش‌سوزی براساس معیارهای شدت اثر[2]، هم‌افزایی[3]، نوع ارتباط اثر[4]، صحت‌داده[5]، در دسترس بودن داده[6] و تکرار در مقالات[7] تشکیل شد. همچنین در تشکیل ماتریس از نمرات کارشناسی شده در بخش قبل با توجه به جدول ۴ استفاده شد. در قدم دوم باتوجه به ضرورت تشکیل ماتریس استاندارد و بی‌مقیاس‌سازی داده‌ها از روش نرم اقلیدوسی استفاده می‌شود (رابطه ۳-۷)، بنابراین داریم:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^2}}$$ رابطه ۳-۷)

در قدم دوم با توجه به نتایج وزن‌دهی روش آنتروپی شانون، داده‌های هر ستون ماتریس استاندارد شده در وزن مربوط به هر معیار ضرب شد:

$$v_{ij} = \bar{x}_{ij} \times w_j$$ رابطه ۳-۸)

در قدم سوم با استفاده از روابط ۳-۹ و ۳-۱۰ فاصله اقلیدوسی، فاصله از بهترین راه حل ایده مثبت و فاصله از بدترین راه حل ایده‌آل منفی با توجه به منفی یا مثبت بودن ذات معیارها محاسبه شده است:

$$S_i^+ = \left[\sum_{j=1}^{m} \left(V_{ij} - V_j^+\right)^2\right]^{0.5}$$ رابطه ۳-۹)

1- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
2- Intensity
3- Cumulative
4- Cause-Effect Relationship
5- Validated data
6- Availability of data
7- Repetition in research papers

$$S_i^- = \left[\sum_{j=1}^{m}\left(V_{ij} - V_j^-\right)^2\right]^{0.5}$$ رابطه ۳-۱۰)

نتایج فاصله از بهترین راه حل ایده‌آل مثبت و فاصله از بدترین راه حل ایده‌آل منفی در جدول ۵ ارائه شده است. در قدم آخر با استفاده از رابطه ۳-۱۱ میزان امتیاز هر یک از شاخص‌های اهمیت‌اثر محاسبه و اولویت‌بندی آن‌ها صورت پذیرفت. بنابراین داریم:

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$ رابطه ۳-۱۱)

یافته‌ها

نتایج محاسبه وزن معیارهای انتخاب شاخص‌های اهمیت‌اثر

در جدول ۲ شاخص‌های مورد بررسی در معیار شدت اثر ۰/۹۷۳۵ دارای بیشترین مقدار آنتروپی است که بیانگر بیشترین یکنواختی برای داده‌های شاخص‌ها در معیار هم‌افزایشی می‌باشد. در مقابل معیار تکرار مقالات با کمترین آنتروپی ۰/۹۳۲۰ بیشترین تأثیر را بر تصمیم‌گیری انتخاب شاخص‌های اثرگذار بر احتمال آتش‌سوزی دارد.

جدول ۲- آنتروپی (Ej) هر معیار برای شاخص‌های مورد بررسی

E1	E2	E3	E4	E5	E6
۰/۹۴۶۸	۰/۹۷۳۵	۰/۹۵۹۵	۰/۹۵۶۵	۰/۹۶۰۷	۰/۹۳۲۰

جدول ۳- درجه انحراف (dj) هر معیار برای شاخص‌های مورد بررسی

d1	d2	d3	d4	d5	d6
۰/۰۵۰۱	۰/۰۲۶۴	۰/۰۴۰۴	۰/۰۴۳۴	۰/۰۳۹۲	۰/۰۶۷۹

جدول ۴- وزن (Wj) معیارهای تعیین درجه اهمیت در شاخص‌های مورد بررسی

W1	W2	W3	W4	W5	W6
۰/۱۸۷۵	۰/۰۹۸۸	۰/۱۵۰۹	۰/۱۵۲۹	۰/۱۵۷۰	۰/۲۵۸۱

نتایج اولویت‌بندی شاخص‌های اهمیت‌اثر در احتمال وقوع آتش‌سوزی

نتایج رتبه‌بندی نهایی شاخص‌ها در جدول ۵ نشان می‌دهد که شاخص dNBR[1] با بیشترین امتیاز در رتبه‌بندی تاپسیس دارای کمترین فاصله از بهترین راه حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله از بدترین راه حل ایده‌آل منفی است. با در نظر گرفتن $P_i <= ۰/۵۰$ در رتبه‌بندی به روش ارزیابی چند شاخصه تاپسیس به ترتیب اولویت شاخص‌های dNBR، NDVI[2]،

[1] Difference Normalized Burn Ratio
[2] Normalized Difference Vegetation Index

ارتفاع، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، بارش، فاصله از جاده، دمای سطح زمین، فاصله از رودخانه، NDWI [1] و جهت به‌عنوان عوامل مهم در مدل ارزیابی ریسک آتش‌سوزی جنگلی در استان کردستان شناخته شدند (جدول ۵).

جدول ۵- اولویت‌بندی شاخص‌های اثرگذار در احتمال وقوع آتش‌سوزی

شاخص	اولویت	Pi	s_i^+	S_i^-	شاخص	اولویت	Pi	s_i^+	S_i^-
dNBR	۱	۰/۹۲۰۰۷	۰/۰۰۸۸۰	۰/۱۰۱۳۵	کشاورزی	۱۵	۰/۲۶۵۳۵	۰/۰۹۲۳۳	۰/۰۳۳۳۵
NDVI	۲	۰/۸۹۲۴۷	۰/۰۱۱۷۶	۰/۰۹۷۶۵	رطوبت‌نسبی	۱۶	۰/۲۶۱۹۱	۰/۰۸۱۸۵	۰/۰۲۹۰۴
ارتفاع	۳	۰/۷۶۵۸۸	۰/۰۲۹۷۴	۰/۰۹۷۲۹	تراکم‌جمعیت	۱۷	۰/۲۶۱۷۰	۰/۰۸۸۸۵	۰/۰۳۱۵۹
شیب	۴	۰/۷۴۲۴۱	۰/۰۳۱۹۸	۰/۰۹۲۱۸	TDGI	۱۸	۰/۲۵۶۴۷	۰/۰۹۶۸۹	۰/۰۳۳۴۲
مسکونی	۵	۰/۷۱۳۱۶	۰/۰۳۲۴۲	۰/۰۸۰۶۳	شکار	۱۹	۰/۲۴۷۶۰	۰/۰۹۳۴۳	۰/۰۳۰۷۴
بارش	۶	۰/۷۰۳۷۵	۰/۰۳۵۰۰	۰/۰۸۳۱۴	NDMI	۲۰	۰/۲۴۱۸۱	۰/۰۸۰۳۲	۰/۰۲۵۶۱
جاده	۷	۰/۷۰۱۸۲	۰/۰۳۲۶۴	۰/۰۷۶۸۴	رعد و برق	۲۱	۰/۲۲۳۸۷	۰/۰۹۸۸۴	۰/۰۲۸۴۰
LST	۸	۰/۶۴۰۰۰	۰/۰۴۳۷۳	۰/۰۷۷۷۴	پوشش‌زمین	۲۲	۰/۱۸۸۷۸	۰/۰۸۷۸۶	۰/۰۲۰۴۴
رودخانه	۹	۰/۵۹۷۷۱	۰/۰۴۶۶۱	۰/۰۶۹۲۶	VPD	۲۳	۰/۱۷۱۴۵	۰/۰۸۹۱۸	۰/۰۱۸۴۵
NDWI	۱۰	۰/۵۹۱۵۹	۰/۰۴۰۷۱	۰/۰۶۸۱۰	EDDI	۲۴	۰/۱۴۸۵۰	۰/۱۰۰۹۷	۰/۰۱۷۶۱
جهت	۱۱	۰/۵۹۱۵۱	۰/۰۵۰۷۴	۰/۰۷۳۴۸	KBDI	۲۵	۰/۱۴۸۵۰	۰/۱۰۰۹۷	۰/۰۱۷۶۱
توریسم	۱۲	۰/۳۱۷۳۹	۰/۰۸۷۹۰	۰/۰۴۰۸۷	SPEI	۲۶	۰/۱۰۲۲۹	۰/۰۹۹۳۲	۰/۰۱۱۳۱
سرعت باد	۱۳	۰/۳۰۹۴۸	۰/۰۸۷۱۳	۰/۰۳۹۰۵	SPI	۲۷	۰/۱۰۲۲۹	۰/۰۹۹۳۲	۰/۰۱۱۳۱
میانگین دما	۱۴	۰/۲۸۶۳۷	۰/۰۸۳۴۲	۰/۰۳۱۴۳					

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به ارائه سیستمی کارا در زمینه انتخاب شاخص‌های اثرگذار در احتمال وقوع آتش‌سوزی پرداخت. در ادامه شاخص‌های اهمیت‌اثر در احتمال وقوع آتش‌سوزی پس‌از جمع‌آوری با مطالعات کتابخانه‌ای و استاد فرادستی به‌منظور غربالگری در قالب پرسشنامه براساس معیارهای معیار شدت اثر، هم‌افزایی، نوع ارتباط اثر، صحت‌داده، در دسترس بودن داده و تکرار در مقالات به معرض دید خبرگان محترم برای نمره‌دهی قرار داده شد. سپس با روش آنتروپی شانون میزان آنتروپی هر یک از معیارها همراه با وزن آن‌ها محاسبه شد. در ادامه با روش اولویت‌بندی چندشاخصه تاپسیس غربالگری نهایی شاخص‌ها همراه با اولویت آن‌ها در تصمیم‌گیری در ارزیابی ریسک آتش‌سوزی مشخص شد. همچنین شاخص‌هایی که دارای نمره پایین‌تری بودند حذف شدند. شاخص‌های گیاهی dNBR و NDVI دارای اثرگذاری بسیار زیادی بوده است به گونه‌ای که بیشترین فاصله را از بدترین راه‌حل ایده‌آل مثبت و کمترین فاصله را با رابطه ایده‌آل منفی دارند که از دلایل آن می‌توان به نیاز به وجود ماده سوختنی برای شکل‌گیری آتش‌سوزی و توانایی شاخص dNBR در تشخیص نواسات طیفی گیاهی در سری‌های زمانی اشاره کرد. از طرفی جنگل‌های استان کردستان دارای توپوگرافی بسیار متنوع می‌باشد و آتش‌سوزی در طبقات متعدد از شاخص‌های شیب، جهت و ارتفاع رخ می‌دهد که بررسی آن را در زمینه آتش‌سوزی ضرورت می‌دهد.

[1] Normalized Difference Water Index

براساس گزارشات، عوامل اقلیمی از جمله شاخص‌های بارش به‌ویژه دمای سطح زمین به‌دلیل نوسانات آب و هوایی از جمله عوامل متغیر فعال در ایجاد آتش‌سوزی در جنگل‌های کردستان بوده است. افزایش سکونتگاه‌های انسانی در داخل جنگل، ورود گردشگران به منطقه جنگلی با وجود جاده‌سازی‌های فرآوان از دلایل انتخاب نمرات بالا برای این شاخص‌ها توسط کارشناسان بوده است. به‌صورت مشابه در مطالعه‌ای توسط صلواتی و همکاران (۲۰۲۲) در زمینه مدل ارزیابی‌ریسک آتش‌سوزی به پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی با استفاده از وزن شواهد و مدل‌های آماری پرداخته شد. در آن تحقیق بررسی روابط حریق‌های مراتع و جنگل‌ها با طبقات شاخص‌های سرزمینی، اقلیمی و انسانی منطقه مشابه مطالعه حاضر صورت پذیرفت. نتایج نشان دهنده نقش اثرگذار شاخص‌های عرض جغرافیایی، شیب، جهت، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، پوشش و کاربری زمین، بارش سالانه و میانگین دمای سالانه در مدل ارزیابی ریسک آتش‌سوزی است. همچنین مقایسه مدل آماری و مدل مبتنی بر وزن شاخص‌ها، دقت بیشتر مدل وزنی را گزارش کرد که مصداق دقت نتایج مطالعه حاضر است. همچنین در مطالعه‌ای مشابه توسط Sivrikaya et al. (2024) از شاخص‌های گیاهی NDWI، NDVI و dNBR در نقشه‌سازی ریسک آتش‌سوزی جنگلی استفاده شد که موید اهمیت نظرات کارشناسی در انتخاب شاخص‌های مطالعه حال حاضر است.

منابع

حامدی نگار، اسماعیلی علی، فرامرزی حسن، شعبانی سعید، محسنی بهروز (۱۴۰۳). تحلیل پتانسیل خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس: بررسی تغییرات مکانی و زمانی و عوامل مؤثر. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۱۱ (۲) :۱۰۱-۱۱۵.

گراوند سودابه، یارعلی نبی اله و صادقی کاجی حمداله (۱۳۹۲). الگوی مکانی و نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی در اراضی طبیعی استان لرستان. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۲): ۲۴۲-۲۳۱.

هدایتی، سیدنگاره، جنیدی جعفری، حامد و ابراهیمی محمدی،شیرکوه. (۱۳۹۸). بررسی وقوع آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی استان کردستان به کمک تکنیک شاخص آماری. محیط زیست طبیعی، ۷۲ (۳): ۴۱۶-۴۰۳.

Feliu, S., Pedro, D., Andrew, T., and M, F. (2021). Estimating hetrogeneous wildfire effect using synthetic control and satellite remote sensing. Remote Sensing of Environment, 265 .

Gardner, T., Barlow, J., Sodhi, N., and Peres, C. (2010). A multi-region assessment of tropical forest biodiversity in a human-modified world. Biological Conservation, 143: 2293-2300. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.05.017

Geoscience, N. (2019). The complexities of wildfires. Nature Geoscience, 12, 81 .

Gholamnia, K., Gudiyangada Nachappa, T., Ghorbanzadeh, O., and Blaschke, T. (2020). Comparisons of Diverse Machine Learning Approaches for Wildfire Susceptibility Mapping. Symmetry, 12(4). https://doi.org/10.3390/sym12040604

Hamed, A., Kanniah, D., and S, K. (2011). GIS-based Probability Assessment of Fire Risck in Grassland and Forest Landscapes of Golestan Province, Iran. international conference Environmental and Computer science, 19 .

Higuera, P. E., Abatzoglou, J. T., Littell, J. S., and Morgan, P. (2015). The Changing Strength and Nature of Fire-Climate Relationships in the Northern Rocky Mountains, U.S.A., 1902-2008. PLOS ONE, 10(6), e0127563. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127563

Jaafari, A., Gholami, D. M., and Zenner, E. K. (2017). A Bayesian modeling of wildfire probability in the Zagros Mountains, Iran. Ecological Informatics, 39, 32-44. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.03.003

Li, S., and Banerjee, T. (2021). Spatial and temporal pattern of wildfires in California from 2000 to 2019. Sci Rep, 11(1), 8779. https://doi.org/10.1038/s41598-021-88131-9

MacDicken, K. G. (2015). Global Forest Resources Assessment 2015: What, why and how? Forest Ecology and Management, 352, 3-8. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.006

Massetti, A., Rüdiger, C ,.Yebra, M., and Hilton, J. (2019). The Vegetation Structure Perpendicular Index (VSPI): A forest condition index for wildfire predictions. Remote Sensing of Environment, 224, 167-181. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.004

McWethy, D. B., Schoennagel ,T., Higuera, P. E., Krawchuk, M., Harvey, B. J., Metcalf, E. C., Schultz, C., Miller, C., Metcalf, A. L., Buma, B., Virapongse, A., Kulig, J. C., Stedman, R. C., Ratajczak, Z., Nelson, C. R., and Kolden, C. (2019). Rethinking resilience to wildfire. Nature Sustainability, 2(9), 797-804. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0353-8

Oliveira, S., Rocha, J., and Sá, A. (2021). Wildfire risk modeling. Current Opinion in Environmental Science and Health, 23. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100274

Pausas, J. G ,.and Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. Frontiers in Ecology and the Environment, 17(5): 289-295. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fee.2044

Pourtaghi, Z. S., Pourghasemi, H. R., Aretano, R., and Semeraro, T. (2016). Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques. Ecological Indicators, 64: 72-84. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.030

Saeedeh, E., jafar, O., hamid, J and Mohammad Reza, S. (2015). Evaluation of the MODIS Fire-Detection Product in Neka-Zalemroud Fire-Prone Forest in Northern Iran. Environmental Studies, 24 .

Sivrikaya, F., Günlü, A., Küçük, Ö., and Ürker, O. (2024). Forest fire risk mapping with Landsat 8 OLI images: Evaluation of the potential use of vegetation índices. Ecological Informatics, 79, 102461 .

Thompson, M., Bowden, P., Brough, A., Scott, J., Gilbertson-Day, J., Taylor, A., Anderson, J., and Haas, J. (2016). Application of Wildfire Risk Assessment Results to Wildfire Response Planning in the Southern Sierra Nevada, California, USA. Forests, 7(12). https://doi.org/10.3390/f7030064

Westerling, A., Hidalgo, H., Cayan, D. R., and Swetnam, T. (2006). Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity: Supporting Online Material. Science, 313: 940-943 .

Xiaofeng, L., Yi, Q., Diqiang, L., Shirong, L., Xiulei, W., Bo, W., and Chunquan, Z. (2011). Habitat evaluation of wild Amur tiger (Panthera tigris altaica) and conservation priority setting in north-eastern China. J Environ Manage, 92(1): 31-42. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.08.001

Identifying effective forest fire indices in Kurdistan Province

A.M. Bostabi[1] and Sh. Pourebrahim[1*]

1- Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

Developing an index system to identify the most significant fire indices in forests is essential. In this study, we aimed to recognize, weight, and rank the most effective wildfire indices for the entire Kurdistan Forest region, which was selected as the study area. During the first stage of the study, we created an extensive list of vegetation, climate, and anthropogenic indices pertinent to forest fire risk assessment by examining authoritative documents, reviewing existing references, and conducting expert surveys. To ensure the selection of the most suitable indices, we utilized six criteria: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) combined with Shannon's method, intensity, cumulative impact, cause-effect relationship, data validation, data availability, and repetition in research papers. These criteria were presented to experts for their input and feedback through surveys, ensuring a comprehensive and informed selection process. The findings indicated that repetition in research papers, with an entropy of 0.9320, significantly impacted the decision-making process for selecting effective fire indices. Additionally, ranking the indices using the TOPSIS method revealed that indices with the shortest distance from the ideal solution and the longest distance from the worst solution were in the following order: dNBR, NDVI, elevation, slope, distance from settlements, precipitation, distance from roads, LST, distance from rivers, NDWI, and aspect. These were identified as the most effective forest fire indices in Kurdistan province.

