

## بررسی ساختار توده‌های جنگلی بلوط تخریب‌یافته در زاگرس شمالی (جنگل‌های پیرانشهر و سردشت)

جلال هناره\*<sup>۱</sup>، سید کاظم بردبار<sup>۲</sup>، مهدی پورهایمی<sup>۳</sup> و صابر قاسم‌پور<sup>۴</sup>

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. (j.henareh@areeo.ac.ir)

۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (sbordbar86@gmail.com)

۳- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (pourhashemi@rifr.ac.ir)

۴- محقق، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. (azwest169@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰

### چکیده

**مقدمه و هدف:** به منظور مدیریت صحیح جنگل به ابزارهایی نیاز است که با استفاده از آنها بتوان تغییرات ایجاد شده در ساختار جنگل را بررسی کرد. در این پژوهش برای بررسی ساختار جنگل‌های مخروطی بلوط پیرانشهر و سردشت در استان آذربایجان غربی، دو قطعه نمونه یک هکتاری با ابعاد ۱۰۰ در ۱۰۰ متر، در دو توده با شرایط متفاوت شامل دارساروین سردشت (دانه و شاخه‌زاد، تاج پوشش ۳۰ درصد) و پردانان پیرانشهر (شاخه‌زاد متراکم، تاج پوشش ۹۰ درصد) بررسی شد.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش، بررسی ساختار با استفاده از شاخص‌های تراکم، قطر، ارتفاع و رویه‌زمینی، موقعیت مکانی و همچنین شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه در دو قطعه نمونه یک هکتاری انجام گرفت. متغیرهای ساختاری تمام درختان موجود در قطعه نمونه به تفکیک پایه‌های تک‌تنه و شاخه‌زاد اندازه‌گیری شدند. مشخصات گونه، مختصات مکانی، قطر در ارتفاع ۰/۵ متری تنه، قطر برابر سینه و ارتفاع تمام درختان اندازه‌گیری شد. برای تیپ‌بندی پوشش جنگلی نیز سه معیار تراکم گونه‌ای، سطح مقطع و تاج‌پوشش، مورد استفاده قرار گرفت. برای تشریح و کمی‌سازی ویژگی‌های ساختاری توده‌های جنگلی در این پژوهش، از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. بدین منظور از شاخص‌های فاصله نزدیک‌ترین همسایه‌ها، زاویه یکنواخت، کلارک و اوانز، آمیختگی، اختلاف قطری و اختلاف تاج‌پوشش استفاده شد. محاسبات مربوط به ویژگی‌های ساختاری توده‌های مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار SPSS

نسخه ۲۰ و محاسبات مربوط به شاخص‌های ساختاری با استفاده از مجموعه نرم‌افزاری Crancod نسخه ۱/۳ انجام شد.

**یافته‌ها:** در قطعه نمونه دارساروین سردشت ۲۷۷ پایه در هکتار و در قطعه نمونه پردانان پیرانشهر، ۷۴۷ پایه جست گروه در هکتار برداشت شد. نتایج شاخص کلارک و اوانز با مقدار ۰/۸۲ و ۰/۹۴ به ترتیب برای توده‌های دارساروین و پردانان و زاویه یکنواخت به همین ترتیب با مقدار ۰/۵۶ و ۰/۵۲ نشان داد در هر دو توده الگوی پراکنش مکانی کپه‌ای و الگوی پراکنش گونه‌ای تصادفی است. نتایج شاخص آمیختگی نشان‌دهنده آمیختگی بیشتر درختان همسایه، در توده پردانان (۰/۶۵) نسبت به توده دارساروین (۰/۳۸) است. میانگین شاخص اختلاف قطری برای قطر در ارتفاع نیم‌متری تنه، اختلاف بیشتر توده پردانان (۰/۵۵) نسبت به دارساروین (۰/۴۶) را نشان می‌دهد. اما شاخص اختلاف تاج‌پوشش نشان‌دهنده اختلاف بیشتر دارساروین (۰/۵۸) نسبت به پردانان (۰/۵۳) در تاج‌پوشش درختان است.

**نتیجه‌گیری کلی:** در مجموع نتایج شاخص تنوع ترکیبی، نشان داد سطح تنوع ترکیبی مکانی، گونه‌ای و ابعادی پائینی در دو توده جنگلی مورد تحقیق وجود دارد و این نتایج تحت تاثیر عوامل تخریبی و همچنین محدودیت تجدید حیات، همخوانی دارد. با توجه به تفاوت توده‌ها در دو قطعه نمونه مورد بررسی نتایج حاصل از این شاخص‌ها می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای مقایسه با سایر جنگل‌های مشابه و تعیین مقدار انحرافات به‌وجود آمده در اثر فرایندهای طبیعی و دخالت‌های انسانی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین رسیدن به یک الگوی مدیریت و شیوه جنگل‌شناسی مناسب در جنگل‌های این منطقه و تعیین ساختار و برنامه‌ریزی بر اساس وضع موجود با استفاده از این شاخص‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد.

**واژه‌های کلیدی:** آمیختگی، بلوط، ساختار جنگل، نزدیک‌ترین همسایه

(FAO, 2020). متوقف و معکوس کردن روند تخریب بوم‌سازگان‌ها و افزایش آگاهی در مورد نیاز به بازیابی و بوم‌سازگان‌های طبیعی و مزایای بسیاری که این بوم-سازگان‌ها برای بشریت به‌همراه دارند، ایده اصلی چالش احیای اکوسیستم سازمان ملل در دهه ۲۰۳۰-۲۰۲۱ را تشکیل می‌دهد (Henareh Khalyani & Pourhashemi, 2021).

یکی از عمده مشکلات موجود در برنامه‌ریزی‌های جنگل‌شناسی و تشریح جنگل در طرح‌های جنگلداری اجرا شده در جنگل‌های زاگرس عدم آگاهی و اطلاع از وضعیت طبیعی توده‌های جنگلی و ساختار آنها است و زمانی که اطلاعات از ساختار جنگل محدود باشد، نمی‌توان انتظار حفظ بوم‌سازگان جنگل را در طولانی‌مدت داشت. ساختار توده‌های جنگلی به نحوه استقرار و روابط درونی درختان زنده و نیز خشک‌دارها در داخل توده اشاره دارد و نشانگر برآیندی از کنش‌ها و واکنش‌های بین درختان مستقر در توده و نیز محیط اطراف است (Oliver & Larson, 1996). ساختار توده جنگلی که به ساختمان عمودی و افقی و نیز سن توده نیز اشاره دارد، سه جنبه مهم تنوع موقعیت مکانی درختان (الگوی مکانی)، تنوع گونه‌ای درختان و تنوع ابعاد درختان را ارزیابی می‌کند (Pommerening, 2002). در سال‌های اخیر مجموعه‌ای از شاخص‌های تک‌درختی مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه معرفی شده‌اند که اندازه‌گیری آنها نسبت به شاخص‌های دیگر بسیار ساده‌تر است (Motz et al., 2010). این شاخص‌ها به ترتیب الگوی پراکنش درختان، کمیت و درجه پراکندگی گونه‌های مختلف درختی و همچنین وضعیت ابعاد درختان را مورد بررسی قرار داده و با میانگین‌گیری از آنها در سطح توده‌های جنگلی، جنبه‌های مختلف ساختاری را توصیف می‌کنند (Wang et al., 2016). موقعیت مکانی درختان که نشان‌دهنده

