مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال پانزدهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۲
ص ۳۷۶-۳۶۱
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2023.360913.1890

اثر برخی عوامل انسان‌ساز ایجادکنندهٔ تنش بر ساختار جنگل‌های بلوط زاگرس مرکزی

ایمان ظفریان ریگکی[۱]، علی سلطانی[۲] و علی جعفری[۳*]

[۱] دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[۲] دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[۳] دانشیار گروه محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰)

چکیده

مقدمه: جنگل‌های بلوط زاگرس به‌طور مستم در معرض تنش‌های انسان‌ساز قرار دارند، چنانکه نه‌تنها وسعت آنها در حال کاهش است، بلکه ساختار کیفی توده‌ها نیز کاهش می‌یابد. مدل‌ها براساس اطلاعات میدانی می‌توانند تغییر شاخص‌های ساختار جنگل بر اثر عوامل تنش‌زا را قبل از کاهش وسعت جنگل پیش‌بینی کنند. این تحقیق به اثر برخی از عوامل اصلی تنش‌زای انسانی بر شاخص‌های اصلی جنگل‌های زاگرس مرکزی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها: شاخص‌های ساختاری توده‌های جنگلی تحت پنج کاربری ارضی در ۷۸ قطعه نمونه و ۱۱ تودهٔ جنگلی در گستره‌ای به وسعت حدود ۲۴ هزار هکتار از دهستان مشایخ در زاگرس مرکزی توسط پیمایش زمینی اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری در هر توده، بسته به مساحت در شش تا نه قطعه نمونهٔ یک هکتاری به‌صورت سیستماتیک تصادفی با فاصلهٔ یکسان انجام گرفت. همچنین از ریزقطعات نمونهٔ یک متر مربعی برای نمونه‌برداری از پوشش غیردرختی استفاده شد. آنالیز واریانس یکطرفه برای تعیین شاخص‌های تفکیک‌کننده و مدل خطی عمومی برای تحلیل اثر تنش‌های انسان‌ساز بر جنگل به‌کار گرفته شد.

نتایج: به‌جز شاخص تراکم درختان بلوط، بقیهٔ مشخصه‌های ساختاری در بین توده‌ها متفاوت بودند. این تحقیق نتوانست تفاوتی در درصد پوشش، تعداد اشکوب و تعداد گونه‌های درختی و غیردرختی در بین سطوح تنش (حفاظت و تخریب) بیابد. با افزایش سطح زراعت زیراشکوب و با نزدیک شدن به روستا از متوسط تعداد جست در هر جست‌گروه کاسته و بر قطر متوسط درختان افزوده شد که نشانهٔ حذف درختان جوان توسط زارعان بود. سطوح متفاوت چرا و نزدیکی به جاده، تفاوتی در شاخص‌های ساختاری جنگل ایجاد نکرد. اعمال برنامه‌های حفاظتی در دو تودهٔ جنگلی کاوند و دوتو، تنها سبب افزایش متوسط ارتفاع درختان شد و بهبود ساختاری دیگری به وجود نیاورد.

نتیجه‌گیری: اثر تنش‌های انسان‌ساز بر ساختار جنگل‌های شاخه‌زاد قبل از آنکه سبب کاهش وسعت یا تراکم درختان شود، در قطر درختان و تعداد جست در هر جست گروه نمود می‌یابد. همچنین حفاظت توده‌های جنگلی به‌مدت دو دهه به افزایش متوسط ارتفاع درختان می‌انجامد.

واژه‌های کلیدی: چرای دام، زراعت زیراشکوب، فاصله از جاده، فاصله از روستا، متوسط تعداد جست.

مقدمه

در بین اکوسیستم‌های خشکی جنگل‌ها یکی از پیچیده‌ترین ساختارها را دارند (Weathers et al., 2012) و تخریب آنها به‌طور معمول مراحل متعددی را شامل می‌شود (Kooch et al., 2020). قبل از حذف کامل درختان یا تغییر چشم‌انداز، تخریب جنگل با کاهش تنوع زیستی و از بین رفتن بقایای چوبی کف آن شروع می‌شود و با کاهش تولید خالص اولیه و عملکرد، شامل متوسط اندازه‌های درخت و توده و در نهایت از بین رفتن پایداری و تاب‌آوری اکوسیستم

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۲۲۴۹۹۶۵۷
ایمیل: jafari.ali@sku.ac.ir

ادامه می‌یابد (Vásquez-Grandón et al., 2018). فعالیت‌های انسانی بسیاری سبب تخریب جنگل‌ها می‌شوند. برداشت مستقیم چوب و قطع درختان، چرای دام، برداشت هوموس و خاک، زراعت در زیراشکوب و انواع آلودگی‌ها از شایع‌ترین آنها هستند (MacDicken, 2015). بهره‌کشی از جنگل و تولیدات جنگلی در کشورهای در حال توسعه به‌طور وسیعی توسط جوامع روستایی صورت می‌گیرد و حتی مناطق حفاظت‌شده از معرض دستیازی مصون نمی‌مانند؛ این مناطق نقش مهمی در معیشت و اقتصاد مردم دارند (Kumar & Shahabuddin, 2005). جنگل‌های مجاور جمعیت‌های روستایی گاهی از همهٔ این تنش‌های انسان‌ساز رنج می‌برند. به هم خوردن توازن روابط اکوسیستم‌ها در این جنگل‌ها، در نهایت خود را با تغییر چشم‌انداز به زمین زراعی، چراگاه و خانه‌های روستایی نشان می‌دهد. به‌جز بهره‌برداری‌های غلط صنعتی، در بیشتر موارد علت اصلی تخریب جنگل‌ها، فعالیت‌های کشاورزی است. تخمین دقیقی از وسعت این تخریب‌ها در جهان موجود نیست، با این‌حال برآورد شده است که برای مثال در سال ۲۰۱۹، مناطق استوایی در هر دقیقه نزدیک به ۳۰ زمین فوتبال از درختان جنگلی خود را از دست داده‌اند (FAO, 2020).

تغییرات عملکردهای اکوسیستم در جنگل‌های تحت فشار تنش بسیار متنوع است و به همان نسبت نیز شاخص‌های متفاوتی برای رصد این تغییرات پیشنهاد شده‌اند. برای مثال پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهند که رابطهٔ مستقیمی بین تراکم و تمرکز جمعیت‌های روستایی، نزدیکی به جاده‌ها و رودخانه‌ها و از بین رفتن جنگل‌ها وجود دارد و در نتیجه مدل‌های تغییرات خطی یا تک‌وجهی (Amini et al., 2008; Bavaghar, 2015) یا غیرخطی (Henareh et al., 2013, Sedaghat et al., 2022) برای رصد شیب تخریب جنگل‌ها در نتیجه نزدیکی به مراکز تجمع انسانی عرضه شده‌اند. شدت تخریب‌ها بسته به تراکم و وسعت روستاهای موجود در هر منطقه متفاوت است (Thapa & Chapman, 2009). شاخص‌ها را می‌توان براساس داده‌های سنجش از دور (Naseri et al., 2019) یا میدانی (Niknam et al., 2008; Karami et al., 2022) انتخاب کرد و برای برنامه‌ریزی‌های محلی تا بین‌المللی به‌کار گرفت. در بیشتر مدل‌های به‌دست آمده از داده‌های سنجش از دور، عقب‌نشینی مرز جنگل و قطعه‌قطعه شدن و گسست پیوستگی توده‌ها، شاخص جنگل‌زدایی یا کاهش تاب‌آوری در نظر گرفته می‌شود (Henareh et al., 2013). این دسته شاخص‌ها در مقیاس بزرگ عمل می‌کنند و دید مناسبی را در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهند، اما به‌طور معمول تغییرات ساختار درونی جنگل را رصد نمی‌کنند. استفاده از شاخص‌های ساختار توده‌های جنگلی، به‌منظور بررسی‌های کوچک‌مقیاس تنش‌های طبیعی و انسانی مانند آتش‌سوزی، چرای دام و زراعت زیراشکوب ضروری به نظر می‌رسد (Wan et al., 2019; Johnson et al., 2020; Baran et l., 2020). در بیشتر کشورهای در حال توسعه و به‌رغم اهمیت ساختار توده‌های جنگلی به‌عنوان شاخص عمومی سلامت اکوسیستم، به این شاخص‌ها توجه کافی نشده است. پژوهشگران مطالعات ساختار جنگل را به سه ویژگی تنوع موقعیت مکانی، تنوع آمیختگی و تنوع ابعاد درختان تقسیم کرده‌اند (Gadow, 2003; Motz et al., 2010) به‌طور کلی تصمیم‌گیرندگان با آگاهی از وضعیت پراکنش، پوشش و تعداد در طبقات قطری و ارتفاعی می‌توانند پیش از دخالت در توده، شناخت مناسبی از آن داشته باشند و در نهایت به نتیجه‌گیری درستی در خصوص اثر عوامل مخرب انسان‌ساز برسند (Mattahji & Namiranian, 2003).