Keywords: Wildfire, entropy, TOPSIS, weighting, and ranking.

* Corresponding author Tel: +98 9127617834 Email: sh_pourebrahim@ut.ac.ir

مروری بر شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار (LSTM) و کاربردهای آن در علوم جنگل و محیط‌زیست

حانیه رضایی[۱] و شراره پورابراهیم[۱*]

۱- گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها، به ویژه سری‌های زمانی در علوم جنگل و محیط‌زیست با هدف کشف الگو، استخراج اطلاعات ارزشمند و پیش‌بینی آن‌ها، اهمیت زیادی دارد. شبکه عصبی LSTM[۱] از روش‌های پیشرفته و نوین در شبیه‌سازی می‌باشد که می‌تواند این سری‌های زمانی را مورد بررسی قرار دهد. مدل‌های زیادی برای پیش‌بینی سری‌های زمانی پیشنهاد شده‌اند، مانند جنگل تصادفی، زنجیره مارکوف و ...، اما بسیاری از این مدل‌ها برای پیش‌بینی یک مرحله به جلو بسیار خوب عمل می‌کنند، ولی برای پیش‌بینی چند مرحله‌ای عملکرد خوبی ندارند. همچنین وابستگی‌های بلندمدت بین داده‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. شبکه‌های LSTM نوع خاصی از شبکه‌های عصبی بازگشتی هستند که توانایی یادگیری وابستگی‌های بلندمدت را دارند، همچنین دارای بلوک‌های حافظه و دروازه فراموشی هستند و دقت زیادی دارند. با توجه به پتانسیل‌های این شبکه در تحلیل و پیش‌بینی سری‌های زمانی، این مقاله کاربردهای شبکه LSTM در علوم محیط‌زیست مانند پوشش گیاهی، حیات وحش، هیدرولوژی، آلودگی‌های محیط‌زیست و ... را بررسی کرده است.

واژگان کلیدی: سری زمانی، شبکه عصبی بازگشتی، شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار.

مقدمه

داده‌هایی که روزانه در زمینه محیط‌زیست و منابع طبیعی به ویژه اکوسیستم جنگلی تولید می‌شوند دارای روند افزایشی سریع، هم در کمیت و هم در پیچیدگی هستند (Zhong et al., 2021)، بنابراین تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها و سری‌های زمانی[۲] با هدف کشف الگوها و استخراج اطلاعات ارزشمند، اهمیت زیادی دارد (Torres et al., 2021)، به ویژه در سیستم‌های جنگلی که فرایندها و پدیده‌ها اغلب وابسته به متغیرهای زیاد هستند و روابط بسیار پیچیده‌ای بین اجزا وجود دارد که تحلیل آن را بسیار مشکل می‌نماید (عزیزی جهان آباد و همکاران، ۱۳۹۵). حفظ جنگل‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. اقدامات متنوعی برای حفظ جنگل‌ها و پیش‌بینی آتش سوزی، جلوگیری از تغییر کاربری و تغییر اقلیم، پایش سلامت پوشش گیاهی و ... انجام می شود، از جمله پیمایش و نظارت مستقیم در جنگل

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۷۶۱۷۸۳۴ ایمیل: sh_pourebrahim@ut.ac.ir

1- Long Short-Term Memory
2- Time Series Data

ها، اما در روش‌های فعلی نیاز به حضور فیزیکی افراد در محل مشکلاتی مانند هزینه های زیاد و استفاده غیربهینه از منابع و ... ایجاد می‌کند. در این راستا، استفاده از مدل‌سازی‌های نوین مبتنی بر هوش مصنوعی، داده های ماهواره‌ای و داده های سری زمانی برای پایش دقیق و استخراج الگوها با داده‌های کم و بدون حضور فیزیکی افراد می‌توانند به طور چشمگیری در حفظ و حراست از جنگل‌ها و محیط زیست کمک کننده باشند (عزیزی جهان آباد و همکاران، ۱۳۹۵؛ Zhong et al., 2021).

منظور از یک سری زمانی مجموعه‌ای از داده‌های آماری است که در فواصل زمانی مساوی و منظمی جمع‌آوری شده باشند. هدف اصلی در بر پا کردن یک سری زمانی، معمولاً پیش‌بینی مقادیر آینده با بهره‌گیری از داده‌های گذشته است و پیش‌بینی سری‌های زمانی یک مسئله مهم کاربردی است (Shakeel et al., 2020). طول این سری‌های زمانی یا دنباله‌های خروجی و ورودی ممکن است متفاوت باشد. در حالتی که ورودی و خروجی هر دو دنباله هستند، رابطه زیر می‌تواند گویای این مفهوم باشد که در آن x و y به ترتیب ورودی و خروجی/ هدف را نشان می‌دهند (Lipton et al., 2015).

$$(x,y)=([x^{<1>}, x^{<2>},\ldots, x^{<t>}, x^{<T_x>}],[y^{<1>}, y^{<2>},\ldots,y^{<t>},\ldots,y^{<T_y>}])$$

بسیاری از روش‌های پیش‌بینی سری‌های زمانی براساس روش‌های آماری است. اما این روش‌ها معمولاً فرآیند مدل‌سازی پیچیده‌ای دارند. به جز روش‌های مبتنی بر آمار، مدل‌های زیادی برای حل مسئله پیش‌بینی سری‌های زمانی پیشنهاد شده‌اند، مانند جنگل تصادفی[1]، رگرسیون SVM[2]، زنجیره مارکوف[3] و .... بسیاری از این مدل‌ها برای پیش‌بینی یک مرحله به جلو بسیار خوب عمل می‌کنند، اما وقتی صحبت از پیش‌بینی چند مرحله‌ای به میان می‌آید، اکثر آن‌ها عملکرد خوبی ندارند (Yunpeng et al., 2017). نتیجه نهایی پیش‌بینی براساس ورودی فعلی و همچنین به وضعیت شبکه در مرحله زمانی قبلی آن بستگی دارد، به عبارت دیگر به ابتدا و انتهای دنباله توجه می‌شود و وابستگی‌های بلندمدت بین داده‌ها در نظر گرفته نمی‌شود (Lipton et al., 2015).

همچنین برای به دست آوردن مدل مناسب، باید درک عمیق‌تری از داده‌ها داشته باشیم. سری‌های زمانی مختلف ویژگی‌های متفاوتی دارند. برخی از سری‌های زمانی ممکن است دارای مقدار میانگین حدود صفر باشند، برخی دارای ویژگی تناوب هستند، برخی روند صعودی/ نزولی دارند، برخی داده‌هایی با تناوب قوی هستند که ساخت مدل آن‌ها بسیار آسان است. این داده‌ها دارای یک چرخه ثابت، بدون روند افزایشی/کاهشی است و در عین حال دارای یک مقدار میانگین ثابت است. برخی سری‌های زمانی داده‌های دوره‌ای بسیار طولانی هستند و یک چرخه ممکن است شامل بیش از ۱۰۰ مرحله زمانی باشد (Yunpeng et al., 2017). از طرف دیگر، در بین سری‌های زمانی داده‌های مفقود و ... نیز وجود دارد که هنگام انتخاب مدل و پردازش داده‌ها باید به آن توجه کرد (Torres et al., 2021). وابستگی بلندمدت در سری‌های زمانی و همچنین مشکلات و ویژگی‌های متنوع در آن‌ها، پیش‌بینی های تک مرحله‌ای و چند مرحله‌ای و یافتن الگوهای سری زمانی توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی[4] که جزء روش‌های

1- Random Forest
2- Support Vector Machine
3- Markov Chain
4- Artificial Neural Network (ANN)

یادگیری عمیق[1] هستند، قابل حل است. شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار (LSTM) قادر است برای مدت طولانی اطلاعات را بخاطر بسپارد که این شبکه یکی از انواع شبکه‌های عصبی بازگشتی[2] (RNN) است. شبکه‌های عصبی بازگشتی از معروف‌ترین مدل‌ها برای پردازش داده‌های متوالی و سری زمانی هستند (Hochreiter and Schmidhuber, 1997). LSTM می‌تواند به ما کمک کند تا بسیاری از مشکلات و همچنین مراحل دستی را در روش‌های مدل‌سازی سنتی کنار بگذاریم، مانند همبستگی خودکار در بین داده‌ها و ... و پیش‌بینی سری زمانی را به صورت تک مرحله‌ای و چند مرحله‌ای به خوبی انجام دهیم (Yunpeng et al., 2017).

مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف بررسی شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار، بررسی مزایا و چالش‌های آن و همچنین کاربردهای این شبکه در حوزه‌های مختلف علوم جنگل و محیط‌زیست، مانند بررسی پوشش‌گیاهی، تغییر اقلیم، پیش‌بینی انرژی‌های تجدیدپذیر، حیات‌وحش، هیدرولوژی، سنجش از دور و ... انجام گرفته است. شبکه‌های عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار، قابلیت زیادی در پردازش داده‌های سری زمانی دارند، اما به طور گسترده توسط محققان محیط‌زیست مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. امید است که نتایج این مطالعه به محققان حوزه محیط‌زیست برای مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر کمک کند. این پژوهش با کمک منابع معتبر خارجی و داخلی مرتبط با هدف پژوهش صورت گرفت و پس از جمع‌آوری، مقالات دسته‌بندی شدند و نگارش مقاله انجام شد.

یافته ها

هوش مصنوعی[3]: John McCarthy که به عنوان یکی از پدرخوانده‌های هوش مصنوعی (AI) شناخته می‌شود، آن را به عنوان "علم و مهندسی ساخت ماشین‌های هوشمند" تعریف کرد. هوش مصنوعی نیز به عنوان شاخه‌ای از علوم کامپیوتر تعریف می‌شود که با شبیه‌سازی رفتار هوشمند در رایانه‌ها سروکار دارد. یادگیری ماشینی[4] زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی و یادگیری عمیق نیز زیرمجموعه‌ای از یادگیری ماشینی است (Tiwari et al., 2018).

یادگیری ماشین: Arthur Samuel که پیشگام آمریکایی در زمینه گرافیک رایانه‌ای با هوش مصنوعی است در سال ۱۹۵۹ موفق شد اصطلاح "یادگیری ماشینی" را در بازار عرضه کند. اما در آن زمان این تکنیک برای مطالعه و کشف بسیار جدید بود. بنابراین بعداً در سال ۱۹۹۰، یادگیری ماشینی دوباره سازماندهی شد و زمینه‌ای جداگانه در صنعت ایجاد کرد (Khanna, 2019). یادگیری ماشین نشان‌دهنده یک تحول کلیدی در زمینه‌های علوم رایانه، تجزیه و تحلیل داده‌ها، مهندسی نرم‌افزار و هوش مصنوعی است (Tiwari et al., 2018).

یادگیری ماشینی همانطور که از نام آن پیداست، روش جدیدی است که از طریق الگوریتم‌ها به ماشین‌ها یاد می‌دهیم که چگونه کار کنند، مانند تصمیم‌گیری، حل مشکلات و مسائل. یادگیری ماشینی الگوریتم‌های زیادی دارد و به دسته‌هایی تقسیم می‌شوند، مانند یادگیری ماشینی نظارت شده و بدون نظارت (Khanna, 2019).

1- Deep Learning (DL)
2- Recurrent Neural Networks
3- Artificial Intelligence (AI)
4- Machine Learning (ML)

در یادگیری ماشینی نظارت شده، کاربر برنامه را آموزش می‌دهد تا پاسخی را براساس مجموعه داده‌های شناخته شده و برچسب‌گذاری شده ایجاد کند. الگوریتم‌های طبقه‌بندی و رگرسیون، از جمله جنگل تصادفی، درخت‌های تصمیم‌گیری[1] و ماشین‌های بردار پشتیبان[2]، معمولاً برای وظایف یادگیری تحت نظارت استفاده می‌شوند. در یادگیری ماشینی بدون نظارت، الگوریتم‌ها پاسخ‌هایی را روی داده‌های ناشناخته و بدون برچسب تولید می‌کنند و آموزش روی داده خام صورت می‌گیرد. دانشمندان داده معمولاً از تکنیک‌های بدون نظارت برای کشف الگوها در مجموعه داده‌های جدید استفاده می‌کنند. الگوریتم‌های خوشه‌بندی[3]، مانند K-means، اغلب در یادگیری ماشینی بدون نظارت استفاده می‌شوند (Wehle, 2017).

یادگیری عمیق: Rina Dechter، استاد علوم رایانه، اصطلاح "یادگیری عمیق" را در سال ۱۹۸۹ به عنوان بخشی فرعی از یادگیری ماشین معرفی کرد و سپس در سال ۲۰۰۰ این اصطلاح دوباره توسط Igor Eisenberg به شبکه‌های عصبی مصنوعی معرفی شد. یادگیری عمیق (DL) زیر مجموعه یادگیری ماشینی است که برای پیاده سازی تکنیک‌های هوش مصنوعی توسط شبکه‌های عصبی استفاده می‌شود که می‌تواند از الگوریتم‌های نظارت شده و نظارت نشده یا هر دو استفاده کند. تمرکز این روش بر نحوه عملکرد مغز و سیستم عصبی انسان است. یادگیری عمیق، سیستم عصبی یک انسان را از نزدیک مشاهده می‌کند، از این طریق می‌توان با نحوه تفکر مغز یک انسان عادی آشنا شویم و می‌توانیم با کمک آن الگوریتم جدیدی ترسیم کنیم که بتواند یک مشکل را از طریق یک ماشین حل کند، همانطور که توسط مغز انسان حل شده است. یادگیری عمیق نقش مهمی در درک مشکلات واقعی دارد (Khanna, 2019). واژه عمیق، در یادگیری عمیق از لایه‌های بسیاری ناشی می‌شود که در مدل‌های یادگیری عمیق، که معمولاً شبکه‌های عصبی هستند، ساخته شده‌اند (Wehle, 2017) و همین لایه‌های زیاد می‌توانند ویژگی‌های پیچیده را در لایه‌های بعدی با استفاده از نمایش‌های ساده‌تر که توسط لایه‌های قبلی در شبکه تشکیل شده‌اند، نشان دهند (Sit et al., 2020). چیزی که الگوریتم‌های یادگیری عمیق را متفاوت و بسیار قدرتمند می‌کند، در نحوه یادگیری ویژگی‌ها از داده‌ها است. الگوریتم‌های یادگیری عمیق قادر به شناسایی و استخراج خودکار ویژگی‌ها از داده‌ها هستند. این بدان معنی است که ما فقط باید به یک الگوریتم یادگیری عمیق بگوییم که به عنوان مثال آیا یک زرافه در یک تصویر وجود دارد یا خیر و با ذکر مثال‌های کافی می‌تواند به تنهایی بفهمد که یک زرافه چگونه است. (Christin et al., 2019).

یادگیری عمیق دارای معماری‌های مختلفی است مانند شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، شبکه عصبی کانولوشنال[4] (CNN)، شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار (LSTM) و .... (Khanna, 2019). تشخیص و طبقه بندی الگو از اولین و مرتبط‌ترین کاربردهای یادگیری عمیق بود که موفقیت زیادی در تشخیص گفتار، متن‌کاوی یا تجزیه و تحلیل تصویر و طبقه بندی به‌دست آورد. با این وجود، کاربرد پیش‌بینی سری زمانی امروزه به دلیل توسعه معماری‌های یادگیری عمیق که به‌ویژه برای مقابله با داده‌های نمایه شده در طول زمان در نظر گرفته شده‌اند، بسیار محبوب شده است (Torres et al., 2021).

1- Decision tree
2- Support Vector Machine
3- Clustering
4- Convolutional Neural Network

تفاوت یادگیری ماشین و یادگیری عمیق

نحوه عملکرد و استخراج ویژگی: تفاوت اصلی یادگیری عمیق با یادگیری ماشین در نحوه استخراج ویژگی‌ها از داده‌ها نهفته است. با الگوریتم‌های یادگیری ماشین سنتی، استخراج ویژگی‌ها نیاز به نظارت انسانی دارد، در حالی که ابزارهای یادگیری عمیق به دلیل ماهیت چندلایه‌شان می‌توانند به تنهایی بازنمایی‌های بسیار پیچیده‌ای از داده‌ها را بیاموزند. بنابراین زمانی که کاربران دانش محدودی در مورد ویژگی‌های شناسایی دارند، استفاده از آن‌ها آسان‌تر است. با این حال، در یادگیری ماشینی معمولی، ارائه تنها برچسب داده‌ها کافی نیست. کاربر همچنین باید در الگوریتم مشخص کند که به دنبال چه چیزی است. به عنوان مثال برای تشخیص زرافه‌ها در تصاویر، الگوریتم نیاز به ویژگی‌های خاص زرافه‌ها (مانند شکل، رنگ، اندازه، الگوی) دارد که به صراحت براساس الگوهای پیکسل‌ها بیان شود. این می‌تواند غیرمتخصصان یادگیری ماشین را با مشکل مواجه کند، زیرا معمولاً به دانش عمیق سیستم مورد مطالعه و مهارت‌های برنامه‌نویسی خوب نیاز دارد (Christin et al., 2019). در یادگیری ماشین حل مسئله به شکل تطبیق الگو شروع می‌شود و با انجام این کار، یک مسئله را به مسائل فرعی تقسیم می‌کند، زیرا به راحتی می‌توان از یک مسئله کوتاه خروجی گرفت و در پایان نتایج را جمع می‌کند تا نتیجه نهایی را به دست آورد (Khanna, 2019).