جنگل‌های زاگرس از نظر سطح، بزرگترین وسعت را نسبت به دیگر مناطق جنگلی کشور دارا است و از نظر درصد سطح جنگل به مساحت منطقه بعد از جنگل‌های شمال ایران در درجه دوم اهمیت قرار دارد. به دلیل شرایط خاص اجتماعی و اقتصادی منطقه، آسیب‌های شدیدی به این جنگل‌ها وارد شده است. در وضعیت حاضر زادآوری در جنگل‌های بلوط غرب کشور بسیار ضعیف است (به ویژه زادآوری دانه‌زاد) و راز بقای این جنگل‌ها را باید قدرت بالای بلوط در جست‌زنی دانست. مساحت این جنگل‌ها حدود شش میلیون هکتار است که قریب ۴۴ درصد از کل جنگل‌های ایران را به‌خود اختصاص داده‌اند (Sagheb-Talebi et al., 2014). در منطقه زاگرس نیز با توجه به سابقه طولانی برداشت‌های سنتی و عرفی از جنگل ساختار توده‌های جنگلی تغییر کرده و بسیار شکننده شده است (Ghazanfari et al., 2004). بخش شمالی زاگرس با برخورداری از توان اکولوژیکی بالاتر و میانگین بارندگی سالانه بیشتر، از انبوهی پوشش تاجی بالاتری برخوردار است. با این وجود نبود کشاورزی صنعتی و پربازده و دیگر عرصه‌های تولیدی و اقتصادی موجب وابستگی معیشت این جوامع به جنگل شده و کاهش سطح کمی و کیفی جنگل را در پی داشته است. سطح جنگل‌های زاگرس استان آذربایجان غربی در طبقات مختلف تاج پوشش ۵ درصد تا بیش از ۷۵ درصد امروزه به حدود ۶۰۲۰۰ هکتار رسیده است (Henareh Khalyani et al., 2022). همچنین وضعیت کیفی این جنگل‌ها مناسب نیست و مدیریت صحیح و اصولی در راستای حفاظت و احیا توده‌های جنگلی در این استان ضروری است. در دهه میلادی گذشته (۲۰۲۰-۲۰۱۰)، هر ساله ۴/۷ میلیون هکتار از جنگل‌های جهان در اثر عوامل تخریبی مختلف از دسترس خارج شده‌اند

تصادفی درختان همسایه در هر دو حالت است. در پژوهشی دیگر بررسی ویژگی‌های ساختاری توده‌های شاخه‌زاد بلوط جنگل‌های مریوان نشان داد که تیپ جنگلی منطقه مورد بررسی تیپ خالص برودار (*Quercus brantii* Lindl.) بوده و تمام درختان شاخه‌زاد بودند. کم بودن متوسط قطر جست‌ها (۴/۵ سانتی‌متر) و قطر جست‌گروه‌ها (۵/۲۰ سانتی‌متر) نشان‌دهنده جوان‌بودن توده و کم‌بودن متوسط ارتفاع جست‌ها (کمتر از ۴ متر) نیز نشان‌دهنده کم‌عمق‌بودن نیمرخ عمودی توده بود. پراکنش قطری توده مورد بررسی از الگوی نرمال پیروی می‌کرد که بیانگر همسال‌بودن توده بود (Pourhashemi et al., 2015). مقایسه ساختار جنگل در توده‌های شاخه‌زاد بلوط با تراکم و آمیختگی متفاوت توسط Piroozy et al. (2018) نشان داد که تنوع گونه‌ای در این توده‌ها کم است اما به‌طور کلی تنوع در توده‌های کمتر تخریب‌یافته بیشتر از توده‌های تنک است. بر اساس نتایج آنها، ساختار توده‌های کمتر تخریب‌یافته از جنبه‌های مختلف در وضعیت مطلوب‌تری قرار دارد. استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه در تحلیل ساختار جنگل نیز در پژوهش‌های یک دهه اخیر در ایران مشاهده می‌شود.

Hosseinzadeh et al. (2021) با به کارگیری برخی از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه (کلارک و اوانز، زاویه یکنواخت، آمیختگی، چیرگی و تمایز) در کمی‌سازی ساختار جنگل‌های قلعه‌گل خرم‌آباد، به این نتیجه رسیدند که درختان همسایه از نظر مساحت تاج، دارای اختلاف آشکاری با یکدیگر هستند. در پژوهشی دیگر تحلیل کمی ساختار جنگل در مرحله افزایش حجم در جنگل‌های هیرکانی انجام شده است. نتایج کلی این پژوهش نشان داد که استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه از توانایی

الگوی پراکنش آنها است، از الگوهای کپه‌ای، تصادفی، منظم و یا حالتی بین آنها پیروی می‌کند. آمیختگی نیز به بررسی نحوه چیدمان گونه‌های مختلف در کنار یکدیگر می‌پردازد. تنوع ابعاد درختان نیز نشان‌دهنده چیدمان مکانی مشخصه‌هایی مانند قطر برابر سینه و ارتفاع است (Pommerening, 2006).

در زمینه بررسی ساختار توده‌های بکر و همچنین تخریب‌یافته زاگرس پژوهش‌های ارزشمندی انجام شده است. (Jazirehi and Ebrahimi Rostaghi 2003) سه توده دست‌نخورده بلوط را در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل بیانگر این موضوع است که ساختار این جنگل‌ها بیشتر دو تا سه اشکوبه بوده، دارای تنوع گونه‌ای بالایی در اشکوب درختچه‌ای و علفی هستند. ۷۸ درصد درختان در توده بکر گور عمر دارای مبدا رویشی دانه‌زاد هستند که این مقدار بر اساس نظر نویسندگان بیشترین مقدار ترکیب دانه‌زاد در سرتاسر زاگرس شمالی است. (Salehian 2009) ساختار جنگل را در سه توده کمتر دست‌خورده و در مجاورت هر یک از این توده‌ها یک توده تحت بهره‌برداری سنتی در شهرستان بانه را مورد پژوهش قرار داد. نتایج ایشان نشان داد که مشخصه‌های ارتفاع، سطح تاج، ترکیب و تنوع گونه‌ای و خشکیدگی تاج در هر سه توده کمتر دست‌خورده دارای اختلاف معنی‌داری با توده‌های تحت بهره‌برداری متناظرشان بودند. از نظر رویه‌زمینی و قطر برابر سینه نیز در دو توده کمتر دست‌خورده اختلاف معنی‌داری با دو توده بهره‌برداری شده مشاهده شد. پژوهش Farhadi et al. (2013) که با در نظر گرفتن درختان قطع شده (وضعیت پیش از تخریب) موقعیت مکانی و تنوع گونه‌ای درختان را بررسی و با وضعیت فعلی جنگل‌های قلعه‌گل لرستان مقایسه کردند نشان داد که میانگین شاخص زاویه یکنواخت قبل و بعد از قطع نشان‌دهنده چیدمان

روش‌های دیگر در تجزیه و تحلیل جنبه‌های مختلف ساختار قوی‌تر هستند. Li et al. (2020) با بررسی ساختار فضایی یک توده آمیخته بلوط و کاج در کشور چین بیان کردند که اگر چه اندازه درخت به‌طور مستقیم با ساختار غیر فضایی جنگل‌ها ارتباط دارد ولی در عین حال ویژگی‌های ساختار فضایی آنها را به‌طور دقیق پیش‌بینی می‌کند.

