



مجله علمی فناوری و منابع جنگل

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و هفتم، شماره چهارم، ۱۳۹۹

۹۷-۱۱۲

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2021.18622.1899

ساختار جنگل‌های آمیخته دست‌کاشت پس از رهاسازی مدیریت جنگل

معصومه دهقان^۱، کیومرث سفیدی^۲ و سید محمدمعین صادقی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران،

^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران،

^۳ دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، اداره فنی جنگلداری و جنگل‌کاری، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: ساختار توده عاملی کلیدی در رشد، عملکرد و چگونگی تغییر و تحولات در جنگل است و ارزیابی ساختار جنگل‌های دست‌کاشت می‌تواند نقش مهمی در بهبود جنگل‌کاری‌ها و اجرای به‌موقع تیمارهای جنگل‌شناسی در هر توده ایفا نماید. این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های ساختاری جنگل‌های دست‌کاشت در پارک جنگلی صائب تبریزی شهر تبریز با گذشت ۲۵ سال از کاشت و رهاسازی مدیریت آن انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این بررسی پس از بررسی‌های اولیه میدانی، سه قطعه یک هکتاری انتخاب و بر اساس شاخص‌های کمی، ساختار هر قطعه‌نمونه بررسی شد. در هر قطعه‌نمونه، مشخصه‌های ساختاری توده (نوع گونه، قطر برابرسینه، ارتفاع درخت، ارتفاع و قطر تاج درختان) بر اساس برداشت کامل همه پایه‌های درختی و روش فاصله‌ای (مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه) اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی تراکم درختان از شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها، برای بررسی تنوع الگوی مکانی از دو شاخص زاویه یکنواخت و کلارک و اوانز، برای بررسی آمیختگی گونه‌ای از شاخص مینگلینگ، اختلاف ابعاد درختان از شاخص‌های تمایز قطری و ارتفاعی درختان و برای محاسبه تنوع درختی از شاخص ترکیبی تنوع ساختاری بهره گرفته شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، به‌طور متوسط تراکم درختان ۴۴۸ اصله در هکتار به‌دست آمد. در قطعه‌های نمونه موردبررسی میانگین قطر برابرسینه ۱۲/۹ سانتی‌متر، میانگین ارتفاع درختان ۵/۱ متر و میانگین سطح مقطع برابرسینه ۰/۰۱۳ مترمربع در هکتار ثبت شد. بیش‌ترین فراوانی در بین گونه‌ها به ترتیب متعلق به گونه‌های کاج سیاه با ۵۰/۴ درصد و اقاچیا ۳۲/۴ درصد بود. نتایج نشان داد که میانگین فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها ۴/۳۶ متر بود. نتایج حاصل از شاخص زاویه یکنواخت نشان از کپه‌ای بودن و شاخص کلارک و اوانز نشان‌دهنده الگوی منظم پراکنش مکانی درختان بود. بر اساس شاخص مینگلینگ، توده‌های موردبررسی از آمیختگی به نسبت متوسطی برخوردارند. نتایج شاخص‌های

* مسئول مکاتبه: kiomarssefidi@gmail.com

تمایز قطری و ارتفاعی درختان نشان داد اختلاف ابعاد درختان اندک بوده و سه قطعه نمونه همگن هستند. بر اساس شاخص ترکیبی تنوع ساختار، تنوع درختان در قطعه‌های نمونه مورد بررسی کم بود.

نتیجه‌گیری: در یک جمع‌بندی می‌توان بیان کرد که گذشت حدود ۲۵ سال از کاشت درختان در این پارک، جوامع درختی همگن بودن ساختار خود را حفظ کرده‌اند و هم‌چنین دارای آمیختگی متوسط هستند؛ بنابراین می‌توان بیان نمود که در منطقه پژوهش توسعه ساختار جنگل به‌کندی صورت می‌گیرد. توصیه می‌شود به‌منظور افزایش پایداری زیستی، با انجام عملیات پرورشی، درختان به سمت افزایش آمیختگی و ناهمگن کردن ساختار هدایت شوند. نتایج این پژوهش می‌تواند توجه‌هایی عینی بر اهمیت دخالت‌های آگاهانه جنگل‌شناسی در اکوسیستم‌های جنگل‌کاری شده به‌عنوان حلقه‌ای مفقوده در مدیریت جنگل کشور کمک کند.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌شناسی، ساختار جنگل، شاخص زاویه یکنواخت، شاخص نزدیک‌ترین همسایه