مدت زمان آموزش: در الگوریتم یادگیری عمیق، تعداد زیادی پارامتر وجود دارد، بنابراین زمان زیادی برای آموزش لازم است. در مقابل، یادگیری ماشین نسبتاً زمان بسیار کمتری برای آموزش نیاز دارد، از چند ثانیه تا چند ساعت (Tiwari et al., 2018). یادگیری عمیق در مقایسه با یادگیری ماشینی، خروجی و نتایج دقیق‌تری تولید می‌کند (Khanna, 2019).

نوع سخت افزار: کار یادگیری ماشین به نوع سیستم یا سخت افزاری که ما استفاده می‌کنیم بستگی ندارد و در هر سیستمی کارآمد است (Khanna, 2019). روش‌های یادگیری عمیق به قدرت کامپیوتری بسیار بیشتری نیاز دارند (Christin et al., 2019).

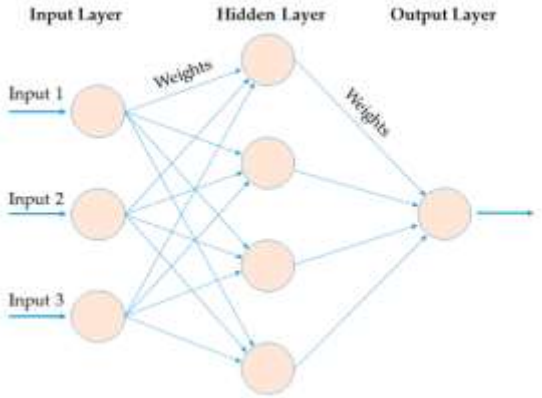
تفسیرپذیری: تفسیرپذیری عامل مهمی برای مقایسه یادگیری ماشینی و یادگیری عمیق است. در واقع از نظر ریاضی می‌توانید متوجه شوید که کدام گره‌های یک شبکه عصبی عمیق فعال شده‌اند، اما ما نمی‌دانیم که نورون‌ها قرار است چه چیزی را مدل‌سازی کنند و این لایه‌های نورون به طور جمعی چه کاری انجام می‌دهند. در مقابل، الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند درخت‌های تصمیم، قوانین واضحی را در مورد اینکه چرا آن چیزی را که انتخاب می‌کند، به ما می‌دهند، بنابراین تفسیر استدلال پشت آن بسیار آسان است (Tiwari et al., 2018).

داده‌های ورودی: وابستگی داده‌ها با افزایش مقیاس داده، عملکرد یادگیری عمیق و یادگیری ماشین سنتی به شدت متفاوت است. الگوریتم‌های یادگیری عمیق زمانی که داده‌ها کوچک هستند آنقدر خوب عمل نمی‌کنند، زیرا الگوریتم‌های آن برای درک کامل آن به مقدار زیادی داده نیاز دارند. در مقابل، الگوریتم‌های یادگیری ماشین سنتی حتی زمانی که داده‌ها کوچک هستند، به خوبی کار می‌کنند (Tiwari et al., 2018).

شبکه‌های عصبی مصنوعی

در واقع سیستم شبکه عصبی مصنوعی الهام گرفته شده از مغز و سیستم شبکه عصبی انسان می‌باشد و مانند مغز انسان از تعداد زیادی نورون تشکیل شده است. این شبکه‌ها مانند مغز انسان دارای قابلیت یادگیری، حفظ کردن و ایجاد ارتباط بین داده‌ها هستند. بنابراین شبکه‌های عصبی مجموعه‌ای از نورون‌ها است که در لایه مختلفی پشت سر هم قرار گرفته اند که در شکل ۱ ارائه شده است. به عبارت دیگر مقادیر ورودی پس از ضرب در وزن‌های موجود در

گذرگاه‌های بین لایه‌ها به نورون بعدی رسیده و در آنجا با هم جمع می‌شوند و پس از عبور از تابع شبکه مربوطه خروجی نورون‌ها را تشکیل می‌دهند. در پایان خروجی به دست آمده با خروجی مورد نظر مقایسه شده و خطای به دست آمده برای اصلاح وزن‌های شبکه به کار می‌رود که به این کار آموزش شبکه عصبی می‌گویند (عزیزی جهان آباد و همکاران، ۱۳۹۵)؛ یا به عبارت ساده‌تر نورون‌ها واحدهای ساده‌ای هستند که بردارهای ورودی با ارزش واقعی را می‌پذیرند و یک خروجی با ارزش واقعی تولید می‌کنند (Staudemeyer and Morris, 2019). اولین نمونه اولیه از آنچه ما اکنون به عنوان یک شبکه عصبی ساده یا پرسپترون[1] می‌شناسیم، که دارای دو لایه واحد پردازش بود و می‌توانست الگوهای ساده را تشخیص دهد را Frank Rosenblatt در سال ۱۹۵۷ ایجاد کرد (Gamboa, 2017).



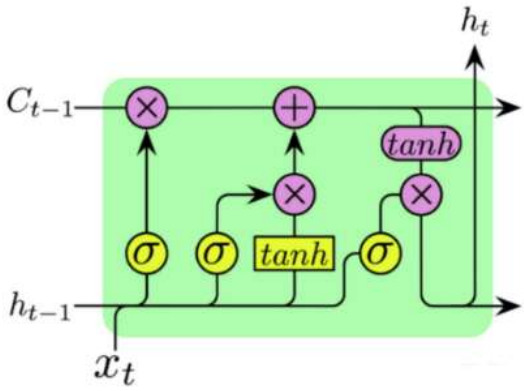
شکل ۱- ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی (Le et al., 2019)

شبکه عصبی بازگشتی

یکی از انواع شبکه‌های عصبی، شبکه عصبی بازگشتی است که در شکل ۲ ساختار ساده‌ای از یک شبکه عصبی بازگشتی نمایش داده شده است. شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) برای پردازش دنباله‌ها طراحی شده‌اند و در واقع معروف‌ترین مدل برای آموزش داده‌های متوالی هستند. شبکه عصبی بازگشتی دارای اتصالات چرخه‌ای است که آن‌ها را برای مدل‌سازی متوالی قدرتمند می‌سازد (Hochreiter and Schmidhuber, 1997). به عبارت دیگر، خروجی یک نورون هم به نورون (های) درون لایه بعدی و هم به نورون بعدی در همان لایه منتقل می شود. با استفاده از این مکانیسم، RNNها می‌توانند اطلاعات آموخته شده در یک نورون را به نورون بعدی در همان لایه منتقل کنند. این روش زمانی استفاده می‌شود که داده‌هایی که قرار است به شبکه داده شوند، ماهیت ترتیبی داشته باشند، مانند داده‌های سری زمانی یا متن (Sit et al., 2020). در تئوری این طور به نظر می‌رسد که این شبکه‌ها می‌توانند اطلاعات موجود در یک دنباله طولانی را ضبط و از آن‌ها استفاده کنند، اما در عمل این طور نیست و بسیار محدود هستند، به این صورت که فقط اطلاعات چند گام قبل را ضبط می‌کنند (Hochreiter and Schmidhuber, 1997). یکی دیگر از مشکلات شبکه‌های بازگشتی محو شدن گرادیان است بدین معنی که وقتی تعداد لایه‌ها و گام‌های زمانی زیاد شود برخی از وزن‌ها خیلی کوچک یا خیلی بزرگ می‌شوند. این مسئله، ناپدید شدن شیب یا محو گرادیان نامیده می‌شود

1- Perceptron

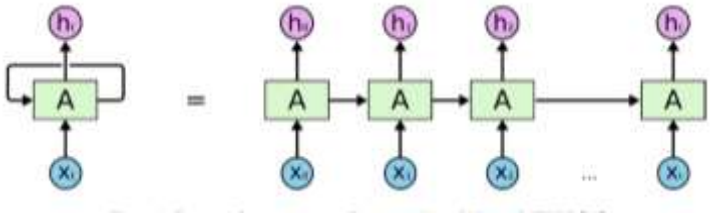
و از یادگیری شبکه جلوگیری می‌کند. نوعی از معماری شبکه که این مشکل را حل می‌کند LSTM است (Gamboa, 2017).



شکل ۲- ساختار یک شبکه عصبی بازگشتی (Le et al., 2019)

شبکه عصبی LSTM

شبکه عصبی LSTM برای اولین بار توسط Hochreiter وSchmidhuber در سال ۱۹۹۷ برای توسعه شبکه‌های عصبی بازگشتی معرفی شدند. شبکه‌های عصبی بازگشتی ساده ابزاری قوی محسوب می‌شوند، اما همانطور که اشاره شد دارای مشکلاتی مانند محو گرادیان و عدم یادگیری توالی‌های بلند هستند. شبکه‌های LSTM نوع خاصی از شبکه‌های عصبی بازگشتی هستند که توانایی یادگیری وابستگی‌های بلندمدت را دارند. عبارت long term memory به وزن‌های یاد گرفته شده و short term memory به حالت‌های درونی سلول‌ها اطلاق می‌شود. شکل ۳ یک نمونه از بلوک LSTM با یک سلول را نشان می‌دهد (Hochreiter and Schmidhuber, 1997).



شکل ۳- یک بلوک شبکه عصبی LSTM (Fang et al., 2021)

در این شبکه سه دروازه وجود دارد که از طریق آن شبکه نسبت به کنترل جریان داده درون خود اقدام می‌کند. این سه دروازه عبارتند از: ۱- دروازه فراموشی: دروازه فراموشی وظیفه کنترل جریان اطلاعات از گام زمانی قبلی را دارد. این دروازه مشخص می‌کند که آیا اطلاعات حافظه از گام زمانی قبل مورد استفاده قرار گیرد یا خیر و اگر باید از گام زمانی قبل چیزی وارد شود به چه میزان باشد. ۲- دروازه بروز رسانی یا دروازه ورودی که وظیفه کنترل جریان اطلاعات جدید را بر عهده دارد. این دروازه مشخص می‌کند آیا در گام زمانی فعلی باید اطلاعات جدید مورد استفاده قرارگیرد یا خیر و اگر بلی به چه میزان؟ ۳- دروازه خروجی نیز مشخص می‌کند چه میزان از اطلاعات گام زمانی قبل

با اطلاعات گام زمانی فعلی به گام زمانی بعد منتقل شود. وجود این دروازه‌ها به این شکل است که مکانیزم کنترلی بسیار دقیقی را ایجاد می‌کند. علاوه بر این سه دروازه یک سلول حافظه نیز وجود دارد که از آن اصطلاحاً به Memory Cell یا به اختصار C یاد می‌شود. این‌ها مفاهیم تازه در این شبکه هستند. در رابطه زیر نمادهای c، o، f، i و h به ترتیب معرف ورودی، فراموشی، خروجی، حافظه و حالت سلول هستند. روابط زیر در هر سلول برقرار است (Hochreiter and Schmidhuber, 1997):

$$i_t = \sigma\,(W_i x_{t+} U_i h_{t-1+} bi) \quad (۱)$$

$$f_t = \sigma\,(W_f x_{t+} U_f h_{t-1+} b_f) \quad (۲)$$

$$o_t = \sigma\,(W_o x_{t+} U_o h_{t-1+} b_o) \quad (۳)$$

$$c_t = f_t c_{t-1} + i_t tanh\,(W_c x_t + U_c h_{t-1} + b_c) \quad (۴)$$

$$h_t = o_t\, tanh(c_t) \quad (۵)$$

در روابط فوق، σ معرف تابع سیگموئد است، x_t بردار ورودی و W و U ماتریس‌های وزن برای اتصالات دروازه مشخص شده‌اند. همانطور که قبلا اشاره شد، هر سلول LSTM، سه دروازه جریان اطلاعات را کنترل می‌کنند. دروازه ورودی، نسبت ورودی را تعیین می‌کند. هنگام محاسبه حالت سلولی این نسبت بر معادله ۴ تاثیر می‌گذارد. دروازه فراموشی حافظه قبل h_{t-1} را منتقل می‌کند. نسبت فراموشی در معادله ۲ محاسبه می‌شود. دروازه خروجی تعیین می‌کند که آیا خروجی از سلول حافظه منتقل شود یا خیر. معادله های ۳ و ۵ این روند را نشان می‌دهند. با استفاده از شبکه LSTM می‌توان با توجه به سه دروازه مشکلات محو گرادیان را حل کرد (Hochreiter and Schmidhuber, 1997). در جدول ۱ کاربر کاربردهای شبکه LSTM در محیط زیست مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۱- کاربردهای شبکه LSTM در محیط زیست

حوزه کاربرد شبکه LSTM در محیط زیست	موارد کاربرد	عنوان مقاله	سال انتشار	منبع
پوشش گیاهی	پیش‌بینی پوشش گیاهی با کمک شاخص NDVI	یک رویکرد یادگیری ماشین برای پیش‌بینی NDVI براساس داده‌های Sentinel-2	۲۰۲۱	(Cavalli et al., 2021)
		پیش‌بینی دینامیک پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سری زمانی NDVIو LSTM	۲۰۱۸	(Reddy and Prasad, 2018)
	پیش‌بینی سلامت پوشش گیاهی با کمک شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) به منظور مدیریت خشکسالی	یادگیری عمیق برای پیش‌بینی سلامت گیاهی: مطالعه موردی در کنیا	۲۰۲۲	(Lees et al., 2022)

پیش‌بینی آتش سوزی	پیش‌بینی وقوع آتش سوزی در جنگل‌ها و کمک به تخمین اثر تغییرات اقلیم بر جنگل ها	پیش‌بینی آتش سوزی جنگل با استفاده از LSTM	۲۰۲۱	(Natekar et al., 2021)
		پیش‌بینی مناطق سوخته آتش‌سوزی وحشی با استفاده از شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت با مکانیسم توجه	۲۰۲۱	(Le et al., 2021)
	پیش‌بینی میزان گسترش آتش سوزی در جنگل ها	شبیه سازی گسترش آتش در جنگل با اتوماسیون سلولی که توسط یک مدل سرعت مبتنی بر LSTMهدایت می شود	۲۰۲۲	(Li et al., 2021)
کشاورزی	پیش‌بینی سری زمانی داده های آب و هوایی	توالی پیش‌بینی آب و هوا با شبکه های عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه‌مدت	۲۰۱۶	(Zaytar and Amrani, 2016)
	مدلسازی دمای حداقل به منظور پیش‌بینی تنش سرمازدگی در بخش هواشناسی کشاورزی	مدلسازی دمای حداقل در استان فارس با استفاده از مدل شبکه عصبی بازگشتی LSTM	۱۳۹۸	(بارونی و زیارتی، ۱۳۹۸)
	تخمین عملکرد محصولات کشاورزی	یک شبکه عصبی LSTM برای بهبود تخمین عملکرد گندم با ادغام داده های سنجش از دور و داده های هواشناسی در دشت گوانژونگ، چین	۲۰۲۱	(Tian et al., 2021)
	تشخیص محصولات کشاورزی	تشخیص محصول برنج با استفاده از مدل‌های LSTM، Bi- LSTM و یادگیری ماشین از سری زمانی Sentinel-1	۲۰۲۰	(Crisóstomo de Castro Filho et al., 2020)
انرژی تجدیدپذیر	پیش‌بینی برق نیروگاه های خورشیدی	یادگیری عمیق برای پیش‌بینی انرژی خورشیدی - رویکردی با استفاده از خودرمزنگارها و شبکه های عصبیLSTM	۲۰۱۶	(Gensler et al., (2016
		پیش‌بینی انرژی خورشیدی و بادی با استفاده از RNN LSTM برای کنترل فرکانس بار در ریزشبکه ایزوله	۲۰۲۱	(Kumar et al., 2021)
		پیش‌بینی تولید برق خورشیدی فتوولتائیک با استفاده از رویکرد LSTM	۲۰۲۰	(Harrou et al., 2020)
	پیش‌بینی برق نیروگاه های بادی	پیش‌بینی کوتاه‌مدت انرژی باد: مقایسه چارچوب های یادگیری	۲۰۲۱	(Mora et al., 2021)

				عمیق	
				پیش‌بینی کوتاه‌مدت توان باد براساس LSTM و تبدیل موجک گسته	۲۰۱۹
				یک روش کارآمد برای پیش‌بینی تولید برق بادی توسط LSTM با در نظر گرفتن پیشگیری از اضافه برازش	۲۰۲۰
آلودگی		آب	پیش‌بینی شاخص کیفیت آب	روش پیش‌بینی کیفیت آب براساس شبکه عصبیLSTM	۲۰۱۷
			طبقه بندی کیفیت آب	پیش‌بینی کیفیت آب با استفاده از الگوریتم های هوش مصنوعی	۲۰۲۰
			پیش‌بینی شاخص های تاثیر گذار بر روی آب مانند شاخص های شوری، دما، pH و اکسیژن محلول	رویکرد یادگیری عمیق برای پیش‌بینی کیفیت آب در سیستم‌های اینترنت اشیا	۲۰۲۰
		هوا	پیش‌بینی کیفیت آلودگی هوا با بررسی PM2.5	پیش‌بینی آلودگی هوا با استفاده از RNN با LSTM	۲۰۱۸
			پیش‌بینی شاخص کیفیت هوا	پیش‌بینی روزانه شاخص کیفیت هوای شهری براساس تجزیه حالت متغیر، آنتروپی نمونه و شبکه عصبی LSTM	۲۰۱۹
			پیش‌بینی غلظت مواد آلاینده معلق در هوا مانند NO_2، NO، CO	پیش‌بینی سری زمانی چند متغیره با LSTM برای آلودگی مادرید، اسپانیا	۲۰۱۹
		زباله و پسماند	پیش‌بینی زباله‌های جامد شهری	تشخیص اثر بلندمدت در پیش‌بینی زباله‌های جامد شهری با استفاده از یک شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت	۲۰۲۱
			پیش‌بینی زباله‌های ساخت و ساز شهری	پیش‌بینی مبتنی بر LSTM برای تولید زباله ساخت و ساز شهری	۲۰۲۰
			پیش‌بینی تولید زباله‌های خانگی	پیش‌بینی تولید زباله‌های خانگی در چند سایت با استفاده از رویکرد یادگیری عمیق	۲۰۲۰