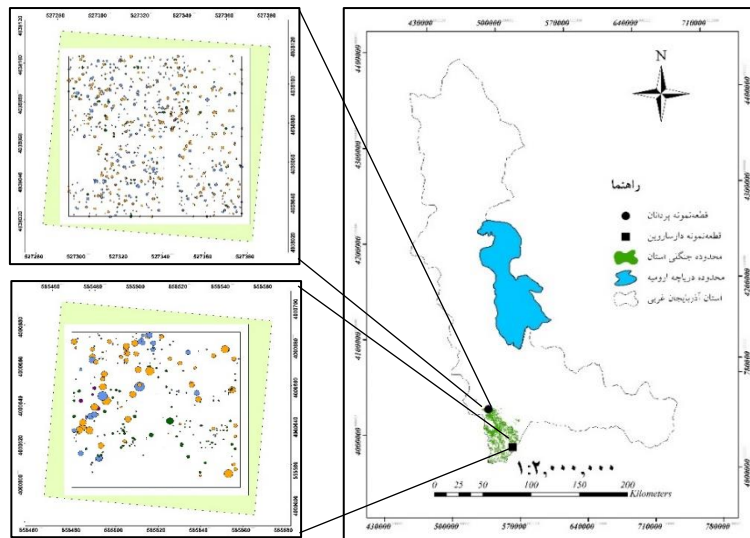
این پژوهش به‌عنوان بخشی از پروژه ملی سنجش و پایش ساختار توده‌های جنگلی زاگرس، تلاش دارد ضمن استقرار قطعات نمونه ثابت، برای اولین بار در توده‌های جنگلی مختلف استان آذربایجان غربی و سنجش متغیرهای ساختاری توده‌ها، امکان پایش دراز مدت ساختار را فراهم کند. با انجام این پژوهش، می‌توان اطلاعات نهفته در این توده‌ها را استخراج کرده و از آن برای بهبود وضعیت کمی و کیفی این جنگل‌ها استفاده کرد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد بررسی

محدوده مورد بررسی در این پژوهش رویشگاه‌های جنگلی زاگرس در جنوب استان آذربایجان غربی است. رویشگاه‌های زاگرس استان آذربایجان غربی، بخش‌هایی از شهرستان‌های پیرانشهر و سردشت در استان آذربایجان غربی هستند. این محدوده بین مختصات عرض ۴۵ درجه و ۲ دقیقه و ۱۳ ثانیه تا ۴۵ درجه و ۴۶ دقیقه و ۵۸ ثانیه شرقی و طول ۳۵ دقیقه و ۵۸ دقیقه و ۱۹ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۴۲ ثانیه شمالی قرار دارد (شکل ۱).

زیادی در آشکارسازی مشخصه‌های ساختاری توده‌های جنگل در مرحله تحولی افزایش حجم برخوردارند و در نتیجه ابزار مفیدی برای مدیریت جنگل هستند (Moradi et al., 2021). همچنین (Moridi et al., 2022) در بررسی تغییرات ساختاری در جنگل‌های گلازنی‌شده بانه در استان کردستان نیز استفاده از قطعات نمونه دائمی را روش مناسبی برای بررسی تغییرات نمایه‌های ساختاری در توده‌های گلازنی‌شده معرفی کرده‌اند. پژوهش (Zabihollahi et al., 2021) نیز نشان داد که بیشترین پراکنش درختان و جست‌گروه‌ها در جنگل هواره‌خول بانه در طبقه ارتفاعی ۴-۲ متر بوده و بیش از ۸۴ درصد پایه‌ها ارتفاعی کمتر از چهار متر دارند. بیشتر درختان و جست‌گروه‌ها دارای قطر برابر سینه کمتر از ۱۰ سانتی‌متر بودند که بیانگر جوان بودن جنگل هواره‌خول با دامنه پراکنش قطری کم و فراوانی کم پایه‌های قطور و مسن در جنگل است. در یکی از جدیدترین پژوهش‌های داخل ایران (Rahimi et al., 2023) ساختار دو توده بلوط از جنگل‌های زاگرس در استان کرمانشاه را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که ساختار جنگل در مناطق مورد بررسی به‌شدت دست‌خوش تغییر شد. پژوهش‌های خارج از ایران نیز بکارگیری شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه در بررسی ساختار جنگل را تایید می‌کنند. بررسی شاخص‌های فوق توسط Kint et al. (2004) نشان‌دهنده توانایی زیاد آنها در تشریح دقیق ساختار توده‌های جنگلی است. (Hui et al., 2019) روش‌های مختلف تشریح ساختار توده را مورد مقایسه قرار دادند. نتیجه پژوهش آنها بیانگر آن بود که روش‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه نسبت به



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی قطعات نمونه در استان آذربایجان غربی، ایران

Figure 1. Geographical location of the sample plots in West Azarbaijan, Iran

است. این توده به عنوان یک نمونه (الگو) از جنگل های شاخه زاد در استان آذربایجان غربی است که حاصل دخالت شدید در ساختار جنگل و قطع یکسره در دهه های ۳۰ و ۴۰ شمسی است. اطلاعات قطعه نمونه های مورد بررسی در جدول ۱ آمده است.

قطعه نمونه سردشت (دارساروین)، در ۱۰ کیلومتری جاده سردشت به باه واقع شده است. این توده جنگلی از سال ۱۳۹۴ به عنوان منطقه قرق تحت مدیریت اداره منابع طبیعی شهرستان سردشت قرار دارد. قطعه نمونه دوم (پردانان) نیز در جنوب شهرستان پیرانشهر و در نزدیکی روستای قبرحسین واقع شده

جدول ۱- مشخصات قطعه نمونه های بررسی ساختار جنگل در استان آذربایجان غربی

Table 1. Characteristics of the sample plots studied for forest structure in West Azarbaijan province

مبدأ Origin	درصد تاج پوشش Canopy cover (%)	تراکم در هکتار (پایه) Density per hectare	ارتفاع از سطح دریا (متر) Height above sea level	جهت جغرافیایی غالب Dominant geographical aspect	متوسط درصد شیب Average slope (%)	قطعه نمونه Sample plot
دانه و شاخه زاد Coppice with standards	30	277	1400	شمال غربی Northwest	50	دارساروین (سردشت) Darsarvin (Sardasht)
شاخه زاد Coppice	90	747	1450	شمالی Northern	10	پردانان (پیرانشهر) Pardanan (Piranshahr)

## روش پژوهش

در اجرای این پژوهش در ابتدا، پس از جنگل‌گردشی و استفاده از تجارب کارشناسان اجرایی استان، قطعات نمونه دائمی در دو شهرستان پیرانشهر و سردشت انتخاب شد. با توجه به تجارب و منابع موجود در مورد ساختار جنگل‌های زاگرس ( Hosseinzadeh et al., 2021; Pourhashemi et al., 2015) در هر یک از مناطق انتخابی یک قطعه نمونه مربعی شکل یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰ متر) دائمی تعیین و مورد آماربرداری ۱۰۰ درصد قرار گرفت. متغیرهای ساختاری تمام درختان موجود در قطعه نمونه به تفکیک پایه‌های تک‌تنه و شاخه‌زاد اندازه‌گیری شدند. برای درختان تک‌تنه، مشخصات گونه، مختصات مکانی، قطر در ارتفاع ۰/۵ متری تنه، قطر برابر سینه و ارتفاع اندازه‌گیری شد. قطر در ارتفاع نیم‌متری تنه برای یکسان شدن برداشت‌ها در درختان دانه‌زاد و شاخه‌زاد برداشت شد. برای پایه‌های شاخه‌زاد نیز علاوه بر متغیرهای فوق، تعداد جست در جست‌گروه، ارتفاع غالب جست‌گروه (ارتفاع بلندترین جست در هر جست‌گروه)، قطر در ارتفاع ۰/۵ متری تمام جست‌های موجود با ارتفاع بیشتر از ۱/۳ متر اندازه‌گیری شدند. با توجه به اهمیت تاج در ساختار جنگل‌های زاگرس، متغیرهای تاج شامل قطر بزرگ و قطر عمود بر آن و طول تاج اندازه‌گیری شده و متغیرهای نسبت تاج (طول تاج زنده به ارتفاع درخت)، تراکم تاج و سطح تاج محاسبه شد. منظور از تراکم تاج، مقدار بسته یا باز بودن تاج است که به صورت کیفی و در سه گروه بسته، متوسط و باز مشخص شد. برای تعیین مختصات مکانی درختان از روش فاصله-آزیموت استفاده شد، بدین صورت که پس از تعیین مختصات گوشه جنوب غربی هر دو قطعه نمونه، با استفاده از قطب نمای سونتو و دستگاه VERTEX آزیموت و فاصله درختان نسبت به گوشه

جنوب غربی تعیین و بعد با استفاده از روابط مثلثاتی فاصله هر درخت نسبت به دو ضلع منتهی به گوشه جنوب غربی قطعه نمونه تعیین شد. برای تیپ‌بندی پوشش جنگلی از سه معیار تراکم گونه‌ای، سطح مقطع و تاج پوشش، با استفاده از روش ارائه شده توسط Gorji Bahri (2000) استفاده شد.

