پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۱۰، شماره ۳، صفحه ۴۳۰-۴۱۱، (۱۴۰۳)
DOI: https://doi.org/10.30466/jfrd.2024.55127.1710
DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.24763551.1403.10.3.7.3

مقالهٔ پژوهشی

بررسی اثرات زوال بر تغییرات کمی و کیفی ساختار درختچه ارژن (زاگرس مرکزی، استان لرستان)

سمیه دهقانی‌نژاد[۱]، زهرا میرآزادی*[۲]، جواد سوسنی[۳] و رامین حسین‌زاده[۴]

۱- دانشجوی دکترای علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (somaye8030@gmail.com)
۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (mirazadi.z@lu.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (soosani.j@lu.ac.ir)
۴- دکترای جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (ramin.hosseinzadeh@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۲

چکیده

مقدمه و هدف: بررسی الگوی مکانی درختان جنگلی برای بررسی ساختار و پویایی جوامع گیاهی ضروری است، به همین دلیل بوم‌شناسان در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی برای بررسی الگوی مکانی در جوامع جنگلی توسعه داده‌اند. آشفتگی یکی از عوامل اصلی پویایی بوم‌سازگان‌های جنگلی است که در عین حال می‌تواند در تخریب و تغییر وضعیت جنگل‌ها نیز نقش چشمگیری داشته باشد. در این بین زوال درختان و درختچه‌ها یکی از مهم‌ترین آشفتگی‌هایی است که در سال‌های اخیر در جنگل‌های زاگرس رخ داده است. این پدیده چندبعدی و پیچیده تحت تاثیر عوامل زنده و غیرزنده قرار داشته و از خشک‌شدن بخش کوچکی از تاج درختان تا مرگ کامل آنها را شامل می‌شود و می‌تواند باعث تغییراتی در ساختار و ترکیب بوم‌سازگان‌های جنگلی شود، این امر بستگی به عامل ایجاد اختلال و شدت آن دارد. درختچه ارژن *Amygdalus lycioides* Spachs گونه‌ای، با ارزش‌های بالای ژنتیکی، بوم‌شناختی و اقتصادی است که به‌دلیل سازگاری با شرایط سخت رویشگاهی، گونه مناسبی برای جنگلکاری‌ها و احیای جنگل‌های مخروبه در استان لرستان محسوب می‌شود. با این حال این گونه نیز در سال‌های اخیر دچار زوال و خشکیدگی شده است و هر روز بر شدت آن افزوده می‌شود. با توجه به اهمیت عناصر ساختاری جنگل در مدیریت توده‌های جنگلی و نظر به حساسیت و ارزش گونه ارژن در جنگل‌های استان لرستان، بررسی ساختار توده‌های آن با استفاده از شاخص‌های ساختاری می‌تواند به احیا رویشگاه‌های زوال‌یافته این گونه کمک کند. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی و شناسایی تأثیرات پدیده زوال بر مؤلفه‌های ساختاری درختچه ارژن به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم در سه منطقه از استان لرستان است.

مواد و روش‌ها: پس از بررسی‌های اولیه میدانی سه منطقه گایکان، دادآباد و ریمله به‌عنوان رویشگاه‌های مهم ارژن در استان لرستان انتخاب شدند. برای برداشت داده‌های میدانی در هر منطقه، پنج قطعه‌نمونه یک

هکتاری مستقر و در هر قطعه‌نمونه با روش آماربرداری صددرصد مختصات تمامی درختان ثبت شد. همچنین درصد خشکیدگی درختان بر اساس آثار و علائم خشکیدگی در چهار طبقه خشکیدگی یک (کمتر از ۵ درصد)، دو (۵ تا ۳۳ درصد)، سه (۳۴ تا ۶۶ درصد) و چهار (بیشتر از ۶۶ درصد) برآورد شد. سپس مشخصات مهم ساختاری آنها از جمله قطر برابرسینه، ارتفاع کل درختان، ارتفاع تاج و دو قطر بزرگ و کوچک تاج اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وضعیت ساختاری درختان از شاخص‌های زاویه یکنواخت، میانگین جهت، آمیختگی، چیرگی ابعاد و تمایز استفاده شد. کمی‌سازی و محاسبه شاخص‌های ساختار با استفاده از نرم‌افزار Crancod ver 1.3 انجام شد.

یافته‌ها: در این پژوهش درصد خشکیدگی درختچه‌ها در هر قطعه نمونه ثبت و میانگین درصد خشکیدگی هر منطقه محاسبه شد. براساس نتایج بیشترین خشکیدگی (بیش از ۶۶ درصد) و کمترین خشکیدگی (کمتر از پنج درصد) به ترتیب در مناطق گایکان (۳۶/۴ درصد) و دادآباد (۴/۲۹ درصد) مشاهده شد. نتایج شاخص‌های میانگین جهت و زاویه یکنواخت نشان داد الگوی پراکنش درختچه‌های ارژن قبل از وقوع زوال در هر سه منطقه تصادفی بوده است، درحالی‌که پس از رخ‌دادن زوال، الگوی پراکنش ارژن میل به کپه‌ای‌شدن داشته است. بر اساس نتایج شاخص آمیختگی نیز، گونه ارژن در منطقه گایکان کمترین آمیختگی و در منطقه ریمله آمیختگی متوسطی دارد. از نظر شاخص‌های چیرگی، نتایج نشان دادند که گونه ارژن قبل و بعد از وقوع زوال نسبت به همسایگانش چیره بوده و شاخص تمایز نیز بیانگر تفاوت زیاد تاج این گونه با سایر گونه‌ها بود.

نتیجه‌گیری کلی: بر اساس نتایج، شدت‌های مختلف زوال در سه منطقه موردبررسی بر تنوع ساختاری توده‌های ارژن اثر معنی‌داری داشته و سبب بروز تاثیرات منفی و کاهش پیچیدگی در ساختار توده‌های ارژن شد. آمیختگی گونه‌ای تحت تأثیر الگوی مکانی درختان قرار دارد و گونه‌هایی که دارای الگوی کپه‌ای هستند دارای آمیختگی کمی با دیگر گونه‌ها هستند. مهمترین دلایل وجود الگوی کپه‌ای پایه‌های ارژن در سه منطقه را می‌توان ویژگی‌های گونه، ارتباط بین گونه‌های همسایه و محیط ناهمگن، شیوه تجدید حیات و تخریب شدید دانست. از نظر شاخص تنوع ابعاد نیز با توجه به حضور گسترده ارژن در سه منطقه موردبررسی ، چیرگی ابعاد تاج این گونه نسبت به سایر گونه‌ها قابل توجیح است. این نتایج می‌تواند برای شناخت روابط موجود بین گونه‌های مختلف بکار رفته و به‌عنوان پیش‌نیازی برای مدیریت بهتر بوم‌سازگان مورد استفاده قرار گیرد. به‌منظور مدیریت بهینهٔ این جنگل‌ها، باید عوامل تشدیدکنندهٔ خشکیدگی شناسایی و دخالت‌های انسانی و تخریب‌های جنگل کنترل شوند، همچنین در صورت حفاظت از این رویشگاه‌ها می‌توان امیدوار بود که وضعیت آنها به حالت مطلوب سوق داده شود.

واژه‌های کلیدی: الگوی پراکنش مکانی، تنوع گونه‌ای، تنوع ابعاد، خشکیدگی، زاگرس.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۶۹۷۹۹۲۹۸