پژوهش‌های مختلف به جنبه‌های متفاوتی از اهمیت ساختار و ترکیب گونه‌ای و اثر فعالیت‌های انسانی بر کاهش کیفیت ساختار و ترکیب گونه‌ای و همچنین روش‌های تعیین و بررسی آنها در سطح توده

توجه داشته‌اند. ارتباط بین ویژگی‌های کمی و کیفی ساختار توده‌های جنگلی با عوامل محیطی مانند خصوصیات فیزیوگرافی و توپوگرافی حوضه و شرایط خاک (Taleshi & Akbarinia, 2011; Pourbabaei & Haghgooy, 2013; Modaberi & Mirzaei, 2017)، کاربرد روش‌های مختلف نمونه‌برداری یا شاخص‌های مختلف ترکیب گونه‌ای در تعیین ساختار توده‌های جنگلی (Rouhi-Moghaddam et al., 2011; Haidari et al., 2014; Hosseinzadeh et al., 2021) یا تأثیر مدیریت‌های مختلف بر کیفیت ساختار توده‌های جنگلی (Alijani et al., 2013; Wan et al., 2019; Zabihollahi et al., 2021; Pourhashemi & Alimahmoodi Sarab, 2022; Azizi et al. 2022) مدنظر پژوهشگران بوده است.

منطقه رویشی زاگرس با یک‌سوم وسعت، یک‌پنجم جمعیت انسانی و بیش از نیمی از دام کشور، از مناطق راهبردی و باارزش منابع طبیعی ایران محسوب می‌شود. بیش از نیمی از زاگرس با جنگل پوشیده شده است. این جنگل‌ها ضمن برخورداری از اثرهای اجتماعی- اقتصادی ویژه بیش از یک‌سوم بارندگی سالانه کشور را به خود اختصاص می‌دهند و با تأمین ۵۰ میلیارد متر مکعب آب، منبع ۴۰ درصد رودخانه‌های کشور هستند (Saemian et al., 2022). این رودخانه‌ها فلات مرکزی ایران را نیز تغذیه می‌کنند و در حفظ منابع آبی، حفاظت خاک، تعدیل آب‌وهوا و حفظ ذخایر ژنتیکی اهمیت زیادی دارند (Jazirehi & Rostaghi, 2003). با این‌حال جنگل‌های زاگرس به‌واسطهٔ نبود مدیریت متمرکز و تعارض مالکیت‌های ملی، عرفی و خصوصی (Ghazanfari et al., 2004) و در نگاه کلی‌تر فقر اقتصادی (Soltani et al., 2014)، همیشه در معرض از دست دادن ارزش‌های عملکردی خود بوده‌اند و در دهه‌های اخیر دستخوش کاهش شدید وسعت، تغییر در پوشش و نیز ساختار شده‌اند. نتیجه‌گیری دربارهٔ تأثیر راه‌ها و روستاها بر کاهش عملکرد ترسیب کربن اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس از نتایج ثانویهٔ پژوهش‌های کاربری اراضی به‌دست آمده است (Soltani et al., 2020, Zabihollahi et al., 2021). این تغییرات با برآوردهای بزرگ‌ترین تغییر تاریخی در اکوسیستم انسانی در نیم قرن گذشته (Walker et al., 2004) مطابقت دارند که به‌طور بالقوه ممکن است به فروپاشی اقتصادی و اجتماعی بینجامد (Henareh Khalyani & Mayer, 2013).

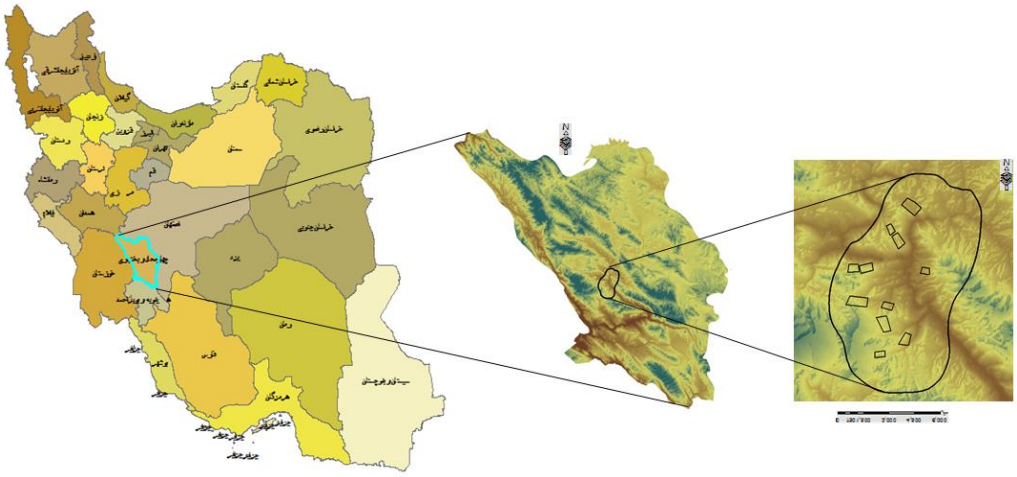
در این تحقیق سعی شده است که در مقیاس توده، برخی از اصلی‌ترین فعالیت‌های اثرگذار انسانی در جمعیت‌های روستایی در منطقه‌ای به‌نسبت گسترده از زاگرس مرکزی در قالب نوع و سطوح تنش‌های انسان‌ساز ملاک قرار گیرد و ارتباط آنها با تغییرات شاخص‌ها ساختاری توده‌های جنگلی بررسی شود. همهٔ توده‌های جنگلی منطقه با شدت‌های گوناگون تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی مرتبط با کشاورزی قرار گرفته‌اند. دوری و نزدیکی به روستا و جاده و وجود آثار چرای دام و زراعت در زیراشکوب اصلی‌ترین نمایه‌های فعالیت‌های بشری بر جنگل هستند که مدنظر قرار گرفته‌اند.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

منطقهٔ پژوهش ناحیه‌ای با وسعت حدود ۲۴ هزار هکتار است که بین عرض‌های جغرافیای ′۴۷ °۳۱ و ′۵۸ °۳۱ شمالی و طول‌های جغرافیایی ′۲۸ °۵۰ و ′۴۰ °۵۰ شرقی، در دهستان مشایخ در شهرستان کیار و دهستان مرکزی شهرستان اردل واقع شده است (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به‌ترتیب ۱۴۰۰ و ۲۹۵۰ متر از سطح دریا است. بیشتر عرصهٔ تحت بررسی شیب ۳۰-۵ درصد دارد. میانگین بارش سالانه در منطقه ۸۰۰-۴۰۰ میلی‌متر، میانگین دما در سردترین ماه سال (دی) ۲/۴ درجهٔ سانتی‌گراد، میانگین دما در گرم‌ترین ماه سال (تیر) ۲۶/۸ درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین دمای سالانه ۱۴/۹ درجهٔ سانتی‌گراد با دامنهٔ تغییرات ۲۷/۴ درجهٔ

سانتی‌گراد است. بر این اساس به‌طور کلی منطقه از نظر ویژگی‌های آب‌وهوایی دومارتن در دو منطقهٔ اقلیمی آب‌وهوایی بسیار مرطوب و مرطوب قرار می‌گیرد، ولی اقلیم مرطوب بر بیشتر بخش‌های منطقه حاکم است (Soltani et al., 2011; Iran Meteorological Organization, 2021).