## شاخص‌های مورد استفاده

برای تشریح و کمی‌سازی ویژگی‌های ساختاری توده‌های جنگلی در این پژوهش، از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. بدین منظور از شاخص‌های فاصله تا نزدیکترین همسایه‌ها (Distance to neighbors)، زاویه یکنواخت (Uniform angle)، کلارک و اوانز (Clark and Evans) آمیختگی (Mingling)، اختلاف قطری (DBH differentiation) و اختلاف تاج پوشش (CC differentiation) استفاده شد.

برای برآورد الگوی مکانی درختان، از شاخص کلارک و اوانز استفاده شد. شاخص کلارک و اوانز مقدار انحراف یک توده جنگلی از جنگل پوآسون (جنگلی با توزیع تصادفی پایه‌ها) را نشان می‌دهد (Pommerening, 2002). در این شاخص، میانگین فاصله بین یک درخت و نزدیک‌ترین همسایه آن ( $r_A$ ) با میانگین مورد انتظار زمانی که موقعیت درختان به طور تصادفی پراکنده شده باشند ( $r_E$ ) مقایسه می‌شود. ارزش  $CE > 1$  بیانگر الگوی یکنواخت،  $CE < 1$  بیانگر الگوی کپه‌ای و  $CE = 1$  نشان‌دهنده الگوی تصادفی است (Kint et al., 2004).

شاخص زاویه یکنواخت با مقایسه زاویه بین درختان همسایه ( $\alpha_i$ ) و زاویه استاندارد ( $\alpha_0$ ) به بررسی منظم بودن موقعیت مکانی درخت مرجع نسبت به درختان همسایه خود می‌پردازد. مقدار شاخص زاویه یکنواخت هنگام استفاده از چهار درخت همسایه، یکی

قطر برابر سینه و تاج پوشش بررسی می کنند. مقدار این شاخص ها بین صفر (بدون اختلاف و همه درختان از نظر ابعاد کاملاً مشابه یکدیگرند) تا یک (ناهمگنی زیاد در میان درختان همسایه) نوسان می کند (Szmyt & Ceitel, 2011). اگر درختان همسایه دارای اختلاف کمی باشند، این شاخص به سمت صفر میل می کند اما اگر ناهمگنی زیادی میان درختان همسایه دیده شود، این شاخص به سمت یک میل می کند.

شاخص تنوع ساختاری ترکیبی با توصیف سه جنبه موقعیت مکانی، تنوع گونه ای و اختلاف ابعاد درختان و با در نظر گرفتن وزن های مختلف برای هر سه شاخص به صورت یکجا به بررسی وضعیت تنوع ساختاری می پردازد (Pastorella & Paletto, 2013; Szmyt & Dobrowolska, 2016). این شاخص ترکیبی از شاخص های زاویه یکنواخت، آمیختگی و اختلاف ابعاد است و هدف اصلی آن، ارزیابی سطح تنوع زیستی در ارتباط با گونه های درختی در بوم سازگان های جنگلی است. محاسبات مربوط به ویژگی های ساختاری توده های مورد بررسی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و محاسبات مربوط به شاخص های ساختاری با استفاده از مجموعه نرم افزاری Crancod (ver 1.3) انجام شد.

### نتایج

بررسی مشخصه های کمی دو قطعه نمونه مورد بررسی نشان داد که هر دو قطعه نمونه، با حضور چهار گونه تنوع همسانی از نظر تعداد گونه دارند. تراکم در هکتار قطعه نمونه دارساروین ۲۷۷ و در قطعه نمونه پردانان پیرانشهر ۷۴۷ پایه (جست گروه) در هکتار برداشت شد. ترکیب گونه ای در توده های مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. تیپ بندی قطعات مورد بررسی بر مبنای

از ارزش های صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و یک به دست می آید (Corral et al., 2010; Szmyt, 2014). ارزش های کمتر از ۰/۳ الگوی یکنواخت، ۰/۳ تا ۰/۴ الگوی تصادفی و بیشتر از ۰/۴ الگوی کپه ای را نشان می دهند (Pastorella & Paletto, 2013).

شاخص فاصله تا نزدیکترین همسایه ها به منظور برطرف کردن معایب شاخص های ساختاری نزدیکترین همسایه که در نظر گرفتن تراکم توده های جنگلی است، مورد استفاده قرار گرفت. بدون محاسبه مقدار این شاخص، هنگام مقایسه دو جنگل با چیدمان مشابه اما تراکم های متفاوت، اختلافات به خوبی نشان داده نمی شوند. به همین منظور، شاخص فاصله تا نزدیکترین همسایه ها به طور مکمل با شاخص های دیگر در کمی سازی ساختار جنگل مورد استفاده قرار می گیرد (Ruprecht et al., 2010). شاخص فاصله همسایگی نیز فشار رقابتی (به طور عمده تاجی) را بین درخت مرجع و درختان همسایه مشخص می کند چنانچه مقدار این شاخص بین صفر تا ۲ متر باشد، نشان دهنده رقابت خیلی شدید، ۲ تا ۴ متر رقابت شدید، ۴ تا ۶ متر رقابت متوسط و بیشتر از ۶ متر رقابت کم است.

شاخص آمیختگی، درجه آمیختگی گونه های درختی را در جنگل توصیف می کند و به صورت کسری از  $h$  امین نزدیکترین همسایه که دارای گونه های متفاوتی از گونه مرجع هستند بیان می شود (Pommerening, 2002; Szmyt, 2014). این شاخص دارای ارزشی بین صفر تا یک است. مقادیر کمتر از ۰/۳ بیانگر آمیختگی (تنوع گونه ای) کم، مقادیر بین ۰/۳ تا ۰/۵ بیانگر آمیختگی متوسط و مقادیر بیشتر از ۰/۵ بیانگر آمیختگی زیاد است (Pastorella and Paletto, 2013).

شاخص های اختلاف قطری و اختلاف تاج پوشش نیز مقدار همگنی یا ناهمگنی درختان را از نظر اندازه



متغیرهای تراکم، سطح مقطع در ارتفاع نیم متری و سطح تاج در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- ترکیب گونه‌ای در توده‌های مورد بررسی

Table 2. Species composition in the investigated stands

مجموع Total	گونه Species					متغیر Variable	
	زالزالک <i>Crataegus spp.</i>	گل‌ابی <i>Pirus glabra</i>	برودار <i>Q. brantii</i>	ویول <i>Q. libani</i>	مازودار <i>Quercus infectoria</i>		
747	194	3	0	244	306	تراکم در هکتار Density per hectare	پردانان Pardanan
100	26.01	0.40	0	32.71	40.88	درصد Percent	
277	200	0	4	26	57	تراکم در هکتار Density per hectare	دارساروین Darsarvin
100	68	0	1.80	9.30	20.80	درصد Percent	

جدول ۳- تیپ قطعات مورد بررسی بر مبنای متغیرهای تراکم، رویه‌زمینی در ارتفاع نیم‌متری و سطح تاج

Table 3. Forest type based on density, basal area at a height of half a meter and crown canopy