سنجش از دور	پیش‌بینی فریم بعدی تصویر ماهواره‌ای	کاربرد معماری LSTM برای پیش‌بینی فریم بعدی در سری زمانی تصاویر Sentinel-1	۲۰۲۰	(Moskolaï et al., 2020)
	بررسی تغییرات تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی	شبکه های عصبی حافظه کوتاه‌مدت برای تشخیص اختلال آنلاین در سری های زمانی تصاویر ماهواره‌ای	۲۰۱۸	(Kong et al., 2018)
	پیدا کردن دقیق اشیا در تصاویر ماهواره‌ای	شبکه های عصبی مکرر برای تصحیح نقشه های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای	۲۰۱۷	(Maggiori et al., 2017)
کاربری اراضی	پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر طبقه‌بندی شده ماهواره‌ای	استفاده از شبکه عصبی بازگشتی حافظه کوتاه‌مدت در طبقه‌بندی پوشش زمین در سری‌های زمانی لایه داده Landsat و Cropland	۲۰۱۹	(Sun et al., 2019)
	طبقه بندی کاربری اراضی با استفاده تصاویر ماهواره‌ای	مدل‌سازی پویایی مکانی – زمانی تغییر کاربری زمین با شبکه‌های عصبی مکرر	۲۰۱۸	(Du et al., 2018)
		پیش‌بینی کوتاه‌مدت تغییر کاربری زمین با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مکرر	۲۰۱۹	(Cao et al., 2019)
تغییر اقلیم	پیش‌بینی دما	یادگیری عمیق با شبکه های حافظه کوتاه‌مدت برای پیش‌بینی دمای هوا	۲۰۱۹	(Li et al., 2019)
		پیش‌بینی روند تغییر دمای منطقه‌ای براساس الگوریتم LSTM	۲۰۲۰	(Wu et al., 2020)
	پیش‌بینی رواناب تحت سناریو های تغییر اقلیم	تجزیه و تحلیل رواناب آینده در حوضه رودخانه مکونگ تحت یک سناریوی تغییر آب و هوا با استفاده از یادگیری عمیق	۲۰۲۰	(Lee et al., 2020)
	پیش‌بینی دمای سطح دریا	شبکه‌های LSTM مبتنی بر وابستگی زمانی برای پیش‌بینی دمای دریا	۲۰۱۸	(Liu et al., 2018)
هیدرولوژی	پیش‌بینی سطح آبخوان	شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت (LSTM-NN) برای پیش‌بینی سری‌های زمانی سطح آبخوان با استفاده از مشاهدات پیزومتریک	۲۰۲۱	(Solgi et al., 2021)
	پیش‌بینی جریان رودخانه براساس بارش های	کاربرد روش یادگیری عمیق برای پیش‌بینی سری‌های زمانی جریان روزانه: مطالعه موردی رودخانه	۲۰۲۱	(Latif et al., 2021)

	نامنظم	کومونگ در سدار فورد، استرالیا		
	تخمین ذخیره آب زیرزمینی	توسعه یک مدل مبتنی بر حافظه کوتاه‌مدت (LSTM) برای بازسازی تغییرات ذخیره آب زمینی از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۶ در حوضه رودخانه تاریم، شمال غربی چین	۲۰۲۱	(Wang et al., 2021)
	پیش‌بینی سیل	کاربرد شبکه عصبی بلند مدت (LSTM)برای پیش‌بینی سیل	۲۰۱۹	(Le et al., 2019)
حیات وحش و زیستگاه ها	تولید نقشه پتانسیل زیستگاه، تشخیص خودکار صداهای حیوانات، مانند صداهای جفت گیری و آواز پرندگان	استفاده از تکنیک های آماری و یادگیری ماشینی برای نقشه برداری پتانسیل زیستگاه گوزن سیبری در کره جنوبی	۲۰۲۱	(Lee and Rezaie, 2021)
	نقشه برداری زیستگاه و محاسبه غنای گونه‌ها و مدیریت جمعیت آن‌ها	تکنیک‌های یادگیری عمیق برای تشخیص فعالیت کوالا	۲۰۱۸	(Himawan et al., 2018)

بحث و جمع‌بندی

به عنوان یک ابزار نوظهور برای محیط‌زیست، یادگیری عمیق با مزایا و چالش های زیادی مواجه است که در ادامه این مزایا و چالش‌ها برای شبکه LSTM مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مزایای شبکه عصبی حافظه کوتاه‌مدت ماندگار به شرح زیر است:

۱- LSTM در کارهایی که در آن‌ها باید برای مدت طولانی داده به خاطر بسپارند، برتری دارد (Staudemeyer and Morris, 2019). این ویژگی به استفاده از بلوک‌های حافظه نسبت داده می‌شود. بلوک‌های حافظه سازه‌های جالبی هستند، آن‌ها دارای کنترل دسترسی به شکل دروازه‌های ورودی و خروجی و فراموشی هستند که از ورود و خروج داده بی ربط جلوگیری می‌کنند (Staudemeyer and Morris, 2019).

۲- همچنین می‌تواند طیف وسیع تری از الگوهای داده‌ها را در مقایسه با مدل‌های سنتی کارکند و لازم نیست با حذف مراحل دستی مانند بررسی تابع همبستگی و... زمان زیادی را برای فرآیند مدل‌سازی صرف کنیم (Yunpeng et al., 2017).

۳- همچنین پس از آموزش صحیح، مدل ما از دقت پیش‌بینی بسیار زیادی برخوردار است (Yunpeng et al., 2017).

۴- باتوجه به اینکه گاهی پیدا کردن داده‌های کمکی در محیط‌زیست برای مدل‌سازی دشوار است، با استفاده از این روش می‌توان در صورت لزوم فقط از داده‌های مهم استفاده کرد بدون اینکه به نتیجه و عملکرد مدل آسیب بزند (Le et al., 2019; Solgi et al., 2021).

همچنین باید به چالش‌های زیر نیز هنگام انتخاب این شبکه و روش‌های یادگیری عمیق دقت کرد:

۱- کمیاب بودن داده‌ها و کیفیت آن‌ها: اولین چالش این است که چگونه به طور موثر داده‌های معتبر و با کیفیت زیاد را جمع‌آوری کنیم. داده‌های با کیفیت کم را نمی‌توان به راحتی برای مدل سازی استفاده کرد. از سوی دیگر، یادگیری عمیق به حجم نمونه بزرگی برای ساخت مدل‌های پیش‌بینی قوی و انجام پیش‌بینی‌های دقیق نیاز دارد. متأسفانه، اغلب کمبود پایگاه‌های داده بالغ برای کاربردهای محیط‌زیستی متعدد وجود دارد و داده‌ها اغلب یا پراکنده هستند یا در دسترس نیستند (Zhong et al., 2021).

۲- مشکل بیش‌برازش. تطبیق بیش از حد به این معنی است که یک مدل عملکرد پیش‌بینی عالی را در نمونه‌های آموزشی نشان می‌دهد، اما در پیش‌بینی دقیق نمونه‌های جدید شکست می‌خورد و به عبارتی داده های آموزشی را حفظ می‌کند. تشخیص بیش‌برازش همچنان یک چالش است، اما روش‌هایی که می‌توانند بیش از حد برازش را کاهش دهند شامل انتخاب ویژگی، افزایش داده، اعتبارسنجی متقابل، حذف تصادفی، توقف زودهنگام و... است (Zhong et al., 2021).

۳- سوگیری و تمایل نتیجه نهایی مدل به یک سمت: در مفهوم فنی، سوگیری به تحریف سیستماتیک مجموعه داده‌ها و الگوریتم‌ها اشاره دارد که منجر به نتایج نامطلوب می‌شود. به عنوان مثال سوگیری می‌تواند زمانی ایجاد شود که مثلا تعداد نمونه‌ها در یک کلاس بیش از بقیه کلاس‌ها باشد و مجموعه داده‌ها متعادل نباشند یا تنوع خوبی نداشته باشند، یا سوگیری الگوریتمی زمانی رخ می‌دهد که ساختار ذاتی مدل یا تابع ضرر با مورد استفاده موردنظر مطابقت نداشته باشد. شناسایی به موقع سوگیری احتمالی در یک مدل یادگیری عمیق بسیار مهم است (Zhong et al., 2021).

۴- لزوم استفاده از سیستم‌های مناسب برای آموزش مدل: آموزش در مجموعه داده‌های بسیار بزرگ می‌تواند به قدرت محاسباتی زیادی نیاز داشته باشد. برای آموزش موثر، یک الگوریتم یادگیری عمیق باید میلیون‌ها پارامتر را یاد بگیرد که برای دستیابی به آن، منابع سخت افزاری قدرتمندی مورد نیاز است. در واقع، انفجار اخیر در یادگیری عمیق به دلیل پیشرفت تکنولوژی در سخت‌افزار یارانه و به‌ویژه استفاده از واحدهای پردازش گرافیکی (GPU[1]) موجود در کارت‌های گرافیک امکان‌پذیر شده است. با این حال، کارت‌های گرافیکی خوب می‌توانند زمان آموزش را با مرتبه‌ای بزرگ افزایش دهند. حتی در آن زمان، آموزش مدل می‌تواند چندین روز طول بکشد تا برای تحلیل‌های بسیار پیچیده همگرا شود. تنظیم دقیق برای بهبود دقت ممکن است به چندین جلسه آموزشی نیاز داشته باشد؛ با این وجود، هنگامی که دقت موردنظر به دست آمد، مدل همگرا می‌تواند ذخیره شده و بارها مورد استفاده مجدد قرار گیرد (Christin et al., 2019).

گوگل نیز برای تسهیل و جذب پژوهشگران سامانه رایگان گوگل کولب[2] را معرفی کرده است. این سامانه براساس نوت بوک‌های ژوپیتر که از GPU رایگان پشتیبانی می‌کند درست شده است. این محیط نه تنها یک ابزار عالی برای بهبود مهارت‌های کدنویسی است، بلکه هرکسی می‌تواند شبکه‌های یادگیری عمیق خود را با استفاده از کتابخانه‌های محبوب مانند PyTorch، TensorFlow، Keras، OpenCV توسعه دهد (Carneiro et al., 2019).

۵- پیش پردازش وقت‌گیر: یک مسئله کلی در بینایی کامپیوتر و یادگیری عمیق این است که پیش پردازش داده‌ها گاهی اوقات یک کار ضروری و وقت‌گیر است، به ویژه هنگامی که عکس‌های ماهواره‌ای یا هوایی درگیر هستند. یک

1- Graphics Processing Units
2- Google Colab

مشکل با داده‌های فراطیفی، ابعاد زیاد و نمونه‌های آموزشی محدود آن‌ها است. در بسیاری از موارد، محققان باید مجموعه‌ای از تصاویر خود را توسعه دهند. این ممکن است به ساعت‌ها یا روزهای زیادی نیاز داشته باشد (Kamilaris and Prenafeta-Boldú, 2018).

منابع

بارونی، ع، زیارتی، ک.، (۱۳۹۸). مدلسازی دمای حداقل در استان فارس با استفاده از مدل شبکه عصبی بازگشتی LSTM، اولین کنفرانس تحقیقات بنیادین در علوم کشاورزی و زیست‌محیطی، تهران.

عزیزی جهان آباد، ب، غریبی کریک، س ج، تابشنیا ح، احمدیان‌نیا ح.، (۱۳۹۵). مروری بر شبکه‌های عصبی و کاربردهای آن در تکنولوژی‌های نوین، اولین کنفرانس ملی فناوری‌های نوین در مهندسی برق و کامپیوتر، اهواز

Aldhyani, T. H. H., Al-Yaari, M., Alkahtani, H., and Maashi, M. (2020). Water Quality Prediction Using Artificial Intelligence Algorithms. Applied Bionics and Biomechanics, 2020(1), 6659314.

Alhirmizy, S., and Qader, B. (2019). Multivariate time series forecasting with LSTM for Madrid, Spain pollution. In 2019 international conference on computing and information science and technology and their applications (ICCISTA) (pp. 1-5). IEEE.

Cao, C., Dragićević, S., and Li, S. (2019). Short-term forecasting of land use change using recurrent neural network models. Sustainability, 11(19), 5376.

Carneiro, T., Da Nóbrega, R. V. M., Nepomuceno, T., Bian, G. B., De Albuquerque, V. H. C., and Reboucas Filho, P. P. (2018). Performance analysis of google colaboratory as a tool for accelerating deep learning applications. Ieee Access, 6, 61677-61685.

Cavalli, S., Penzotti, G., Amoretti, M., and Caselli, S. (2021). A Machine Learning Approach for NDVI Forecasting based on Sentinel-2 Data. In ICSOFT (pp. 473-480).

Christin, S., Hervet, É. and Lecomte, N. (2019). Applications for deep learning in ecology. Methods in Ecology and Evolution, 10(10): 1632-1644.

Crisóstomo de Castro Filho, H., Abílio de Carvalho Júnior, O., Ferreira de Carvalho, O. L., Pozzobon de Bem, P., dos Santos de Moura, R., Olino de Albuquerque, A., and Trancoso Gomes, R. A. (2020). Rice crop detection using LSTM, Bi-LSTM, and machine learning models from Sentinel-1 time series. Remote Sensing, 12(16), 2655.

Cubillos, M. (2020). Multi-site household waste generation forecasting using a deep learning approach. Waste Management, 115, 8-14.

Du, G., Yuan, L., Shin, K. J., and Managi, S. (2018). Modeling the spatio-temporal dynamics of land use change with recurrent neural networks. arXiv preprint arXiv:1803.10915.

Fang, W., Chen, Y., and Xue, Q. (2021). Survey on research of RNN-based spatio-temporal sequence prediction algorithms. Journal on Big Data, 3(3), 97.

Gamboa, J. C. B. (2017). Deep learning for time-series analysis. arXiv preprint arXiv:1701.01887.

Gensler, A., Henze, J., Sick, B., and Raabe, N. (2016). Deep Learning for solar power forecasting—An approach using AutoEncoder and LSTM Neural Networks. In 2016 IEEE international conference on systems, man, and cybernetics (SMC) (pp. 002858-002865). IEEE.

Harrou, F., Kadri, F., and Sun, Y. (2020). Forecasting of photovoltaic solar power production using LSTM approach. Advanced statistical modeling, forecasting, and fault detection in renewable energy systems, 3.

Himawan, I., Towsey, M., Law, B., and Roe, P. (2018). Deep Learning Techniques for Koala Activity Detection. In INTERSPEECH (pp. 2107-2111).

Schmidhuber, J., and Hochreiter, S. (1997). Long short-term memory. Neural Comput, 9(8): 1735-1780.

Huang, L., Cai, T., Zhu, Y., Zhu, Y., Wang, W., and Sun, K. (2020). LSTM-based forecasting for urban construction waste generation. Sustainability, 12(20), 8555.

Kamilaris, A., and Prenafeta-Boldu, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey, computers and electronics in agriculture. 147: 70-90.

Khanna, S. K.(2019). Machine learning v/s deep learning. International Research Journal of Engineering and Technology.6 (2).

Kong, Y. L., Huang, Q., Wang, C., Chen, J., Chen, J., and He, D. (2018). Long short-term memory neural networks for online disturbance detection in satellite image time series. Remote Sensing, 10(3), 452.

Kumar, D., Mathur, H. D., Bhanot, S., and Bansal, R. C. (2021). Forecasting of solar and wind power using LSTM RNN for load frequency control in isolated microgrid. International Journal of Modelling and Simulation, 41(4): 311-323.

Maggiori, E., Charpiat, G., Tarabalka, Y., and Alliez, P. (2017). Recurrent neural networks to correct satellite image classification maps. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 55(9): 4962-4971.

Marcus, G. (2018). Deep Learning: A Critical Appraisal. arXiv preprint arXiv:1801.00631.

Mora, E., Cifuentes, J., and Marulanda, G. (2021). Short-term forecasting of wind energy: A comparison of deep learning frameworks. Energies, 14(23), 7943.

Moskolaï, W., Abdou, W., Dipanda, A., and Kolyang, D. T. (2020). Application of LSTM architectures for next frame forecasting in Sentinel-1 images time series. arXiv preprint arXiv:2009.00841.

Natekar, S., Patil, S., Nair, A., and Roychowdhury, S. (2021). Forest fire prediction using LSTM. In 2021 2nd International Conference for Emerging Technology (INCET) (pp. 1-5). IEEE.

Niu, D., Wu, F., Dai, S., He, S., and Wu, B. (2021). Detection of long-term effect in forecasting municipal solid waste using a long short-term memory neural network. Journal of Cleaner Production, 290, 125187.

Norouzzadeh, M. S., Nguyen, A., Kosmala, M., Swanson, A., Palmer, M. S., Packer, C., and Clune, J. (2018). Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(25), E5716-E5725.

Latif, S. D., and Ahmed, A. N. (2021). Application of deep learning method for daily streamflow time-series prediction: a case study of the Kowmung River at Cedar Ford, Australia. International Journal of Sustainable Development and Planning, 16(3): 497-501.

Lee, D., Lee, G., Kim, S., and Jung, S. (2020). Future runoff analysis in the Mekong river basin under a climate change scenario using deep learning. Water, 12(6), 1556.

Lees, T., Tseng, G., Atzberger, C., Reece, S., and Dadson, S. (2022). Deep learning for vegetation health forecasting: a case study in Kenya. Remote Sensing, 14(3), 698.

Lee, S., and Rezaie, F. (2021). Application of statistical and machine learning techniques for habitat potential mapping of Siberian roe deer in South Korea. Proceedings of NIE, 2(1): 1-14.

