



ساختار توده‌های جنگلی ارس (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) در قطعه‌های قرق و غیرقرق استان خراسان شمالی (مطالعه موردی: منطقه سالوک)

نادیا کمالی^{۱*}، خسرو ثاقب طالبی^۲، پژمان پرهیزکار^۱، مجید حسینی^۲، هومن روانبخش^۳ و سیدموسی صادقی^۴

^۱دانشیار، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
^۲استاد، بخش تحقیقات جنگل، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
^۳کارشناس، بخش تحقیقات جنگل، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
^۴استادیار، بخش تحقیقات جنگل، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۴)

چکیده

مقدمه: درک ساختار توده‌های جنگلی، به‌ویژه در مناطق ایران و توران که با چالش‌های جدی مانند تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری بی‌رویه مواجه‌اند، برای مدیریت مؤثر و پایدار این اکوسیستم‌های حساس حیاتی است. شناخت دقیق ساختار جنگل، از جمله توزیع گونه‌ای، اندازه درختان و الگوهای مکانی، امکان ارزیابی دقیق‌تر وضعیت اکولوژیکی، پیش‌بینی پاسخ جنگل به تغییرات محیطی و در نهایت، اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی کارآمدتر را فراهم می‌آورد. در این پژوهش، ساختار توده‌های جنگلی ارس در دو قطعه نمونه یک هکتاری (قرق و غیرقرق) از منطقه سالوک در استان خراسان شمالی بررسی شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور تحلیل جامع ساختار توده‌های جنگلی، در هر یک از قطعات نمونه یک هکتاری، همه درختان بررسی شدند. مشخصه‌های کمی درختان مانند قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج در دو جهت عمود بر هم اندازه‌گیری شد. توزیع فضایی درختان با استفاده از اندازه‌گیری فاصله و آزمون تعیین شد. تحلیل‌های آماری برای مقایسه ویژگی‌های ساختاری و الگوهای فضایی بین دو قطعه انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که الگوی پراکنش مکانی درختان ارس در قطعه غیرقرق تصادفی بود. درحالی که در منطقه قرق، این الگو در فواصل نزدیک حالت منظم بود و با افزایش فاصله، به تصادفی و در نهایت خوشه‌ای تغییر حالت داد. تعداد درختان ارس در هکتار، در منطقه قرق ۸۴ اصله در مقابل ۳۱ اصله در منطقه غیرقرق بود. اختلاف معنی‌داری بین میانگین سطح تاج ($12/2 \pm 1/1$ در مقابل $13/2 \pm 5/8$ متر مربع در هکتار)، قطر برابرسینه ($16/9 \pm 0/7$ در مقابل $16/6 \pm 1/4$ سانتی‌متر) و ارتفاع ($3/9 \pm 0/5$ در مقابل $3/5 \pm 0/1$ متر) درختان ارس در مناطق قرق و غیرقرق مشاهده نشد. میانگین سطح تاج تمام گونه‌ها در منطقه قرق ($9/5 \pm 0/8$ متر مربع در هکتار) اختلاف معنی‌داری با غیرقرق ($6/4 \pm 1/0$ متر مربع در هکتار) نشان داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به وضعیت درصد پوشش تاجی و الگوی پراکنش مکانی کل درختان و همچنین درختان ارس در قطعه‌های تحت بررسی و همچنین تراکم درختان که در محدوده کم‌تراکم توده‌های ارس گزارش شده توسط سایر پژوهشگران است، اعمال مدیریت احیا، توسعه و حفاظت در این جنگل‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: احیا و توسعه، الگوی مکانی، حفاظت جنگل، سطح تاج، مشخصه‌های جنگل‌شناسی.

مقدمه

ارس (Juniperus excelsa M. Bieb.) از جمله سوزنی‌برگان بومی کشور است که رویشگاه‌های طبیعی آن مناطق وسیعی از کشور را شامل می‌شود. این گونه نیاز اکولوژیک بسیار کمی دارد و می‌تواند با شرایط نامساعد محیطی مانند خاک‌های کم‌عمق و سنگلاخی، آب‌وهوای سرد و حتی گرم و خشک سازگار شود و به رشد خود ادامه دهد (Stampoulidis et al., 2013; Ravanbakhsh et al., 2013). (2000) Khoshnavis & Korouri مناطق پراکنش این گونه در استان خراسان، عبارت است از رشته‌کوه بینالود، مناطق ماروسک، هرات و کوه بسک، بجنورد، شیب جنوبی هزارمسجد مناطق چناران، بارو، روستای دلمه و چشمه قره‌قرمز، شیب شمالی هزارمسجد، مناطق کلات نادری، لاین نو، لاین کهنه، چهارراه و خاکستر، کتل یک چناره، غلامان تا کوه پشم.

از آنجا که جنگل‌های ارس نقش مهمی در حفظ آب و خاک در رویشگاه‌های خشک و نیمه‌خشک دارند، حفظ و احیای این جنگل‌ها نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. برای این منظور شناسایی مشخصه‌های ساختاری جنگل‌های قرق‌شده و مقایسه آنها با توده‌های جنگلی غیرقرق، مدیران را برای تصمیم‌گیری در خصوص رسیدن به ساختار مناسب این جنگل‌ها یاری می‌رساند.

ساختار جنگل بیانگر فرم، ترکیب، آشکوب‌بندی، ترکیب سنی و قانونمندی پراکنش درختان در پروفیل عمودی و افقی توده است. داده‌های ساختار توده‌های جنگلی، از مهم‌ترین ابزارهایی هستند که مدیران جنگل برای برنامه‌ریزی به آنها نیاز دارند. ساختار توده‌های جنگلی از جنبه‌های مختلف مانند پراکنش افقی درختان، تنوع گونه‌های گیاهی و اندازه قطر و ارتفاع درختان بررسی می‌شود (Farhadi et al., 2017). پژوهش‌های مختلفی در زمینه بررسی ساختار توده‌های جنگلی و همچنین مشخصات کمی و کیفی ارس در رویشگاه‌های مختلف انجام گرفته است.

Zobeiri & Rostamikia (2013) ساختار توده‌های ارس در جنگل‌های کمتر تخریب‌شده خلخال را بررسی کردند و نشان دادند که توده تحت بررسی، ناهمسال و آمیخته بوده و میانگین‌های تاج‌پوشش، سطح مقطع برابرسینه و تعداد در هکتار به ترتیب ۴۲/۸ درصد، ۴/۷ متر مربع و ۵۹۲ درخت در هکتار است. بیشترین فراوانی درختان در پژوهش آنها مربوط به درختان طبقه ارتفاعی ۲ متر بود. آنها همچنین نشان دادند هرچند ارس جزو گونه‌های اصلی منطقه است، هیچ زادآوری از گونه یادشده در منطقه ثبت نشد. (Sefidi et al., 2018) برای کمی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی ارس در منطقه کندرق خلخال از آماربرداری صددرصد و روش فاصله‌ای مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه استفاده کردند. در پژوهش آنها میانگین قطر درختان ۱۳/۲ سانتی‌متر و میانگین سطح تاج‌پوشش ۸/۷ متر مربع در هکتار معرفی شد. پراکنش مکانی درختان در رویشگاه بررسی شده، یکنواخت، ساختار همگن و سطح تنوع ساختاری کم برآورد شد. (Milios et al., 2007) ضمن بررسی ساختار توده‌های جنگلی Juniperus excelsa در یونان نشان دادند که میانگین سطح مقطع، تعداد در هکتار و ارتفاع غالب درختان به ترتیب ۱۹/۴ متر مربع، ۵۲۵ درخت در هکتار و ۸/۵ متر است. (Olano et al., 2008) نیز نشان دادند که ساختار سنی Juniperus thurifera L. در جنگل‌های اسپانیا بین ۷۵ تا ۱۷۵ سال است و توده‌های تحت بررسی دوآشکوبه هستند. توده‌های جنگلی ارس از جنبه‌های دیگری هم مورد توجه پژوهشگران هستند، از جمله پژوهشی در پارک ملی پرسپا در یونان نشان داد که ایجاد روشنه در اطراف درختان ارس برای استقرار زادآوری، از موفق‌ترین راه‌های محافظت از توده‌های آمیخته ارس است (Stampoulidis et al., 2023). (Bordbar et al., 2020) نیز در رویشگاه لایزنگان داراب استان فارس نشان دادند که تعداد پایه‌های ارس در هکتار در شیب‌های شمالی و جنوبی به ترتیب ۸۵ و ۵۸ اصله