شکل ۱- موقعیت منطقه و توده‌های بررسی‌شده در استان چهارمحال و بختیاری

Figure 1. The location of the study area and distribution of stands in Chaharmahal and Bakhtiari Province

شیوهٔ اجرای پژوهش

توده‌های جنگلی و سطوح تنش

جاده‌های اردل- هفت‌پیران- دوتو و ناغان- گندمکار از این منطقه می‌گذرند و محورهای دسترسی برای جنگل‌گردشی چندروزه در این تحقیق را تشکیل می‌دهند. در کنار جنگل‌گردشی، بررسی نقشه‌ها و اسناد کتابخانه‌ای به گزینش ۱۱ تودهٔ جنگلی در فواصل مختلف از این جاده‌ها منجر شد. هر توده یک دامنه را به خود اختصاص داد و براساس نزدیک‌ترین روستا نامگذاری شد (جدول ۱). همهٔ توده‌های انتخابی در ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ متر از سطح دریا قرار داشتند. تمرکز روستاها در حاشیهٔ رودخانهٔ کارون و سرچشمه‌های آن، وجود دره‌های عمیق، در کنار اعمال روش‌های بهره‌گیری متفاوت از منابع آبی و زمینی و برنامه‌های حفاظتی و حمایتی در برخی مناطق سبب شده که سیماهای متنوعی از پوشش گیاهی و جنگل در این منطقه مشاهده شود. به‌طوری که توده‌های جنگلی اغلب خالص بلوط غرب (*Quercus brantii* lindl.) با تراکم‌های مختلف تا یکصد پایه در هکتار و فرم‌های رویشی اغلب شاخه‌زاد و به‌ندرت دانه‌زاد را می‌توان در وسعت‌های به‌هم‌پیوستهٔ پنجاه هکتاری یافت. همهٔ این اراضی ملی هستند، ولی آثار کاربری‌های مختلف (زراعت زیراشکوب و چرای دام) توسط روستاییان در آنها دیده می‌شود که در این تحقیق به آنها نوع سطوح تنش گفته می‌شود. این روش‌های بهره‌برداری در بیشتر توده‌های انتخابی کم و بیش دیده می‌شوند. در این پژوهش سطح تنش با مشخصه‌های دیگر مانند دوری و نزدیکی به روستا و جاده برای هر قطعه نمونه به تفکیک ثبت شد. هر چهار شاخص بسته به اندازه و بزرگی آنها به سه طبقه (کم، متوسط و زیاد) تقسیم شدند. در جدول ۱ مقدار طبقه‌ای که در بین قطعات نمونه هر توده بیشترین سهم را دارد دیده می‌شود. شاخص پنجم قرارگیری تودهٔ جنگلی در برنامه حفاظتی ادارهٔ کل منابع طبیعی استان بود. دو تودهٔ دوتو (Doto) به‌مدت ۲۱ سال و کاوند (Kava) به‌مدت ۱۲ سال تحت برنامهٔ حفاظت قرار گرفته‌اند. البته این برنامه‌ها با اعمال و اجرای قانون کامل همراه نبوده و تنها از درصد چرا و زراعت زیراشکوب کاسته است.

جدول ۱- توده‌های جنگلی بررسی‌شده به علاوهٔ مشخصات اصلی سطوح تنش‌های انسان‌ساز. مشخصات نوشته‌شده برای هر تودهٔ جنگلی، نمایندهٔ مشخصه‌های همهٔ قطعات نمونهٔ آن تودهٔ جنگلی است

Table 1. The surveyed stands along with key characteristics of their anthropogenic stress levels. The characteristics of each stand are the average of all sample plots in that stand

نام توده Stand's Persian name	کد توده Stand's code	مختصات مرکز توده‌ها Coordinates of the center of the stand		سطح زراعت Cultivation level	چرا Grazing	نزدیکی به روستا Proximity to village	نزدیکی به جاده Proximity to road	حفاظت Protection	تعداد قطعه نمونه Number of plots
		x	y						
بره مرده	Bare	459508	3522996	بالا high	بلی Yes	نزدیک close	نزدیک close	خیر No	6
هفت پیران ۱	Haf1	460517	3534166	متوسط middle	بلی Yes	نزدیک close	نزدیک close	خیر No	6
هفت پیران ۲	Haf2	461185	3533186	پایین low	بلی Yes	میانه midrange	میانه midrange	خیر No	8
سرتنگ محمود	Sata	457632	3527776	پایین low	بلی Yes	midrange	دور distant	خیر No	9
فیروزآباد	Firz	459990	3525582	متوسط middle	بلی Yes	میانه midrange	میانه midrange	خیر No	6
ده‌کهنه	Dehk	462626	3536102	متوسط middle	بلی Yes	دور distant	میانه midrange	خیر No	9
اسلام‌آباد	Esla	460238	3527342	متوسط middle	بلی Yes	نزدیک close	نزدیک close	خیر No	7
کاوند	Kava	457243	3530716	پایین low	خیر No	دور distant	دور distant	بلی Yes	6
دوپلان	Dopo	463861	3530425	بالا high	بلی Yes	نزدیک close	نزدیک close	خیر No	6
بین بره مرده و فیروزآباد	BaFi	461865	3524273	پایین low	بلی Yes	دور distant	نزدیک close	خیر No	6
دوتو	Doto	458166	3530548	پایین low	خیر No	دور distant	دور distant	بلی Yes	9

روش نمونه‌برداری

در هر توده، برای نمونه‌برداری درختان، از شش تا نه قطعه نمونهٔ مربعی یک هکتاری به‌صورت سیستماتیک تصادفی استفاده شد. برای انتخاب مرکز قطعات نمونه ابتدا یک نوار به مساحت یک‌چهارم منطقه توده جنگلی که در بالاترین ارتفاع از سطح دریا قرار داشت تعیین شد، سپس یک نقطهٔ تصادفی در این باند مشخص شد و از آن نقطه تا مرز توده در جهت شیب غالب، شش تا نه قطعه نمونه یک هکتاری طوری پیاده شدند که در فاصلهٔ یکسانی از یکدیگر قرار گیرند. فاصله بین قطعات نمونه در هیچ یک از توده‌ها کمتر از ۱۰۰ متر نبود. در هر قطعه نمونه افزون‌بر تعداد درختان، متوسط تعداد جست در هر جست‌گروه شمرده شدند. سپس قطر متوسط تاج، قطر برابرسینه، ارتفاع کل و ارتفاع تاج درختان با دقت سانتی‌متر به‌ترتیب به‌وسیلهٔ متر مهندسی، نوار قطرسنج و سونتو اندازه‌گیری شدند. قطر برابرسینه برای پایه‌های شاخه‌زاد برابر با متوسط قطر جست‌های قطورتر از ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. از این اطلاعات، ارتفاع غالب، به‌صورت متوسط ارتفاع ۲۰ اصله درخت از قطورترین درختان توده محاسبه شد. کاهش تعداد قطورترین درختان از ۵۰ به ۲۰ اصله در هکتار، به‌علت تراکم کم درختان در جنگل‌های یادشده بود (Li et al., 2007). بلندترین ارتفاع غالب تمام قطعات نمونهٔ یک توده، به‌عنوان سقف ارتفاعی توده در نظر گرفته شد و بر آن اساس، تعداد سه لایهٔ ارتفاعی تاج پوشش (اشکوب)، با عرض یکسان در هر توده تنظیم شد. در این تعریف اشکوب به‌معنای باندی از فضاست که الزاماً توسط تاج درختان پر نشده است. درختان با در نظرگیری ارتفاع تاج و اینکه حداقل ۲۰ درصد تاج با یک اشکوب همپوشانی داشته باشد، در یک یا چند آشکوب دسته‌بندی شدند. بنابراین تعداد اشکوب‌های نهایی در هر قطعه نمونه بسته به ارتفاع غالب توده، برابر با تعداد لایه‌های ارتفاعی متمایزشده توسط درختان در نظر گرفته شد. با استفاده از دو روش تخمین بصری، گیاهان غیرچوبی قرارگرفته در کف جنگل شناسایی و توسط ریز قطعات نمونه یک متر مربعی در مرکز هر قطعه نمونهٔ بزرگ، درصد پوشش هر یک مشخص شد (Bahmani et al., 2022).

روش تحلیل

از شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در هر قطعه نمونه میانگین‌گیری شد. تفاوت احتمالی بین یازده تودهٔ جنگلی در سطح ۵ درصد خطای آماری، با درنظرگیری قطعات نمونه به‌عنوان واحد مقایسه‌ها، برای هر شاخص، توسط آنالیز واریانس یکطرفه مشخص شد. براساس دامنهٔ تغییرات، اندازه‌های شاخص‌های دارای تفاوت معنی‌دار، به سه (حدود طبقات یک‌سوم) یا چهار طبقه (حدود طبقات چارک) تقسیم شدند. به جنگل‌هایی که میانگین مقادیر شاخص‌های آنها در داخل هر یک از این طبقات قرار گرفت، برچسب همان طبقه داده شد. از مدل خطی عمومی استفاده شد تا اثر سطوح تنش مختلف بر شاخص‌های مورد مطالعه در طول جنگل‌های تحت بررسی تعیین شود. در این روش سطوح دوگانه یا سه‌گانهٔ هر یک از عوامل سطوح تنش (جدول ۱)، به‌عنوان متغیر ثابت و عامل جنگل‌ها، بسته به برچسب طبقه شاخص به‌عنوان متغیر تصادفی تعریف شدند. از آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد تا سطوح تنش با هم مقایسه شوند (Minitab software).

نتایج

در مجموع ۷۸ قطعه نمونه در ۱۱ تودهٔ جنگلی اندازه‌گیری شدند. بیشینه و کمینهٔ مقادیر مشخصات توده که در تمام قطعات نمونه اندازه‌گیری شدند در جدول ۲ آمده است.