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت و متعاقب آن ازدیاد نیازهای آن‌ها از یک‌سو و کاهش چشمگیر مساحت جنگل‌های دنیا از سوی دیگر، نقش و جایگاه جنگل‌کاری‌ها را به‌خوبی روشن می‌سازد. امروزه اهمیت جنگل‌کاری به‌منظور تعدیل آب‌وهوا، افزایش نزولات آسمانی، جلوگیری از فرسایش، ایجاد محصولات چوبی صنعتی و نیز مسأله تفرجگاه‌های جنگلی، بر کسی پوشیده نیست (۱). پروژه‌های جنگل‌کاری در سال‌های اخیر، رشد فزاینده‌ای داشته و به‌صورت یک فعالیت عمرانی و توسعه در سطح بین‌الملل مطرح گردیده است. آگاهی از مشخصات کمی و کیفی جنگل‌کاری از اصول مدیریت جنگل است و بسیاری از گزینه‌های جنگل‌شناسی از جمله اصلاح وضعیت توده‌ها، انتخاب گونه، ارزیابی میزان موفقیت جنگل‌کاری، تعیین نرخ سازگاری گونه، حاصلخیزی رویشگاه و نرخ رویش توده را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۱۴). در داخل کشور، در همه پارک‌های دست‌کاشت، پس از کاشتن درختان و درختچه‌ها، اعمال دخالت‌های جنگل‌شناسی به فراموشی سپرده می‌شود و در طرح‌های مدیریت پارک، به این

مهم پرداخته نمی‌شود. برای نمونه، دخالت‌های جنگل‌شناسی هرس، تنک کردن، خراش دادن زمین، روشن کردن و برش‌های بهداشتی در پارک‌های دست‌کاشت به‌ندرت انجام می‌گیرد و به‌نوعی می‌توان گفت که مدیریت پارک‌های دست‌کاشت رها می‌شود. با توجه به این موضوع، ارزیابی وضعیت ساختار جنگل‌کاری‌ها بعد از رهاسازی مدیریت در آن‌ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (۳۰).

بررسی ساختار توده‌های جنگلی، از مهم‌ترین اجزای مدیریت جنگل به‌شمار می‌رود و امروزه به‌عنوان یکی از ارکان رسیدن به جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت شمرده می‌شود (۲۶). در حال حاضر موضوع ساختار جنگل، به یکی از اصلی‌ترین بحث‌های اکولوژیکی و مدیریتی در علوم جنگل تبدیل شده است و درک درست از ساختار جنگل، از اساسی‌ترین راه‌های مدیریت پایدار به‌شمار می‌آید (۱۸). به‌منظور درک درست و تصمیم‌گیری صحیح‌تر در فعالیت‌های مدیریتی جنگل مانند برش‌های پرورشی، بررسی ساختار جنگل ضروری به شمار می‌آید (۳۱). از مهم‌ترین دلایل اهمیت بررسی مشخصه‌های ساختاری می‌توان به ارتباط مستقیم و

تکامل دیده می‌شود (۳). در داخل کشور نیز تاکنون پژوهشی به بررسی ساختار جنگل‌های دست‌کاشت پس از رهاسازی مدیریت انجام نگرفته است.

در جنگل‌کاری‌ها، با توجه به نقش و عملکرد بوم‌شناختی آن‌ها در سیمای سرزمین، نگهداری جنگل با فرم خالص و همگن هدف نیست، بلکه هدایت و تغییر آن‌ها به فرم آمیخته و با ساختار ناهمگن هدف نهایی در این طرح‌ها است؛ زیرا در این صورت، جنگل‌کاری‌ها با افزایش توان اکولوژیک در برابر آشفتگی‌ها یارای مقابله خواهند داشت؛ بنابراین این پژوهش به دنبال کمی‌سازی ویژگی‌های ساختاری پارک جنگلی صائب تبریزی در شهر تبریز پس از گذشت حدود ۲۵ سال از زمان کاشت درختان در آن و پاسخ به این پرسش است که آیا این زمان برای تغییر ساختار و افزایش ناهمگنی به شکل طبیعی و بدون دخالت هدفمند انسان کافی است؟ انجام چنین پژوهش‌هایی به ما نشان خواهد داد که آیا با رهاسازی و حذف مدیریت جنگل‌های دست‌کاشت که ساختاری همگن و بیش‌تر فرمی خالص دارند، این جنگل‌ها با گذر زمان به سمت ناهمگنی ساختاری و افزایش درجه آمیختگی پیش خواهند رفت یا خیر؟

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش: این پژوهش در منطقه دو شهر تبریز و در پارک جنگلی صائب تبریزی که در سال ۱۳۷۵ خورشیدی کاشت درختان آن انجام شده است، صورت گرفت و لازم به ذکر است که تاکنون هیچ‌گونه عملیات پرورشی جنگل در این منطقه انجام نشده است. پارک جنگلی صائب تبریزی در ضلع شمالی آزادراه شهید کسایی تبریز قرار دارد. این پارک در فضایی به وسعت ۲۲ هکتار که ۱۸ هکتار مساحت نواحی درخت‌کاری شده است و در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱ دقیقه شمالی و ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه

غیرمستقیم ساختار جنگل با رویشگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی، مدل‌سازی و بازسازی جنگل بر اساس تشریح مشخصه‌های ساختاری آن و این‌که ساختار جنگل یک منبع اطلاعاتی مهم درباره پویایی جنگل و تولید چوب است، اشاره کرد (۲۷).