مقدمه

امروزه تغییر اقلیم به یک مسئله‌ی مهم سیاسی، اقتصادی و اجتماعی در سطح جهان تبدیل شده است و از آن به‌عنوان یکی از ۱۰ تهدید مهم برای بشر نام برده می‌شود (Ifeanyiobi et al., 2012). از پیامدهای مهم تغییر اقلیم می‌توان به افزایش دما، افزایش سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها، تغییر الگوی بارش و افزایش سیل و خشکسالی، کاهش تولیدات کشاورزی، تخریب منابع طبیعی و زوال یا تغییر فرم بوم‌سازگان‌های جنگلی اشاره کرد (Cooper et al., 2020). روند افزایشی تهدید جنگل‌ها در سطح جهانی همواره موجب وقوع آسیب‌پذیری وآشفتگی زیاد، افزایش روند زوال جنگل‌ها و مرگ‌ومیر درختان شده است (Allen et al., 2010; Gessler et al., 2017; McDowell et al., 2018). ارزیابی‌های اخیر، IPCC نشان می‌دهد که زوال جنگل‌ها در قرن بیست و یکم در سطح جهانی درحال گسترش است و به تبع آن ذخیره کربن، تنوع‌زیستی و دیگر خدمات بوم‌سازگان، با خطرهای زیادی مواجه خواهد شد (Scholes et al., 2014). بنابراین به‌نظر می‌رسد که شدت و جزئیات این خطرات بستگی زیادی به توانایی احیاء بوم‌سازگان‌های جنگلی بعد از وقوع پدیده زوال دارد (Bellassen and Luyssaert, 2014; Boyd et al., 2013). براساس نظریه آسیب‌شناسان، زوال درختان یا جنگل‌ها ناشی از عوامل زنده و غیرزنده‌ای است که در طول زمان موجب نابودی درختان و جنگل‌ها می‌شوند (Gea-Izquierdo et al., 2019). Manion در سال ۱۹۹۱ مدلی برای زوال درختان ارائه داد که در آن عوامل تاثیرگذار در زوال درختان را در سه گروه عوامل مستعدکننده (سن بالای درختان، زهکشی ضعیف خاک و وضعیت نامناسب رویشگاه)، عوامل برانگیزنده (خشکی، یخبندان یا حمله حشرات) و عوامل مساعدکننده (قارچ‌ها، حشرات و پوسیدگی ریشه) طبقه‌بندی کرد (Jactel et al., 2012; Oliva et al., 2013). جنگل‌های زاگرس که جزء گسترده‌ترین جنگل‌های ایران هستند به‌دلیل نقشی که در حفاظت خاک، ذخیره‌ی آب‌های زیرزمین، خدمات اجتماعی-اقتصادی، بوم‌شناسی و تعادل شرایط اقلیمی کشور دارند، یکی از مهم‌ترین ذخائر ژنتیکی و بیولوژیکی ایران به‌شمار می‌روند (Pir Bavaghar, 2011; Sagheb Talebi et al., 2004). درختچه ارژن (*Amygdalus lycioides* Spachs) از گونه‌های با ارزش ژنتیکی، بوم‌شناسی و اقتصادی بالایی است که به دلیل سازگاری با شرایط سخت رویشگاهی، گونه مناسبی جهت جنگلکاری‌ها و احیای جنگل‌های مخروبه با ایجاد پوشش درختی و درختچه‌ای است (Cavallora et al., 2020). متاسفانه در سال‌های اخیر زوال درختان و درختچه‌های جنگل‌های زاگرس مانند ارژن، با شدت زیادی درحال گسترش است، این امر می‌تواند در بازه‌های زمانی طولانی موجب تغییراتی در ترکیب، ساختار و عملکرد بوم‌سازگان‌های جنگلی شود. ساختار جنگل به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای کلیدی در تشریح بوم‌سازگان‌های جنگلی و تنوع زیستی، چگونگی توزیع ویژگی‌های مختلف درختان را مورد بررسی قرار داده و ارتباط مستقیمی با زیستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری دارد (Kint et al., 2004). در بررسی ساختار جنگل سه جنبه مهم تنوع موقعیت مکانی درختان (الگوی مکانی)، تنوع گونه‌ای و تنوع ابعاد درختان مورد توجه قرار می‌گیرد (Aguirre et al., 2003). موقعیت مکانی درختان نشان‌دهنده یکی از الگوهای منظم، تصادفی، کپه‌ای و یا حالتی مابین آنها است، تنوع گونه‌ای استقرار گونه‌های مختلف در کنار یکدیگر را مورد بررسی قرار می‌دهد و تنوع ابعاد درختان، اختلاف ابعاد، استقرار مکانی

ویژگی‌هایی از قبیل قطر برابرسینه و ارتفاع را نشان می‌دهد. ارزیابی روند تغییرات ساختاری جنگل، علاوه بر اینکه عوامل تأثیرگذار بر مرگ‌ومیر درختان را شناسایی می‌کند؛ الگوهای ساختاری آینده‌ی این جنگل‌ها را نیز فراهم می‌کند و درنهایت می‌تواند نقش مهمی در ارائه راهکارهای حفاظتی و حمایتی جنگل داشته باشد (Harris, 1984). بنابراین، بررسی تنوع ساختاری درختان شاخص مهمی برای شناخت و درک توزیع درختان، شرایط مورد نیاز برای رشد آنها و ارتباط و رقابت درختان در توده‌های جنگلی است (Pommerening., 2002). در خصوص تاثیر زوال بر ویژگی‌های ساختاری بوم‌سازگان‌های جنگلی، پژوهش‌های مختلفی در داخل و خارج از کشور انجام شده است، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. Fallah and Haidari (2018) در پژوهشی زوال درختان بلوط جنگل‌های سرابله ایلام را طی دو دوره در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳ بررسی کرده و بیان داشتند، درختانی که سطح تاج کوچک‌تری دارند بیشتر دچار پدیده زوال شدند.Modaberi et al.(2017) در پژوهشی به بررسی اثر زوال بر ساختار جنگل‌های خرم آباد در استان لرستان پرداختند و بیان داشتند در اثر زوال الگوی پراکنش درختان از کپه‌ای به تصادفی تغییر یافته و چیرگی درختان مرجع نیز پس از زوال نسبت به قبل از آن کاهش یافت. Henareh et al. (2024) ساختار جنگل‌های مخروبه بلوط پیرانشهر و سردشت در استان آذربایجان‌غربی را با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه موردبررسی قرار دادند و بیان داشتند که بر اساس نتایج، شاخص تنوع ترکیبی سطح تنوع ترکیبی، مکانی و گونه‌ای پایینی در دو منطقه موردبررسی وجود دارد. در پژوهشی Akhavan and Hassani (2023) به بررسی ساختار جنگل‌های خالص راش با استفاده از شاخص‌های مکانی در جنگل‌های هیرکانی استان مازندران پرداختند؛ نتایج نشان داد که الگوی پراکنش درختان در جنگل‌های خالص راش اغلب تصادفی، تمایز قطری و ارتفاعی در آنها در حد متوسط، آمیختگی گونه‌ای کم، ارتفاع غالب در آنها حدود ۳۳/۵ متر، دواشکوبه و درختان ازنظر شاخص‌های چیرگی بیشتر حالت چیره‌نما داشته و میانگین فاصله بین پایه‌های آنها کمتر از سه متر است.

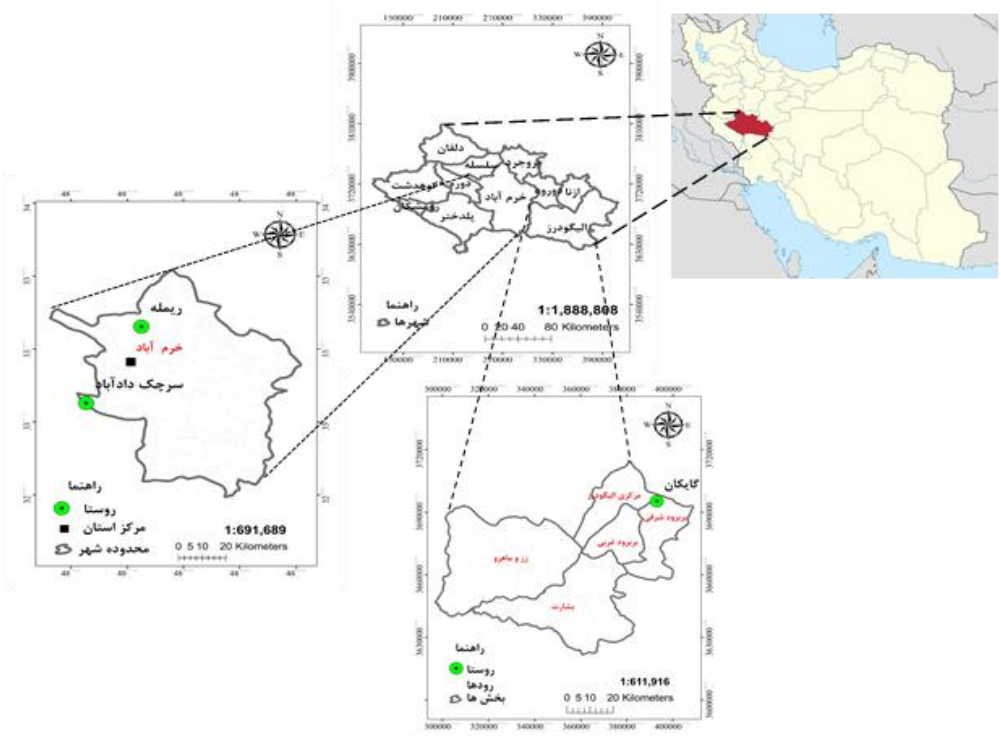
Young et al. (2017) تغییر در ترکیب و ساختار جنگل‌های کاج در شمال مینیسوتا آمریکا را در سال‌های ۱۹۴۱ و ۲۰۱۳ در شرایط مدیریت و عدم مدیریت با استفاده از شاخص نزدیک‌ترین همسایه مقایسه کرده و نشان دادند که ویژگی‌های سطح مقطع برابرسینه، تعداد درختان در هکتار، اختلاف ابعاد و مقادیر شاخص‌های ساختاری، بین قطعات‌نمونه مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده تا حدودی مطابق است. با توجه به مطالب بیان‌شده برای حفظ و نگهداری توده‌های ارژن و برنامه‌ریزی عملیات احیایی، دخالت‌های جنگل‌شناسی (مانند عملیات پرورشی) و روند تحولات این توده‌ها، تعیین ویژگی‌های ساختاری آن‌ها الزامی است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات زوال بر مؤلفه‌های کمی ساختار رویشگاه‌های درختچه ارژن، ارزیابی تغییرات الگوی پراکنش مکانی گونه ارژن بر اثر بروز زوال و تاثیر زوال بر وضعیت آمیختگی گونه ارژن در سه منطقه گایکان الیگودرز، سرچک دادآباد و ریمله خرم آباد در استان لرستان است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد پژوهش

در این پژوهش، پس از انجام جنگل‌گردشی و کسب اطلاعات از اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان

لرستان، سه منطقه جنگلی به‌عنوان رویشگاه‌های ارژن در استان لرستان انتخاب شدند. این مناطق شامل، گایکان الیگودرز در محدوده جغرافیایی ۵۶ ´ ۵۰ °۴۹ طول شرقی و ″۳۵ ´۲۳ °۳۳ عرض شمالی، سرچک دادآباد در محدوده جغرافیایی ″۲۷ ´۱۲ °۴۸ طول شرقی و ″۳۹ ´۱۷ °۳۳ عرض شمالی و ریمله خرم‌آباد در محدوده جغرافیایی ″۲۲ ´۴۱ °۴۸ طول شرقی و ″۰۵ ´۶۳ °۳۳ عرض شمالی، با دامنه ارتفاعی ۱۴۵۲ تا ۲۳۱۸ متری از سطح دریا است. اقلیم مناطق موردبررسی به‌ترتیب معتدل، معتدل مرطوب و نیمه-خشک تا مدیترانه‌ای می‌باشند (Rezaie et al., 2014). در شکل۱، موقعیت جغرافیایی سه منطقه در ایران و استان لرستان مشاهده می‌شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق موردبررسی در استان لرستان

Figure 1. Geographical location of the studied areas in Lorestan province

روش پژوهش

برای برداشت داده‌های میدانی، در هر منطقه موردبررسی، پنج قطعه‌نمونهٔ یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰) پیاده شد. در هر قطعه‌نمونه، ابتدا موقعیت تمامی درختان توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی(GPS) ثبت شد، سپس قطرهای بزرگ و کوچک تاج و ارتفاع درختان با دقت اندازه‌گیری شد و درصد خشکیدگی آنها نیز به‌صورت بصری تخمین زده شد. بدین صورت که درختان براساس آثار و علائم خشکیدگی همچون شاخه‌های مجنون و خشک شده، آثار آفات و بیماری و پوسیدگی تاج و تنه آنها در چهار طبقه خشکیدگی یک (صفر تا پنج درصد)، دو (پنج تا ۳۳ درصد) ، سه (۳۳ تا ۶۶ درصد) و چهار (۶۶ تا ۱۰۰ درصد) تفکیک و طبقه‌بندی شدند (Kabrick et al., 2008).

همچنین در هر قطعه‌نمونه، فاصله و آزیموت هر درخت نسبت به یک نقطه مشخص، اندازه‌گیری و ثبت شد. با توجه به ثبت مختصات تمامی درختان، شناسایی آنها در تصاویر پایگاه گوگل‌ارث انجام شد و با استفاده از تصاویر مربوط به سال ۲۰۱۲، داده‌های قبل از زوال از آن‌ها استخراج شد و برای تعیین وضعیت ساختاری قبل از زوال استفاده شدند.

شاخص‌ها و توابع مورد استفاده

برای بررسی و پژوهش جنبه‌های مختلف ساختار جنگل روش‌ها و شاخص‌های مختلفی وجود دارد. در زیر، به تفکیک شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش تشریح شده‌اند.

۱- شاخص زاویه یکنواخت

شاخص زاویه یکنواخت درجهٔ منظم بودن موقعیت مکانی درخت مرجع را نسبت به سه همسایه اطراف خود بررسی می‌کند. اساس کار این شاخص بر مبنای مقایسهٔ زاویهٔ بین درختان همسایه ($\propto j$) نسبت به زاویه استاندارد ($\propto 0$) است (Pommerening, 2002.). مقادیر زاویهٔ استاندارد و شاخص زاویه یکنواخت (Wi) برای یک گروه ساختاری به‌ترتیب از روابط ۱ و ۲ قابل محاسبه است.

$$\propto_0 = \frac{360}{Number\ of\ neighbour + 1} \qquad \text{رابطهٔ (۱)}$$

در این رابطه Number of neighbor بیانگر تعداد همسایه‌ها است.

$$W_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v\ ij$$
$$v\ ij = [1 \rightarrow \alpha\ j < \propto_0] \qquad \text{رابطهٔ (۲)}$$
$$v\ ij = [0 \rightarrow \alpha\ j \geq \propto_0]$$

مقدار این شاخص بین صفر و یک است، هرچه شاخص به سمت صفر میل کند الگوی توزیع، منظم و اگر به سمت یک میل کند، کپه‌ای است. اگر ۰/۴۷۵ > $\overline{W}$ باشد استقرار درختان در گروه‌های ساختاری، منظم، عدد بین ۰/۴۷۵ و ۰/۵۱۷ تصادفی و ۰/۵۱۷< $\overline{W}$ به‌صورت کپه‌ای است (Hui et al., 2007).

۲- شاخص میانگین جهت

شاخص میانگین جهت برای کمی‌سازی تنوع موقعیت مکانی استفاده و از رابطه سه محاسبه می‌شود. شاخص میانگین جهت، اطلاعاتی در مورد موقعیت (جهت) درختان مرجع و نزدیک‌ترین همسایه‌های آن‌ها به شیوه‌های متفاوت با شاخص زاویه یکنواخت مطرح می‌کند (Corral-Rivas et al., 2006). شاخص میانگین جهت دارای مقادیر صفر تا چهار است (Kuehne et al., 2015). چنانچه درختان پراکنش منظم داشته باشند؛ مقدار این شاخص برابر با صفر است و زمانی که درختان به‌صورت کپه‌ای در سطح منطقه پراکنده شده باشند این شاخص دارای بیشترین ارزش است. زمانی که مقدار این شاخص به عدد ۱/۷۷۹ نزدیک می‌شود درختان به‌صورت تصادفی در سطح منطقه توزیع شده‌اند (Szmyt, 2014).

$$R\,i = \sqrt{1 + \left(\sum_{j=2}^{n} cos(\propto ij)\right)^2 + \left(\sum_{j=2}^{n} \sin(\propto ij)\right)^2} \qquad \text{رابطهٔ (۳)}$$

۳- شاخص آمیختگی

از شاخص آمیختگی برای بررسی استقرار و سازگاری گونه‌های مختلف در کنار یکدیگر استفاده می‌شود. مقدار شاخص آمیختگی از رابطهٔ چهار قابل محاسبه است.

$$DM_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v\ ij$$
$$v\ ij = \left[1 \rightarrow i \text{ گونه } \neq j \text{ گونه }\right] \qquad \text{رابطهٔ (۴)}$$
$$v\ ij = \left[0 \rightarrow i \text{ گونه } = j \text{ گونه }\right]$$

این شاخص بیانگر چگونگی آرایش گونه‌های مختلف در کنار همدیگر بوده و ارزشی بین صفر تا یک را دارا است. هرچه مقدار این شاخص به عدد یک نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده آمیختگی گونه‌ای زیاد و

هر چقدر این شاخص به صفر نزدیکتر باشد، آمیختگی کمتر است (Ruprecht et al., 2010).

۴- شاخص چیرگی ابعاد

این شاخص ابعاد نسبی یک گونه خاص را نسبت به دیگر گونه‌ها مورد ارزیابی قرار می‌دهد، مقدار این شاخص از رابطهٔ پنج قابل محاسبه است. این شاخص دارای ارزش‌هایی بین صفر و یک است.

رابطهٔ (۵)
$$TD_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v\ ij$$

زمانی که ابعاد درخت مرجع نسبت به سه همسایه خود بزرگتر و یا مساوی باشد، ارزش این شاخص برابر با یک است؛ درحالی‌که اگر ابعاد درخت مرجع نسبت به همسایگان خود کوچکتر باشد ارزش این شاخص به سمت صفر میل می‌کند (Kint et al., 2004).

۵- شاخص تمایز

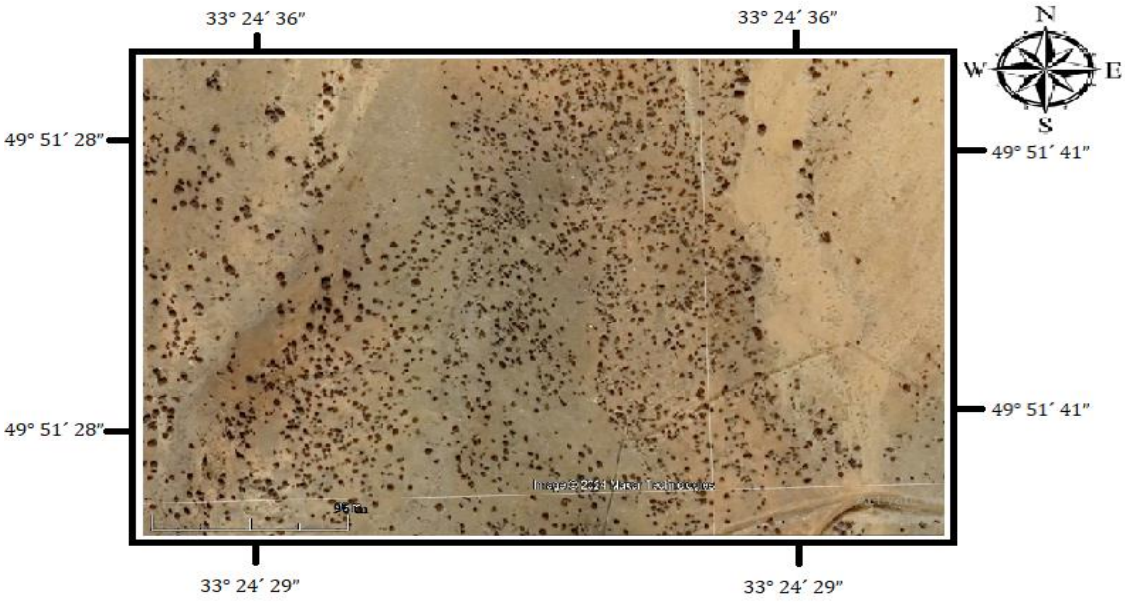
شاخص تمایز ابعاد از رابطهٔ شش محاسبه می‌شود.