بود. در پژوهش آنها، تفاوت چشمگیری در مقدار رویه زمینی در هکتار و همچنین درصد تاج‌پوشش درختان ارس بین دامنه‌های یادشده (به ترتیب ۳/۴ در مقابل ۱ متر مربع در هکتار و ۲۶/۳ در مقابل ۷/۵ درصد) مشاهده شد. (Azizi et al., 2020) با بررسی رویشگاه‌های ارس ارتفاعات شمالی استان کرمان نشان دادند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، پهنای دواير رشد درختان ارس روند کاهشی دارد.

پژوهش حاضر در راستای پروژه ملی سنجش و پایش ساختار توده‌های جنگلی ایران- تورانی در دست اجرا در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور است که با هدف شناسایی ساختار موجود، بررسی روند تغییرها در سال‌های آتی و مقایسه ساختار توده‌های ارس در مناطق قرق و غیرقرق منطقه سالوک در استان خراسان شمالی اجرا شد که نتایج گام اول آن در این مقاله ارائه می‌شود.

مواد و روش‌ها

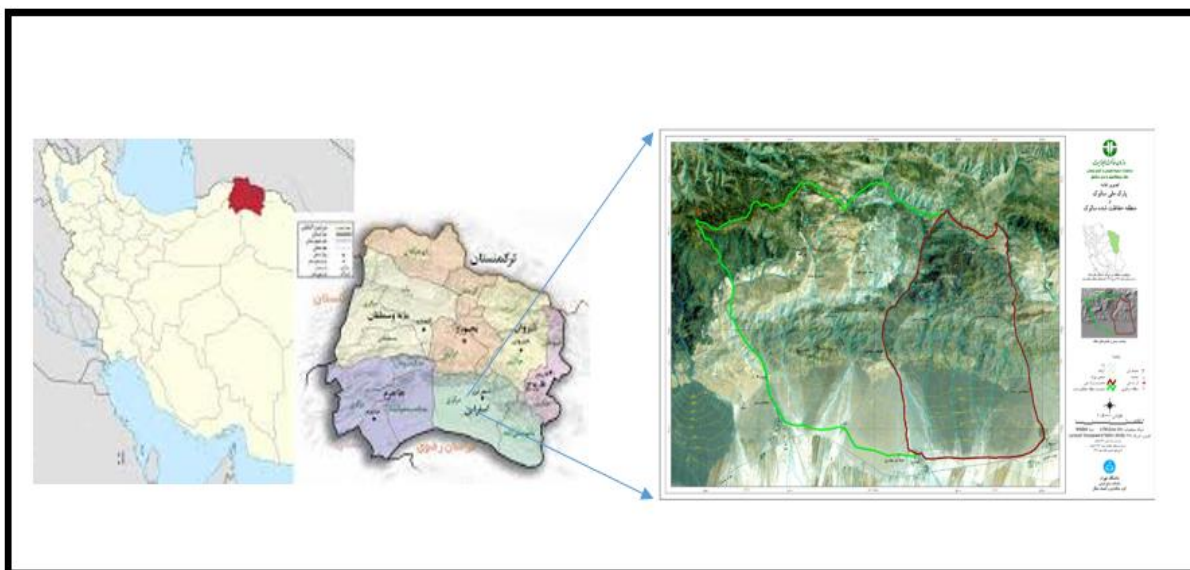
منطقه پژوهش

منطقه سالوک پس از شناسایی و معرفی به استناد مصوبه شماره ۴۸ در تاریخ ۱۳۵۲/۹/۲۰ توسط شورای عالی حفاظت محیط زیست به‌عنوان منطقه حفاظت‌شده معرفی شد و در سال ۱۳۵۷ منطقه امن سالوک نامگذاری شد. همچنین پس از ۱۳ سال قرق و حفاظت کامل در سال ۱۳۸۱ به‌دلیل ویژگی‌های بارزش اکولوژیکی، به سطح پارک ملی ارتقا یافت. پارک ملی و منطقه حفاظت‌شده سالوک در استان خراسان شمالی، در ۲۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان اسفراین واقع شده است (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی این منطقه ۱۵' ۳۷° تا ۸' ۳۸° عرض شمالی و ۱۶' ۵۷° تا ۶' ۵۷° طول شرقی است. مساحت پارک ملی سالوک ۶۳۱۷ هکتار (مصوبه شماره ۲۳۳ مورخ ۸۳/۳/۲۱ شورای عالی محیط زیست) و مساحت منطقه حفاظت‌شده آن ۱۱۶۷۷ هکتار است. از نظر زمین‌شناسی منطقه سالوک بخشی

از ناحیه بینالود در البرز شرقی است. این ناحیه از شمال به کوه‌های کپه‌داغ (هزار مسجد) و از جنوب به ارتفاعات پراکنده خراسان متصل می‌شود. از قسمت غرب در منطقه خوش ییلاق شاهرود در استان سمنان از البرز جدا شده و با جهت دامنه شمال غربی، جنوب شرقی به ارتفاعات هندوکش در افغانستان متصل می‌شود. از نظر خاک‌شناسی، بیشتر خاک‌های منطقه شامل خاک‌های کوهستانی، تپه‌ای، دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های سیلابی و واریزه‌های بادبزن‌شکل هستند. این منطقه از نظر ژئومورفولوژی به دو واحد کوهستان و دشت تقسیم می‌شود که بیش از ۶۰ درصد آن در منطقه کوهستانی و بقیه در منطقه دشتی واقع شده است. از لحاظ ارتفاعی پست‌ترین نقطه منطقه در بخش جنوبی و مرتفع‌ترین نقطه آن در کوهستان جنوبی است که اختلاف ارتفاعی در حدود ۱۵۱۰ متر دارند. تنوع زیستی زیاد منطقه نیز ناشی از همین اختلاف ارتفاع است. منطقه سالوک اقلیمی متأثر از سیستم‌های متفاوت آب‌وهوایی دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به سیستم‌های پرفشار جنب‌حاره‌ای، پرفشار آזור، بادهای غربی، پرفشار سبیری و مدیترانه‌ای اشاره کرد. متوسط بارندگی درازمدت سالانه منطقه، ۲۵۵/۴ میلی‌متر، میانگین سالانه دمای منطقه، ۱۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۶/۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد است (Kamali et al., 2022).