تیپ جنگلی پردانان Pardanan forest type	تیپ جنگلی دارساروین Darsarvin forest type	متغیر Variable
فرعی دارمازو، ویول همراه زالزالک <i>Secondary Q. infectoria, Q. libani and Crataegus</i>	اصلی زالزالک، دارمازو <i>Main Crataegus, Q. infectoria</i>	تراکم (پایه) Density per hectare
فرعی دارمازو، ویول همراه زالزالک <i>Secondary Q. infectoria, Q. libani and Crataegus</i>	فرعی دارمازو - زالزالک همراه ویول <i>Secondary Q. infectoria, Crataegus and Q. libani</i>	سطح مقطع در ارتفاع نیم‌متری Basal area at a height of half a meter
فرعی دارمازو، ویول همراه زالزالک <i>Secondary Q. infectoria, Q. libani and Crataegus</i>	فرعی دارمازو، ویول همراه زالزالک <i>Secondary Q. infectoria, Q. libani and Crataegus</i>	سطح تاج Canopy cover

پیرانشهر که تمامی پایه‌های آن شاخه‌زاد هستند، بیشتر است. سطح تاج پوشش توده‌های مورد بررسی از موارد بسیار مهم در پایش ساختار توده‌ها است که در دو قطعه‌نمونه مورد بررسی سطح تاج پوشش قطعه‌نمونه دارساروین سردشت معادل ۳۰ درصد و در توده پردانان پیرانشهر معادل ۹۰ درصد است.

مقایسه دیگر مشخصه‌های ساختاری در دو توده مورد بررسی در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج میانگین قطر در ارتفاع نیم‌متری و میانگین ارتفاع غالب توده و همچنین میانگین رویه‌زمینی در قطعه‌نمونه دارساروین سردشت بیشتر است. از سوی دیگر میانگین تعداد جست و میانگین سطح تاج در قطعه‌نمونه پردانان

جدول ۴- نتایج ویژگی‌های کمی و کیفی قطعات نمونه دارساروین و پردانان

Table 4. The results of quantitative and qualitative characteristics of Darsavin and Pardanan Plots

پردانان Pardanan	دارساروین Darsarvin	مشخصه Characteristic
دارمازو، وی‌ول، زالزالک، گلابی وحشی <i>Q. infectoria</i> , <i>Q. libani</i> , <i>Crataegus</i> spp., <i>Pirus glabra</i>	دارمازو، وی‌ول، بلوط ایرانی، زالزالک <i>Q. infectoria</i> , <i>Q. libani</i> , <i>Q. brantii</i> , <i>Crataegus</i> spp.	گونه‌های درختی و درختچه‌ای Tree and shrub species
747	65	تعداد شاخه‌زاد Number of coppices
0	212	تعداد تک پایه (دانه‌زاد) Number of seedlings
4.67±4.63	3.27±1.54	میانگین تعداد جست Average of branches
9.81±3.85	15.60±10.98	میانگین قطر در ارتفاع ۰/۵ متری (سانتی‌متر) Average diameter at height of 0.5 meters (cm)
4.91±1.50	4.99±2.64	میانگین ارتفاع (متر)* Average height (m)
12.15±8.63	11.90±15.64	میانگین سطح تاج (مترمربع) Average crown area (m <sup>2</sup> )
87.15±64.60	287.56±415.19	میانگین رویه‌زمینی (سانتی‌متر مربع) Average basal area (cm <sup>2</sup> )

\*در پایه‌های شاخه‌زاد ارتفاع قطورترین جست محاسبه شد.

\*The height of the thickest stem was calculated in the Coppice form.

## شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه

نتایج حاصل از شاخص کلارک و اوانز (جدول ۵) نشان‌دهنده الگوی مکانی کپه‌ای درختان در هر دو قطعه‌نمونه مورد بررسی است. میانگین این شاخص در قطعه‌نمونه دارساروین (۰/۸۲) کمتر از قطعه‌نمونه پردانان (۰/۹۴) است که نشان‌دهنده تمایل بیشتر توده شاخه‌زاد پردانان به داشتن الگوی کپه‌ای است. شاخص زاویه یکنواخت به‌طور مکمل با شاخص کلارک و اوانز تایید کننده الگوی تصادفی درختان همسایه در هر دو توده مورد بررسی است. بدین معنی که با وجود اینکه در هر دو توده درختان الگوی کپه‌ای دارند ولی در داخل کپه‌ها از الگوی تصادفی پیروی می‌کنند.

برای مقایسه فاصله بین درختان همسایه در دو توده مورد بررسی شاخص فاصله نزدیکترین همسایه به‌کار گرفته شد. نتایج این شاخص نشان‌دهنده بیشتر بودن فاصله بین درختان در توده پردانان (۳/۸۴) نسبت به دارساروین (۳/۸۲) است. با توجه به اینکه در هر دو توده مقدار این شاخص زیر چهار است، نشان‌دهنده فشار رقابتی شدید در هر دو توده است.

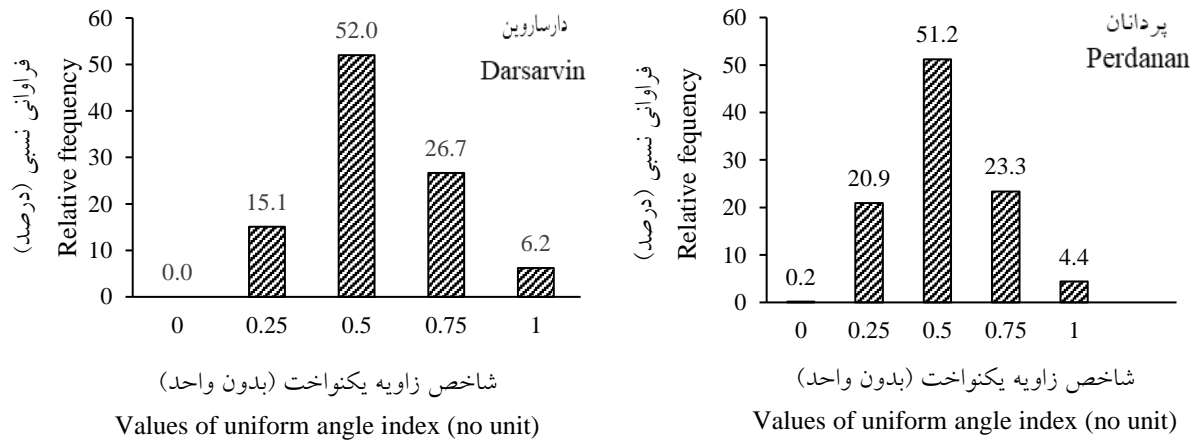
برای درک بهتر توزیع گروه‌های ساختاری در طبقات مختلف توزیع ارزش‌های زاویه یکنواخت (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱)، در شکل ۲ توزیع فراوانی گروه‌های ساختاری در هر طبقه از شاخص فوق نشان داده شده است. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد بیشترین فراوانی گروه‌های ساختاری در طبقه ۰/۵ است

و بیان کننده این مطلب است که درختان داخل کپه‌ها از الگوی تصادفی پیروی می‌کنند.