رابطهٔ (۶)
$$T_{ij} = 1 - \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v\ ij$$

مقادیر این شاخص نیز از صفر تا یک نوسان می‌کند؛ اگر اختلاف متغیرهای موردبررسی درختان مجاور کم باشد، به سمت صفر و اگر زیاد باشد، به سمت یک میل می‌کند.

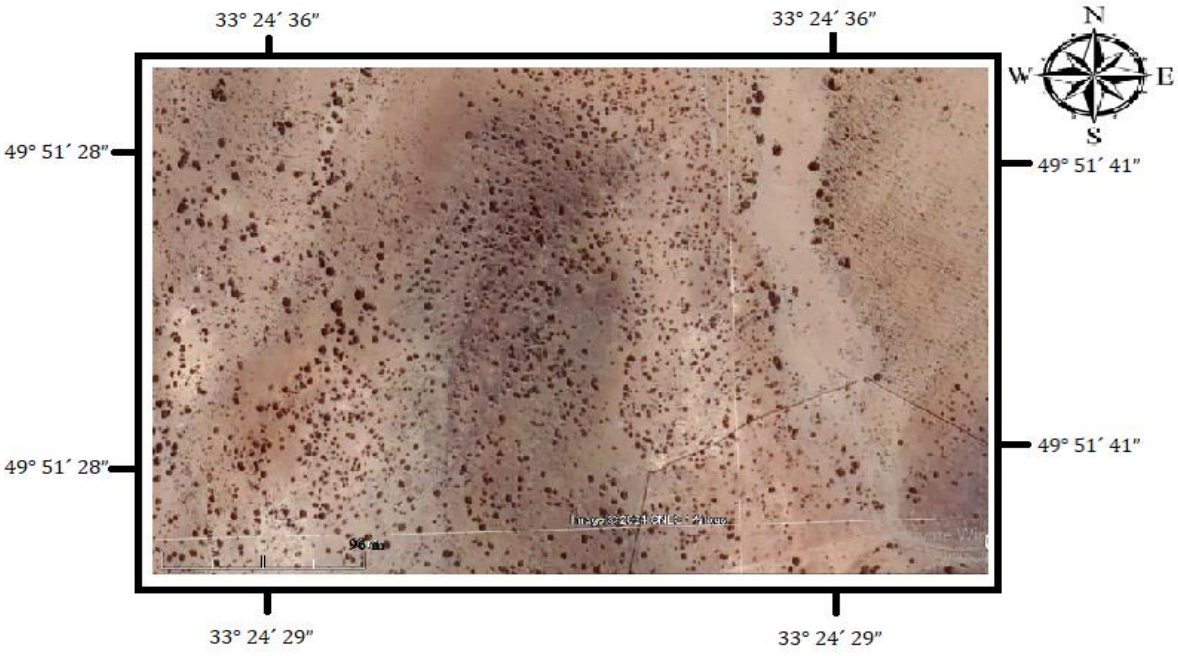
تجزیه و تحلیل اطلاعات

کمی‌سازی و محاسبه شاخص‌های ساختار با استفاده از نرم‌افزار Crancod (Ver 1.3) (Pommerening, 2006) انجام شد. این نرم‌افزار برای تجزیه و تحلیل و بررسی شاخص‌های ساختاری طراحی شده است و قابلیت زیادی در استفاده از اطلاعات آماربرداری صددرصد و همچنین قطعات‌نمونه دایره‌ای و مستطیلی دارد. در شکل‌های دو و سه، تصاویر حاصل از گوگل‌ارث مربوط به منطقه گایگان در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۲- تصویر حاصل از گوگل‌ارث مربوط به منطقه گایکان در سال ۲۰۱۲

Figure 2. Image from Google Earth related to Gaykan area in 2012



شکل ۳- تصویر حاصل از گوگل‌ارث مربوط به منطقه گایکان در سال ۲۰۲۲

Figure 3. Image from Google Earth related to Gaykan area in 2022

نتایج

در این پژوهش درصد خشکیدگی درختان در هر قطعه‌نمونه ثبت و میانگین درصد خشکیدگی برای هر منطقه محاسبه شد که نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. همانطور که در جدول مشخص است؛ بیشترین درصد درختان زوال‌یافته (طبقه چهارم) در منطقه گایکان الیگودرز و کمترین درصد در منطقه سرچک دادآباد مشاهده شد. در تمامی جداول قبل از زوال با حرف B و بعد از زوال با A نشان داده می‌شود.

جدول ۱- درصد خشکیدگی درختان در سه منطقه موردبررسی

Table 1. The percentage of trees decline in the three study areas

طبقه۴ Class4	طبقه۳ Class3	طبقه۲ Class2	طبقه۱ Class1	منطقه Area
36.4	26.4	28.9	8.2	گایکان Gaykan
4.29	10.92	48.37	36.41	دادآباد Dadabad
10.66	12.86	61.08	15.41	ریمله Rimaleh

در جدول ۲ مقادیر شاخص‌های آمیختگی، زاویه یکنواخت، میانگین جهت، تمایز و چیرگی ابعاد قبل و بعد از زوال در مناطق موردبررسی (گایکان، دادآباد و ریمله) ارائه شده است. نتایج حاصل از این شاخص‌ها نشان داد که گونه ارژن در گایکان کمترین و در ریمله بیشترین آمیختگی را دارد. در مورد الگوی پراکنش

درختان براساس شاخص زاویه یکنواخت مشخص شد که پس از زوال، تمایل درختان برای پراکنش کپه‌ای بیشتر از قبل شده است. نتایج دو شاخص چیرگی ابعاد و تمایز هم نشان‌دهنده غالبیت گونه ارژن در هر سه منطقه موردبررسی هستند.

در جدول ۳ ویژگی‌های ساختاری گونه ارژن و دافنه به‌عنوان مهم‌ترین گونه همراه آن در منطقه گایکان قبل از وقوع زوال و بعد از رخ‌دادن آن ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های ساختاری در سه منطقه موردبررسی

Table 2. The values of structural indices in the three study areas

چیرگی Dominance		تمایز Differentiation		میانگین جهت Mean directional		زاویه یکنواخت Uniform angle		آمیختگی Mingling		فراوانی نسبی Relative abundance		نام گونه Species name
B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	
0.62	0.51	0.45	0.5	1.86	1.98	0.57	0.65	0	0.11	100	96.08	ارژن *Amygdalus lycioides*
0	0.36	0	0.41	0	2.45	0	0.58	0	0.55	0	3.92	دافنه *Daphne mucronata*

جدول ۳- تراکم و ویژگی‌های ساختاری (بدون واحد) گونه‌های جنگلی گایکان

Table 3. Density and structural characteristics (without units) of Gaykan forest species

چیرگی Dominance		تمایز Differentiation		میانگین جهت Mean directional		زاویه یکنواخت Uniform angle		آمیختگی Mingling		منطقه Region
B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	
0.62	0.51	0.45	0.55	1.86	1.96	0.57	0.65	0	0.11	گایکان Gaykan
0.52	0.5	0.5	0.62	1.84	1.98	0.58	0.63	0.3	0.4	دادآباد Dadabad
0.5	0.49	0.53	0.65	1.93	2.04	0.57	0.65	0.54	0.62	ریمله Rimaleh

جدول ۴ ویژگی‌های ساختاری گونه ارژن و دیگر گونه‌های همراه را در منطقه ریمله قبل از وقوع زوال و بعد از رخ‌دادن آن نشان می‌دهد.

ویژگی‌های ساختاری گونه ارژن و سایر گونه‌های همراه در منطقه دادآباد قبل از وقوع زوال و بعد از رخ‌دادن آن در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۴- تراکم و ویژگی‌های ساختاری (بدون واحد) گونه‌های جنگلی ریمله

Table 4. Density and structural characteristics (without units) of Rimaleh forest species

فراوانی نسبی Relative abundance		آمیختگی Mingling		زاویه یکنواخت Uniform angle		میانگین جهت Mean directional		تمایز Differentiation		چیرگی Dominance		نام گونه Species name
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
0.52	0.57	0.60	0.57	1.96	1.83	0.68	0.56	0.45	0.39	35.81	40.39	ارژن *Amygdalus lycioides*
0.50	0.50	0.55	0.51	2.08	1.95	0.60	0.57	0.69	0.63	26.63	23.13	دافنه *Daphne mucronata*
0.41	0.38	0.59	0.56	1.99	1.97	0.58	0.55	0.59	0.56	22.12	21.57	هلدانه *Cerasus microcarpa*
0.38	0.32	0.58	0.54	1.98	1.95	0.59	0.57	0.78	0.75	12.85	12.42	شیرخشت *Cotoneaster lorestanica*
0.44	0.37	0.77	0.73	1.88	1.82	0.57	0.50	1.11	1	2.01	1.97	شن *Lonicera nummularifolia*
0.35	0.30	0.45	0.42	2.02	1.96	0.66	0.62	1.15	1	0.58	0.52	کیکم *Acer monspessulanum*