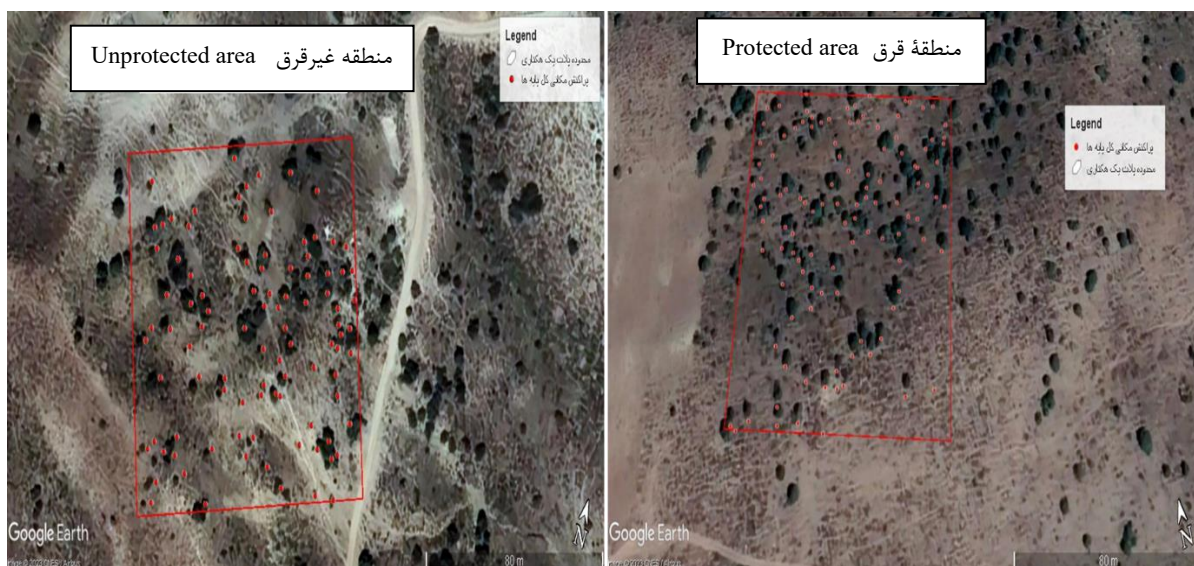
شیوه اجرای پژوهش

پس از جنگل‌گردشی در منطقه، دو قطعه یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰ متر) مشخص شدند (شکل ۲). مشخصات عمومی هر قطعه نمونه شامل جهت جغرافیایی، شیب، ارتفاع از سطح دریا و تاج‌پوشش توده یادداشت شد. آماربرداری صددرصد در هر قطعه یک‌هکتاری با برداشت نوع گونه درختی یا درختچه‌ای و اندازه‌گیری قطر برابرسینه، ارتفاع و قطر تاج درختان انجام گرفت.



شکل ۱- نقشه منطقه پژوهش

Figure 1. The study area



شکل ۲- تصاویر منطقه پژوهش در گوگل ارث

Figure 2. Images of the study area in Google Earth

ArcGis وارد شده و تجزیه و تحلیل شد. از اطلاعات موقعیت (مختصات) درختان برای بررسی و تعیین نوع الگوی پراکنش درختان (یکنواخت، تصادفی یا کپه‌ای) با استفاده از شاخص Ripley استفاده شد. این تابع براساس تعداد نقاط (درختان) موجود در شعاع مشخص (r)، به بررسی الگوهای مکانی می‌پردازد. امروزه به جای تابع K رایبلی از شکل اصلاح شده آن یعنی تابع L که توسط Besag (1977) ارائه شد

مختصات یکی از گوشه‌های هر قطعه نمونه یک هکتاری با دستگاه GPS و سیستم UTM برداشت و ثبت شد. از این نقطه مختصات درختان و درختچه‌های موجود در داخل محدوده یک هکتاری با روش فاصله-آزموت برداشت شد، به طوری که اندازه‌گیری از درخت شماره یک نزدیک به گوشه شروع شد و تا آخرین درخت ادامه پیدا کرد. اطلاعات موقعیت و قطر درختان در نرم‌افزارهای Past و

نکردن داده‌ها از توزیع نرمال، حتی بعد از تبدیل (Transformation)، مقایسه میانگین سطح تاج و قطر برابر سینه درختان ارس در دو قطعه با استفاده از آزمون ناپارامتری U Mann-Whitney در نرم‌افزار SPSS انجام گرفت (Bihanta & Zare Chahouki, 2008). با توجه به نرمال بودن داده‌های ارتفاع درختان، مقایسه میانگین این مشخصه با استفاده از آزمون t مستقل در نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

نتایج

مقایسه مشخصه‌های درختان بین منطقه قرق و غیرقرق

در قطعه مدیریت شده (قرق) در مجموع ۱۲۸ درخت، درختچه و بوته خشبی شامل ارس: ۸۴، زرشک *Berberis integerrima* L.: ۳۹، شیرخشت *Cotoneaster nummularius* Fisch & C.A. Mey ۴ و پلاخور *Lonicera nummulariaefolia* Jaub. & Spach: ۱ اصله و در قطعه مدیریت نشده (غیرقرق) نیز در مجموع ۹۹ درخت، درختچه و بوته خشبی شامل ارس: ۳۱، زرشک: ۴۵، شیرخشت: ۵ و نسترن *Rosa canina* L.: ۱۸ اصله شمارش شدند (جدول ۱). درختان ارس در قطعه‌های قرق و غیرقرق به ترتیب ۶۵/۶ و ۳۱/۳ درصد از کل پوشش خشبی را به خود اختصاص دادند. بنابراین توده‌های مورد بررسی در هر دو قطعه آمیخته بودند، با این تفاوت که غالبیت گونه ارس در قطعه قرق بیشتر از گونه‌های دیگر بود. در شکل ۳ مشاهده می‌شود که فراوانی درختان ارس در هر دو قطعه، با افزایش طبقه قطری کاهش می‌یابد. شکل توزیع تعداد درختان در طبقات قطری بیانگر ناهمسال بودن توده‌هاست. همچنین درختان ارس با ارتفاع ۳ تا ۴ متر بیشترین تعداد را در هر دو قطعه به خود اختصاص دادند (شکل ۴). توده از نظر ساختمان عمودی، یک توده یک‌اشکوبه در محدوده ارتفاعی ۳ تا ۵ متر با تعداد اندکی درختان کوتاه‌تر از ۲ متر است.

استفاده می‌شود که حالت خطی تابع K است و نیز واریانس K را تثبیت می‌کند. همچنین نمایش و تفسیر تابع L نسبت به تابع K ساده‌تر است که به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود.

$$L_{(r)} = \sqrt{\frac{K_{(r)}}{\pi}} - r \quad \text{رابطه ۱}$$

حال اگر مقدار تابع L برابر صفر باشد، نشان‌دهنده الگوی تصادفی است، اگر بزرگ‌تر از صفر باشد نشان‌دهنده الگوی خوشه‌ای است و اگر کوچک‌تر از صفر باشد نشان‌دهنده الگوی منظم است. در روش رایبلی برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت الگوی مشاهده شده با الگوی تصادفی (فرض صفر)، حدود اعتماد با استفاده از آزمون مونت کارلو محاسبه و ترسیم می‌شود؛ به طوری که اگر تابع L در داخل این محدوده قرار گیرد، الگوی پراکنش مشاهده شده با الگوی پراکنش تصادفی تفاوت معنی‌داری نخواهد داشت، اما اگر تابع L بالاتر از این محدوده قرار گیرد، نشانه وجود الگوی خوشه‌ای و اگر پایین‌تر از این محدوده واقع شود، نشان‌دهنده الگوی منظم است. فاصله مورد عمل برای محاسبه تابع L برابر نصف فاصله قطر کوچک عرصه تحت پژوهش در نظر گرفته خواهد شد (Zhang et al., 2009; Zenner & Peck, 2009).