تنها شاخص رویشی توده که تفاوت معنی‌داری بین توده‌های جنگلی تحت بررسی وجود نداشت، تراکم درختان جنگلی بود (جدول ۳). از این‌رو این شاخص از مقایسه‌های سطوح تنش نیز حذف شد.

جدول ۲- تغییرات متوسط شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در توده‌های تحت بررسی. براساس دامنهٔ تغییرات، این شاخص‌ها به سه یا چهار سطح طبقه‌بندی شدند

Table 2. The average change in the measured indices of the stands. Based on the range of change, these indices were classified into 3 or 4 levels

شاخص index	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	تعداد طبقه Number of levels	شاخص index	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	تعداد طبقه Number of levels
قطر (سانتی‌متر) diameter (cm)	28	6	4	تراکم density	195	47	3
ارتفاع (متر) height (m)	8.4	2.7	4	تعداد اشکوب number of strata	3	1	3
پوشش (درصد) cover (%)	76	15	4	تعداد گونه‌های درختی number of tree species	4	1	3
تعداد جست shoot number	19.25	1	4	تعداد گونه‌های غیردرختی number of non-tree species	28	4	3

جدول ۳- نتیجهٔ مقادیر F در آنالیز واریانس یکطرفهٔ شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در بین توده‌های جنگلی تحت بررسی. درجهٔ آزادی توده ۱۰ و درجهٔ آزادی خطا ۶۷ است

Table 3. F-values of the one-way ANOVA for the measured indices in the studied forest stands. The degrees of freedom for forest stands and error were 10 and 67, respectively.

قطر diameter	ارتفاع Height	پوشش cover	تعداد اشکوب number of strata	تعداد گونه‌های غیردرختی number of non-tree species	تراکم density	تعداد جست shoot number	تعداد گونه‌های درختی number of tree species
18.51^{**}	13.62^{**}	7.49^{**}	4.82^{**}	4.31^{**}	1.46^{NS}	31.26^{**}	7.42^{**}

** تفاوت معنی‌دار با حداقل ۹۹ درصد اطمینان آماری

** statistically significant differences at 99% confidence level

NS نبود تفاوت معنادار آماری

** No statistically significant difference

براساس دامنهٔ اعداد و پراکنش فراوانی، شاخص‌های هفت‌گانهٔ توده باقی‌مانده به سه یا چهار طبقه تقسیم شدند. همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها ذکر شد، واحد آنالیز در این تحقیق قطعه نمونه است. با این‌حال براساس میانگین مقادیر هفت شاخص اندازه‌گیری‌شده در قطعات نمونه، هر یک از توده‌ها در طبقهٔ خاصی از هر شاخص قرار می‌گیرند (جدول ۴). این متوسط مقادیر به‌عنوان ارزش مقادیر شاخص‌های توده در آنالیز واریانس طرح بلوک منظور شدند.

مقایسهٔ بین نوع سطوح تنش مختلف با در نظر گرفتن سطوح در نظر گرفته‌شده برای آنها (جدول ۱) انجام گرفت. در تحلیل واریانس با در نظرگیری جنگل به‌عنوان بلوک، نتایج نشان دادند که تفاوتی بین هیچ یک از انواع سطوح تنش در خصوص درصد پوشش، تعداد اشکوب، تعداد گونه‌های درختی و غیر درختی تفاوتی وجود ندارد. زراعت زیراشکوب سبب شد تا توده‌های جنگل از لحاظ متوسط قطر و تعداد جست متفاوت باشند. نزدیکی به روستا هم سبب ایجاد تفاوت در متوسط تعداد جست‌های درختان شد. حفاظت در دو جنگل کاوند و دوتو نیز سبب ایجاد تغییر در متوسط ارتفاع درختان شد (جدول ۵).

مقایسهٔ توده‌های جنگلی با سه سطح زراعت زیراشکوب نشان داد که در توده‌های با سطح زراعت زیاد، درختان متوسط قطر بیشتری دارند، ولی تفاوتی در متوسط قطر درختان در سطوح زراعت متوسط و کم دیده نمی‌شود (شکل ۲).

نتایج نشان دادند که درختان در مناطق حفاظت‌شده دارای متوسط ارتفاع بیشتری نسبت به درختان مناطق حفاظت نشده هستند (شکل ۳). با این‌حال تفاوتی در قطر متوسط آنها دیده نشد. نمودار پراکنش قطر-ارتفاع قطعات نمونه با درنظرگیری سطح حفاظت آنها نشان‌دهندهٔ تجمع قطعات نمونهٔ حفاظت‌شده در حدود متوسط میانگین قطر است (شکل ۴).

جدول ۴- دسته‌بندی توده‌های جنگلی در سطوح شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده. از این دسته‌بندی به‌عنوان تعداد بلوک‌های واردشده در تحلیل واریانس استفاده شد

Table 4. Classification of the stands into levels of the measured indicators. These classifications were used as the number of blocks to be included in the analysis of variance

4	3	2	1	سطح (طبقه) level (class)
Dehk, Dopo, Haf1	Esla, Haf2, Kava	BaFi, Bare, Doto	Firz, Sata	قطر Diameter
Haf1, Dehk, Dopo	Haf2, Bare, Esla	Firz, BaFi	Kava, Sata, Doto	ارتفاع Height
Bare, Esla, Firz	BaFi, Dehk, Haf2, Sata	Doto, Haf1	Dopo, Kava	پوشش Cover
------	Dopo, Haf1, Kava	Haf2, Esla, BaFi	Bare, Dehk, Doto, Firz, Sata	تعداد اشکوب number of strata
------	Dopo, Esla, Kava	BaFi, Bare, Dehk, Firz, Haf1, Sata	Doto, Haf2	تعداد گونه‌های غیردرختی number of non-tree species
Firz, Sata	BaFi, Bare, Doto, Esla, Kava	Dopo, Haf2	Dehk, Haf1	تعداد جست shoot number
------	Bare, Esla, BaFi	Dehk, Firz, Haf2, Kava	Dopo, Doto, Sata, Haf1	تراکم Density
------	BaFi, Dopo, Doto, Haf1, Kava	Dehk, Esla, Firz	Bare, Haf2, Sata	تعداد گونه‌های درختی number of tree species

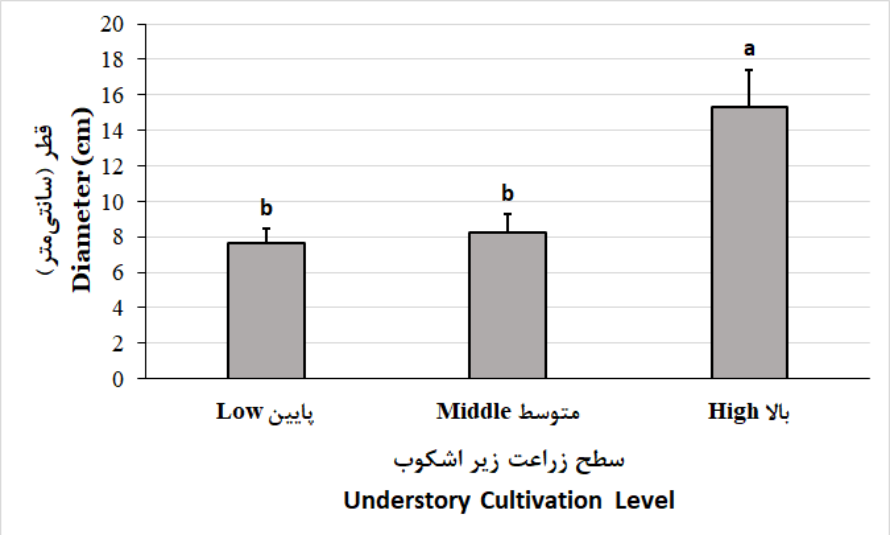
جدول ۵ – مقادیر F محاسباتی و درجهٔ آزادی (df) تحلیل واریانس تغییرات انجام‌گرفته در هفت شاخص توده در سطوح تنش مختلف. توده‌های جنگلی به‌عنوان عامل بلوک در نظر گرفته شدند که در همهٔ موارد اثر آنها با بیش از ۹۹ درصد اطمینان معنی‌دار بود، از این‌رو برای اجتناب از تکرار علامت ستاره، از درج آنها در ردیف‌های پررنگ‌شده خودداری شد

Table 5. The F values and degrees of freedom (df) of the analysis of variance were calculated for the changes that occurred in the seven indices at different disturbance levels. Stand was considered as block. In all cases, the effect was significant at greater than 99% confidence level and therefore was not indicated in the highlighted rows to avoid repeating asterisks.