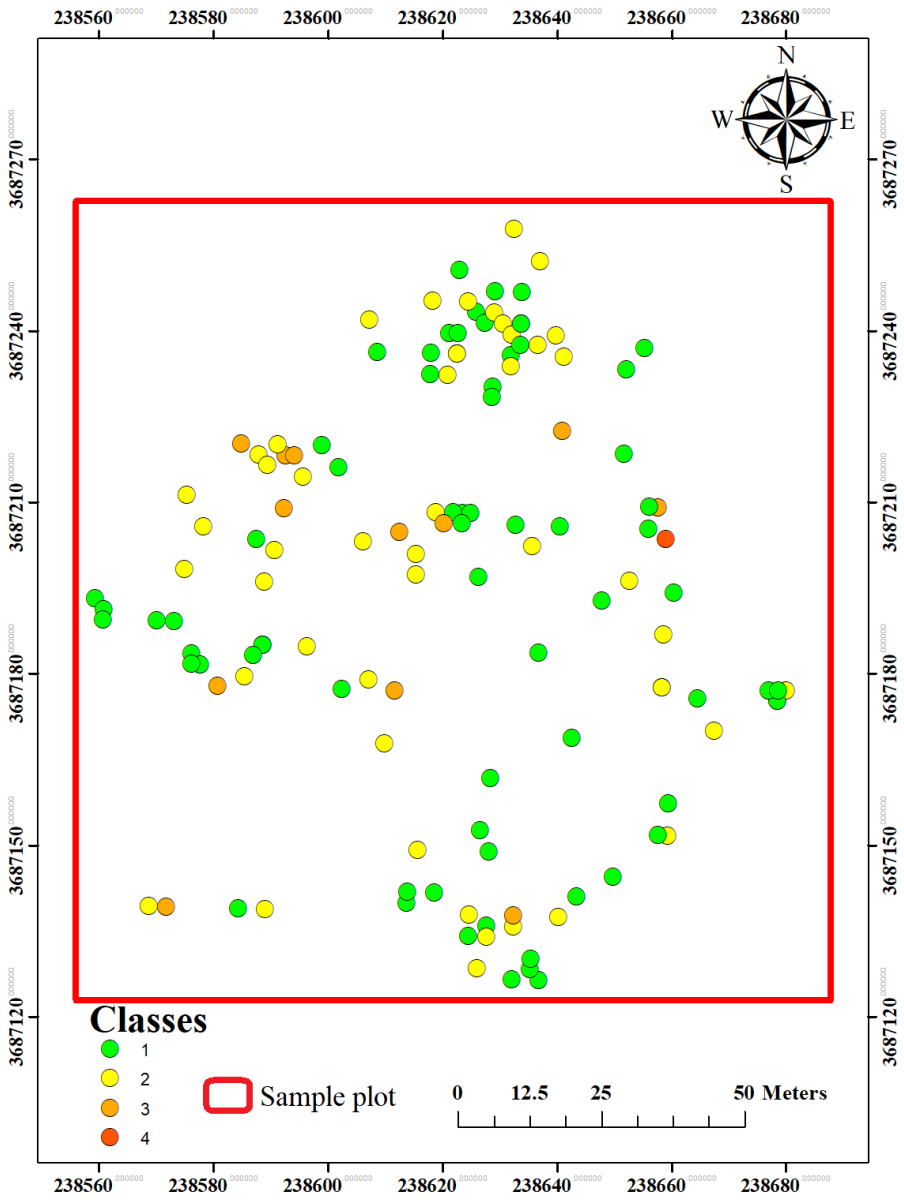
جدول ۵- تراکم و ویژگی‌های ساختاری (بدون واحد) گونه‌های جنگلی دادآباد

Table 5. Density and structural characteristics (without units) of Dadabad forest species

فراوانی نسبی Relative abundance		آمیختگی Mingling		زاویه یکنواخت Uniform angle		میانگین جهت Mean directional		تمایز Differentiation		چیرگی Dominance		نام گونه Species name
B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	
0.5	0.48	0.54	0.61	1.86	1.97	0.56	0.66	0.28	0.38	79.31	70.49	ارژن *Amygdalus lycioides*
0.42	0.45	0.51	0.67	1.75	2.12	0.55	0.62	0.65	0.7	14.26	22.01	دافنه *Daphne mucronata*
0.41	0.43	0.5	0.55	1.82	1.9	0.54	0.6	0.6	0.65	6.43	7.5	زالزالک *Crataegus pontica*

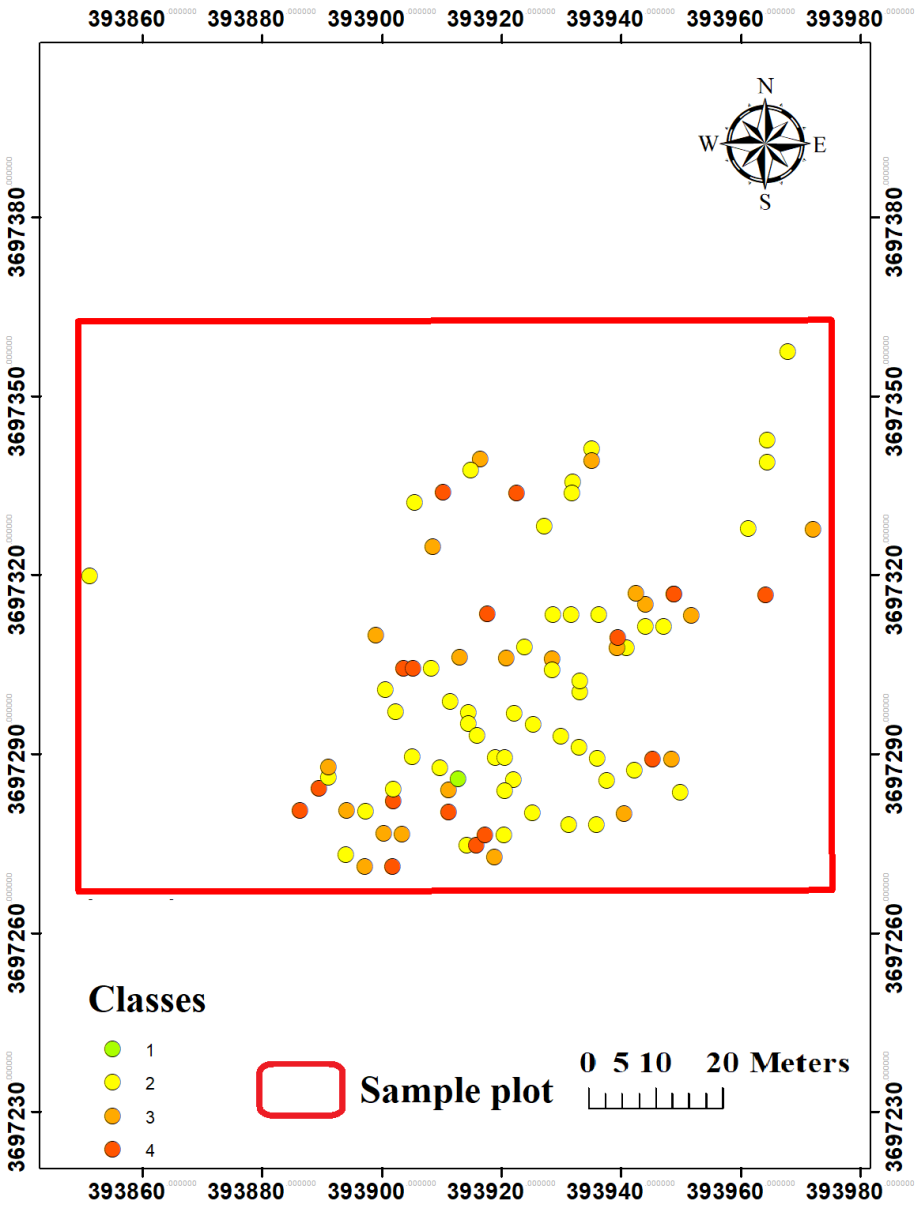
در نقشه‌های تهیه‌شده برای سه منطقه، پراکنش درختان در طبقات خشکیدگی مشاهده می‌شود. همانگونه که در نتایج هم مشخص شد، پراکنش درختان در رویشگاه گایکان الیگودرز بیشتر به سمت کپه‌ای تمایل دارد در حالی‌که در دو منطقه دیگر تا حدود زیادی تصادفی است. در هر منطقه درختان در چهار طبقه خشکیدگی حضور دارند و بیشترین پایه‌های خشک‌شده نیز در رویشگاه گایکان مشاهده

شدند. در شکل ۵ پراکنش درختان در سطح قطعه-نمونه در منطقه گایکان مشاهده می‌شود. در شکل ۶ پراکنش درختان در سطح قطعه‌نمونه در منطقه ریمله مشاهده می‌شود.