در نهایت نقشه وضعیت پراکنش درختان نسبت به یکدیگر در داخل هر قطعه یک‌هکتاری رسم شد و نوع الگوی پراکنش آنها به دست آمد. همچنین وضعیت تراکم توده‌ها در سطح قطعه نمونه با استفاده از نرم‌افزار Past و با روش کرنل ترسیم شد. تابع تراکم کرنل یکی از توابع تحلیل فضایی است که تراکم یک عارضه نقطه‌ای (مانند: جمعیت، درختان، گونه‌های گیاهی و ...) یا خطی (شبکه جاده، رودخانه و ...) را با توجه به سطح منطقه و نوع متغیر، به صورت فضایی به تصویر بکشد.

روش تحلیل

بررسی نرمال بودن توزیع متغیرها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک انجام گرفت. به دلیل تبعیت

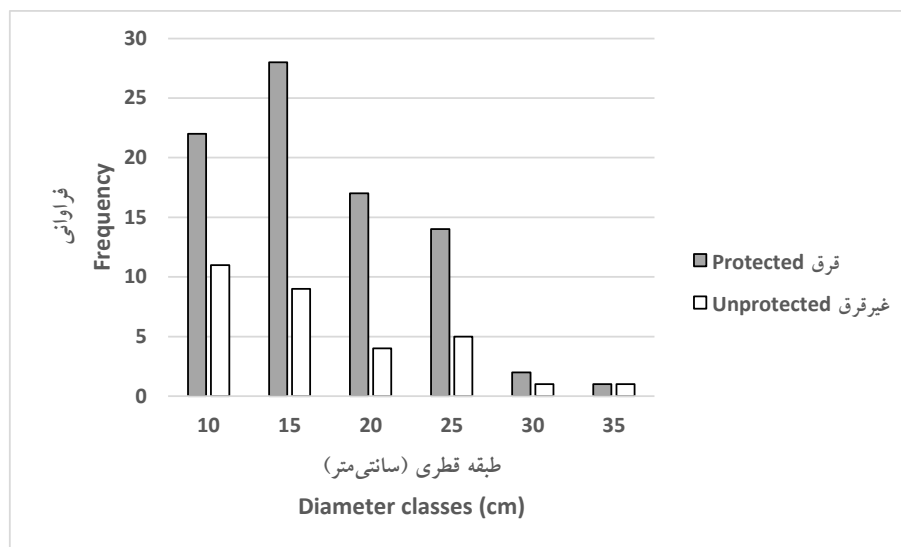
مربع) بود. مجموع سطح پوشش تاجی همه درختان، درختچه‌ها و بوته‌های خشبی در منطقه غیرقرق ۶/۳ درصد از یک هکتار را به خود اختصاص داده است؛ این درحالی است که مقدار این مشخصه در منطقه قرق ۱۲/۱ درصد است.

نتایج نشان داد که هیچ اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های قطر برابر سینه، ارتفاع و سطح تاج درختان ارس در دو منطقه وجود ندارد (جدول ۲). درحالی که میانگین سطح تاج کل گونه‌های خشبی موجود در قطعه قرق $(9/5 \pm 0/8)$ متر مربع به‌طور معنی‌داری بیشتر از قطعه غیرقرق $(6/4 \pm 1/0)$ متر

جدول ۱- مقایسه فراوانی گونه‌ها در قطعه‌های تحت بررسی

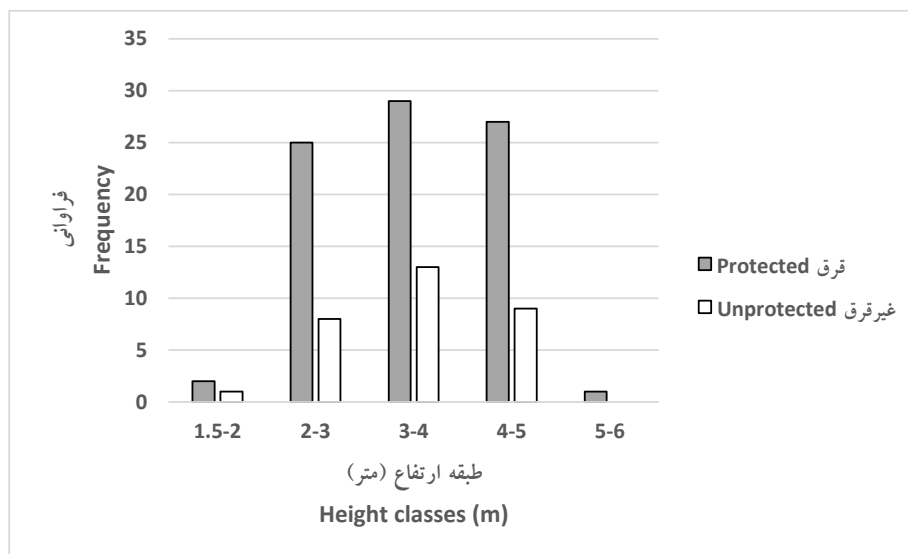
Table 1. Comparison of species in the protected and unprotected plots

Unprotected غیر قرق		Protected قرق		گونه Species
فراوانی نسبی Relative frequency	تعداد Frequency	فراوانی نسبی Relative frequency	تعداد Frequency	
31.3	31	65.6	84	ارس <i>Juniperus excelsa</i>
45.4	45	30.5	39	زرشک <i>integerrima Berberis</i>
5	5	3.1	4	شیرخشت <i>Cotoneaster nummularius</i>
0	0	0.8	1	پلاخور <i>Lonicera nummulariifolia</i>
18.3	18	0	0	نسترن <i>Rosa canina</i>
100	99	100	128	مجموع Total



شکل ۳- فراوانی تعداد درختان ارس در طبقه‌های مختلف قطری در قطعه‌های تحت بررسی

Figure 3. Frequency distribution of juniper trees across different diameter classes in the study plots



شکل ۴- فراوانی تعداد درختان ارس در طبقه‌های مختلف ارتفاعی در قطعه‌های تحت بررسی

Figure 4. Frequency distribution of juniper trees across different elevation classes in the study plots

جدول ۲- مقایسه مشخصه‌های درختان در قطعه‌های تحت بررسی

Table 2. Comparison of tree parameters in the protected and unprotected plots

Protected قرق	Unprotected غیر قرق	
16.9±0.7a	16.6±1.4a	قطر برابر سینه (سانتی‌متر) Diameter at breast height (mm)
3.96±0.5a	3.47±0.1a	ارتفاع درختان ارس (متر) Height (cm)
12.2±1.2a	13.5±2.8a	سطح تاج ارس (متر مربع) Crown area of Juniper (m ²)
9.5±0.8a	6.4±1.0b	سطح تاج کل گونه‌ها (متر مربع) All species crown area (m ²)