Le, X. H., Ho, H. V., Lee, G., and Jung, S. (2019). Application of long short-term memory (LSTM) neural network for flood forecasting. Water, 11(7), 1387.

Lipton, Z. C. (2015). A Critical Review of Recurrent Neural Networks for Sequence Learning. arXiv Preprint, CoRR, abs/1506.00019.

Li, X., Gao, H., Zhang, M., Zhang, S., Gao, Z., Liu, J. and Sun, L. (2021). Prediction of Forest fire spread rate using UAV images and an LSTM model considering the interaction between fire and wind. Remote Sensing, 13(21), 4325.

Li, X., Zhang, M., Zhang, S., Liu, J., Sun, S., Hu, T., and Sun, L. (2022). Simulating forest fire spread with cellular automation driven by a LSTM based speed model. Fire, 5(1), 13.

Li, C., Zhang, Y., and Zhao, G. (2019). Deep learning with long short-term memory networks for air temperature predictions. In 2019 International conference on artificial intelligence and advanced manufacturing (AIAM) (pp. 243-249). IEEE.

Liu, J., Zhang, T., Han, G., and Gou, Y. (2018). TD-LSTM: Temporal dependence-based LSTM networks for marine temperature prediction. Sensors, 18(11), 3797.

Li, Z., Huang, Y., Li, X., and Xu, L. (2021). Wildland fire burned areas prediction using long short-term memory neural network with attention mechanism. Fire technology, 57, 1-23.

Liu, Y., Guan, L., Hou, C., Han, H., Liu, Z., Sun, Y., and Zheng, M. (2019). Wind power short-term prediction based on LSTM and discrete wavelet transform. Applied Sciences, 9(6), 1108.

Ookura, S., and Mori, H. (2020). An efficient method for wind power generation forecasting by LSTM in consideration of overfitting prevention. IFAC-PapersOnLine, 53(2): 12169-12174.

Reddy, D.S., and Prasad, P.R.C. (2018). Prediction of vegetation dynamics using NDVI time series data and LSTM. Modeling Earth Systems and Environment, 4: 409-419.

Shinde, P.P., and Shah, S. (2018). A review of machine learning and deep learning applications. In 2018 Fourth international conference on computing communication control and automation (ICCUBEA) (pp. 1-6). IEEE.

Shakeel, A., Tanaka, T., and Kitajo, K. (2020). Time-series prediction of the oscillatory phase of EEG signals using the least mean square algorithm-based AR model. Applied Sciences, 10(10), 3616.

Sit, M., Demiray, B. Z., Xiang, Z., Ewing, G. J., Sermet, Y., and Demir, I. (2020). A comprehensive review of deep learning applications in hydrology and water resources. Water Science and Technology, 82(12): 2635-2670.

Solgi, R., Loaiciga, H. A., and Kram, M. (2021). Long short-term memory neural network (LSTM-NN) for aquifer level time series forecasting using in-situ piezometric observations. Journal of Hydrology, 601, 126800.

Staudemeyer, R.C., and Morris, E.R. (2019). Understanding LSTM--a tutorial into long short-term memory recurrent neural networks. arXiv preprint arXiv:1909.09586.

Sun, Z., Di, L., and Fang, H. (2019). Using long short-term memory recurrent neural network in land cover classification on Landsat and Cropland data layer time series. International journal of remote sensing, 40(2): 593-614.

Tian, H., Wang, P., Tansey, K., Zhang, J., Zhang, S., and Li, H. (2021). An LSTM neural network for improving wheat yield estimates by integrating remote sensing data and meteorological data in the Guanzhong Plain, PR China. Agricultural and Forest Meteorology, 310, 108629.

Tiwari, T., Tiwari, T., and Tiwari, S. (2018). How Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning are Radically Different? International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 8(2), 1.

Thai-Nghe, N., Thanh-Hai, N., and Chi Ngon, N. (2020). Deep learning approach for forecasting water quality in IoT systems. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 11(8): 686-693.

Torres, J. F., Hadjout, D., Sebaa, A., Martínez-Álvarez, F., and Troncoso, A. (2021). Deep learning for time series forecasting: a survey. Big Data, 9(1): 3-21.

Tsai, Y. T., Zeng, Y. R., and Chang, Y. S. (2018). Air pollution forecasting using RNN with LSTM. In 2018 IEEE 16th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 16th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 4th Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech) (pp. 1074-1079). IEEE.

Wang, F., Chen, Y., Li, Z., Fang, G., Li, Y., Wang, X., and Kayumba, P. M. (2021). Developing a long short-term memory (LSTM)-based model for reconstructing terrestrial water storage variations from 1982 to 2016 in the Tarim River Basin, Northwest China. Remote Sensing, 13(5), 889.

Wang, Y., Zhou, J., Chen, K., Wang, Y., and Liu, L. (2017). Water quality prediction method based on LSTM neural network. In 2017 12th international conference on intelligent systems and knowledge engineering (ISKE) (pp. 1-5). IEEE.

Wearn, O.R., Freeman, R., and Jacoby, D.M. (2019). Responsible AI for conservation. Nature Machine Intelligence, 1(2): 72-73.

Wehle, H.D. (2017). Machine learning, deep learning, and ai: What's the difference? Data Scientist Innovation Day, 2-5.

Wu, Q., and Lin, H. (2019). Daily urban air quality index forecasting based on variational mode decomposition, sample entropy and LSTM neural network. Sustainable Cities and Society, 50, 101657.

Yunpeng, L., Di, H., Junpeng, B., and Yong, Q. (2017). Multi-step ahead time series forecasting for different data patterns based on LSTM recurrent neural network. In 2017 14th web information systems and applications conference (WISA) (pp. 305-310). IEEE.

Zaytar, M. A., and El Amrani, C. (2016). Sequence to sequence weather forecasting with long short-term memory recurrent neural networks. International Journal of Computer Applications, 143(11): 7-11.

Zhong, S., Zhang, K., Bagheri, M., Burken, J.G., Gu, A., Li, B. and Zhang, H. (2021). Machine learning: new ideas and tools in environmental science and engineering. Environmental science and technology, 55(19): 12741-12754.

A Review of Long Short-Term Memory Neural Network (LSTM) and Its Applications in Forest and Environmental Sciences

H. Rezaei[1] and Sh. Pourebrahim[1*]

1- Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

Analyzing big data, especially time series, is very important in forest and environmental sciences with the aim of discovering patterns, extracting valuable information and predicting them. LSTM neural network is one of the advanced and new simulation methods that can analyze these time series. Many models have been proposed for forecasting time series, such as random forest, Markov chain, etc., but many of these models work very well for one-step forward forecasting and do not perform well for multi-step forecasting, and long-term dependencies between data are not considered. LSTM networks are a special type of recurrent neural networks that have the ability to learn long-term dependencies, also have memory blocks and forgetting gates, and are highly accurate. Considering the potential of this network in analyzing and predicting time series, this article has investigated the applications of LSTM network in environmental sciences such as vegetation, wildlife, hydrology, environmental pollution, etc.

Keywords: Time series, Recurrent Neural Network, Long short-term Memory Neural Network.

*Corresponding author Tel: +98 9127617834 Email: sh_pourebrahim@ut.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

پهنه‌بندی احتمال وقوع مخاطره آتش‌سوزی در استان البرز

شراره پورابراهیم[1*] و صاحبه کریمی[1]

۱- گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

تعریف یک سیستم جامع از شاخصهای موثر در ایجاد یا تشدید مخاطرات محیط زیست که قابل ارزیابی، درک و ارزشیابی باشد ضروری است. با توجه به پیچیدگی فرآیند آتش‌سوزی در مناطق مختلف و تأثیرگذاری عوامل مختلف بر وقوع آن، روشهای استفاده شده دارای قابلیت‌ها و محدودیت‌هایی هستند. در این مقاله از روش حداکثر آنتروپی استفاده شده است. ۱۴ شاخص از جمله شکل زمین (شیب، جهت، ارتفاع)، تراکم پوشش گیاهی، دما، بارش، فاصله از مراکز گردشگری، فاصله از اراضی کشاورزی، سرعت باد، فاصله از چشمه، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی و رطوبت خاک به‌عنوان عوامل اصلی موثر بر وقوع آتش‌سوزی انتخاب و به صورت نقشه‌های رقومی در فرمت رستری تهیه شد. سپس این عوامل به همراه نقاط آتش‌سوزی در سنوات گذشته که به صورت نقشه پهنه‌بندی پلاک‌های ثبتی آتش‌سوزی در سطح استان موجود بود، در مدلسازی وقوع و شروع آتش‌سوزی در سطح استان البرز مورد استفاده قرار گرفت. تمامی عوامل به عنوان عوامل اثرگذار بر وقوع آتش‌سوزی وارد نرم‌افزار افزار MaxEnt شده و پهنه‌بندی مخاطره آتش‌سوزی در استان البرز انجام شد. براساس نتایج استان البرز در مناطق شمال غربی و شرقی از احتمال وقوع آتش‌سوزی برخوردار است. بیشترین عامل اثرگذار بر وقوع آتش‌سوزی در سطح استان البرز فاصله تا مراکز گردشگری، تراکم پوشش گیاهی و ارتفاع منطقه است. نتایج این پژوهش کارایی مدل حداکثر آنتروپی را در شناسایی و پهنه‌بندی مناطق با احتمال زیاد وقوع آتش‌سوزی در استان البرز نشان می‌دهد. تحلیل و نقشه‌سازی شاخص‌های اثرگذار، سهم نسبی آنها در وقوع آتش‌سوزی را مشخص کرده و اطلاعات ارزشمندی در مورد توزیع مکانی خطرات آتش‌سوزی فراهم نموده است.

واژگان کلیدی: مخاطرات محیط زیست، آتش‌سوزی، حداکثر آنتروپی، استان البرز.

مقدمه

آتش‌سوزی جزء جدایی ناپذیر بسیاری از اکوسیستم‌ها در سراسر جهان است که نقش کلیدی در پویایی اکوسیستم ایفا می‌کند، به نحوی که گونه‌های گیاهی و جانوری که نسبت به عامل آتش‌سوزی تکامل یافته‌اند را حفظ می‌کند (Pausas and Keeley, 2019). در طول سالیان گذشته آتش‌سوزی در سراسر جهان افزایش چشمگیری داشته است (Sharma et al., 2020; Williams et al., 2014) که عمدتاً به دلایل انسانی صورت گرفته است. علاوه بر تأثیرات آتش‌سوزی بر جنگل، جوامع انسانی به ویژه جوامع روستایی تأثیر زیادی از آتش‌سوزی گرفته است (Charizanos and Demirhan, 2023; Davis et al., 2024). در مقیاس جهانی و محلی آتش‌سوزی می‌تواند اثرات جانبی از جمله فرسایش خاک، تخریب جنگل، آلودگی هوا،

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۷۶۱۷۸۳۴ ایمیل: sh_pourebrahim@ut.ac.ir

کاهش تنوع‌زیستی و آسیب به زیرساخت‌ها را به همراه داشته باشد (Eskandari and Chuvieco, 2015; Jaafari et al., 2017). ارزیابی ریسک در برابر مخاطره آتش‌سوزی با لحاظ کردن عوامل اثرگذار این اجازه را به مدیران و برنامه‌ریزان می‌دهد تا برنامه‌ریزی مناسبی در جهت پیشگیری و کنترل آتش‌سوزی جنگلی را اجرا کنند (Oliveira et al., 2021). توانایی مدل افزار MaxEnt در زمینه مدل‌سازی مطلوب، حتی با تعداد نقاط حضور بسیار محدود در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه، به عنوان پرکاربردترین مدل در مطالعات گونه‌ای کاملاً شناخته شده است (Jarvie and Svennig, 2018). الگوریتم حداکثر آنتروپی به ارزیابی احتمال توزیع مقادیر حداکثر آنتروپی متاثر از محدودیت‌های ناشی از متغیرهای محیطی تاثیرگذار بر نحوه توزیع مکانی گونه می‌پردازد (Phillips et al., 2006). مدل حداکثر آنتروپی بیشینه، یک رویکرد تخمین تراکم است که کاربرد فراوانی دارد. این مدل یکی از الگوریتم‌هایی است که می‌تواند برای پیش‌بینی توزیع پتانسیل گونه‌ها مورد استفاده قرار گیرد و یک رویکرد یادگیری ماشینی است که مبتنی بر داده‌های فقط حضور است که احتمال در یک سلول معین را براساس ویژگی‌های محیطی در همان سلول ارزیابی می‌کند (Elith et al., 2011). به علت نتایج قوی و محکمی که این رویکرد در مقایسه با مدل‌های دیگر در مطالعات مقایسه‌های مختلف از خود نشان داده و همچنین به دلیل ساده بودن و در عین حال کاربردی بودن، این روش در مدل‌سازی به روشی محبوب و کاربردی تبدیل شده است (Mazzoni, 2016). الگوریتم بی‌نظمی بیشینه به تعداد کم نمونه‌ها حساسیت زیادی ندارد. این مدل برای یک گونه توسط تعدادی لایه محیط زیستی همراه با تعدادی نقاط حضور گونه به دست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به صورت تابعی از متغیرهای محیط زیستی بیان می‌کند که ارزش زیاد هر سلول نشان دهنده این است که آن سلول شرایط مطلوبی برای آن گونه دارد. مدل محاسبه شده امکان توزیع جمعیت را در تمامی سلول‌ها بیان می‌کند. توزیع منتخب همان قسمتی است که به واقعیت نزدیک‌تر است (York et al., 2011).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان البرز با وسعت ۵۰۹۵۴۳٫۹ هکتار، حدود ۰/۳ درصد مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان در حدفاصل طول جغرافیایی ۵۰ درجه شرقی تا ۵۱٫۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی در غرب تهران و جنوب دامنه رشته‌کوه البرز واقع شده است. بر مبنای آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۳ تقسیمات سیاسی- اداری استان البرز شامل ۶ شهرستان کرج، اشتهارد، ساوجبلاغ، طالقان، نظرآباد و فردیس، ۱۳ بخش، ۴۲ دهستان و۱۷ نقطه شهری است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

روش تحقیق

ابتدا پس از تعیین عوامل اصلی موثر بر وقوع آتش‌سوزی براساس مرور منابع، ۱۴ شاخص شامل شکل زمین (شیب، جهت، ارتفاع)، تراکم پوشش گیاهی، دما، بارش، فاصله از مراکز گردشگری، فاصله از اراضی کشاورزی، سرعت باد، فاصله از چشمه، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی و رطوبت خاک شناسایی و به صورت نقشه‌های رقومی در فرمت رستری تهیه شد. سپس این عوامل به همراه نقاط آتش‌سوزی در سنوات گذشته که به صورت نقشه پهنه‌بندی پلاک‌های ثبتی آتش‌سوزی در سطح استان موجود بود، در مدلسازی وقوع و شروع آتش‌سوزی در سطح استان البرز مورد استفاده قرار گرفت. سپس تمامی عوامل به عنوان عوامل اثرگذار بر وقوع آتش‌سوزی وارد نرم افزار MaxEnt شده و نتایج مورد نظر بدست آمد. با تحلیل علل و عوامل اثرگذار بر وقوع آتش‌سوزی مهم ترین آنها در سطح استان البرز شناسایی گردید که نتیجه مدل‌سازی نقشه احتمال شروع و وقوع آتش‌سوزی در استان البرز می‌باشد.

نقشه سازی شاخص‌های اثرگذار در ایجاد مخاطره آتش‌سوزی

شکل زمین

براساس طبقه بندی ۹ گانه در منطقه، جهت غالب از نوع جنوب غربی و جنوبی می‌باشد. پس از آن جهت غربی و جنوب شرقی، در رده بعد جهت شمال غربی، سپس جهت شرقی و شمالی و شمال شرقی می‌باشد. کمترین رده در سطح استان البرز طبقه بی جهت و دشتی می‌باشد.

رطوبت خاک

از جمله عوامل تاثیرگذار بر احتمال وقوع آتش علاوه بر عوامل ذکر شده، میزان رطوبت خاک می‌باشد که می‌تواند در کاهش یا افزایش قطعی شدن و ایجاد آتش در هر منطقه موثر باشد. در حقیقت در زمانی که منطقه به لحاظ عواملی چون تراکم پوشش گیاهی و سایر موارد مناسب باشد، ولی از خاک مرطوب برخوردار باشد، احتمالاً آتش‌سوزی رخ نخواهد داد، چون این رطوبت مانع از افروخته شدن آتش خواهد شد. در شرایط عکس نیز در صورتی که رطوبت خاک کم باشد و سایر عوامل برای آتش‌سوزی نیز مهیا باشد، احتمال اینکه آتش‌سوزی در منطقه رخ دهد افزایش خواهد داشت. ساختاربندی خاک و درصد مواد تشکیل دهنده خاک می‌تواند بر میزان جذب رطوبت به وسیله خاک موثر باشد. به عنوان مثال، مواد آلی بیشتر در خاک

از قبیل هوموس در مناطق جنگلی، درصد جذب رطوبت در خاک را افزایش می‌دهد که این امر می‌تواند در گسترش آتش در کف جنگل‌ها که از مناطق مهم گردشگری می‌باشند مهم باشد. نقشه وضعیت رطوبت خاک در سطح استان البرز با استفاده از باندهای ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و ماژول Tasseled cap نرم‌افزار ایدریسی بدست آمد.

دما

تغییرات دمایی و بارشی به همراه وضعیت توپوگرافی متنوع سبب پدید آمدن اقلیم‌های گوناگون در استان شده است. استان البرز به علت قرار گرفتن در مرز بین دو اقلیم متضاد مرطوب در شمال و خشک و بیابانی در جنوب از نظر اقلیمی در موقعیت حساس و شکننده‌ای قرار دارد. در این بخش از میانگین دما در ماه‌های گرم سال که احتمال وقوع آتش‌سوزی را دارد استفاده شده است.

بارش

در این بخش با توجه به تاثیر گذاری دما، نقشه میانگین بارندگی در ماه‌های گرم سال تهیه شد.