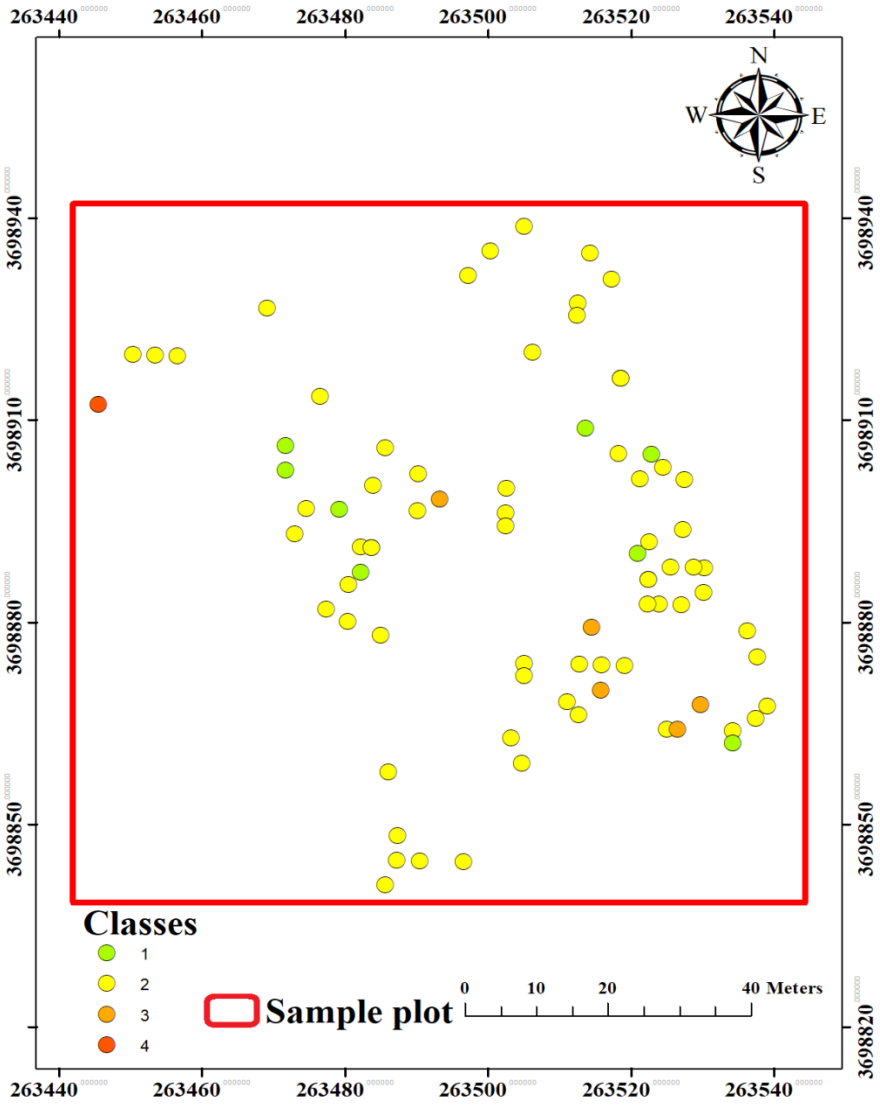
شکل ۴- پراکنش درختان در سطح قطعه‌نمونه در منطقه دادآباد

Figure 4. Distribution of trees in plots in Dadabad area



شکل ۵- پراکنش درختان در سطح قطعه‌نمونه در منطقه گایکان

Figure 5. Distribution of trees in plots in Gaykan area



شکل ۶- پراکنش درختان در سطح قطعه‌نمونه در منطقه ریمله

Figure 6. Distribution of trees in plots in Rimaleh region

بحث

در این پژوهش، اثر زوال بر ساختار توده‌های ارژن در سه منطقه گایکان، ریمله و دادآباد استان لرستان موردبررسی قرار گرفت و مشخص شد که رخ‌دادن زوال بر برخی از ویژگی‌های ساختاری درختچه‌های ارژن تاثیرگذار بود. قبل از وقوع زوال براساس دو شاخص میانگین جهت و زاویه یکنواخت، الگوی پراکنش درختچه ارژن در هر سه توده تصادفی بود، درحالی‌که بعد از وقوع زوال الگوی پراکنش این درختچه در هر سه منطقه میل به کپه‌ای‌شدن دارد. بر اساس نظرات پژوهشگران مختلف الگوی کپه‌ای در بین جوامع گیاهی رایج‌ترین الگوی پراکنش است (Nguyen et al., 2018; Kazempour Larsary et al.,

2018). مهم‌ترین دلیل برای وجود رایج الگوی کپه‌ای در یک جامعه، ویژگی‌های گونه، ارتباط بین گونه‌ها و محیط ناهمگن، شیوه زادآوری دخالت بیش از حد انسان از طریق تخریب شدید است (Ruprecht et al., 2010; Hui et al., 2019). همچنین در این راستا می‌توان اشاره کرد که تخریب بستر زادآوری جنگل‌های زاگرس، چرای شدید دام و کمبود بارش، عرصه را بر زادآوری طبیعی گونه‌های جنگلی تنگ کرده است.(Franklin and Ray, 2007). از طرف دیگر تخریب‌های انسانی در مکانیزم زادآوری و به‌ویژه انتشار بذر درختان و تغییر الگوی پراکنش آنها اثر دارند (Farhadi et al., 2017). تجزیه وتحلیل الگوی مکانی درختان می‌تواند در بازسازی ساختار گذشته توده و در تفسیر مراحل توالی و تحولی که الگوی پراکنش کنونی درختان را به‌وجود آورده‌اند، مفید و موثر باشد (Akhavan et al., 2010). در بررسی Biabani et al. (2016)الگوی کپه‌ای برای توده‌های تخریب‌شده و الگوی تصادفی برای جنگل‌های کمتر تخریب‌شده در جنگل‌های سردشت نیز گزارش شده و آشفتگی‌های محیطی ناشی از تخریب، عامل ایجاد این تغییر معرفی شده بود. Pourbabaei et al. (2012); Erfani Fard et al. (2008); Farhadi et al. (2019); Pirozi et al. (2018); Henareh et al. (2024) نیز نتایج مشابهی به‌دست آوردند. Hui et al. (2007) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که شاخص زاویه یکنواخت نسبت به سایر شاخص‌های مربوط به تنوع موقعیت مکانی، دارای توانایی بیشتری است.

براساس نتایج، شاخص آمیختگی گونه ارژن قبل از وقوع زوال، در منطقه گایکان صفر، دادآباد ۰/۲۸ و در ریمله ۰/۳ بوده است، این امر نشان‌دهنده این نکته است که در منطقه گایکان، ارژن تقریبا به‌صورت توده خالص حضور داشت. از طرف دیگر، با بررسی وضعیت خشکیدگی سه منطقه نیز مشخص شد که بیشترین درصد خشکیدگی پایه‌های ارژن در منطقه گایکان رخ داد (جدول ۱)، بنابراین می‌توان بیان داشت که در منطقه گایکان وجود تعداد بالای پایه‌های ارژن و غالبیت زیاد این گونه، موجب شد که عوامل بیماری‌زا پس از ورود به منطقه با سرعت زیادی فراگیر شده و به تبع آن خشکیدگی بالای پایه‌های ارژن در این منطقه رخ دهد (شکل۲). زیرا زیادتر بودن درختان در منطقه گایکان امکان جابه‌جایی سریعتر را برای آفات فراهم می‌سازد. البته در این بین وقوع خشکسالی‌های اخیر که سبب ضعف درختان شد، نیز زمینه را برای گسترش بیشتر عوامل بیماری‌زا فراهم کرد. این نتیجه با نتایج Irandoost et al. (2018) در مورد درخت کیکم هم‌راستا است. البته علت اختلاف شدت خشکیدگی سه منطقه می‌تواند به دلیل تفاوت در ویژگی‌های بوم‌شناسی آنها و یا نوع آفات و عوامل بیماری‌زا در آنها باشد.

بررسی وضعیت شاخص آمیختگی گونه ارژن پس از وقوع زوال نشان می‌دهد که این گونه کماکان در هر سه منطقه آمیختگی کمی دارد ولی حذف برخی پایه‌ها به دلیل خشیدگی کامل موجب شده که سایر گونه‌ها هم فرصت حضور و ظهور بیشتری نسبت به قبل داشته باشند (جداول۳-۴-۵). طبق نظر Pommerening (2002) آمیختگی گونه‌ای تحت تأثیر موقعیت مکانی درختان قرار دارد و گونه‌هایی که دارای الگوی کپه‌ای هستند دارای آمیختگی کمی هستند. Hosseini (2014) نیز در پژوهش خود نشان داد که موقعیت استقرار گونه در مقدار حساسیت یا مقاومت به شرایط محیطی نقش دارد و درختانی که دارای تجمع گروهی هستند؛ مقدار خشکیدگی بیشتری را نشان می‌دهند.

یکی از جنبه‌های تنوع زیستی در جنگل تنوع

ابعاد درختان است. نقش محیط زیستی درختان بسته به اندازه‌های مختلف از کوچک تا بزرگ متفاوت است (Hui and Pommerening, 2014). به لحاظ تنوع ابعاد، گونه ارژن در هر دو زمان نسبت به همسایگانش چیره بوده که با توجه به اینکه سهم قاب توجهی از درختان در سه منطقه موردبررسی ارژن می‌باشند؛ چیرگی ابعاد تاج این گونه نسبت به سایر گونه‌ها قابل توجیح است. همچنین تمایز تاج از حالت متوسط به اختلاف زیاد تغییر پیدا کرده است. این نتایج با بررسی‌های Farhadi (2013) و Hosseinzadeh (2014) هم‌خوانی دارد. همچنین Müller et al. (2000) در پژوهشی در کشور آلمان بیان کردند که گونه‌ی بلوط (به دلیل تراکم بیشتر در منطقه) از نظر ابعاد و گستردگی تاج نسبت به همسایه‌های خود دارای چیرگی است. نکته جالب توجه اینکه مقدار شاخص چیرگی ابعاد گونه ارژن بعد از زوال نسبت به قبل از زوال کاهش یافت؛ این نتیجه با نتایج بررسی Rahimi et al. (2023) هم‌راستا است که نشان داد به‌دلیل وجود عوامل متعدد تخریبی در جنگل‌های زاگرس توده‌های جنگلی توان و زمان کافی برای رسیدن به مراحل تکاملی را نداشته باشند و تمامی درختان و جست‌گروه‌های بلوط، به‌طور مداوم تحت تأثیر تنش‌های تخریبی، از تمایز قطری و ارتفاعی زیادی برخوردار نباشند. درحالی‌که این شاخص در مورد سایر گونه‌ها پس از زوال مقدار بالاتری داشته‌است؛ این امر به دلیل خشکیدگی تاج و سرشاخه‌های برخی از پایه‌های ارژن و ایجاد فضای بیشتر برای سایر گونه‌های همراه آن است.