تعداد گونه‌های درختی		تعداد جست		تعداد گونه‌های غیردرختی		تعداد اشکوب		درصد پوشش		ارتفاع		قطر		نوع تنش disturbance
F	Df	F	Df	F	df	F	df	F	df	F	Df	F	Df	
0.13	2	**7.69****	2	1.12	2	1.88	2	0.08	2	0.39	2	**0.41****	2	زراعت Cultivation
0.13	2	67.66	3	19.85	2	19.08	2	18.65	3	34.16	3	44.78	3	توده stand
0.27	1	0.01	1	0.24	1	4.56	1	0.08	1	0.04	1	0.04	1	چراGrazing
30.50	2	77.24	3	20.95	2	18.20	2	17.30	3	34.21	3	34.21	3	توده stand
0.59	2	**4.34****	2	0.77	0.26	2.53	2	0.68	2	0.82	2	0.89	2	نزدیکی به روستا Proximity to village
28.36	2	90.84	3	0.00	15.88	20.46	2	19.52	3	41.20	3	60.03	3	توده stand
0.14	2	0.08	2	0.39	2	2.47	2	0.05	2	0.15	2	0.20	2	نزدیکی به جاده Proximity to road
24.62	2	69.73	3	20.85	2	18.27	2	16.46	3	31.25	3	57.57	3	توده stand
2.06	1	0.67	1	0.02	1	1.49	1	0.00	1	**84.54****	1	0.28	1	حفاظت Protection
33.54	2	79.12	3	13.63	2	18.97	2	22.94	3	32.64	3	60.18	3	توده stand

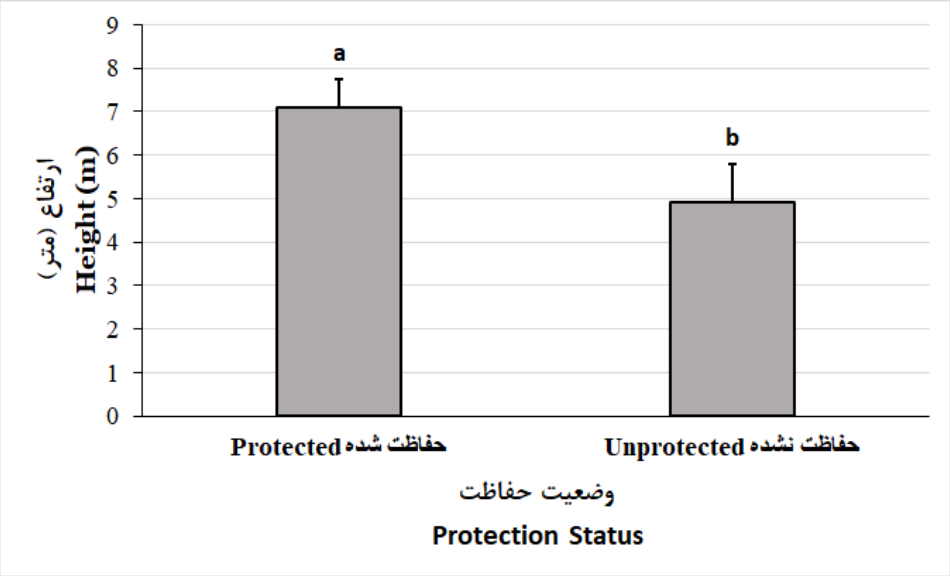
** تفاوت معنی‌دار با حداقل ۹۹ درصد اطمینان آماری

** statistically significant differences at 99% confidence level



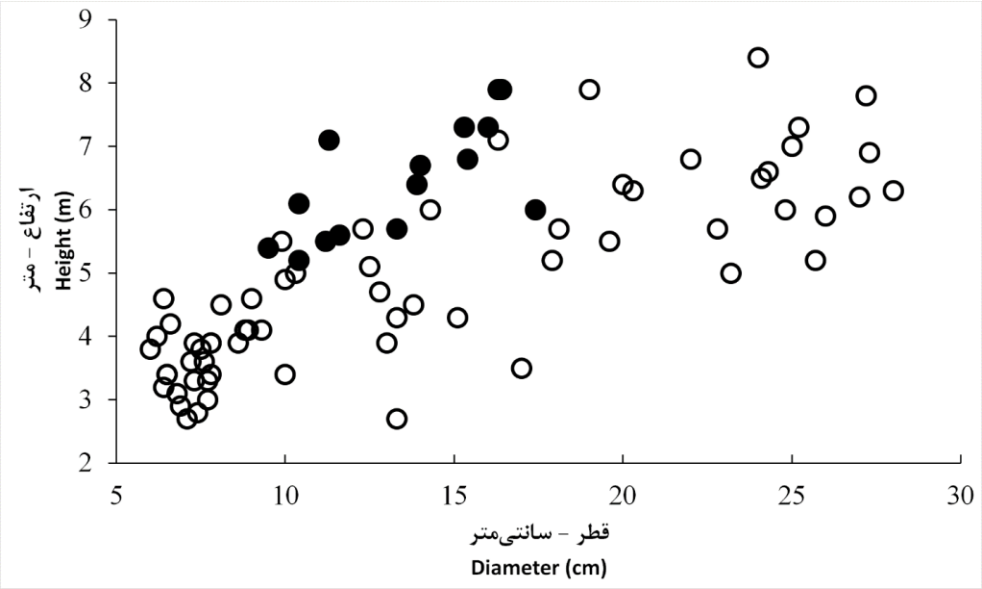
شکل ۲- نتیجهٔ آزمون توکی که با ۹۵ درصد اطمینان تفاوت میانگین قطر درختان را در طبقات مختلف زراعت نشان می‌دهد. حروف لاتین مشترک به‌معنای مقادیر ستون‌های بدون تفاوت معنی‌دار و میله‌های خطا نشانهٔ خطای استاندارد هستند

Figure 2. Results of Tukey's test, showing differences in mean diameter of trees at different levels of understory cultivation at the 95% confidence level. Common letters refer to column values that are not significantly different, and error bars indicate standard errors



شکل ۳- مقایسهٔ ارتفاع درختان در دو طبقهٔ حفاظتی توسط آزمون توکی. دو ستون با حروف لاتین متفاوت، با ۹۵ درصد اطمینان آماری، متفاوت‌اند و میله‌های خطا نشانهٔ خطای استاندارد هستند

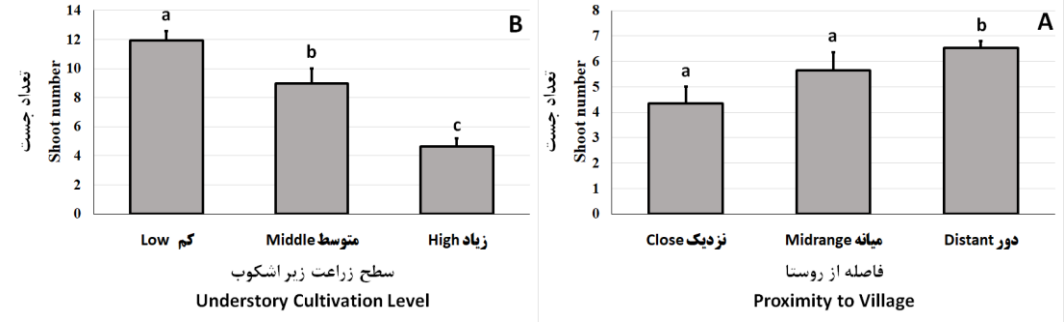
Figure 3. Comparison of tree height in the two protection classes by Tukey's test at the 95% confidence level. Common letters refer to column values that are not significantly different, and error bars indicate standard errors



شکل ۴- پراکنش نقاط قطر- ارتفاع درختان قطعات نمونهٔ حفاظت‌شده (دایره‌های توپر) و حفاظت‌نشده (دایره‌های توخالی)

Figure 4. Distribution of tree diameters-height points for protected (solid circles) and unprotected (hollow circles) plots

از نظر متوسط تعداد جست در هر جست‌گروه، نتایج نشان دادند که اصلی‌ترین عامل کاهش تعداد جست‌ها و تغییر فرم رویشی به‌سمت دانه‌زاد، سطح زراعت زیراشکوب است. زراعت بیشتر زیر درختان با تعداد جست کمتر انجام می‌گیرد. همین‌طور توده‌های جنگلی با فاصلهٔ بیشتر از روستا، دارای تعداد جست کمتری در هر جست گروه هستند (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسهٔ میانگین تعداد جست در هر جست‌گروه در سه طبقه فاصله از روستا (الف) و سطح زراعت (ب) توسط آزمون توکی. ستون‌های با حروف لاتین متفاوت، با ۹۵ درصد اطمینان آماری، متفاوت‌اند و میله‌های خطا نشانهٔ خطای استاندارد هستند

Comparison of average shoots-per-stool in three classes of (A) proximity to village and (B) levels of understory cultivation by Tukey test at the 95% confidence level. Common letters refer to columns with no statistically significant difference, and error bars indicate standard errors

بحث

در ناحیهٔ رویشی زاگرس، روستاییان با سطح وابستگی فراوان به اراضی منابع طبیعی، بیشتر نیازهای خود را از طریق دامداری و زراعت یا جمع‌آوری هیزم و قطع درختان در اکوسیستم‌های جنگلی و مجاور جنگلی تأمین می‌کنند. بنابراین به‌جز کاهش وسعت و عقب‌نشینی مرزها، پایداری این جنگل‌های در بیشتر مناطق به خطر افتاده است و در بسیاری از نقاط ساختار مقاطع طولی و عرضی توده‌های جنگلی اغلب بلوط، به دلیل مختل شدن زادآوری و فرسایش خاک، از حالت طبیعی خود خارج شده است (Jazirehi & Ebrahimi Rostaghi, 2003; Alijani et al., 2013; Abedi, 2021; Zabihollahi et al., 2021).