تراکم پوشش گیاهی

در میان عوامل تاثیر گذار بر آتش‌سوزی، عامل تراکم پوشش گیاهی از جمله عوامل مهم و موثر به ویژه در پهنه‌های طبیعی و آتش‌سوزی‌هایی است که در این عرصه‌ها به وقوع می‌پیوندد. بر این اساس شاخص NDVI حاصل از تصویر Landsat8 متعلق به ماه جولای معرف مناسبی برای وضعیت تراکم پوشش گیاهی در منطقه می‌باشد. براساس شاخص NDVI میزان تراکم پوشش گیاهی در نوار مرکزی استان که شامل بخش‌هایی از شهرستان ساوجبلاغ، نظرآباد و کرج می‌باشد در بیشترین مقدار خود قرار دارد. با مقایسه با نقشه کاربری اراضی مشخص است که این بخش‌ها پوشیده از باغات و کشاورزی می‌باشد. علاوه بر آن در حواشی رودخانه‌ها و آبراهه‌ها به دلیل وجود پوشش گیاهی و درختزارها میزان شاخص NDVI بیش از سایر بخش‌ها می‌باشد.

کاربری/پوشش سرزمین

نقشه کاربری/پوشش سرزمین تهیه شده برای استان البرز در این بخش مورد استفاده قرار گرفت.

شدت و جهت باد

استان البرز در فصول مختلف از جبهه‌های مختلف دارای جریانهای وزش بادی می‌باشد، اما وزش بادهای غالب دارای جهت غرب به شرق می‌باشد. البته بادهای دیگری نیز وجود دارند که بیشتر بادهای جنوب و جنوب شرق در روز و شمال و شمال غربی در شب را شامل می‌شود و از میان آنها تنها باد شمال غربی در زمستان و پائیز نامطلوب می‌باشد.

مراکز گردشگری

استان البرز به دلیل تنوع زیاد اقلیمی که به دلیل همجواری با کوهستان بلند البرز و رودخانه کرج و از سوی دیگر به دشتهای داخلی فلات ایران در جنوب می‌باشد، از آب و هوای نسبتاً معتدل و مرطوبی برخوردار است که این امر شرایط

گردشگری را در این استان به حد مطلوبی می‌رساند. برای مثال، جاذبه‌های گردشگری مانند دشت شهرستانک، دیزین، عظیمیه، آسارا، گرمدره، پارک طبیعت و حیات وحش و باغستان در این استان مشهود است که خود سبب هجوم گردشگران است. در نتیجه در بسیاری از موارد به دلیل استفاده نادرست گردشگران از طبیعت و عدم رعایت نکات ایمنی سبب وقوع آتش‌سوزی در این اماکن می‌شود. در نتیجه یکی از عوامل موثر بر شروع آتش‌سوزی فاصله تا اماکن و مراکز گردشگری است.

جاده

جاده‌ها، کانال‌های اصلی عبور و مرور در یک منطقه می‌باشند و بیشتر سفرهای زمینی در این راه‌ها انجام می‌شود. موقعیت مکانی و عبور راه‌های اصلی و پرتردد مانند اتوبان کرج- قزوین و جاده چالوس از محدوده استان موجب شده تا حدود ۲۰ درصد ترافیک برون شهری کشور در این استان اتفاق بیافتد که بیشترین تراکم تردد گردشگران در سطح استان را به خود اختصاص می‌دهد. جلوهای خاص طبیعی که به علت همراهی اکوسیستم رودخانه و کوهستان در طول مسیر پدید آمده، فرصتی فراهم آورده تا جاده کرج- چالوس که به موازات این رودخانه توسعه یافته و از مسیرهای پرتردد کشور می‌باشد به یکی از قطب‌های مهم گردشگری تبدیل شود و همه ساله در فصل صید (اواخر بهار تا اواخر تابستان) خیل گردشگرانی که به ورزش ماهیگیری علاقه وافر دارند به منطقه سرازیر شوند. در نتیجه از دیدگاه محیط زیستی، این مناطق تهدید بالقوه‌ای خصوصا برای محیط‌های طبیعی و به‌ویژه برای ایجاد آتش‌سوزی خواهند بود. در نتیجه فاصله از جاده می‌تواند به عنوان یک عامل اثرگذار بر احتمال وقوع آتش‌سوزی مطرح شود.

مناطق مسکونی

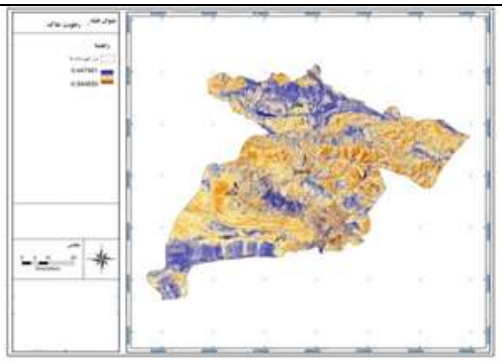
از آنجایی که حضور انسان و اقدامات و فعالیت‌های انسانی یکی از عوامل مهم در ایجاد آتش‌سوزی چه در مناطق طبیعی و چه انسان ساخت می‌باشد، در نتیجه محل زندگی انسان‌ها که بیشترین زمان را در آنجا سپری می‌کنند، از المان‌های تاثیرگذار بر افزایش احتمال شروع آتش‌سوزی می‌باشد. مناطق مسکونی بر گرفته از لایه کاربری سرزمین در سطح استان برای این مهم به عنوان مبنا مورد استفاده قرار گرفت و فاصله از مناطق مسکونی محاسبه شده است.

نقاط وقوع آتش‌سوزی در گذشته

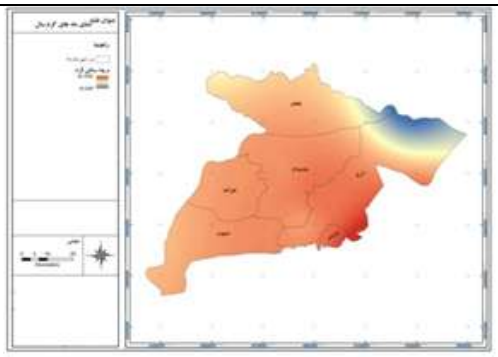
از نقاط مستخرج از لایه پهنه‌بندی آتش‌سوزی تهیه شده توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور برای این بخش استفاده شد.

یافته‌ها

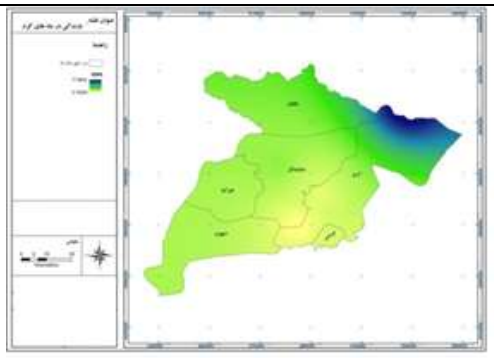
لایه‌های اثرگذار در ایجاد آتش‌سوزی مطابق شکل ۲ آماده سازی شد.



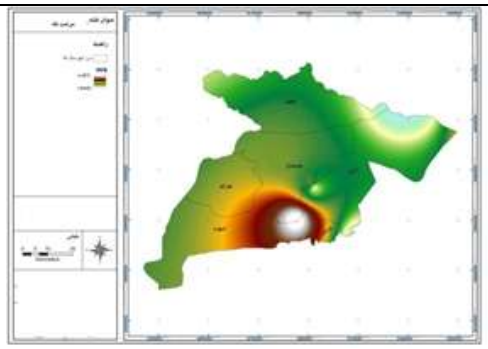
الف)رطوبت خاک در استان البرز



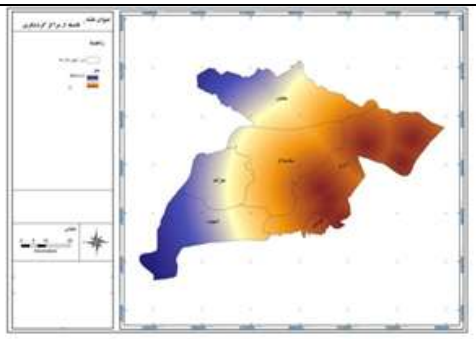
ب) میانگین دمای ماه‌های گرم سال



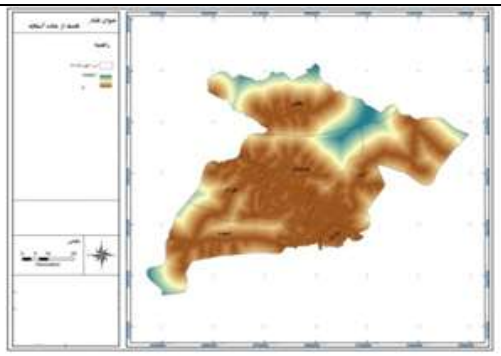
ج) میانگین بارندگی در ماه‌های گرم سال



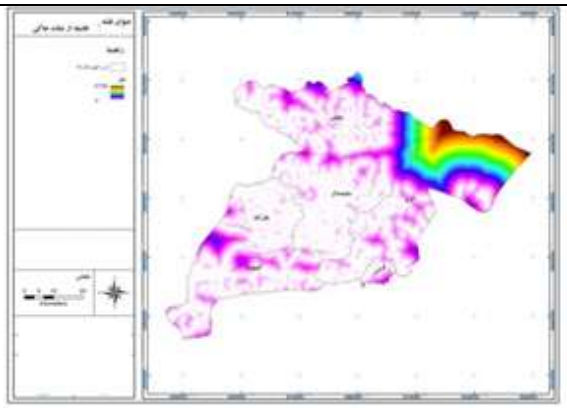
د) سرعت باد در استان البرز



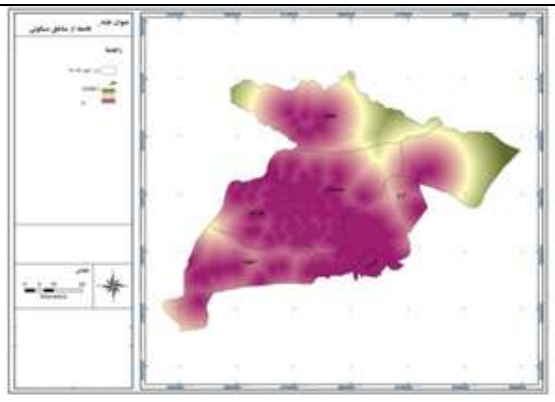
ه) فاصله از مراکز گردشگری



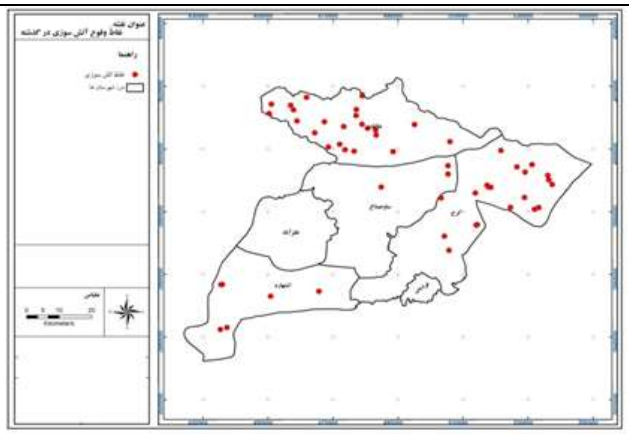
و) فاصله از جاده آسفالته



ز) فاصله از جاده خاکی

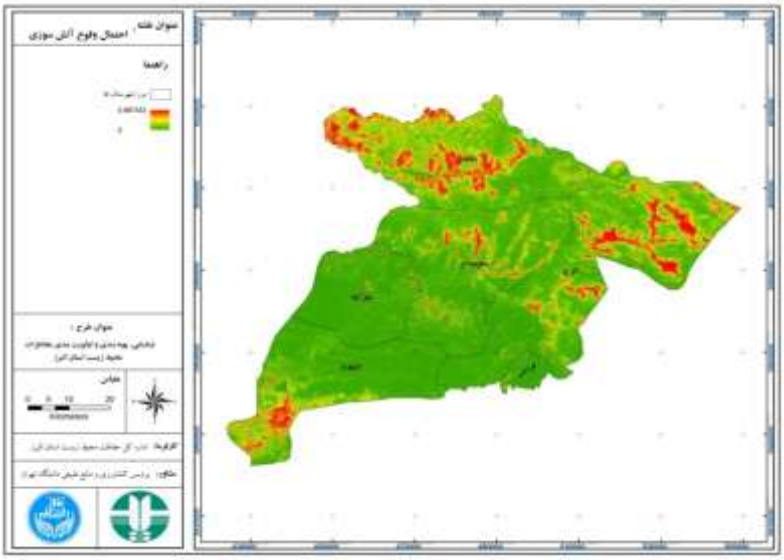


ح) فاصله از مناطق مسکونی



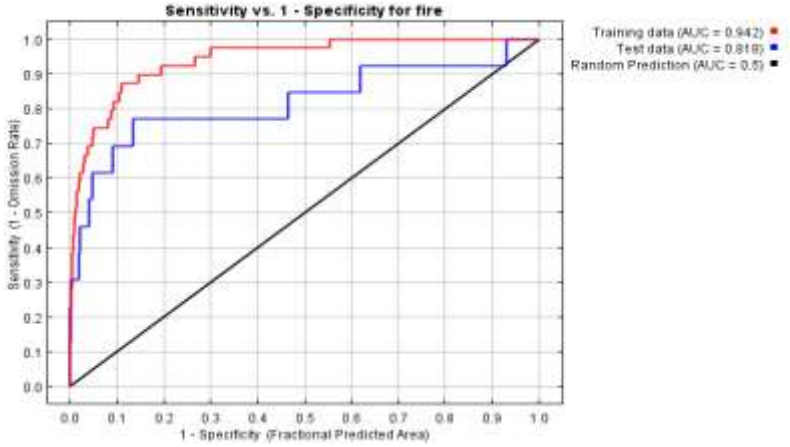
ط) نقاط وقوع آتش‌سوزی در گذشته

شکل۲- لایه‌های تهیه شده برای پهنه‌بندی احتمال وقوع آتش‌سوزی

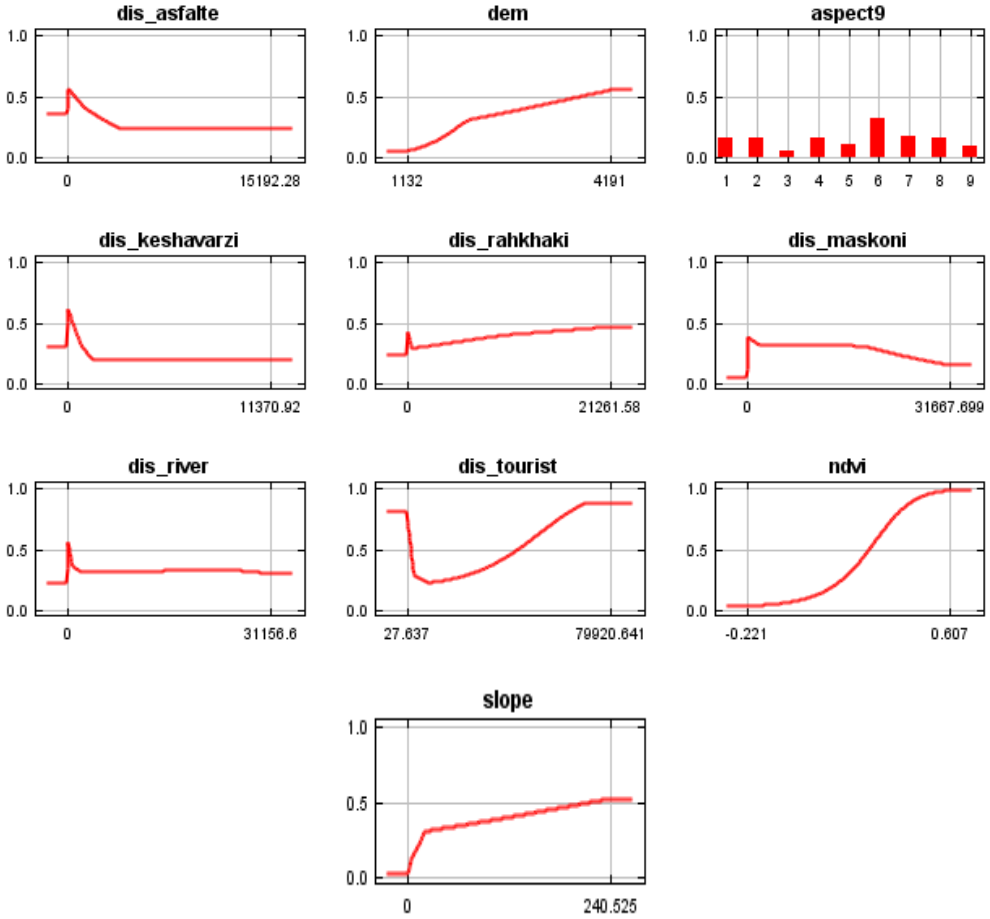


شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع آتش‌سوزی در استان البرز

نتایج حاصل از نرم افزار MaxEnt درشکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴ – ارزیابی مدل Maxent براساس شاخص AUC



شکل ۴- نمودارهای نحوه تغییر احتمال آتش‌سوزی با تغییر هر یک از پارامترها

براساس نتایج ، اعتبار مدل معادل ۰/۹۴۲ است که نشان‌دهنده عملکرد بسیار خوب این روش است. بیشترین عامل اثرگذار بر وقوع آتش‌سوزی در سطح استان البرز فاصله تا مراکز گردشگری (۲۲,۴ درصد) و تراکم پوشش گیاهی (۲۲,۲ درصد) و پس از آن ارتفاع منطقه (۱۶,۸ درصد) و فاصله از اراضی کشاورزی (۱۲,۳ درصد) می‌باشد. شاخص‌های شیب (۸ درصد)، فاصله تا اماکن مسکونی (۳,۱ درصد)، فاصله تا جاده (۲,۹ درصد) و فاصله تا رودخانه (۲,۱ درصد) در اولویتهای بعدی هستند.