به‌طورکلی شاخص‌های به‌کاررفته برای توصیف وضعیت فعلی ساختار مکانی و تنوع زیستی توده ارژن در سه منطقه مذکور توانایی بالایی از خود نشان دادند و توانستند نشان‌دهنده تغییرات ویژگی‌های ساختاری توده‌های ارژن پس از وقوع زوال و خشکیدگی باشند. از مزایای این شاخص‌ها ارزان بودن، صحت و انعطاف‌پذیری بالا در انتخاب تعداد درختان همسایه است که با توجه به دقت زیاد آنها می‌توان برای مدیریت و بررسی ساختار جنگل از آنها استفاده کرد. براساس نتایج حاصل از شاخص‌ها توده ارژن در هر سه منطقه از نظر سیر توالی از حالت بهینه و اوج خود خارج شده است و ساختار جنگل در اثر وقوع زوال، دستخوش تغییراتی شده است و از ثبات و پایداری لازم برخوردار نیست؛ زیرا بوم‌سازگانی که ساختار با-ثباتی داشته باشد و بین مقدار رشد ، تولید و مرگ‌ومیر آن تعادل برقرار باشد بوم‌سازگان پایدار و باثباتی است (Manion and Griffin, 2001). از این‌رو، مدیریت حمایتی و حفاظتی این جنگل‌ها و کنترل مشکلات آنها مستلزم دستیابی به اطلاعات مربوط به گذشته و حال و پی بردن به تغییر و تحولات انجام‌شده در سطح این جنگل‌ها است و با مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب می-توان از روند کاهشی تنوع زیستی و تراکم آنها که طی سالیان اخیر شدت گرفته، جلوگیری کرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان لرستان به دلیل همکاری و حمایت از بخش‌های عملیاتی و اجرایی این پژوهش سپاسگزاری می‌شود. همچنین از آقایان محسن یوسفوند مفرد، محمدرضا وحیدی اصل، پیمان امیری، احسان بدری و سایر عزیزانی که در برداشت‌های صحرایی ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Aguirre, O.; Hui, G.; Gadow. K. V.; Jimenez. J., An analysis of forest structure using neighborhood-based variables. *Forest Ecology and Management* **2003**, 183, 137-145.

Akhavan, R.; Sagheb-Talebi, Kh.; Hassani, M.; Parhizkar, P., Spatial patterns inuntouched beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2010**, 18 (2), 322-336. (InPersian)

Akhavan, R.; Hassani, M., Quantifying the structure of pure beech forests using spatial structural indices (case study: Hyrcanian forests of Mazandaran province, Iran). *Forest research and Development* **2023**, 9(2), 221-235. (InPersian)

Allen, C.D.; Macalady, A.K.; Chenchouni, H.; Bachelet, D.; McDowell, N.; Vennetier, M.; Kitzberger, T.; Rigling, A.; Breshears, D.D.; Hogg, E.H.; Gonzalez, P.; Fensham, R.; Zhang, Z.; Castro, J.; Demidova, N.; Lim, J.H.; Allard, G.; Running, S.W.; Semerci, A.; Cobb, N., A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* **2010**, 259, 660–684.

Bellassen V.; Luyssaert, S., Carbon sequestration: managing forests in uncertain times. *Nature* **2014**, 506, 153–155.

Biabani, K.; Pilehvar, B.; Safari, A., Comparison of spatial patterns and interspecific association of Gall oak (*Quercus infectoria Oliv.*) and Lebanon oak (*Q. libani Oliv.*) in two less degraded and degraded oak stands in northern Zagros (Case study: Khedrabad, Sardasht). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2016**, 24 (1), 77-88. (In Persian).

Boyd, I.L.; Freer-Smith, P.H.; Gilligan, C.A.; Godfray, H.C.J., The consequence of tree pests and diseases for ecosystem services. *Science* **2013**, 342, 57-73.

Cavallora, V.; Bracco, F.; Collina, S., A Focus on Phytochemical and Pharmacological Profile of *Prunus lycioides* (*=Amygdalus lycioides*). *Medicinal chemistry* **2020,** 20(20), 2207-2214.

Cooper, J.V.; Sjögersten, S.; Lark, R.M.; Mooney, S.J, To till or not to till in a temperate ecosystem? Implications for climate change mitigation. *Environmental Research Letters* **2021,** 16 (5): 1-16.

Corral-Rivas J.J., Pommerening A., Gadow K. von, and Stoyan D. An analysis of two directional indices for characterizing the spatial distribution of forest trees. In: Models of tree growth and spatial structure for multi-species, uneven-aged forests in Durango (Mexico). PhD dissertation. Faculty of Forest Science and Forest Ecology, *Georg-August University of Göttingen*. **2006**. p. 106–121.

Erfani Fard, Y.; Feghhi, J.; Zobeiri, M.; Namiranian, M., Investigation on the Spatial Pattern of Trees in Zagros Forests. *Journal of the Iranian Natural* **2008**, 60 (4), 1319-1328. (In Persian).

Fallah, A.; Haidari, M., Investigating the Oak Decline in different Crown-Dimensions in Middle Zagros Forests (Case Study: Ilam). *Journal Ecology of Iranian Forests* **2018**, 6 (12), 9-17. (In Persian).

Farhadi, P. An analysis of Zagros forest structure using neighbourhood-based indices (Case Study: Ghalehgol forest, Khoram abad). MSc thesis. Faculty of Agriculture. University of Lorestan. **2013**. 65p. (In Persian).

Farhadi, P.; Soosani, J.; Erafnifard, S.Y., 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* **2017**, 25 (3), 495-505. (In Persian).

Farhadi, P.; Soosani, J.; Erfanifard, S.Y.; Akhtari, M.H., Analysis of different type's structure in Nave Asalem-Gilan forests by using nearest neighbor indices. *Journal Plant Research* **2019**, 32 (1), 167-182. (In Persian).

Franklin, J.; Rey, S.J., Spatial pattern of tropical forest trees in Western Polynesia suggest recruitment limitation during secondary succession. *Journal of Tropical Ecology* **2007**, 23, 1-11.

Gea-Izquierdo, G.; Férriz, M.; García-Garrido, S., Aguín, O.; Elvira-Recuenco, M.; Hernandez-Escribano, L.; Martin-Benito, D.; Raposo, R., Synergistic abiotic and biotic stressors explain widespread decline of Pinus pinaster in a mixed forest. *Science of the Total Environment* **2019**, 685, 963-975.

Gessler, A.; Schaub, M.; McDowell, N.G., The role of nutrients in drought-induced tree mortality and recovery. *New Phytol* **2017**, 214, 513–520.

Harris, L.D. *The fragmented forest: Island Biogeography Theory and the Preservation of Biotic Diversity*. University of Chicago Press, Chicago, **1984** ; p 230.

Henareh, J.; Bordbar, S.K.; Pourhashemi, M.; Ghasempour, S., Investigating the structure of degraded oak forest stands in Northern Zagros Forests (Case study: Piranshahr and Sardasht forests of West Azarbaijan province), *Forest research and development* **2024**, 9 9(4), 535-552. (In Persian)

Hosseini, A., Effects of some of Persian oak tree and stand characteristics on crown dieback rate in oak forests of medium Zagros. *Journal of Forest Ecosystems Researches* **2014**, 1 (1), 37-50. (In Persian)

Hosseinzadeh, R. An analysis of Zagros forest structure using permanent plots (Case Study: Ghaleh gol forests, Khorram Abad, Iran); MSc thesis; Faculty of Agriculture; University of Lorestan, **2014**; 55p. (In Persian)

Hui, G. Y.; Li, L.; Zhonghua, Z.; Puxing, D., Comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. *Acta Ecologica Sinica* **2007**, 27 (11), 4717-4728.

Hui, G. Y.; Pommerening, A., Analysing tree species and size diversity patterns in multi-species Uneven-aged forests of Northern China. *Forest Ecology and Management* **2014**, 316, 125-138.

Hui, G. Y.; Zhang, G.; Zhao, Z.; Yang, A., Methods of Forest Structure Research: a Review. *Current Forestry Reports* **2019**, 5 (3), 142-154.

Ifeanyiobi, C.; Etuk, U.; Jike-wai, O., Climate change, effects and adaptation strategies: Implication for agricultural extension system in Nigeria. *Greener Journal of Agricultural Sciences* **2012**, 2(2), 53–060.

Irandoost, F.; Emtehani, M. H.; Kiani, B.; Mirshamsi, H., Comparison Investigation of quantitative and qualitative characteristics of maple trees in reserved and unreserved areas (case study: Bagh–e shadi protected area, Yazd). *Journal Natural Ecosystems of Iran* **2018**, 9 (1), 91-101. (InPersian)

Jactel, H.; Petit, J.; Desprez-Loustau, M. L.; Delzon, S.; Piou, D.; Battisti, A.; Koricheva, J., Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis. *Global Change Biology* **2012**, 18, 267–276.

Kabrick, J.M.; Dey, D.C.; Jensen, R.G.; Wallendorf, M., The role of environmental factors in oak decline and mortality in the Ozark Highlands. *Forest Ecology and Management* **2008**, 255(5-6), 1409-1417.