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است ($p < 0.05$)

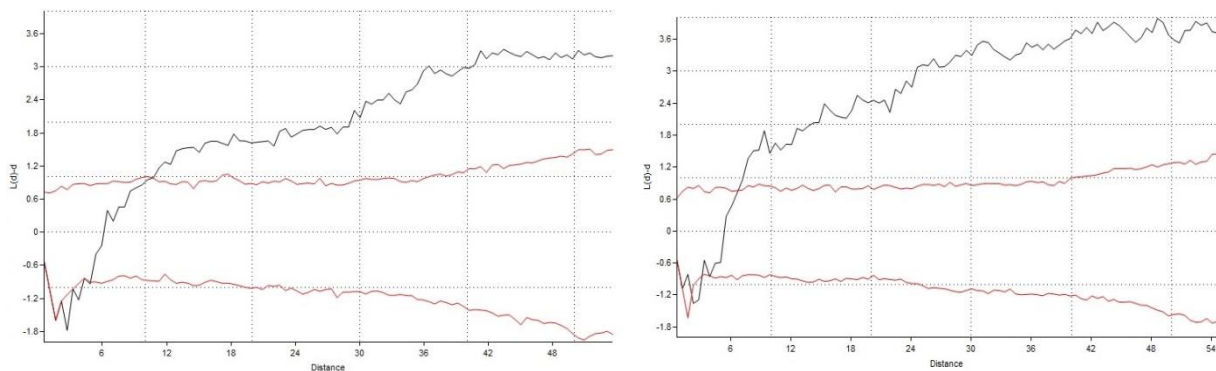
Letters a and b indicate significant differences between means

الگوی پراکنش مکانی درختان ارس منطقه قرق

شکل ۶ وضعیت پراکنش و الگوی مکانی درختان ارس در قطعه قرق را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار تابع L، مقدار این تابع در فاصله نزدیک (۶ متر) پایین حدود مونت کارلو قرار دارد و در نتیجه الگوی منظم را نشان می‌دهد. از شعاع ۶ تا حدود ۱۲ متری تابع L بین حدود مونت کارلو قرار می‌گیرد که معرف الگوی تصادفی است. در شعاع بیشتر از ۱۲ متر این تابع بالاتر از حدود مونت کارلو قرار می‌گیرد و به الگوی خوشه‌ای می‌رسد.

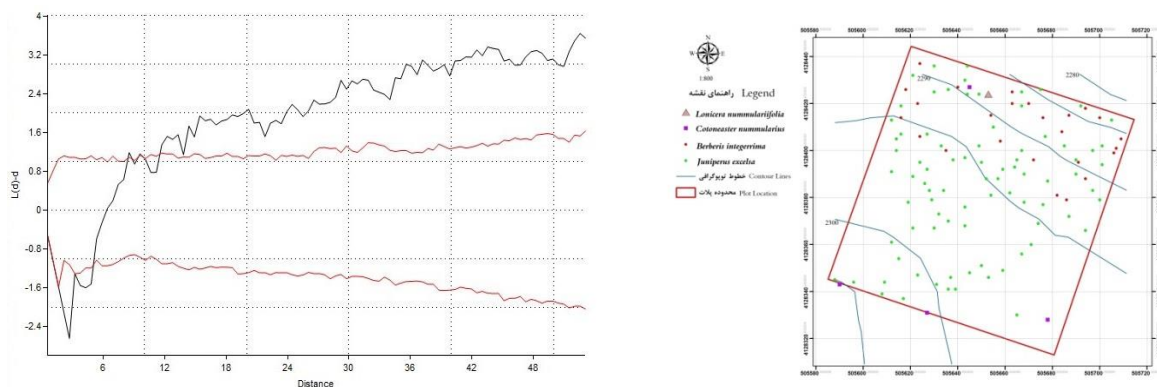
الگوی پراکنش مکانی کل گونه‌ها

الگوی مکانی همه درختان، درختچه‌ها و بوته‌های خشبی در قطعه‌های تحت بررسی در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، به‌طور تقریبی هر دو قطعه از الگوی یکسانی پیروی می‌کنند. نمودار تابع L در فاصله کمتر از ۱۲ متر بین حدود مونت کارلو قرار دارد و در نتیجه الگوی پراکنش درختان تصادفی است. در فواصل بیشتر، تابع L بالای حدود مونت کارلو قرار می‌گیرد و به الگوی خوشه‌ای می‌رسد.



شکل ۵- نمودار تابع L و حدود مونت کارلو در قطعه قرق (راست) و غیرقرق (چپ) برای همه گونه‌ها؛ در این شکل فاصله‌ها به متر هستند

Figure 5. Comparison of the L-function and Monte Carlo envelopes for all species in the protected and unprotected plots. Distances are measured in meters



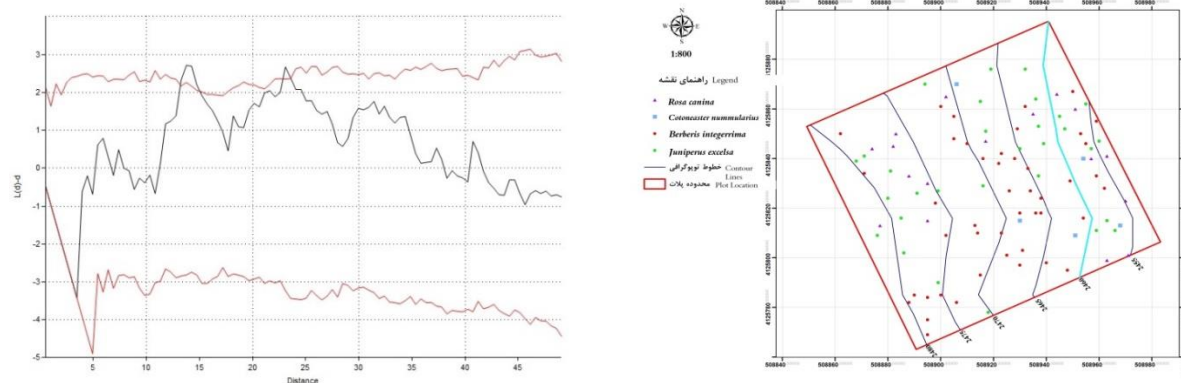
شکل ۶- وضعیت پراکنش و نمودار تابع L و حدود مونت کارلو (فاصله به متر) در قطعه قرق

Figure 6. Spatial distribution pattern and L-function plot with Monte Carlo envelopes (distance in meters) in the protected plot

مقدار تابع L به‌طور کامل بین حدود مونت کارلو قرار دارد و در نتیجه الگوی تصادفی را نشان می‌دهد.