جدول ۱- اهمیت و مشارکت عوامل موثر در احتمال وقوع آتش‌سوزی بر مبنای روش حداکثر آنتروپی

متغیر	میزان مشارکت (درصد)	میزان اهمیت (درصد)
فاصله تا مراکز گردشگری	۲۲/۴	۱۷
تراکم پوشش گیاهی	۲۲/۲	۱۶/۱
ارتفاع	۱۶/۸	۱۷/۳
فاصله از کاربری کشاورزی	۱۲/۳	۸
جهت	۸/۵	۲/۲
شیب	۸	۲
فاصله تا کاربری مسکونی	۳/۱	۰/۳
فاصله از جاده	۲/۹	۸/۴
فاصله تا رودخانه	۱/۹	۱/۹

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش کارایی مدل حداکثر آنتروپی در شناسایی و پهنه‌بندی مناطق با احتمال زیاد وقوع آتش‌سوزی در استان البرز را نشان داد. تحلیل و نقشه‌سازی شاخص‌های اثرگذار، سهم نسبی آنها در وقوع آتش‌سوزی را مشخص کرده و اطلاعات ارزشمندی در مورد توزیع مکانی خطرات آتش‌سوزی فراهم نموده است. نتایج نشان دهنده نقش قابل توجه فعالیت‌های انسانی و الگوهای کاربری زمین در افزایش خطر آتش‌سوزی هستند. تأثیر سایر عوامل مانند شیب (۸ درصد)، فاصله از مناطق مسکونی (۳,۱ درصد) و فاصله از جاده‌ها (۲,۹ درصد) نیز تأیید کننده تعامل میان عناصر محیطی و انسانی در دینامیک آتش‌سوزی است. تحلیل‌های مکانی نشان داد که مناطق شمال غربی و شرقی استان البرز در معرض بیشترین خطر وقوع آتش‌سوزی قرار دارند. این مناطق به دلیل تراکم زیاد پوشش گیاهی، حضور فعال انسان‌ها و نزدیکی به مراکز گردشگری به‌طور خاص آسیب‌پذیر هستند. این اطلاعات برای تدوین راهبردهای مدیریت آتش‌سوزی، شامل پیشگیری، آمادگی و کاهش اثرات بسیار حائز اهمیت است. با توجه به نقش مهم نزدیکی به مراکز گردشگری، اقداماتی مانند دسترسی کنترل شده، تأمین زیرساخت‌های ایمن در برابر آتش‌سوزی و برنامه‌های آگاهی‌بخشی برای گردشگران می‌تواند خطر آتش‌سوزی در این مناطق را کاهش دهد. نقش تراکم پوشش گیاهی در وقوع آتش‌سوزی، نیاز به اجرای برنامه‌هایی مانند سوزاندن کنترل‌شده، تنک‌سازی پوشش گیاهی و نگهداری نوارهای آتش‌بُر را برجسته می‌کند. تأثیر ارتفاع و نزدیکی به اراضی کشاورزی، نیاز به برنامه‌ریزی یکپارچه کاربری زمین را نشان می‌دهد که در آن باید خطرات آتش‌سوزی هنگام گسترش فعالیت‌های کشاورزی یا توسعه زیرساخت‌ها مورد توجه قرار گیرد. استفاده از داده‌های سنجش از دور و ابزارهایی مانند MaxEnt همراه با گزارش‌های محلی از حوادث آتش‌سوزی می‌تواند پایش در زمان واقعی و توسعه سیستم‌های

هشداردهی زودهنگام را بهبود بخشد. این مطالعه نشان داد که رویکردی سیستماتیک و مبتنی بر داده برای درک و نقشه‌سازی احتمال وقوع آتش‌سوزی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی راهبردهای مدیریت آتش‌سوزی در مناطق آسیب‌پذیر مانند استان البرز را تقویت کند. استفاده از ابزارهای پیشرفته مدل‌سازی مانند MaxEnt همراه با داده‌های جامع محیطی و انسانی، بینش‌های قابل اجرایی برای کاهش خطرات آتش‌سوزی و حفاظت از منابع طبیعی و جوامع را ارائه می‌دهد. مطالعات آینده می‌توانند از داده‌های زمانی برای پیش‌بینی خطرات آتش‌سوزی تحت سناریوهای مختلف اقلیمی استفاده کرده و تاب‌آوری مناطق در معرض خطر را در برابر مخاطرات محیطی تقویت کنند.

سپاسگزاری

این مطالعه با حمایت اداره کل محیط زیست استان البرز در قالب طرح کاربردی انجام شده است.

منابع

Bowman, D., Williamson, G. J., Abatzoglou, J. T., Kolden, C. A., Cochrane ,M. A., and Smith, A. M. S. (2017). Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. Nat Ecol Evol, 1(3), 58.

Charizanos, G., and Demirhan, H. (2023). Bayesian prediction of wildfire event probability using normalized difference vegetation index data from an Australian forest. Ecological Informatics, 73.

Jarvie, S., and Svenning, J. C. (2018). Using species distribution modelling to determine opportunities for trophic rewilding under future scenarios of climate change. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 373(1761), 20170446.

Jaafari, A., Gholami, D. M., and Zenner, E. K .(2017) .A Bayesian modeling of wildfire probability in the Zagros Mountains, Iran. Ecological Informatics, 39: 32-44.

York, P., Evangelista, P., Kumar, S., Graham, J., Flather, C., and Stohlgren, T. (2011). A habitat overlap analysis derived from maxent for tamarisk and the south-western willow flycatcher. Frontiers of Earth Science, 5: 120-129.

Mazzoni, S. (2016). Distribution modelling by Maxent: From black box to flexible toolbox. Ph.D. thesis. University of Oslo Repository.

Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A, E. Zimmermann, N. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29 (2): 129-151.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., and Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modelling, 190(3-4): 231-259.

Pausas, J. G ,.and Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. Frontiers in Ecology and the Environment, 17(5): 289-295.

Sharma, P., Chettri, N., Uddin, K., Wangchuk, K., Joshi, R., Tandin, T., Pandey, A., Gaira, K. S., Basnet, K., Wangdi, S., Dorji, T., Wangchuk, N., Chitale, V. S., Uprety, Y., and Sharma, E. (2020). Mapping human–wildlife conflict hotspots in a transboundary landscape, Eastern Himalaya. Global Ecology and Conservation, 24.

Zoning of Fire Hazard Probability in Alborz province

Sh. Pourebrahim[1*] and S. Karimi[1]

1- Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

A comprehensive system of indicators influencing or exacerbating environmental hazards that can be assessed, understood, and evaluated is essential. Considering the complexity of fire processes in different regions and the impact of various factors on its occurrence, the methods used have both capabilities and limitations. In this study, the MaxEnt method (Maximum Entropy) was employed. Fourteen indicators, including landform (slope, aspect, elevation), vegetation density, temperature, precipitation, distance from tourist centers, distance from agricultural lands, wind speed, distance from springs, distance from rivers, distance from roads, distance from residential areas, and soil moisture, were selected and prepared as digital raster maps. These factors, along with past fire occurrence points (recorded as fire zone maps in the province), were used to model the occurrence and initiation of fires in Alborz Province. All factors were introduced as influencing elements in fire occurrence modeling using the MaxEnt software, and fire hazard zoning in Alborz Province was conducted. According to the results, the northwestern and eastern areas of Alborz Province are at higher risk of fire occurrence. The most significant factors affecting fire occurrence in Alborz Province were identified as distance from tourist centers, vegetation density, and elevation. The findings of this study demonstrate the efficiency of the Maximum Entropy model in identifying and zoning areas with a high likelihood of fire occurrence in Alborz Province. The analysis and mapping of influencing indicators have clarified their relative contributions to fire occurrence and provided valuable information on the spatial distribution of fire hazards.

Keywords: Alborz Province, Environmental Hazards, Fire, Maximum Entropy.

*Corresponding author Tel: +98 9127617834 Email: sh_pourebrahim@ut.ac.ir

ISC
کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۴۰۲۹۵
Sponsored and Indexed by CIVILICA We Respect the Science
ششمین همایش ملی جنگل ایران
6th National Forest Conference of Iran
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴ و ۵ دی ۱۴۰۳

عناصر غذایی تاج‌بارش سوزنی‌برگان و پهن‌برگان بومی در ناحیه رویشی هیرکانی متفاوت است

کیمیا مصطفی‌نژاد نشلی[۱]، پدرام عطارد[۲*]، سمیه میرزایی [۱] و محمدصادق کاویانپور[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم زیستی جنگل، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- کارشناس ارشد علوم زیستی جنگل، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، گردآوری و جمع‌بندی پژوهش‌های انجام شده در رابطه با مقایسه عناصر غذایی تاج‌بارش گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ بومی شامل پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم و نیز pH و هدایت الکتریکی تاج‌بارش در ناحیه رویشی هیرکانی شمال کشور است. نتایج نشان داد در مجموع، عناصر غذایی تاج‌بارش سوزنی‌برگان و پهن‌برگان، به ترتیب در ۷۶ و ۸۸ درصد اندازه‌گیری‌ها، اختلاف معنی‌دار با باران دارد. جایگزینی گونه‌های پهن‌برگ بومی با گونه‌های سوزنی‌برگ غیربومی نیز به میانگین تغییر ۵۵ درصدی در pH، هدایت الکتریکی و عناصر غذایی تاج‌بارش منجر شد. برای حفظ بهبود کیفیت خاک و آب در بوم‌سازگان جنگلی ناحیه رویشی هیرکانی، انتخاب گونه‌های مناسب برای جنگل‌کاری و احیای جنگل، لازم است با ملاحظات اکوهیدرولوژیک و اکولوژیک جنگل صورت گیرد، ضمن اینکه برای جنگل‌کاری در سطوح وسیع، استفاده از گونه‌های بومی، ارجح است.

واژگان کلیدی: آبشویی تاج، اکوهیدرولوژی جنگل، باران، جنگل‌کاری، هدایت الکتریکی.

مقدمه

جنگل‌های طبیعی شمال کشور موسوم به جنگل‌های هیرکانی، از ارکان بنیادی توسعه پایدار و ذخیره‌گاه با ارزش ژنتیکی جهان محسوب می‌شوند (Parhizkar et al., 2002; Mohadjer Marvie, 2013). جنگل‌های هیرکانی شمال ایران که از شهر آستارا در استان گیلان تا دره گلیداغی در استان گلستان گسترش دارند، به‌طور عمده از جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده تشکیل شده است و با مساحتی بیش از ۱/۸ میلیون هکتار، معادل ۱۵ درصد از کل جنگل‌های کشور را شامل می‌شوند که تقریباً ۱/۱ درصد از مساحت ایران را تشکیل می‌دهند (Attarod et al., 2019).

یکی از فرایندهای اصلی در اکوهیدرولوژی جنگل، توزیع اجزای باران در هنگام برخورد به تاج‌پوشش و تقسیم آن به اجزای تاج‌بارش، ساقاب و باران‌ربایی است (Lin et al., 2020; Panahandeh et al., 2022). زمانی که باران رخ می‌دهد، آب باران ابتدا تاج درختان را کاملاً خیس می‌کند و پس از آن‌که ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش (Canopy Water Storage Capacity) اشباع می‌شود، آب تحت تأثیر نیروی ثقل به صورت تاج‌بارش (Throughfall) به کف جنگل می-

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۷۰۱۳۹۹۶ ایمیل: attarod@ut.ac.ir

رسد. ساقاب (Stemflow) هم سهمی از باران است که با جاری شدن بر روی تنه و شاخه‌های درختان، به عرصه جنگل وارد می‌شود (Herbst et al., 2006). باران با عبور از تاج و ساقه درختان، کاتیون‌های این بخش را شسته و وارد خاک می‌نماید (Eaton et al., 1973). بنابراین کیفیت باران با عبور از تاج درختان جنگل تغییر می‌کند (Lovett et al., 1996; Levia and frost, 2003). از عناصر غذایی مهم و مورد نیاز درختان جنگل، می‌توان به کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم اشاره کرد. این عناصر از طریق آبشویی درختان، به وسیله باران، وارد خاک جنگل می‌شوند (Eaton et al., 1973). ورود این عناصر از طریق تاج‌بارش به کف جنگل، به صورت مستقیم و بدون نیاز به معدنی شدن است و به سرعت در اختیار گیاهان و جانداران قرار می‌گیرد (Eaton et al., 1973). عناصر غذایی بسته به شدت تغییرات ترکیب شیمیایی باران، نوع گونه، شدت بارندگی، خصوصیات ساختاری جنگل، طول مدت بارندگی و دما و نیز ترکیب شیمیایی باران و فیزیولوژی درختان متفاوت می‌باشد (تفضلی و همکاران، ۱۳۹۸). در حقیقت تاج‌بارش، مسیری مهم در پویایی عناصر غذایی درون جنگل به حساب می‌آید که تغییر در ترکیب شیمیایی باران توسط آن، نشان دهنده وجود رابطه میان عناصر غذایی و چرخه آب است (Parker, 1983).

خصوصیات بوم‌سازگان جنگل‌های بومی به شدت تحت تأثیر گونه‌های غیربومی پس از جنگل‌کاری قرار می‌گیرند. با این حال، استفاده از گونه‌های غیربومی برای بازسازی جوامع درختی بومی و احیای جنگل‌های مخروبه، استراتژی مؤثری شناخته می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴; Chapman and Chapman, 1996). انتخاب صحیح گونه، سبب افزایش بازدهی عملیات جنگل‌کاری و جلوگیری از فقر خاک می‌شود (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۰). ضمن این‌که تغییر در نوع گونه‌های درختی، در یک منطقه جغرافیایی می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر ترکیب آب ورودی به خاک جنگل از طریق باران داشته باشد (Attarod et al., 2019) و در صورت انتخاب نادرست گونه، ممکن است زیان‌های اقتصادی یا بوم‌شناختی روی دهد (مسیب‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۶).

مرور منابع نشان می‌دهد تغییر در ترکیب گونه‌های بومی جنگل، موجب تغییر رطوبت خاک (Schume et al., 2003)، خاک‌سازی (Bellot and Escarre, 1998) و نیز ترکیب پوشش کف جنگل (Mottonen et al., 1999) می‌شود. به عنوان مثال، جنگل‌کاری با گونه سوزنی‌برگ و غیربومی کاج تدا (*Pinus teada*) به‌جای توده طبیعی ممرز (*Carpinus betulus*) در ناحیه هیرکانی شمال کشور، موجب تغییرات زیادی در کیفیت باران رسیده به کف جنگل به‌صورت تاج‌بارش شده است (پورمختاری و همکاران، ۱۴۰۳).

در مجموع، حدود ۲۰۰ هزار هکتار جنگل‌کاری در شمال کشور صورت گرفته است که ۲۰ درصد آن به گونه‌های سوزنی‌برگ اختصاص دارد (محمدنژاد کیاسری و همکاران، ۱۳۹۰; Asadolahi, 2001). تاریخچه جنگل‌کاری استان گیلان به سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۴۰ برمی‌گردد که با کاشت گونه‌های غیربومی مانند پیسهآ (*Picea abies*) در پیسه‌سون تالش شروع شد (رستمی شاهراجی، ۱۳۸۰). همچنین سازمان جنگل‌ها و مراتع آبخیزداری وقت کشور، مناطق وسیعی از استان‌های شمالی را به کشت گونه‌های سوزنی‌برگ اختصاص داده است که از آن‌ها می‌توان به کشت گونه‌های پیسهآ (۷۷/۵ هکتار)، کاج سیاه (*Pinus nigra*) (۴۰ هکتار)، دوگلاس (*Pseudotsuga menziesii*) (۸ هکتار)، کاج رادیاتا (*Pinus halepensis*) (۴/۵ هکتار)، کریپتومریا (*Cryptomeria japonica*) (۲۵ هکتار) و لاریکس (*Larix olgensis*) (۱/۵ هکتار) در استان مازندران اشاره کرد (خورنکه و همکاران، ۱۳۹۲; Mousavi Garmestani et al., 1995). به علاوه، در سال ۱۳۴۲ با توجه به شباهت اقلیمی منطقه جنگلی لاجیم با مبدأ نهال‌های پیسهآ (یوگسلاوی سابق)، ۴۵ هکتار

جنگل‌کاری، انجام شد (احمدی، ۱۳۹۴؛ رضایی، ۱۳۷۹) پژوهش حاضر، مروری دارد بر تغییر کیفیت تاج بارش گونه‌های سوزنی‌برگ کاشته شده طی سال‌های قبل در ناحیه هیرکانی و مقایسه آن با گونه‌های بومی.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، با استفاده از مقالات منتشر شده در ناحیه هیرکانی، عناصر غذایی تاج‌بارش شامل پتاسیم، سدیم، منیزیم و کلسیم و نیز pH و هدایت الکتریکی تاج بارش گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ بومی با باران و نیز با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند (جداول ۱ و ۲).

یافته‌ها

مقدار pH تاج‌بارش گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ به ترتیب در ۷۰ و ۵۰ درصد موارد اختلاف معنی‌دار نسبت به pH باران نشان داد (جدول۳). مقدار هدایت الکتریکی تاج‌بارش گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ نیز در مقایسه با هدایت الکتریکی باران، در کلیه موارد اختلاف داشت (جدول ۳). کلسیم و منیزیم تاج‌بارش در گونه‌های پهن‌برگ به ترتیب ۹۰ و ۸۰ درصد و در گونه‌های سوزنی‌برگ به میزان ۱۰۰ و ۵۰ درصد در مقایسه با باران، اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۳). به علاوه، غلظت پتاسیم و سدیم تاج‌بارش گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در مقایسه با باران نیز اختلاف معنی‌دار ۱۰۰ درصدی را تجربه کردند (جدول ۳). بطور کلی، پس از برخورد باران با گونه‌های پهن‌برگ، در ۸۸ درصد اندازه-گیری‌ها، pH، هدایت الکتریکی و عناصر غذایی تاج‌بارش درختان، تغییر معنی‌دار با باران داشت، درحالی که این درصد برای گونه‌های سوزنی‌برگ ۷۶ درصد بود (جدول ۳).