جدول ۵- میانگین شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه برای توده‌های مورد بررسی

Table 5. Structural indices based on the nearest neighbor for the investigated stands

تشریح Description	میانگین شاخص در قطعه‌نمونه دارساروین The average of index in Darsarvin sample plot	میانگین شاخص در قطعه‌نمونه پردانان The average of index in Pardanan sample plot	ویژگی Characteristic	شاخص Index
کپه‌ای Cluster	0.82	0.94	موقعیت مکانی Spatial pattern	کلارک و اوانز Clark and Evans
کپه‌ای Cluster	0.56	0.52	موقعیت مکانی Spatial pattern	زاویه یکنواخت Uniform angle index
متوسط ۴ درخت Average of 4 trees	3.82	3.84	-	شاخص فاصله همسایگی Distance to neighbors
متوسط اولین درخت Average of the first tree	2.32	2.37		شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه Distance to the nearest neighbor
آمیختگی Mixture	0.38	0.65	تنوع گونه‌ای Species diversity	شاخص آمیختگی Mingling
قطر در ارتفاع نیم‌متری Height of 0.5 meters	0.40	0.55	تنوع ابعاد Diversity of trees dimensions	شاخص اختلاف قطری Diameter differentiation
	0.58	0.53	تنوع ابعاد Diversity of trees dimensions	شاخص اختلاف تاج‌پوشش Differentiation crown canopy
	0.36	0.42	موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای و اختلاف ابعاد Spatial pattern, Species diversity and Tree dimension	شاخص تنوع ساختاری ترکیبی Combined structure diversity

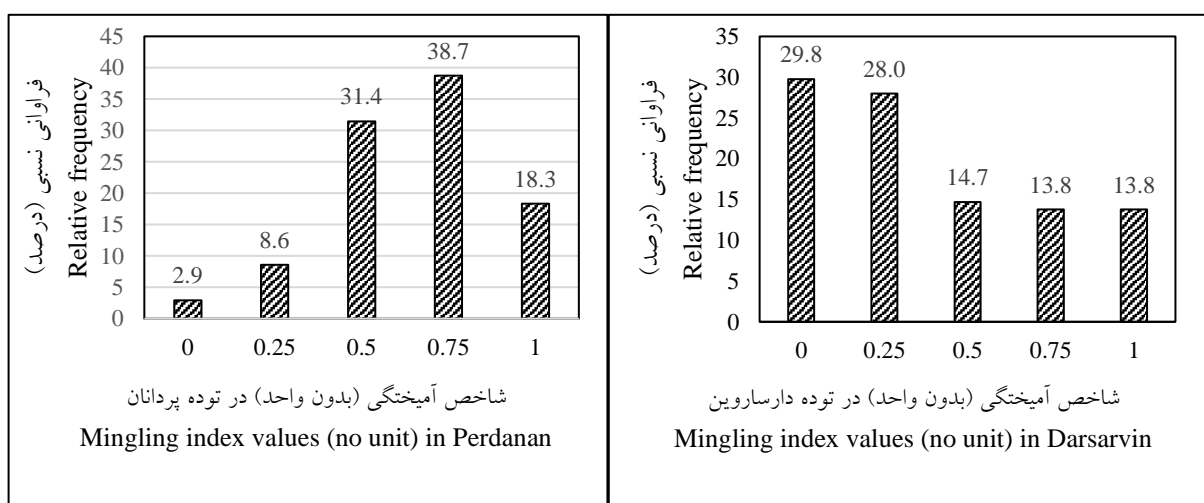


شکل ۲- نمودارهای توزیع شاخص زاویه یکنواخت در دو توده مورد بررسی

Figure 2. Distribution diagrams of the uniform angle index in the two investigated Stands

گونه‌ای و اختلاف ابعاد درختان و با در نظر گرفتن وزن‌های مختلف برای هر سه شاخص به صورت یکجا نشان می‌دهد که تنوع ساختاری در توده پردانان (۰/۴۱) بیشتر از توده دارساروین (۰/۳۶) است. نتایج شاخص آمیختگی (جدول ۴) نشان‌دهنده آمیختگی بیشتر درختان همسایه در توده پردانان (۰/۶۵) نسبت به توده دارساروین (۰/۳۸) است. در شکل ۳ توزیع گروه‌های ساختاری در هر یک از طبقات صفر تا یک برای هر دو توده نشان داده شده است.

دو شاخص اختلاف قطری و اختلاف تاج‌پوشش نشان‌دهنده اختلاف ابعاد درختان در دو توده مورد بررسی هستند. میانگین شاخص اختلاف قطری نشان‌دهنده اختلاف بیشتر توده پردانان (۰/۵۵) نسبت به توده دارساروین (۰/۴۶) در قطر نیم متری است. اما شاخص اختلاف تاج‌پوشش نشان‌دهنده اختلاف بیشتر توده دارساروین (۰/۵۸) نسبت به توده پردانان (۰/۵۳) در تاج‌پوشش درختان است. شاخص تنوع ساختاری ترکیبی با توصیف سه جنبه موقعیت مکانی، تنوع



شکل ۳- توزیع شاخص آمیختگی در دو توده مورد بررسی

Figure 3. Distribution of mingling index values in the two stands

## بحث

در این پژوهش ساختار دو توده جنگلی متفاوت در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. با نگاهی به موقعیت مناطق دوگانه مورد بررسی، مشخص می‌شود که تغییرات بین مناطق مورد بررسی از نظر محیطی و ساختاری در جنگل به نسبت زیاد است. این موضوع با وجود فیزیوگرافی تقریباً یکسان جنگل، تنوع شرایط ساختاری در توده‌های شاخه‌زاد و دانه و شاخه‌زاد زاگرس را نشان می‌دهد که یکی از دلایل این امر به بهره‌برداری‌های انجام شده و عوامل انسانی در این جنگل‌ها مربوط است. تراکم پایه در هکتار در قطعه‌نمونه دارساروین سردشت ۲۷۷ و در قطعه‌نمونه پردانان پیرانشهر، ۷۴۷ پایه جست‌گروه در هکتار ثبت شد. پژوهش‌های دیگر نشان می‌دهند که تعداد پایه در هکتار (جست‌گروه) در جنگل‌های مریوان تعداد تک‌تنه و جست‌گروه برابر ۳۴۴ پایه است (Pourhashemi et al., 2015). تراکم توده‌های بلوط در توده‌های بهره‌برداری شده شهرستان بانه در مناطق شوی ۷۲۶، بوبین ۵۰۳ و یعقوب‌آباد ۷۱۶ پایه در هکتار به دست آمده است (Salehyan, 2009). همچنین گونه غالب بلوط ایرانی در نوزیان خرم‌آباد در توده تخریب‌یافته (تنک) ۱۹۶/۸ و در توده کمترتخریب‌یافته (متراکم) ۲۳۱ اصله (Piroozy et al., 2018)، و تعداد ۶۴۰ اصله در هکتار در در هواره‌خول بانه (Zabihollahi et al., 2021) به دست آمد. نتایج نشان داد تراکم توده پردانان که کاملاً تخریب‌یافته است، نزدیک توده‌های تخریب‌یافته در بانه است. توده دارساروین نیز از نظر تراکم با توده کمتر تخریب‌یافته خرم‌آباد شباهت دارد.

بررسی ساختار توده‌های جنگلی با شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه، اطلاعات زیادی را در خصوص وضعیت فعلی و همچنین تغییرات انجام شده در توده‌های مختلف جنگلی و امکان مقایسه راحت‌تر

آنها با هم فراهم می‌کند. نتایج شاخص کلارک و اوانز نشان داد که الگوی پراکنش درختان در هر دو قطعه‌نمونه کپه‌ای است که این نتایج با وضعیت توده‌های جنگلی زاگرس (جست‌زا بودن و داشتن بذر سنگین) و نتایج پژوهش (Farhadi et al., 2013) و (Safari et al., 2010) در جنگل‌های بلوط ایرانی و (Sefidi et al., 2020) در جنگل‌های استان لرستان و همچنین (Rahimi et al., 2023) در جنگل‌های کرمانشاه که همگی الگوی پراکنش را کپه‌ای بیان کردند، همخوانی دارد. نتایج شاخص زاویه یکنواخت نیز در این پژوهش نشان داد که در هر دو قطعه‌نمونه مورد بررسی، پراکنش گونه‌ای در داخل کپه‌ها تصادفی است و این نتایج با پژوهش (Farhadi et al., 2013) و (Piroozy et al., 2018) تا حدود زیادی مطابقت دارد. در پژوهش (Biabani et al., 2016) الگوی کپه‌ای برای توده‌های تخریب‌شده و الگوی پراکنش تصادفی برای توده‌های کمتر تخریب‌شده در جنگل‌های سردشت گزارش شده و آشفتگی‌های محیطی ناشی از تخریب، عامل ایجاد این تغییر معرفی شده بود.