الگوی پراکنش مکانی درختان ارس غیرقرق

شکل ۷ وضعیت پراکنش و الگوی مکانی درختان در قطعه غیرقرق را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار،



شکل ۷- وضعیت پراکنش و نمودار تابع L و حدود مونت کارلو (فاصله به متر) در قطعه غیرقرق

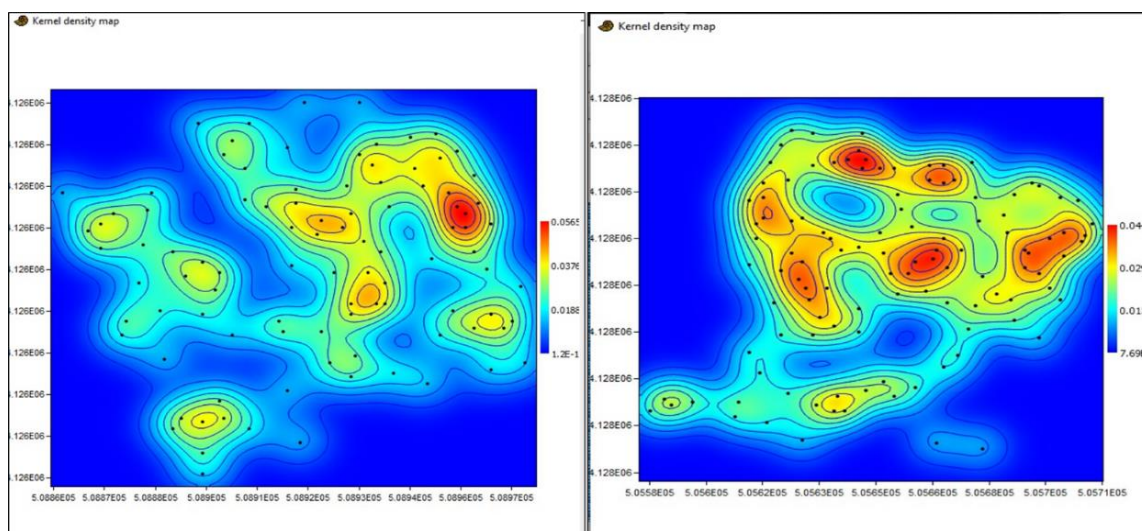
Figure 7. Spatial distribution pattern and the L-function plot with Monte Carlo envelopes (distance in meters) for the unprotected plot

غیرقرق در شکل ۹ نشان داده شده است. با توجه به نمودار، در قطعه قرق مقدار تابع L به‌طور کامل بین حدود مونت کارلو قرار دارد و در نتیجه الگوی تصادفی را نشان می‌دهد. در صورتی که در قطعه غیرقرق مقدار این تابع تا شعاع ۱۵ متر نشان‌دهنده الگوی تصادفی و از شعاع بیشتر از ۱۵ متر، بالاتر از حدود مونت کارلو قرار می‌گیرد و به الگوی خوشه‌ای می‌رسد.

شکل ۸ وضعیت تراکم دو توده را نشان می‌دهد. در قطعه غیرقرق (چپ) فقط یک لکه تراکم در شمال شرق توده دیده می‌شود و بقیه نقاط توده نیمه‌متراکم تا تنک هستند، درحالی‌که در قطعه قرق (راست) تراکم توده در قسمت‌های میانی تا شرق و شمال توده بیشتر و در بقیه نقاط نیمه‌متراکم تا تنک هستند.

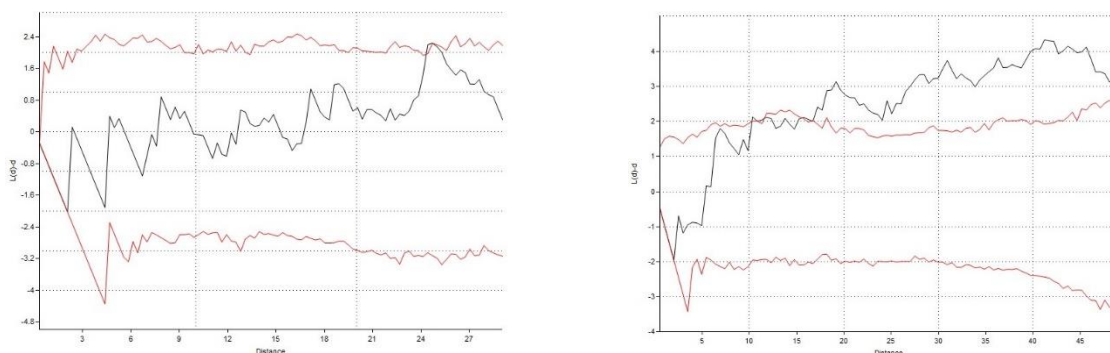
الگوی پراکنش مکانی گونه زرشک

الگوی پراکنش مکانی گونه زرشک در قطعه قرق و



شکل ۸- نمایش وضعیت تراکم در دو توده تحت بررسی قرق (راست) و غیرقرق (چپ)

Figure 8. The density distribution of the two study plots: the protected (right) and unprotected (left)



شکل ۹- نمودار تابع L و حدود مونت کارلو در قطعه قرق (چپ) و غیرقرق (راست) برای گونه زرشک؛ در این شکل فاصله‌ها به متر هستند.

Figure 9. Comparison of the L-function and Monte Carlo envelopes for *Berberis integerrima* in the protected (left) and unprotected (right) plots. Distances are measured in meters

بحث

ارس در قطعه قرق (۶/۶۵ درصد) در محدوده اعلام شده (۵۲/۸ تا ۸۷ درصد) توسط بقیه پژوهشگران (Sefidi et al., 2018; Tavankar, 2015) است، درحالی که مقدار این مشخصه در قطعه غیرقرق (۳۱/۳ درصد) بسیار کمتر از نتایج بقیه پژوهش‌هاست. دلایل این موضوع را باید در عوامل محیطی (Momeni Moghdam et al., 2007 & 2012) و مسائل خاک‌شناسی، تولید بذر و موانع زادآوری جست‌وجو کرد. فراوانی درختان ارس در هر دو قطعه با افزایش طبقه قطری کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده توده‌های ناهمسال طبیعی است و با نتایج بقیه پژوهشگران همسویی دارد (Tavankar, 2015).

نتایج نشان دادند که درختان ارس با ارتفاع ۳ تا ۴ متر بیشترین فراوانی را در قطعه‌های تحت بررسی به خود اختصاص دادند که به‌طور تقریبی در محدوده گزارش شده توسط پژوهشگران دیگر است. برای مثال Pourmajidian & Moradi (2009) ۴/۷ متر، Rostamikia & Ramin et al. (2013) ۴/۹ متر و Zobeiri (2013) ۲/۹ متر را نشان دادند. Rostamikia و Zobeiri (2013)، طبقات ارتفاعی درختان و درختچه‌های موجود در منطقه کندیرق خلخال را به‌صورت ترکیبی بررسی کردند که به‌دلیل ارتفاع کمتر درختچه‌های همراه، متوسط ارتفاع درختان در منطقه مقدار کمی را نشان داده است.

میانگین سطح تاج‌پوشش در قطعه قرق (۹/۵±۰/۸ متر مربع)، به‌طور چشمگیری بیشتر از قطعه غیرقرق (۶/۴±۱/۰ متر مربع) بود که بیانگر شرایط بهتر قطعه قرق است. در مجموع، قطعه‌های تحت بررسی درصد تاج‌پوشش بیشتری نسبت به توده‌های ارس منطقه کپه‌داغ با ۵/۷ درصد (Momeni Moghdam et al., 2007) و امین‌آباد فیروزکوه با ۷/۵ درصد (Ramin et al., 2013) نشان دادند. اما توده‌های ارس در منطقه آتشگاه کرج با ۲۰/۵ درصد (Sadeghi et al., 2016) و کندیرق خلخال با ۴۲/۸ درصد (Rostamikia & Zobeiri, 2013) تاج‌پوشش بسته‌تری نسبت به

آمیختگی توده‌های بررسی شده در این پژوهش، ناشی از ترکیب گونه ارس با چهار گونه خشبی است. توده‌های ارس در بقیه رویشگاه‌های کشور نیز به‌صورت آمیخته ظاهر شده‌اند، به‌طوری‌که در پژوهش‌های (Momeni-Moghaddam et al., 2012) در لاین خراسان با ۵ گونه دیگر، (2013) & Zobeiri Rostamikia در کندیرق خلخال با ۷ گونه، Tavankar (2015) در استان اردبیل با ۲۷ گونه، Sadeghi et al. (2016) در منطقه آتشگاه کرج با ۵ گونه و Sefidi et al. (2018) در کندرق خلخال با ۱۱ گونه دیگر ترکیب شدند. مقایسه نتایج یادشده نشان‌دهنده غنای کم گونه‌های خشبی در قطعه‌های تحت بررسی در پژوهش پیش رو است که با شرایط اقلیمی و ادافیکی مرتبط می‌شود.