همچنین جایگزینی گونه‌های پهن‌برگ با سوزنی‌برگ منجر به تغییرات در ۵۵ درصد از اندازه‌گیری‌های pH، هدایت الکتریکی و عناصر غذایی شد (جدول ۴). بیشترین تغییرات، مربوط به هدایت الکتریکی، کلسیم و پتاسیم (۶۶ درصد) و کمترین مربوط به سدیم (۲۵ درصد) بود (جدول ۴).

جدول ۱- تغییرات عناصرغذایی، pH و

هدایت الکتریکی تاج‌بارش گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در مقایسه با باران.

علامت + نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار آماری است. (هر علامت مثبت یا منفی، اشاره به یک رخداد باران دارد)

ردیف	منابع	موقعیت جغرافیایی	استان	متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	توده/ تک پایه	گونه	pH	هدایت الکتریکی EC	کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	سدیم Na^{+}	پتاسیم K^{+}
۱	(مصلحی و همکاران، ۱۳۹۰)	′۴۳°۳۶ تا ′۴۵°۳۶ ′۲۱°۵۴ تا ′۲۴°۵۴	گلستان	۶۴۹	۵۵۰	تک پایه	راش *Fagus orientalis*	+	فاقد داده	+	+	+	+
۲	(مصلحی و همکاران، ۱۳۹۴)	′۴۳°۳۶ تا ′۴۵°۳۶ ′۲۱°۵۴ تا ′۲۴°۵۴	گلستان	۶۴۹	۵۵۰	تک پایه	راش *Fagus orientalis*	+	فاقد داده	+	+	+	+
۳	(تفضلی و همکاران، ۱۳۹۸)	′۳۶°۲۸ تا ′۳۶°۳۳ ′۲۰°۵۲ تا ′۳۱°۵۲	مازندران	۷۴۱	۳۶۰	توده	پلت *Acer velutinum*	+	+	−	+	فاقد داده	+
۴	(تفضلی و همکاران، ۱۳۹۸)	′۳۶°۲۸ تا ′۳۶°۳۳ ′۲۰°۵۲ تا ′۳۱°۵۲	مازندران	۷۴۱	۳۶۰	توده	بروسیا *Pinus brutia*	+	+	−	+	فاقد داده	+
۵	(پورمختاری و همکاران، ۱۴۰۳)	′۳۸°۱۵ تا ′۳۸°۲۷ ′۳۵°۴۸ تا ′۵۳°۴۸	گیلان	۱۳۴۵	۱۲۰	توده	ممرز *Carpinus betulus*	− + +	+ + +	+ + +	+ − +	+ + +	+ + +
۶	(پورمختاری و همکاران، ۱۴۰۳)	′۳۸°۱۵ تا ′۳۸°۲۷ ′۳۵°۴۸ تا ′۵۳°۴۸	گیلان	۱۳۴۵	۱۲۰	توده	کاج تدا *Pinus teada*	− + +	+ + +	− + +	− − −	+ + +	+ + +
۷	Abbasian et) (al.,2015	′۳۶°۲۹ ′۸°۵۱	مازندران	۴۳۰	۱۱۵۰	توده	راش *Fagus orientalis*	−	+	+	−	فاقد داده	+
۸	Abbasian et) (al.,2015	′۳۶°۲۹ ′۸°۵۱	مازندران	۴۳۰	۱۱۵۰	توده	کاج نوئل *Picea abies*	−	+	+	+	فاقد داده	+
۹	Salehi et al.,) (2016	′۳۶°۳۳ ′۳۳°۵۰	مازندران	۱۱۴۶	۱۳۸۰-۵۵۰	توده	راش *Fagus orientalis*	+	فاقد داده	+	+	فاقد داده	+
۱۰	Salehi et al.,) (2016	′۳۶°۳۳ ′۳۳°۵۰	مازندران	۱۱۴۶	۱۳۸۰-۵۵۰	توده	راش *Fagus orientalis*	+	فاقد داده	+	+	فاقد داده	+

۱۱	Attarod et al., (2019)	۳۶°۱۵′ ۱۰°۵۳′	مازندران	۵۱۲	۱۰۰۰	توده	راش *Fagus orientalis*	-	+	+	+	+	+
۱۲	Attarod et al., (2019)	۳۶°۱۵′ ۱۰°۵۳′	مازندران	۵۱۲	۱۰۰۰	توده	کاج نوئل *Picea abies*	-	+	+	+	+	+

جدول ۲- تغییرات عناصرغذایی، pH و هدایت الکتریکی تاج‌بارش گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در مقایسه با یکدیگر.
علامت + نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار آماری است. (هر علامت مثبت یا منفی، اشاره به یک رخداد باران دارد)

ردیف	منابع	موقعیت جغرافیایی	استان	متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	گونه بومی	گونه غیربومی	pH	هدایت الکتریکی EC	کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	سدیم Na^{+}	پتاسیم K^{+}
۱	(تفضلی و همکاران، ۱۳۹۸)	۳۶°۲۸′ تا ۳۶°۳۳′ ۲۰°۵۲′ تا ۳۱°۵۲′	مازندران	۷۴۱	۳۶۰	پلت *Acer velutinum*	بروسیا *Pinus brutia*	+	+	-	-	فاقد داده	-
۲	(پورمختاری و همکاران، ۱۴۰۳)	۳۸°۱۵′ تا ۳۸°۲۷′ ۳۵°۴۸′ تا ۵۳°۴۸′	گیلان	۱۳۴۵	۱۲۰	ممرز *Carpinus betulus*	کاج تدا *Pinus teada*	- + +	+ - -	+ + -	+ - -	- - -	+ + -
۳	Abbasian et al.,2015)	۳۶°۲۹′ ۸°۵۱′	مازندران	۴۳۰	۱۱۵۰	راش *Fagus orientalis*	کاج نوئل *Picea abies*	-	+	+	+	فاقد داده	+
۴	Attarod et al., (2019)	۳۶°۱۵ ۱۰°۵۳′	مازندران	۵۱۲	۱۰۰۰	راش *Fagus orientalis*	کاج نوئل *Picea abies*	-	+	+	+	+	+

جدول ۳- درصد تغییر عناصر غذایی، pH و هدایت الکتریکی تاج‌بارش گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در مقایسه با باران

	pH	هدایت الکتریکی EC	کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	سدیم Na^{+}	پتاسیم K^{+}
پهن‌برگان	۷۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۰
سوزنی‌برگان	۵۰	۱۰۰	۶۶	۵۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۴- درصد تغییر عناصر غذایی، هدایت الکتریکی و pH تاج‌بارش گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در مقایسه با یکدیگر

	pH	هدایت الکتریکی EC	کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	سدیم Na^{+}	پتاسیم K^{+}
تاج‌بارش	۵۰	۶۶	۶۶	۵۰	۲۵	۶۶

بحث و نتیجه‌گیری

کاشت گونه‌های غیربومی با تغییر در ترکیب شیمیایی باران، کیفیت تاج‌بارش جنگل را تحت تاثیر قرار می‌دهد (عباسیان و همکاران، ۱۳۹۷). آگاهی در مورد کمیت و کیفیت چرخه مواد مغذی در بوم‌سازگان‌های جنگلی و تأثیر کاشت گونه‌های غیربومی بر این چرخه‌های اکوهیدرولوژیک غذایی، دانش ضروری و کاربردی برای مدیریت بهتر جنگل‌های هیرکانی را فراهم می‌کند (Attarod et al., 2019). به علاوه این اطلاعات، جهت مدیریت بهتر جنگل، انتخاب گونه‌های مناسب برای جنگل‌کاری و احیای جنگل و نیز درک بهتر اکولوژی و اکوهیدرولوژی جنگل‌های هیرکانی، ضروری است. ضمن اینکه، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، استفاده از سوزنی‌برگان در جنگل‌کاری‌های ناحیه هیرکانی شمال کشور را در وسعت زیاد توصیه نمی‌کند (رضایی، ۱۳۹۱).

منابع

احمدی، م.ت.، عطارد، پ.، زاهدی امیری، ق.، صادقی، س. م. م.، حجتی، س. م.، گرانت پیپکر، ت. (۱۳۹۴). محاسبه پارامترهای اکوهیدرولوژیک توده دست‌کاشت پیسهآ در جنگل‌های خزری. جنگل ایران، ۷(۴): ۴۶۹-۴۵۹.

پورمختاری، پ.، عطارد، پ.، اعتماد، و. و سفرکار، ت.، (۱۴۰۳). آیا جایگزینی تودۀ دست‌کاشت کاج تدا با تودۀ طبیعی ممرز، عناصر غذایی، اسیدیته و هدایت الکتریکی تاج‌بارش را تغییر می‌دهد؟ جنگل ایران، ۱۶(۲): ۲۱۳-۲۲۵.

تفضلی، م.، عطارد، پ.، حجتی، م.، و تفضلی، م.، (۱۳۹۸). ترکیب شیمیایی تاج بارش توده های دست کاشت پلت و بروسیا در شرق مازندران. بوم شناسی جنگل های ایران، ۷(۱۴): ۳۹-۴۷.

خورنکه، س.، سردابی، ح.، اسپهبدی، ک. (۱۳۹۲). مطالعه رشد و عملکرد سه گونه سوزنی برگ غیر بومی در سواحل شرقی دریای مازندران (مطالعه موردی ایستگاه تحقیقات زاغمرز). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱(۳): ۵۵۶-۵۴۲.

رستمی شاهراجی، ت.، (۱۳۸۰). ارزیابی استراتژی جنگل‌کاری‌های کنونی استان گیلان. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار. انتشارات سازمان جنگل ها و مراتع: ۳ صفحه.

رضایی، س.، ع.، ا. (۱۳۷۹). بررسی رویش و محصول چوب نوئل سبز (*Picea abies*) در منطقه جنگلی لاجیم. پژوهش و سازندگی، ۱۳(۳) (پی آیند ۴۸): ۴۳-۴۳.

رضایی، س.، ع.، ا. (۱۳۹۱). بررسی مقدماتی سازگاری چهار پروونانس کاج جنگلی (*Pinus sylvestris* Linn) مطالعه موردی: جنگل لاجیم، مازندران. جنگل ایران، ۴(۱): ۶۵-۷۵.

عباسیان، پ.، عطارد، پ.، صادقی، س. م. م.، بایرام زاده، و. (۱۳۹۷). بهره‌گیری از روش‌های رگرسیون مبنا در تعیین پارامترهای اکوهیدرولوژیک تاج پوشش توده پیسهآ کلاردشت. تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۹ (۱): ۴۶-۳۳.

محمدنژادکیاسری ش.، موسوی س. ع.، امینی ش.، برهانی ع.، جعفری گرزین ب.، رئیسیان ه. (۱۳۹۰). بررسی سازگاری سوزنی‌برگان مهم جهان در منطقه ارتفاعی میان بند جنگل های نکا (ونمک). علوم و فنون منابع طبیعی، ۶ (۴): ۳۷-۲۵.

مسیب نژاد، ا.، رستمی شاهراجی، ت.، کهنه، ا. و پوربابایی، ح. (۱۳۸۶). ارزیابی وضعیت موجود جنگل کاری‌های پهن‌برگ بومی در شرق گیلان. ۱۵(۴): ۳۱۹-۳۱۱.

مصلحی، م.، حبشی، ه.، و خرمالی، ف.، (۱۳۹۰). تاثیر آبشویی تاج و لاشریزه گونه راش در توده آمیخته بر دینامیک کاتیون‌های بازی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۹ (۱): ۸۳-۹۳.

مصلحی، م.، حبشی، ه.، خرمالی، ف.، رحمانی، ر. و محمدعلی، ع.، (۱۳۹۴). تغییرات ماهیانه خصوصیات شیمیایی خاک در توده آمیخته راش- ممرز. انسان و محیط زیست، ۱۳(۱): ۲۳-۳۳.

Abbasian, P., Attarod, P., Sadeghi, S. M. M., Van Stan, J. T., and Hojjati, S. M. (2015). Throughfall nutrients in a degraded indigenous *Fagus orientalis* forest and a Picea abies plantation in the North of Iran. Forest Systems, 24(3), 1.

Asadolahi, F. (2001). Study of plantation change in Iran. Journal Forest and Pasture. 53: 2, 13-19. (In Persian)

Attarod, P., Abbasian, P., Grant-Pypker, T., Ahmadi, M. T., Zahedi-Amiri, G., Soofi-Mariv, H., and Bayramzadeh, V. (2019). Replacing an oriental beech forest with a spruce plantation impacts nutrient concentrations in throughfall, stemflow, and O layer. Forest Systems, 28(2), e010-e010

Bellot, J. and A. Escarre, (1998). Stemflow and throughfall determination in a resprouted Mediterranean helm-oak forest, Annals of Forest Sciences, 55: 847–867.

Chapman CA, Chapman LJ, (1996). Exotic tree plantations and the regeneration of natural forests in Kibale National Park, Uganda. Biolo Conserv 76(3): 253-257. http:// dx.doi.org/10.1016/0006-3207 (95)00124-7.

Eaton, J.S., Likens, G.E., and Bormann, F.H. (1973). Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. Journal of Ecology, 61, 495-508.

Herbst, M., Roberts, J.M., Rosier, T.W. and Gowing, D.J. (2006). Measuring and modeling the rainfall interception loss by hedgerows in southern England. Agricultural and Forest Meteorology, 141: 244-256.

Levia, D.F. and E.E. Frost. (2003). A review and evaluation of stem flow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. Journal of Hydrology, 274(1-4): 1-29.

Lin, M., Sadeghi, S.M.M., Van Stan II, J.T., (2020). Partitioning of rainfall and sprinkler irrigation by crop canopies: A global review and evaluation of available research. Hydrology, 7, 76.

Lovett, G.M., S.S. Nolan, C.T. Drisocoll and T.J. Fahey (1996). Factors regulating throughfall flux in a New Hampshire forested landscape. Canadian Journal of Forest Research, 26: 2134-2144.

Marvie Mohadjer, M.R. (2013). Silviculture. University of Tehran press. 2709. 4th Edition. 418 p. (In Persian)

Mohammadnejad Kiasari, Sh., Sagheb-Talebi, Kh., Rahmani, R., Adeli, E., Jafari B. and Jafarzadeh, H., (2010). Quantitative and qualitative evaluation of plantations and natural forest at Darabkola, east of Mazandaran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(3): 337-351. (In Persian)

Mottonen, M., E. Jarvinen, T.J. Hokkanen, T. Kuuluvanien, and T. Ohtonen, (1999). Spatial distribution of soil ergosterol in the organic layer of a mature scot pine (*Pinus sylvestris* L.) forest, Soil Biology and Biogeochemistry, 3: 503–516.

Mousavi Garmestani, S. A., Rasouli, S. R. and Nazari, M. H., (1995). Report on evaluation of exotic softwood plantations under afforestaion project of Caspian region of Iran. Iranian Organization of Forests, Rangelands and Watershed Management, General Office of Forest Plantation and Parks: 8-35. (In Persian)

Panahandeh, T., Attarod, P., Sadeghi, S. M. M., Bayramzadeh, V., Tang, Q., and Liu, X. (2022). The performance of the reformulated Gash rainfall interception model in the Hyrcanian temperate forests of northern Iran. Journal of Hydrology, 612, 128092.

Parhizkar, P., Ali Ahmad Korori, S., Moraghebi, F., and Adeli Pish Bijari, E. (2002). Peroxidase enzyme in order to lookoing for resistance individuals. Pajouhesh and Sazandegi, 15(3-4) 56-57. (In Persian)

Parker, G.G. (1983). Throughfall and stem flow in the forest nutrient cycle. Advances in Ecological Research, 3: 57-133.

Salehi, M., Zahedi Amiri, G., Attarod, P., Salehi, A., Brunner, I., Schleppi, P., and Thimonier, A. (2016). Seasonal variations of throughfall chemistry in pure and mixed stands of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in Hyrcanian forests (Iran). Annals of forest science, 73, 371-380.

Schume, H., G. Jos, and K. Katzensteiner, (2003). Spatio-temporal analysis of the soil water content in a mixed norway spruce (*Picea abies* L.)-European beech (*Fagus sylvatica* L.) stand, Geoderma, 112: 273–287.

Throughfall Nutrient Inputs of Needle- and Endemic Broad-Leaved Species are different in the Hyrcanian Region of northern Iran

K. Mostafanezhad Nesheli[1], P. Attatod[2*], S. Mirzaei[1] and M.S. Kavianpour[3]

1- M.Sc. Student of Forest Biology, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3- M.Sc. in Forest Biology, Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

The aim of the present study was to gather and conclude the throughfall (TF) nutrient elements of needle-leaved and endemic broad-leaved species including potassium (K^+), sodium (Na^+), magnesium (Mg^{2+}), and calcium (Ca^{2+}), as well as pH and electrical conductivity (EC) in the Hyrcanian forest region of northern Iran. The results indicated that the nutrient elements in the TF of needle-leaved and broad-leaved species showed significant differences compared with those of rainfall for 76% and 88% of measurements, respectively. The replacement of endemic broad-leaved species with exotic needle-leaved species has led to an average change of 55% in pH, EC, and TF's nutrient inputs. To maintain the quality of soil and water in forest ecosystems of the Hyrcanian region, selecting the appropriate and adapted species for afforestation and reforestation should be accompanied by careful considerations of ecohydrological and ecological factors. Furthermore, for large-scale afforestation initiatives, it is highly recommended to employ endemic species.

Keywords: Afforestation, Ecohydrology, Electrical conductivity, Forest ecosystems, Rainfall.

*Corresponding author Tel: +98 9127013996 Email: attarod@ut.ac.ir