قریب به اتفاق تحقیقاتی که در دو دههٔ اخیر در خصوص عوامل مؤثر بر تخریب جنگل‌های زاگرس انجام گرفته‌اند، براساس داده‌های بزرگ‌مقیاس بوده که حدود تغییرات مرز جنگل‌های زاگرس و نسبت تغییرات کاهشی سطح آنها را با توجه به افزایش دیگر کاربری‌های اراضی هدف قرار داده‌اند (Amini et al., 2008; Arekhi et al., 2013; Nagahdarsaber et al., 2016; Naseri Rad et al., 2019; Japelaghi et al., 2022; Sedaghat et al., 2022). این تحقیقات به‌خوبی نشان می‌دهند که تنش‌های انسان‌ساخت از قبیل چرای دام، زراعت زیراشکوب و نزدیکی به راه‌های ارتباطی چگونه در بازه‌های زمانی مختلف از سطح جنگل‌های زاگرس کاسته‌اند، ولی نشان نمی‌دهند که آن تنش‌ها چه تأثیری بر ساختار جنگل‌های به‌جای‌مانده داشته‌اند. در این تحقیق ما بدون در نظر گرفتن تغییرات وسعت در شیب‌های زمان و مکانی، صرفاً تغییرات احتمالی ساختار جنگل‌های زاگرس را با توجه به فاصلهٔ آنها از منابع ایجادکنندهٔ تنش سنجیده‌ایم.

با وجود تنوع تراکم زیاد در توده‌های جنگل‌های تحت بررسی، نتایج نشان داد که در مجموع این جنگل‌ها از نظر تراکم درختان یکسان هستند و با متوسط ۱۱۰ اصله در هکتار، چشم‌انداز کمابیش یکسانی را در منطقه به نمایش می‌گذارند. با وجود این، در دیگر شاخص‌های ساختاری، این جنگل‌ها متفاوت بودند که نشان می‌دهد قبل از آنکه وسعت حدود جنگل یا قطعه‌قطعه شدن آنها شاخص کاهش مقاومت در این اکوسیستم‌های پیچیدهٔ طبیعی باشد، تغییرات شاخص‌های ساختاری جنگل باید ملاک قرار گیرد. در جنگل‌های لهستان نیز در نظرگیری شاخص‌های ساختاری برای تعیین سطح دست‌خوردگی جنگل‌هایی که پتانسیل کهن‌رُست شدن را دارند بدون درنظرگیری تراکم لازم دانسته شده است (Keren et al. 2002). البته روش‌های سنتی و رایج اندازه‌گیری شاخص‌های ساختاری را می‌توان با استفاده از فناوری پهپاد (Jarrar, 2021) و لیدار (Jarron et al., 2020) به‌مراتب دقیق‌تر

کرد. در ضمن نتایج نشان داد که با فرض همسال بودن توده‌ها، تفاوت در متوسط قطر و ارتفاع جست‌گروه‌ها در این تحقیق، به‌معنای تفاوت سنی توده‌ها تفسیر می‌شود که این نتیجه را می‌توان به‌معنای نبود پویایی زیاد و تغییر در چرخهٔ زندگی این جنگل‌ها تفسیر کرد. جنگل‌های شاخه‌زاد می‌توانند با مداخلات انسانی به حالت ایستا و بدون تغییر درآیند (Müllerová et al., 2015)؛ به نظر می‌رسد این ایستایی در تراکم درختان در جنگل‌های بررسی‌شده همراه با زوال بوده است.

با توجه به یکسان بودن تراکم درختان و همچنین اقلیم منطقه، دیگر تفاوت‌ها در شاخص‌های ساختاری جنگل را می‌توان به تنوع و غنای جمعیت‌های گیاهی، شرایط توپوگرافی، خاک و در نهایت عوامل مختل‌کنندهٔ ناشی از مداخلهٔ انسان مربوط دانست. با وارد کردن متغیر جنگل به‌عنوان متغیر تصادفی در تحلیل واریانس، پیشفرض این مطالعه به حداقل رساندن تفاوت‌های ناشی از عوامل درون‌زا (توپوگرافی، خاک و ...) و مشاهدهٔ تنها اثرهای تنش‌های ناشی از مداخلهٔ انسانی بود. نتایج نشان داد که علی‌رغم وسعت منطقه و تفاوت زیاد در تنوع و شدت تنش‌های محیطی در سطح جنگل، اغلب شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در پاسخ به عوامل استرس‌زای در نظر گرفته‌شده تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. این موضوع را می‌توان در وهلهٔ اول به‌دلیل مقاومت و سازگاری به نسبت زیاد این جنگل‌ها با شرایط پرتنش دائمی دانست. این تحلیل با این مفهوم سازگاری دارد که جنگل‌های شاخه‌زاد یکی از بالاترین سطوح تاب‌آوری در برابر تنش‌های طبیعی را دارند (Vacik et al., 2009; Bottero et al., 2022) و نیز می‌توان آن را به تاب‌آوری اکولوژیک اندک توده‌ها پس از دریافت تنش‌های شدید ناشی از عوامل انسانی نسبت داد (Salmani et al. 2021; Pourhashemi & Alimahmoodi Sarab, 2022). در هر صورت این نتایج تأییدی بر کاهش حساسیت شاخص‌های ساختاری جنگل و شرایط ناگوار این اکوسیستم‌ها هستند.

تفاوت‌های معنی‌دار رصدشده اغلب به تنش زراعت زیراشکوب مربوط می‌شدند. زراعت بیشتر در زیراشکوب توده‌های با درختان قطورتر و با تعداد جست کمتر دیده شد. این ارتباط را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که زارعان با تنک کردن جست‌گروه‌ها با هدف کاهش مساحت و حجم تاج‌پوشش، فضای بیشتری را برای زراعت زیراشکوب به‌دست می‌آورند. نتایج تحقیقات گذشته در زاگرس تأیید می‌کند که زراعت زیراشکوب به‌عنوان اصلی‌ترین عامل تخریبی در تبدیل اراضی از سطح جنگل‌ها کاسته‌اند (Amini et al., 2008; Sedaghat et al., 2022) یا شاخص‌های کیفی و محصول‌دهی توده را تنزل داده‌اند (Soltani et al., 2020).

جنگل‌های نزدیک‌تر به روستا تعداد جست کمتر در هر پایه داشتند و جست‌گروه‌ها به فرم رویشی دانه‌زاد شباهت داشتند. با فرض اینکه به‌طور معمول اراضی زراعی بیشتری در زیراشکوب توده‌های نزدیک به روستا دیده می‌شوند، این نتیجه با نتیجهٔ بالا در این تحقیق همخوانی دارد. با این‌حال این نتایج با یافته‌های (Zabihollahi et al., 2021) متناقض است. این تناقض به این علت است که برخلاف پژوهش ذکرشده در این تحقیق شیب فاصله از روستا، در نظر گرفته نشده است؛ بلکه ارتباط توده‌های جنگلی با فاصله از روستا به‌صورت جداگانه بررسی شده است. در ضمن واحد مطالعه در این تحقیق برخلاف پژوهش قبلی (Zabihollahi et al., 2021) درخت نیست و توده است.