نتایج نشان داد که فراوانی (تراکم) درختان ارس در قطعه‌های قرق و غیرقرق به ترتیب ۸۴ و ۳۱ اصله در هکتار بود. تراکم درختان ارس در پژوهش‌های مختلف نتایج بسیار متفاوتی را نشان داده است، به‌نحوی که Ramin et al. (2013) در منطقه امین‌آباد فیروزکوه ۳۲ اصله در هکتار، Zobeiri & Rostamikia (2013) ۳۲۶ اصله، Tavankar (2015) ۵۲/۷ اصله، Sadeghi et al. (2016) ۶۱ اصله و Sefidi et al. (2018) ۱۲۰ اصله درخت ارس را در هکتار شمارش کردند. Sefidi et al. (2018) دلایل تغییرات تراکم درختان در هکتار را به شرایط متفاوت رویشگاه و اختلاف در نحوه آماربرداری پژوهش‌های مختلف نسبت دادند. تراکم توده‌های جنگلی تحت تأثیر رقابت پایه‌ها، مدیریت‌های اعمال شده و همچنین آشفتگی‌هایی است که در سال‌های مختلف در آنها اتفاق می‌افتد. برداشت‌های مجاز یا غیرمجاز تراکم جنگل‌ها را کاهش می‌دهد، درحالی که در نتیجه اعمال مدیریت حفاظتی تراکم درختان در واحد سطح افزایش خواهد یافت. به همین دلیل تراکم درختان ارس در منطقه قرق پژوهش پیش رو بیشتر از منطقه غیرقرق است. فراوانی نسبی درختان

دارند و به همین دلیل تجمع زادآوری به صورت لکه‌ای در یک منطقه متمرکز می‌شود. افزون بر این، محدودیت خاک و عناصر غذایی ممکن است سبب حضور درختان با نیاز رویشگاهی مشابه در مجاور یکدیگر شود (Sadeghi et al., 2016). در ادامه وقتی رقابت بین درختان یک گونه افزایش یابد، الگوی پراکنش به سمت یکنواخت شدن میل خواهد کرد (Getzin et al., 2006). الگوی پراکنش گونه‌های درختی مانند افرا که بذرهاى بالدار آنها توسط باد جابه‌جا می‌شود، تصادفی است (Askari et al., 2014). تراکم توده‌ها نیز در مجموع بیانگر نیمه‌تراکم تا تنک بودن توده‌های تحت بررسی است، اگرچه در قسمت‌های شرقی و شمال شرقی قطعات لکه‌های تراکم‌تری دیده می‌شود. تراکم کم ممکن است افزون بر عوامل طبیعی مؤثر مانند شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا (Momeni Moghadam et al., 2012) تحت تأثیر دخالت انسان، حضور دام و برداشت‌های غیرقانونی در سال‌های گذشته نیز باشد. در نهایت با توجه به وضعیت درصد تاج‌پوشش و الگوی پراکنش مکانی کل درختان و همچنین درختان ارس در قطعه‌های بررسی‌شده و همچنین تراکم درختان که در محدوده کم‌تراکم توده‌های ارس گزارش شده توسط بقیه پژوهشگران است، اعمال مدیریت احیا، توسعه و حفاظت در این جنگل‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

قطعه‌های بررسی‌شده در این پژوهش داشتند. درصد تاج‌پوشش، نسبت مستقیمی با تراکم و ترکیب درختان در واحد سطح دارد. مقدار این مشخصه با افزایش تراکم درختان افزایش می‌یابد و بسته به گستردگی تاج گونه‌های همراه تغییر می‌کند. درجه حرارت، طول دوره رویش، حاصلخیزی خاک و توپوگرافی رویشگاه نیز از عوامل تأثیرگذار بر میزان تاج‌پوشش درختان جنگلی است (Momeni Moghadam et al., 2012a & 2012b).

الگوی پراکنش مکانی همه گونه‌های خشبی در قطعه‌های تحت بررسی مشابه هم بود. این الگو در فواصل نزدیک تصادفی و در فواصل بیشتر خوشه‌ای شد. Askari et al. (2013) نیز الگوی مکانی کل درختان را در منطقه چهارطاق اردل که درختان ارس بیشترین تاج‌پوشش را به خود اختصاص داده بودند خوشه‌ای محاسبه کردند. الگوی پراکنش درختان ارس در قطعه‌های قرق و غیرقرق به ترتیب خوشه‌ای و تصادفی بود. الگوی مکانی درختان ارس در پژوهش Askari et al. (2013) یکنواخت گزارش شد؛ اما الگوی مکانی این درختان در پژوهش Askari et al. (2014) تصادفی و خوشه‌ای و در پژوهش Askari et al. (2018) یکنواخت و خوشه‌ای معرفی شد. دلایل مختلفی سبب ایجاد الگوی خوشه‌ای در پراکنش درختان می‌شود. برای مثال این الگو به‌طور معمول در درختانی دیده می‌شود که بذرهاى سنگین

References

- Askari, Y., Soltani, A., & Sohrabi, H. (2014). Evaluation of Spatial distribution pattern of tree and shrub species in a central Zagros (Case study: Chahartagh forest reserve). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(2), 175-187. <https://doi.org/10.22092/ijfpr.2014.10664>. (In Persian)
- Askari, Y., Zobeiri, M., & Sohrabi, H. (2013). Comparison of five distance sampling methods for estimation of quantitative characteristics at Zagros Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), 316-32. <https://doi.org/10.22092/ijfpr.2013.3860> (In Persian).
- Azizi, Gh., Robertson, I., Karimi, M., & Abadijoui Ravari, M.M. (2020). Relationship between Altitude and Juniper Genus Tree -Rings Width Case Study: *Juniperus* Habitats in North of Kerman Province. *Ecology of Iranian Forests*, 8(15), 115-127. <https://doi.org/10.52547/ifej.8.15.115> (In Persian)
- Besag, J. (1977). Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 39, 193-195.