شاخص آمیختگی بیانگر آمیختگی کم‌تر در قطعه‌نمونه دارساروین با میانگین شاخص ۰/۳۸ و نسبت به قطعه‌نمونه پردانان پیرانشهر با متوسط شاخص ۰/۶۵ است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد آمیختگی دو توده مورد بررسی از توده‌های بررسی شده توسط (Rahimi et al., 2023) در استان کرمانشاه بیشتر است. در کل دلیل آمیختگی کم توده‌های بلوط را می‌توان بدین صورت تحلیل کرد که آمیختگی گونه‌ای تحت تأثیر موقعیت مکانی درختان قرار دارد و گونه‌هایی که الگوی مکانی کپه‌ای دارند، دارای آمیختگی کمی هستند (Pommerening, 2002)، تخریب بستر زادآوری جنگل‌های زاگرس، چرای دام و کمبود بارش و در نتیجه نبود زادآوری طبیعی را می‌توان مهمترین دلایل

مزیت‌های این شاخص‌ها نسبت به روش‌های کلاسیک می‌توان به آسانی اندازه‌گیری و صحت زیاد اشاره کرد. تخریب جنگل در نتیجه کاهش تدریجی در ویژگی‌های ساختاری، ترکیب گونه‌ای و عملکرد بوم‌سازگانی توده است. از این رو، نتایج حاصل از شاخص‌های اختلاف قطری و تاج‌پوشش در جنگل‌های زاگرس می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای تعیین مقدار تخریب موجود در اثر فرآیندهای طبیعی و دخالت‌های انسانی مورد استفاده قرار گیرد، چرا که درک الگوهای ساختاری گونه‌ها و فواصل آنها با نزدیک‌ترین همسایگان، به‌ویژه زمانی که برنامه‌های مدیریتی چون قطع، تنک‌کردن و برش بهداشتی اجرا می‌شود، می‌تواند در مدیریت جنگل‌های طبیعی و احیا و توسعه آنها مفید باشد.

هدف بلندمدت این پژوهش این است که برای کسب اطلاعات بیشتر از تغییرات ساختار جنگل، ساختار توده‌های جنگلی مختلف زاگرس، طی دوره‌های زمانی پایش شود که در آینده نتایج آن انتشار خواهد یافت.

### سپاسگزاری

پژوهش پیش‌رو با استفاده از اعتبارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی انجام شده است، بدینوسیله از مسئولین محترم سپاسگزاری می‌شود. همچنین از جناب آقای دکتر وحید علیجانی، به‌دلیل همکاری در تحلیل داده‌ها قدردانی می‌شود.

### References

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*

آمیختگی کم در قطعه‌نمونه توده‌های مورد بررسی بیان کرد. البته در توده‌های جنگلی که بیش از ۷۰ درصد توده را یک گونه تشکیل می‌دهد، مقدار شاخص آمیختگی توده به‌طور معمول اندک است (Moridi et al., 2021).

شاخص‌های اختلاف قطری و اختلاف تاج‌پوشش نیز در هر دو قطعه‌نمونه از تمایز کمی برخوردار بودند. میانگین شاخص اختلاف قطری نشان‌دهنده تمایز بیشتر توده پردانان نسبت به توده دارساروین در قطر نیم متری است. اما شاخص اختلاف تاج‌پوشش نشان‌دهنده اختلاف بیشتر توده دارساروین نسبت به توده پردانان در تاج‌پوشش درختان است. این نتایج را می‌توان به وجود پایه‌های به‌نسبت قطور در دارساروین سردشت و در نتیجه ناهم‌سال‌بودن پایه‌های درختی در این منطقه و همچنین وجود جست‌ها و جست‌گروه‌های جوان زیاد در پردانان پیرانشهر مرتبط دانست. در پژوهش‌های Hosseinzadeh et al. و Farhadi et al. (2013) (2021) نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد. در جمع‌بندی شاخص‌ها، نتایج شاخص تنوع ترکیبی ساختاری نشان داد که سطح تنوع ترکیبی مکانی، گونه‌ای و ابعادی کمی در دو توده جنگلی مورد بررسی وجود دارد و این نتایج با وضعیت دو منطقه که تحت تأثیر عوامل تخریبی و همچنین محدودیت زادآوری هستند، همخوانی دارد. شاخص‌های به‌کاررفته در این پژوهش دارای توانایی زیادی در کمی‌سازی ساختار جنگل و تشریح ویژگی‌های بوم‌شناسی گونه‌های درختی هستند. از

*Poplar Research* 2016, 24 (1). 77-88. (In Persian)

Corral, J.J.; Wehenkel, C.; Castelanos, H.A.; Vargas, B.; Dieguez, U., A permutation test of spatial randomness: application to nearest neighbor indices in forest stands. *Journal of Forest Research* 2010, 15 (4). 218-225.

FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>

- Farhadi, P.; Soosani, J.; Alijani V.; Adeli, K., Comparison of the *Quercus brantii* and *Pyrus glabra* boiss species structure in Zagros forests (Case Study: Ghalehghol Forest, Khoramabad City, Iran), *International Journal of Biosciences* **2013**, 3 (8). 210-217. (In Persian)
- Ghazanfari, H.; Namiranian, M.; Sobhani H.; Mohajer, R.M., Traditional forest management and its application to encourage public participation for sustainable forest management in the northern Zagros mountain of Kurdistan province, Iran. *Scandinavian Journal of Forest Research* **2004**, 19 (4). 65-71.
- Gorji Bahri, Y., Study of site quality of Caucasian Alder (*Alnus subcordata* C. A. MeY.) in the Caspian Region (west of Mazandaran province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2000**, 4 (1). 1-24. (In Persian)
- Henareh Khalyani J.; Pourhashemi M., The need to develop a strategic plan for the restoration and development of the country's forests in line with the UN Decade of Ecosystem Restoration (2021-2030). *Iran nature* **2021**, 6 (1). 25-33. (In Persian)
- Henareh Khalyani, J.; Ahmadi Sani, N.; Rashidi, F., Mapping of the distribution and canopy density of Northern Zagros forests using Sentinel-2 satellite images in the West Azerbaijan province, Iran, *Journal of Renewable Natural Resources Research* **2022**, 13 (1). 51-65. (In Persian)
- Hosseinzadeh R.; Soosani J.; Naghavi H., The Performance of small samples in quantifying structure central Zagros forests utilizing the indexes based on the nearest neighbors. *Journal of Plant Ecosystem Conservation* **2021**, 8 (17) :41-56. (In Persian)
- Hui, G.Y.; Zhang, G.; Zhao, Z.; Yang, A., Methods of Forest Structure Research: a Review. *Current Forestry Reports* **2019**, 5 (3), 142-154.
- Jazirehi, M.H.; EbrahimiRostaghi, M., *Silviculture in Zagros*, University of Tehran Press, Tehran **2003**, 560 p. (In Persian)
- Kint, V.; Wulf Robert, D.; Noel, L., Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. *Ecological Modeling* **2004**, 180 (4), 461-476.
- Li, Y.; He, J.; Yu, S., Spatial structures of different-sized tree species in a secondary forest in the early succession stage. *European Journal of Forest Research* **2020**, 139 (5), 709-719.
- Moradi, N.; Ghahramany, L.; Valipour, A., Monitoring changes in the structural characteristics of pollarded oak stands (Case study: Kocher Forest in Kurdistan province, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2022**, 30 (1), 83-102. (In Persian)
- Moridi, M.; Fallah, A.; Pourmajidian, M.; Sefidi, K., 'Quantitative Analysis of Forest Structure at Growing Up Volume Stage in the Evaluation of Natural Beech Stands (Case Study: Kheyroud Forest)', *Iranian Journal of Forest* **2021**, 13 (2), 115-128. (In Persian)
- Motz, K.; Sterba H.; Pommerening, A., Sampling measures of tree diversity. *Forest Ecology and Management* **2010**, 260 (11), 1985-1996.
- Oliver, C.D.; Larson, B.C., *Forest Stand Dynamics*, John Wiley, New York **1996**, 520p.
- Pastorella, F.; Paletto, A., Stand structure indices as tools to support forest management: an application in Trentino forests (Italy). *Journal of Forest Science* **2013**, 59 (4), 159-168.
- Piroozy, F.; Soosani, J.; adeli, K.; Maleknia, R.; Naghavi, H.; hossinzadeh, 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)
- Pommerening, A., Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* **2002**, 3 (75), 305-324.
- Pommerening, A., Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. *Forest Ecology and Management* **2006**, 224 (3), 266-277.
- Pourhashemi, M.; Panahi, P.; Zandbasiri, M., Structural characteristics of oak coppice stands of Marivan Forests, *Journal of Plant Research is the Iranian Journal of Biology* **2015**, 27 (5), 766-776. (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. (In Persian)
- Ruprecht, H.; Dhar, A.; Aigner, B.; Oitzinger, G.; Raphael, K.; Vacik, H., Structural

- diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. *European Journal of Forest Research* **2010**, 129 (1), 189-198.
- Safari, A.; Shabaniyan, N.; Heidari, R.H.; Erfanifard, S.Y.; Pourreza, M., Spatial pattern of Manna Oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) in Bayangan forests of Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2010**, 18 (4), (In Persian)
- Sagheb-Talebi, Kh.; Sajedi, T.; Pourhashemi, M., Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future. *Springer* **2014**, 152p.
- Salehyan, M., Comparison of Forest Structure Utilized by Traditional Method with Less-Disturbed Forest Stands in Northern Zagros (case study: Baneh, western Iran), Master's thesis, Faculty of Natural Resources, *University of Kurdistan* **2009**, 84p. (In Persian)
- Sefidi, K.; Heidari, Z.; Soltani, A.; Maleknia, R., Structural characteristics of oak communities (*Quercus infectoria*) in Shineh Galayie Forest, Lorestan province. *Forest Research and Development* **2020**, 6 (1), 153-164 (In Persian)
- Szmyt, J., Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. *Silva Fennica* **2014**, 48 (1), 1-31.
- Szmyt, J.; Ceitel, J., Zróżnicowanie przestrzenne i grubościowe drzew w niepielęgowanych drzewostanach sosnowych o różnym zagęszczeniu początkowym [Spatial and size diversity of trees in untended pine stands of different initial density]. *Sylvan* **2011**, 155 (11), 749-759.
- Szmyt, J.; Dobrowolska, D., Spatial diversity of forest regeneration after catastrophic wind in northeastern Poland. *iForest* **2016**, 9 (3), 414-421.
- Wang, H.; Z, G.; H, G.; Li, Y.; Hu, Y.; Zhao, Z., The influence of sampling unit size and spatial arrangement pattern on neighborhood-based spatial structure analyses of forest stands. *Forest Systems* **2016**, 25 (1), 1-9.
- Zabihollahi S.; Fathizadeh O.; Jamshidi Bakhtar A.; Shabaniyan N.; Namiranian M., Horizontal and Vertical Structure of Northern Zagros Forests in Relation to Traditional Forestry System (Case study: Havare- Khol Forests). *Ecology of Iranian Forest* **2021**, 9 (17), 62-74. (In Persian)



## Investigating the structure of degraded oak forest stands in Northern Zagros Forests (Piranshahr and Sardasht forests)

Jalal Henareh<sup>\*1</sup>, Seyed Kazem Bordbar<sup>2</sup>, Mehdi Pourhashemi<sup>3</sup> and Saber Ghasempour<sup>4</sup>

1- Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Urmia, I. R. Iran. (j.henareh@areeo.ac.ir)

2- Assistant Professor, Natural Resources Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Shiraz, I. R. Iran. (sbordbar86@gmail.com)

3- Professor, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agriculture, Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (pourhashemi@rifra.ac.ir)

4- Research Expert, Forests and Rangelands Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Urmia, I. R. Iran. (azwest169@yahoo.com)

Received: 11 July 2023

Accepted: 28 August 2023

### Abstract

**Background and objective:** In order to properly manage the forest, we need tools that can be used to study the changes in the forest structure. In this research, the structure of degraded oak forests of Piranshahr and Sardasht in West Azerbaijan province were investigated. Characteristics of the stand were investigated in two one-hectare sample plot with dimensions of 100 x 100 meters in two different forest types, including Darsarvin Sardasht (30% canopy cover, coppice with standard) and Piranshahr Pardanan (90% canopy cover and all of trees were of coppice). Using 100% inventory and a set of indices based on the nearest neighbor, three characteristics of location, mixture and dimensions of trees were investigated.

**Methodology:** The investigation of the structure was done by using the indices of density, diameter, height, basal area and trees location. As well as the indices based on the nearest neighbor in two sample plots were used. The structural variables of all the trees in the sample plot were measured separately for coppice and standard trees. The characteristics of the species, spatial coordinates, diameter at the height of 0.5 meters of the trunk, and height of all trees were measured. Three criteria of species density, basal area and canopy cover were also used for forest typology. To describe and quantify the structural features of forest stands in this research, indices based on the nearest neighbor were used. For this purpose, distance to neighbors, uniform angle, Clark and Evans, Mingling, DBH differentiation and CC differentiation were used. The calculations related to the structural characteristics of the examined stands were done using SPSS version 20 software and the calculations related to the structural indices were done using the Crancod software set (ver 1.3).

**Results:** The Clarke and Evans index with values of 0.82 and 0.94 for Darsarvin and Pardanan, and uniform angle with values of 0.56 and 0.52, respectively, showed a cluster distribution pattern and random species distribution pattern in both stands. Mingling index shows that there is more mixture of neighboring trees in Pardanan (0.65) than in Darsarvin (0.38). The diameter difference index shows a greater difference in the half-meter trunk diameter of Pardanan (0.55) compared to Darsarvin (0.46). But the canopy differentiation index shows a greater difference in the canopy cover of Darsarvin (0.58) than in Pardanan stand (0.53). The results of the combined diversity index showed that the structural diversity in Pardanan (0.41) is higher than Darsarvin (0.36). This index shows that there is a low level of combined spatial, species and dimensional diversity in the two stands. Results are consistent with the situation of the two regions that are affected by destructive factors and limited regeneration. These results can be used for comparing structural characteristics of forests and determining the impact of human intervention.

**Conclusion:** The results of the composite diversity index showed that there is a low level of spatial, species and dimensional composite diversity in the two forest stands, and these results are consistent

---

\* Corresponding author

Tel: +98911932788

with the influence of destructive factors as well as the limitation of regeneration. Considering the difference in the stands in the two sample plots in this investigation, the results of these indices can be used as a basis for comparison with other similar forests and determining the amount of deviations caused by natural processes and human interventions. Also, it seems necessary to achieve a suitable management model and Silviculture practices in the forests of this region and determine the structure and planning based on the current situation using these indicators.

**Keywords:** Mixture, Oak, Forest structure, Nearest neighbor.