برخلاف انتظار، در این تحقیق در مناطقی که ۱۲ سال حفاظت شده بودند، تغییر واضح آماری در شاخص‌های ساختاری جنگل دیده نشد. تنها متوسط ارتفاع درختان در توده‌های حفاظت‌شده به‌طور معنی‌داری بیشتر شد. این نتیجهٔ به‌نسبت ضعیف حفاظت می‌تواند به این معنا باشد که زمان ۱۲ سال برای ایجاد تغییر در ساختار جنگل‌های به‌نسبت کندرشد و از نوع خالص بلوط کافی نبوده است. نتایج به‌نسبت مشابهی در حفاظت پانزده‌سالهٔ جنگل‌های مجاور ایذه

به‌دست آمده است (Pourhashemi & Alimahmoodi Sarab, 2022). به نظر می‌رسد که نتیجهٔ حفاظت و قرق از جنگل‌های زاگرس در شاخص‌های ساختاری جنگل، به‌ویژه در زاگرس جنوبی پس از حداقل چهار دهه نمایان می‌شود (Nagahdarsaber et al., 2016). در هر حال افزایش ارتفاع متوسط درختان در مناطق حفاظت‌شده می‌تواند به این معنا باشد که با حفاظت از توده‌ها می‌توان به تفاوت در محصول‌دهی درختان امیدوار بود. به نظر می‌رسد توده‌های محافظت‌شده کیفیت خاک بهتری را به وجود آورده‌اند که نتیجهٔ آن رشد ارتفاعی بیشتر درختان بوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق به‌وضوح نشان می‌دهد که سطوح مختلف ایجادکنندهٔ تنش‌های انسان‌ساز در مورد بیشتر شاخص‌های ساختاری جنگل، به‌ویژه تنوع گیاهان چوبی و تعداد اشکوب یکسان عمل کرده‌اند. احتمالاً ساختار این جنگل‌ها مستقل از سطح و شدت این تنش‌ها، در شرایط بیش از اندازه نامناسب قرار گرفته‌اند که احتمال تاب‌آوری اکولوژیک برای آنها متصور نیست. صرف‌نظر از سیمای باغ‌مانند و غیرجنگلی که در بیشتر این توده‌ها مشاهده می‌شود، استقرار نیافتن تجدید حیات جنسی و یکسان بودن تراکم جنگل‌ها، مستقل از سن توده‌ها، نشانهٔ رکود یا وجود روند تغییرات قهقرایی در این جنگل تلقی می‌شود. نزدیکی به روستا با افزایش سطح زراعت زیراشکوب همبستگی دارد و هر دو، عامل اصلی تغییر ساختار جنگل هستند. این تغییر با حذف جست‌گروه‌های جوان و نگه داشتن پایه‌های مسن‌تر همزمان شده است. این تحقیق صدمات ناشی از زراعت زیراشکوب بر خاک جنگل را رصد نکرد، ولی آینده‌ای را برای بقا و تجدید حیات جنگل‌های با زراعت زیراشکوب پیش‌بینی نمی‌کند.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه شهرکرد در قالب تخصیص بودجه برای پایان‌نامه کارشناسی ارشد انجام شده است.

References

Abedi, R. (2021). Effect of exclosure on density and diversity of natural regeneration in mixed stands of arasbaran habitat. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, *19*(1), 167-177. (https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2021.354186.1476). (In persian)

Alijani, V., Sagheb-Talebi, Kh., & Akhavan, R. (2013). Quantifying structure of intact beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands at different development stages (Case study: Kelardasht area, Mazandaran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *21*(3), 396-410. (In persian)

Amini, M.R., Shataee Joybari, S., Moaieri, M.H., & Ghazanfari, H. (2008). Deforestation modeling and investigation on related physiographic and human factors using satellite images and GIS (Case study: Armerdeh forests of Baneh). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research 16*(3), 443-431. (In persian)

Arekhi, S., Jafarzadeh, A.A., & Yousefi, S. (2013). Modeling deforestation using logistic regression, GIS and RS case study: northern forests of the Ilam province. *Geography and Development*, *10*(29), 10-13. (https://doi.org/10.22111/gdij.2013.118). (In persian)

Azizi, Y., Akhavan, R., Kia-Daliri, H., & Soleimani, R. (2022). Effect of management activities and aspect on tree, soil and biodiversity variables of tree species in Dinarkuh forests of Ilam. *Iranian Journal of Forest*, *14*(3), 275-290. (https://doi.org/10.22034/ijf.2022.316378.1820). (In persian)

Bahmani, F., Soltani, A., & Mafi-Gholami, D. (2022). Floristic classification of large-scale ecological groups in the forests of Central Zagros. *Iranian Journal of Applied Ecology*, *11*(1), 27-43. (https://doi.org/10.47176/ijae.11.1.13721). (In persian)

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. (https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118018)

Bavaghar, P. (2015). Deforestation modelling using logistic regression and GIS. *Journal of Forest Science, 61*(5), 193-199. (https://doi.org/10.17221/78/2014-JFS)

Bottero, A., Meloni, F., Garbarino, M., & Motta, R. (2022). Temperate coppice forests in north-western Italy are resilient to wild ungulate browsing in the short to medium term. *Forest Ecology and Management, 523*, 120484. (https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120484)

FAO. (2020). *The State of the World's Forests 2020: Forests, biodiversity and people*. Food & Agriculture Organization, Rome.

Gadow, K.V. (2003). *Waldstruktur und Wachstum*. Universitatsdrucke Göttingen. 241 p.

Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., & Mohajer, R. (2004). Traditional forest management and its application to encourage public participation for sustainable forest management in the northern Zagros Mountains of Kurdistan Province. Iran. *Scandinavian Journal of Forest Research, 19*(4), 65-71. (https://doi.org/10.1080/14004080410034074)

Haidari, M., Namiranian, M., Zobiri, M., & Gahramany, L. (2014). Investigation on appropriate inventory method for determining structure of Northern Zagros Forests (Case study: Blake Forests, Baneh). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *21*(3), 467-480. (https://doi.org/10.22092/ijfpr.2014.4726). (In persian)

Henareh Khalyani, A., & Mayer, A.L. (2013). Spatial and temporal deforestation dynamics of Zagros forests (Iran) from 1972 to 2009. *Landscape and Urban Planning*, *117*, 1-12. (https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.04.014)

Hosseinzadeh, R., Soosani, J., & Naghavi, H. (2021). The Performance of small samples in quantifying structure central Zagros forests utilizing the indexes based on the nearest neighbors. *Journal of Plant Ecosystem Conservation, 8*(17), 41-56. (In persian)

Iran Meteorological Organization (2021). Chaharmahal Va Bakhtiari Meteorological Data, Partly available online at http://wwwchaharmahalmetir.

Japelaghi, M., Hajian, F., Gholamalifard, M., Pradhan, B., Maulud, K.N.A., & Park, H.J. (2022). Modelling the impact of land cover changes on carbon storage and sequestration in the central Zagros region, Iran using ecosystem services approach. *Land*, *11*(3), 423. (https://doi.org/10.3390/land11030423)

Jarrar, H. (2021). *Modeling the Forest Structure and Basal Area of the Medway Community Forest Coop through UAV-derived Remote Sensing Imagery*. Master thesis in Forest Conservation at Daniels Faculty of Architecture, Landscape and Design and Forestry, University of Toronto. 29p.

Jarron, L.R., Coops, N.C., MacKenzie, W.H., Tompalski, P., & Dykstra, P. (2020). Detection of sub-canopy forest structure using airborne LiDAR. *Remote Sensing of Environment, 244*(8), 111770. (https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111770)

Jazirehi, M.H., & Ebrahimi Rostaghi, M. (2003). *Silviculture in Zagros*. Tehran University Press. 558p. (In persian)

Johnson, M.C., Kennedy, M.C., Harrison, S.C., Churchill, D., Pass, J., & Fischer, P.W. (2020). Effects of post-fire management on dead woody fuel dynamics and stand structure in a severely burned mixed-conifer forest, in northeastern Washington State, USA. *Forest Ecology and Management, 470*, 118190. (https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118190)

Karami, A., Karamshahi, A.A., Mirzei, J., Feghhi, J., & Makhdoum, M. (2022). Offer a practical model of criteria and indicators of sustainable forest management with resilience approach in the Zagros vegetation area (Case study: Totshami Watershed of Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest, 14*(2), 105-117. (https://doi.org/10.22034/ijf.2021.278424.1768). (In persian)

Keren, S., Svoboda, M., Janda, P., & Nagel, T.A. (2020). Relationships between structural indices and conventional stand attributes in an old-growth forest in Southeast Europe. *Forests*, *11*(1). (https://doi.org/10.3390/f11010004)

Kooch, Y., Azizi Mehr, M., & Hosseini, S.M. (2020). The effect of forest degradation intensity on soil function indicators in northern Iran. *Ecological Indicators*, *114*, 106324. (https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106324)

Kumar, R., & Shahabuddin, G. (2005). Effects of biomass extraction on vegetation structure, diversity and composition of forests in Sariska Tiger Reserve, India. *Environmental Conservation*. *32*(3), 248-259. (https://doi.org/10.1017/S0376892905002316)