- Bihamta, M.R., & Zare Chahouki, M.A. (2008). Principles of statistics for the natural resources science, University of Tehran press, 300pp. (In Persian)
- Bordbar, S.K., Zarafshar, M., Babaeian, M., & Abbasi, A. (2020). Study on gender ratio in the juniper stands (*Juniperus excelsa*) of Layzangan Darab. Fars province. *Iran Nature*, 5(2), 69-77. <https://doi.org/10.22092/irn.2020.121633> (In Persian)
- Farhadi, P., Soosani, J., & Erfanifard, S.Y. (2017). Evaluation level of tree diversity in the Hyrcanian forests using complex structural diversity index (Case study: beech-hornbeam type, Nav-e Asalem, Gilan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 25(3), 495-505. <https://doi.org/10.22092/ijfpr.2017.112883> (In Persian)
- Getzin, S., Dean, C., He, F., Trofymow, J., Wiegand, K., & Wiegand, T. (2006). Spatial patterns and competition of tree species in a Douglas-fir chronosequence on Vancouver Island. *Ecography*, 29(5), 671-682. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04675.x>
- Kamali, N., Sadeghipour, A., Souri, M., & Mastinu, M. (2022). Variations in Soil Biological and Biochemical Indicators under Different Grazing Intensities and Seasonal Changes. *Land*, 11(9), 1537. <https://doi.org/10.3390/land11091537>
- Korouri, S.A.A., & Khoshnavis, M. (2000). Ecological and Environmental studies of juniper habitats in Iran. Research Institute of Forest and Rangelands, Iran. Tehran. 208pp. (In Persian)
- Milios, E., Pipinis, E., Petrou, P., & Akritidou, S. (2007). Structure and regeneration patterns of the *Juniperus excelsa* Beib. Stands in the central part of Nestos valley in the northeast of Greece. *Ecological Research*, 22, 713-723.
- Momeni Moghaddam, T., Hosseini, S.M., Makhdum Farkhandeh, M., & Akbarinia, M. (2007). Investigation the quantitative and qualitative status of Juniper stands in Kope Dagh. *Journal of Ecology*, 32(4), 109-116.
- Momeni Moghaddam, T., Sagheb-Talebi, Kh., Akbarinia, M.R., Akhavan, R., & Hosseini, S.M. (2012). Impact of some physiographic and edaphic factors on quantitative and qualitative characteristics of Juniper forest (Case Study: Layen region-Khorasan). *Iranian Journal of Forest*, 4(2), 143-156. (In Persian)
- Olano, J.M., Rozas, V., Bartolome, D., & Sanz, D. (2008). Effects of changes in traditional management on height and radial growth patterns in a *Juniperus thurifera* L. woodland. *Forest Ecology and management*, 225, 506-512.
- Pourmajidian, M.R., & Moradi, M. (2009). Investyigation on the site and silvicultural properties of *Juniperus excelsa* in natural forest of Ilan in Qazvin Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(3), 475-487. (In Persian)
- Ramin, M., Shataei, Sh., Habashi, H., & Khoshnevis, M. (2013). Investigation on some quantitative and qualitative characcterstics of Juniper stands in Aminabad of Firuzkoh. *Journal of Wood & Forest Scince and Technology*, 19(3), 21-40. (In Persian)
- Rostamikia, Y. & Zobeiri, M. (2013). Study on The Structure of *Juniperus excelsa* M.Beib. Stand in Khakhal Protected Forests. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 19(4), 151-162. (In Persian)
- Ravanbakhsh, H., Marvie Mohadjer, M.R., Assadi, M., Zobeiri, M., & Etemad, V. (2013). A Classification of *Juniperus excelsa* M.Bieb. Communities and Analysis of Vegetation in Relation to Environmental Variables (Case Study: Some Parts of Alborz Mountains, Iran). *Forest and Wood Products*, 66(3), 277-292. (In Persian)
- Sadeghi, S.M.M., Alijani, V., Namiranian, M., & Mohammadzadeh, M. (2016). Structural characteristics of *Juniperus excelsa* in the mountainous forests of Alborz south facing slop (Case study: Atashgah, Karaj). *Iranian Journal of Forest*, 8(1), 35-49. (In Persian)

- Sefidi, K., Firouzi, Y., Sharari, M., Behjou, F.K., & Rostamikia, Y. (2018). Quantification of spatial structure of juniper stands in Kandarahgh region. *Iranian Journal of Forest*, 10(1), 207-220. (In Persian)
- Stampoulidis, A., Milios, E., & Kitikidou, K. (2013). The regeneration of pure *Juniperus excelsa* M. Bieb. stands in Prespa National Park in Greece. *Sumarski List*, 137, 163-172.
- Stampoulidis, A., Pipinis, E., Petrou, P., & Kitikidou, K. (2023). Regeneration Analysis of the *Juniperus excelsa* Mixed Stands in Prespa National Park of Greece as a Base for the Assessment of the Appropriate Silvicultural Treatment for the Conservation of the Species. *South-east European forestry*, 14(1), 47- 52. <https://doi.org/10.15177/seefor.23-05>.
- Tavankar, F. (2015). Structure of natural *Juniperus excelsa* stands in Northwest of Iran. *Biodiversitas*, 16(2), 161-167.
- Zenner, E.K., & 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, 320-311.
- Zhang, Q., Zhang, Y., Peng, S., Yirdaw, E., & Wu, N. (2009). Spatial structure of Alpine trees in mountain Baima Xueshan on the southeast Tibetan plateau. *Silva Fennica*, 43(2), 197-208.



The structure of Juniper forest stands (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) in protected and unprotected plots of North Khorasan province (case study: Saluk region)

N. Kamali^{1*}, Kh. Sagheb-Talebi², P. Parhizkar¹, M. Hassani³, H. Ravanbakhsh⁴, and S.M. Sadeghi⁴

¹Associate Prof., Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

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

³Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

⁴Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

(Received: 7 September 2024; Accepted: 14 November 2024)

Abstract

Introduction: Understanding the structure of forest stands, particularly in Irano-Turanian regions, is essential for effective management and conservation efforts in semi-arid and arid areas. A thorough understanding of forest structure, including species distribution, tree size, and spatial patterns, enables more accurate assessments of ecological status, predictions of forest responses to environmental changes, and ultimately, the adoption of more efficient management decisions. This study aimed to investigate the structure of juniper stands in two one-hectare plots (protected and unprotected) in the Saluk region of North Khorasan province, Iran.

Materials and Methods: For a comprehensive analysis of the forest stand structure, all trees in each one-hectare plot were assessed. Quantitative parameters such as DBH, total height, and crown diameter in two perpendicular directions were measured. The spatial distribution of trees within each plot was determined by measuring the distance and azimuth of each tree. Statistical analyses were then performed to compare the structural characteristics and spatial patterns between the two plots.

Results: The results showed that the spatial distribution of juniper trees in the unprotected plot was random. While in the protected plot, this pattern changed to a regular one at close distances and to a random one and finally to a clustered pattern as the distance increased. The number of juniper trees per hectare was 84 in the protected plot compared to 31 in the unprotected one. There was no significant difference between the average crown area (12.2 ± 1.1 vs. 13.5 ± 2.8 m²), DBH (16.9 ± 0.7 vs. 16.6 ± 1.4 cm) and height (3.9 ± 0.5 vs. 3.5 ± 0.1 m) of juniper trees in protected and unprotected plots. The average crown area of all species in the protected plot (9.5 ± 0.8 m²) showed a significant difference from the unprotected one (6.4 ± 1.0 m²).

Conclusion: Considering the situation of crown cover percentage and the spatial distribution pattern of all trees and also juniper trees in the investigated plots as well as the density of trees which is in the low range of the density of juniper stands reported by other researchers, it is necessary to apply restoration management, development and conservation in these forests.

Keywords: Crown area, forest Conservation, restoration and development, silviculture characteristics, spatial pattern.