Kazempour Larsary, M.; Taheri Abkenar, K.; Pourbabaei, H.; Pothier, D.; Amanzadeh, B., Spatial patterns of trees from different development stages in mixed temperate forest in the Hyrcanian region of Iran. *Forest Science* **2018**, 64 (6), 260–270.

Kint, V.; Robert. D. W.; Noel. L., Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. *Ecological Modeling* **2004**, 180, 461-476.

Kuehne, C.; Weiskittel, A.R.; Fraver, S.; Puettmann, K.J., Effects of thinning-induced changes in structural heterogeneity on growth, ingrowth, and mortality in secondary coastal Douglas-fir forests. *Canadian Journal of Forest Research* **2015**, 45 (11), 1448-1461.

Manion, P.D. *Tree Disease Concepts*, second ed. Prentice-Hall, New Jersey, USA, **1991**.

Manion, P.D.; Griffin, D.H., Large landscape scale analysis of tree death in the Adirondack Park, New York, *Forest Science* **2001**, 47, 542– 549.

McDowell, N.G., Michaletz, S.T., Bennett, K.E., Solander, K.C., Predicting chronic climate-driven disturbances and their mitigation. Trends in Ecology and Evolution **2018**, 33 (1), 15–27.

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

Müller, S.; Ammer, C.; Nüßlein, S., Analyses of stand structure as a tool for silvicultural decisions (a case study in a *Quercus petraea*-Sorbus torminalis stand). *Forstwissenschaftliches Central blatt* **2000,** 119 (1-6), 32-42.

Nguyen, H.; Erfanifard. Y.; Petritan, I., Nearest neighborhood characteristics of a tropical

mixed broadleaved forest stand. *Forests*, **2018**, 9 (1), 33.

Oliva, J.; Boberg, J.B.; Hopkins, A.J.M.; Stenlid, J., Concepts of epidemiology of forest diseases. In: Gonthier, Paolo, Nicolotti, Giovanni (Eds.), Infectious Forest Diseases, CAB International, **2013**, pp 1–28.

Pirozi, F.; Soosani, J.; Adeli, K.; Maleknia, R.; Naghavi, H.; Hosseinzadeh, R., The comparison of forest structure in Oak stands with different density and mixture (Case study: Noyjian Forests of Khorramabad). *Forest Research and Development* **2018,** 4 (1), 15-28. (In Persian)

Pir Bavaghar, M., Evaluation of capability of IRS-P6 satellite data for predicting quantitative attributes of forests (case study: Northern Zagros forests). *Iranian Journal of Forest* **2011**, 3 (4), 277-289. (In Persian)

Pommerening, A., Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* **2002**, 3, 305-324.

Pommerening, A., Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. *Forest Ecology and Management* **2006**, 224, 266-277.

Pourbabaei, H.; Zandi Navgaran, Sh.; Adel, M. N., Spatial Pattern of Three Oak Species in Chenare Forest of Marivan, Kordestan. *Iranian Journal of Natural Resources* **2012**, 65 (3), 329-339. (In Persian)

Rahimi, H.; Bordbar, S.K.; Pourhashemi, M.; Khanhasani, M.; Safari, H.; Jalilian, N., Structure analysis of oak forest stands using neighborhood-based indices (case study: Chaharzebar and Barzeh forests, Kermanshah Province). *Forest Research and Development* **2023**, 9(1): 115-127. (InPersian)

Rezaie, E.; Akhavan, R.; Soosani, J.; Porhashemi, M., Efficiency of kriging for estimation and mapping of crown cover and density of Zagros Oak forests (Case study: Dadabad Region, Khorramabad). *Forestry and wood products* **2014**, 67 (3), 359-370.

Ruprecht, H.; Dhar, A.; Aigner, B.; Oitzinger, G.; Raphael, K.; Vacik, H., Structural diversity of English yew (*Taxus bacata.* L) populations. *European Journal of Forest Research* **2010**, 129, 189-198.

Sagheb Talebi, Kh.; Sajedi, T.; Yazdanian, F., A look at the forests of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, **2004**, p56.

Scholes, R.; Settele, J.; Betts, R.; Bunn, S.; Leadley, P.; Nepstad, D.; Overpeck, J.; Taboada, M.G. Terrestrial and inland water systems. In: Field, C., Barros, V., Mach, K., Mastrandrea, M. (Eds.), *Climate Change*: *Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Cambridge University Press, Cambridge, **2014**; pp 271–360.

Szmyt, J., Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. *Silva Fennica* **2014**, 38 (1), 31-39.

Young, B.D.; D'Amato, A.W.; Kern, C.C.; Kastendick, D.N.; Palik, B.J., Seven decades of change in forest structure and composition in Pinus resinosa forests in northern Minnesota, USA: Comparing managed and unmanaged conditions. *Forest Ecology and Management* **2017**, 395, 92-103.

The effects of decline on Quantitative and Qualitative Changes of *Amygdalus lycioides* Spachs structure (central Zagros, Lorestan province)

Somayeh Dehghannejad[1], Zahra Mirazadi[*2], Javad Soosnai[3] and Ramin Hosseinzadeh[4]

1- Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran. (somaye8030@gmail.com)
2- Corresponding author, Assistant Professor of Forestry Department, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran (mirazadi.z@lu.ac.ir)
3- Associate Professor of Forestry Department, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran. (soosani.j@lu.ac.ir)
4- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran. (ramin.hosseinzadeh@yahoo.com)

Received: 13 February 2024 Accepted: 21 April 2023

Abstract

Background and objectives: The Zagros forests of Iran are located in the Zagros Mountains, distributed from the northwest to the southwest of the country. The high diversity of climate, soil, and topography of theses forest has caused them to have a high biodiversity of fauna and flora which makes it a valuable habitat for many endemic species in the country. Furthermore, these forests are valuable ecosystems for water and soil conservation in western Iran. Stand structure is a key factor in the growth, function, and disturbance regimes of forests. By examining the forest structure not only the forest conditions such as species composition, succession are determined, but also the future of forest in relation to growth, species diversity changes, and canopy cover could be predicted. The study of spatial patterns is also a key attribute of forest ecosystem structure, for this reason ecologists have improved a large number of different methods for quantifying spatial patterns. Disturbance is a major driver of forest ecosystem dynamics which has a significant role in degradation and change in the forest. The decline observed in the Zagros forest is one of the main disturbances that may have caused changes in the structure and composition of forest ecosystems over recent years. Decline is a disease complex that involves the interaction of multiple biotic and abiotic factors, with impacts that range from partial crown dieback to tree death that depend on disturbance agent and severity or magnitude. *Amygdalus lycioides* Spachs is a valuable species with high ecological, genetic, and economic values which is suitable for afforestation and restoration of disturbed forests of Lorestan province. However, this species has deteriorated in recent years; which every day become more critical. Since the importance of structural characteristics for the management of forest stands and due to the sensitivity and specialty of the *Amygdalus lycioides* Spachs in Lorestan forest, the study of the structure of its stands using structural indicators can enhance management practices for this species. Therefore this study aims to investigate the effects of the decline on structural characteristics of *Amygdalus lycioides* Spachs as one of the most important species of Zagros.

Methodology: For this purpose, after initial field surveys, three major habitats of *Amygdalus lycioides* Spachs in Lorestan province were selected (Gaykan, Dadabad, and Rimaleh). In each region, 5 one-hectare plots were set up and the coordinates of all trees were recorded by the full calipering method. For each tree, the decline percent was estimated by classes (1 = less than 5%; 2 = 5–33%; 3 = 34–66%; 4 > 66%), based on signs and symptoms of dieback such as dried branches, signs of pests and diseases and rotting of the crown and stem. Then structural characteristics such as diameter at breast height, tree height, canopy height, and canopy diameters were measured. In each plot distance and azimuth of each tree were recorded relative to a specific point. To study stand structure some indexes including Uniform angle index, Mean directional, Differentiation index, and Mingling index, were used. Structural indices were measured by Crancod ver 1.3 software.

* Corresponding author Tel: +989169799298

Results: In this research, the decline percentage of trees in each plot was recorded and the average decline was calculated for each area. Based on the results, the highest (decline >66%) and lowest (decline< 5%) were observed in Gaykan (36.4 %) and Dadabad (4.29%) regions respectively. The results showed a random positioning for the trees in the studied areas before the decline, while after the decline spatial distribution of trees tends toward a cluster pattern, Rimaleh forest has relatively moderate mixing and *Amygdalus lycioides* being dominant than their neighbors before and after the decline. The mean of the differentiation index shows a large difference between canopy coverings of *Amygdalus lycioides* rather than other species.

Conclusion: In general, the decline had negatively impacted the structural characteristics of *Amygdalus lycioides* stands, leading to reduced structural complexity. Species characteristics, relations between neighbor species and heterogeneous environment, regeneration method, and severe destruction are the main reasons for the cluster pattern distribution of trees. Furthermore, species mixture is affected by the spatial pattern of trees and species with cluster patterns have a low mixture with other species. Due to the widespread presence of *Amygdalus lycioides* in three study sites, the crown dimension dominance of this species compared to other species can be proved. This finding can be used for recognizing the ecological relationships between differenet species and be a prerequisite for better ecosystem management and restoration activities. In order to manage these forests optimally, it is necessary to know the aggravating factors of decline and control human interference and forest destruction. Also, with the reduction of destruction factors, and protection of destructed stands, the condition of these destructed stands will be more desirable.

Keywords: Spatial distribution pattern, Species diversity, Dimensional diversity, Dieback, Zagros.