Li, Y., Turnblom, E.C., & Briggs, D.G. (2007). Effects of density control and fertilization on growth and yield of young Douglas-fir plantations in the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Forest Research*, *37*(2), 449-461. (https://doi.org/10.1139/X06-234)

MacDicken, K.G. (2015). Global forest resources assessment 2015: What, why and how?. *Forest Ecology and Management*, *352*, 3-8. (https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.006)

Marvi-Mohajer, M.R. (2006). *Silviculture*. Tehran University Press. First edition, 410 pp. (In persian)

Mattahji, A., & Namiranian, M. (2003). Investigation the structure and evolution process of Beech forest natural stands in north of Iran (case study: Kheyrood-Kenar, Noushahr). *Iranian Journal of Natural Resources, 55*(4), 531-541. (In persian)

Modaberi, A., & Mirzaei, J. (2017). Study of decline effect on structure of central Zagros forests. *Journal of Forest Research and Development*, *2*(4), 325-336. (In persian)

Motz, K., Sterba, H., & Pommerening, A. (2010). Sampling measures of tree diversity. *Forest Ecology and Management, 260*, 1985-1996. (https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.046)

Müllerová, J., Hédl, R., & Szabó, P. (2015). Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. *Forest Ecology and Management*, *343*, 88-100. (https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.003)

Nagahdarsaber, M., Taheri Abkanar, K., Pourbabaei, H., & Sagheb Talebi, K. (2016). Effects of protection on forest structure in protected and unprotected forest areas (case study: Deh-Kohneh wild pear reserve). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, *4*, 1-16. (In persian)

Naseri Rad, S., Soosani, J., Nouredini, A.R., & Naghavi, H. (2019). Modeling the spatial changes of Zagros forests using satellite imagery and LCM model (Case study: Bastam, Selseleh). *Geography and Development, 17*, 107-119. (https://doi.org/10.22111/gdij.2019.4350) (In persian)

Pourbabaei, H., & Haghgooy, T. (2013). Effect of physiographical factors on tree species diversity (case study: Kandelat Forest Park). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 243-255. (https://doi.org/10.22092/ijfpr.2013.3855). (In persian)

Pourhashemi, M., & Alimahmoodi Sarab, S. (2022). Effect of protection on structural characteristics of forest stands (Case study: Izeh forests, Khuzestan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *29*(4), 339-348. (https://doi.org/10.22092/ijfpr.2022.356645.2028). (In persian)

Rouhi-Moghaddam, E., Hosseini, S., Ebrahimi, E., Rahmani, A., & Tabari, M. (2011). The regeneration structure and biodiversity of trees and shrub species in understory of pure and mixed oak plantations. *Environmental Sciences*, *8*(3), 57-68. (https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.1276.1281)

Saemian, P., Tourian, M.J., AghaKouchak, A., Madani, K., & Sneeuw, N. (2022). How much water did Iran lose over the last two decades? *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *41*, 101095. (https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101095)

Salmani, A., Poursaeed, A.R., Bayramzadeh, V., & Eshraghi Samani, R. (2021). Explaining the criteria and indicators of sustainable management of forests in Zagros basin from the point of view of

forest specialists and experts. *Iranian Journal of Forest, 13* (1), 43-58. (https://doi.org/10.22034/ijf.2021.132136). (In persian)

Sedaghat, M., Riazi, B., Veisanloo, F., & Sagheb Talebi, K. (2022). Spatial modeling of the main factors on the degradation of Zagros forests (Case study: Khorramabad sub-basin). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *29*(2), 59-75. (https://doi.org/10.22069/jwfst.2022.19959.1963) (In persian)

Soltani, A., Angelsen, A., & Eid, T. (2014). Poverty, forest dependence and forest degradation links: evidence from Zagros, Iran. *Environment and Development Economics*, 19(5), 607-630. (https://doi.org/10.1017/s1355770x13000648)

Soltani, A., Sadeghi Kaji, H., & Kahyani, S. (2020). Effects of different land-use systems (grazing and understory cultivation) on growth and yield of semi-arid oak coppices. *Journal of Forestry Research*, *31*(6), 2235–2244. (https://doi.org/10.1007/s11676-019-01063-z)

Soltani, S., Yaghmaei, L., Khodagholi, M., & Sabouhi, R. (2011). Bioclimatic classification of Chahar-Mahal & Bakhtiari province using multivariate statistical methods. *Water and Soil Science*, *14*(54), 53-68. (In persian)

Taleshi, H., & Akbarinia, M. (2011). Biodiversity of woody and herbaceous vegetation species in relation to environmental factors in lowland forests of eastern Nowshahr. *Iranian Journal of Biology*, *24*(5), 766-777. (In persian)

Thapa, S., & Chapman, D.S. (2009). Impacts of resource extraction on forest structure and diversity in Bardia National Park, Nepal. *Forest Ecology and Management*, *259* (3), 641-649. (https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.11.023)

Vacik, H., Zlatanov, T., Trajkov, P., Dekanic, S., & Lexer, M.J. (2009). Role of coppice forests in maintaining forest biodiversity. *Silva Balcanica*, *10*(1), 35-45.

Vásquez-Grandón, A., Donoso, P.J., & Gerding, V. (2018). Forest Degradation: When is a forest degraded? *Forests*, *9*(11), 726. (https://doi.org/10.3390/f9110726)

Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society*, *9*(2), 5-9. (https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205)

Wan, P., Zhang, G., Wang, H., Zhao, Z., Hu, Y., Zhang, G., Hui, G., & Liu, W. (2019). Impacts of different forest management methods on the stand spatial structure of a natural *Quercus aliena* var. *acuteserrata* forest in Xiaolongshan, China. *Ecological Informatics*, *50*, 86-94. (https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.01.007)

Weathers, K.C., Strayer, D.L., & Likens, GE. (2012). *Fundamentals of Ecosystem Science*, Academic Press. 323 p.

Zabihollahi, S., Fathizadeh, O., Jamshidi Bakhtar, A., Shabanian, N., & Namiranian, M. (2021). Horizontal and vertical structure of northern zagros forests in relation to traditional forestry system (Case study: Havare- Khol forests). *Ecology of Iranian Forests*, *9*(17), 62-74. (In persian)

Iranian Journal of Forest
Vol. 15, No. 3, Autumn 2023
pp. 361-376

DOI: 10.22034/ijf.2023.360913.1890

Research Article

The effect of some anthropogenic disturbances on the structure of oak forests in the Central Zagros

I. Zafarian Rigaki[1], A. Soltani[2], and A. Jafari[3*]

[1]MSc. Forestry graduate, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, I. R. Iran
[2]Associate Prof., Dept. of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, I. R. Iran
[3]Associate Prof., Dept. of Environment, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, I. R. Iran

(Received: 6 October 2022; Accepted: 11 Mrch 2023)

Abstract

Introduction: Oak forests in the Zagros region are under continuous anthropogenic disturbances, leading to a decline in their extent and deterioration in the qualitative structure of the stands. Field-based models can predict shifts in forest structure indices due to disturbance long before forest cover is depleted. This study examines the effects of anthropogenic land uses on key structure indices of oak forests in the Central Zagros.

Materials and Methods: Forest stand structure indices in five land uses were measured by field survey on 78 sample plots in 11 forests over an area of about 24,000 ha in the rural area of Mashayekh, Central Zagros. Depending on the area, six to nine systematically randomly designated one-hectare plots were measured at the same distance in each forest. In addition, one-meter square plots were sampled for non-tree cover. One-way ANOVA and General Linear Models were used to determine discriminant indices and analyze the effects of anthropogenic disturbance, respectively.

Results: Except for oak density, structural indices differed significantly among the studied stands. This study did not find any differences in cover, number of trees, and non-tree species under different levels of disturbance (protection and destruction). The average number of shoots per stool decreased with increasing understory cultivation and proximity to villages, while the average diameter of shoots increased, indicating that farmers were removing young trees and shoots. Different levels of grazing and distance from the road had no effect on the structural index of the forest. The implementation of the conservation program in two forests in Kavand and Doto led only to an increase in the average height of trees and not to any other structural improvement.

Conclusion: Long before causing a reduction in forest area or a decrease in tree density, the effects of anthropogenic disturbance on the structure of coppiced woodlands were manifested in the diameter of trees and the number of shoots-per-stool. In addition, the decadal protection of the forest stands led to an increase in the average height of the trees. This suggests that the impact of anthropogenic disturbance on forest structure precedes the depletion of forest cover. Therefore, it is necessary to consider these early indicators in forest management plans.

Keywords: grazing, understory cultivation, village proximity, road proximity, number of shoots-per-stool.

[*] Corresponding author Tel: 0912249657 Email: jafari.ali@sku.ac.ir