از آنجایی‌که ساختار توده عاملی کلیدی در رشد، عملکرد و چگونگی تغییر و تحولات در جنگل‌ها است که در برنامه‌های اصلاح و مدیریت جنگل، شناخت ساختار و دانستن نقش آن در فرآیندهای مهم اکوسیستم بسیار دارای اهمیت است (۸)، بنابراین نتایج این پژوهش می‌تواند توجیهاتی عینی برای اهمیت ایجاد آگاهانه تیمارهای جنگل‌شناسی (مانند تنک کردن و هرس کردن) در تهیه طرح جامع برنامه‌ریزی فضای سبز ارائه دهد. با توجه به این‌که که ایران جز کشورهای با تاج‌پوشش کم جنگلی به‌شمار می‌آید، بنابراین سطح وسیعی از کشور ما فاقد تاج‌پوشش جنگلی غنی است. یکی از راهکارهای مهم مدیران و تصمیم‌گیران جنگل در کشور، گسترش پارک‌های دست‌کاشت در شهرهای مختلف کشور است که در سالیان اخیر، با سرعت بیش‌تری اقدام به این عمل شده است. بنابراین ارزیابی ساختار پارک‌های دست‌کاشت می‌تواند نقش مهمی در بهبود جنگل‌کاری‌ها و اجرای به‌موقع تیمارهای جنگل‌شناسی در هر توده ایفا نماید. در دنیا مطالعات اندکی در بررسی ساختار جنگل‌های دست‌کاشت پس از رهاسازی مدیریت در آن‌ها انجام گرفته است. برای نمونه، بومرونگزری و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی ساختار جنگل‌های دست‌کاشت که ۲۶ سال از رهاسازی مدیریت در آن‌ها سپری شده است، پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سیر تکاملی جنگل پس از رهاسازی به‌کندی پیش می‌رود و با اعمال شیوه‌های مدیریتی، نیاز به دخالت‌های جنگل‌شناسی برای سوق توده‌ها به سمت تسریع

طول شرقی و با متوسط ارتفاع ۱۶۳۴ متر از سطح دریا واقع شده است. پارک جنگلی صائب تبریزی دارای ۱۸۷۶۵ اصله درخت پهن‌برگ و ۴۴۰۰ اصله درخت سوزنی‌برگ و ۱۶۰ اصله درختچه است. بیش‌تر گونه‌های کاشته شده کاج سیاه (*Pinus nigra*)، سرو خمره‌ای (*Thuja orientalis* L.)، اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.)، سنجد (*Fraxinus*) و ون (*Elaeagnus angustifolia* L.) است. آب‌وهوای تبریز، استپی خشک با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد است. سرمای زمستانی، تأثیر پذیرفته از ارتفاع زیاد و هم‌چنین کوهستانی بودن منطقه است. میانگین دمای تبریز در تیرماه (گرم‌ترین ماه سال) ۲۵/۴ درجه سانتی‌گراد، در دی‌ماه (سردترین ماه سال) ۲/۵- درجه سانتی‌گراد و میانگین سالانه دمای هوا ۱۱/۹ درجه سانتی‌گراد است. میانگین بارندگی سالیانه تبریز مانند بیش‌تر شهرهای ایران بسیار اندک و ۳۱۱ میلی‌متر در سال است. خاک این پارک با رژیم رطوبتی خشک و رژیم دمایی گرم، عمدتاً آهکی و در بعضی قسمت‌ها نیز مارن مشاهده می‌شود. جنس سنگ و اغلب سنگریزه‌ها، آهکی و توف است. بافت خاک لومی-رسی است و شوری خاک در این پارک پایین بوده و عامل محدودکننده رشد گیاه نیست. از دیدگاه عناصر غذایی، این پارک فقیر بوده و یکی از عوامل اصلی محدودکننده رشد درختان در این پارک، کمبود عناصر غذایی در خاک است.

روش پژوهش: در این بررسی پس از بررسی‌های میدانی اولیه، سه قطعه یک هکتاری که معرف منطقه مورد مطالعه بودند، انتخاب و بر اساس شاخص‌های کمی، ساختار هر قطعه نمونه بررسی شد. در هر یک از قطعه‌های انتخابی، تمامی مشخصه‌های درختان سرپا که قطر بیش‌تر از ۷/۵ سانتی‌متر داشتند، شامل نوع

گونه، قطر برابر سینه، ارتفاع درخت، ارتفاع و قطر تاج درختان اندازه‌گیری و ثبت شد. هم‌چنین به‌منظور کمی‌سازی ساختار در هر یک از سه قطعه نمونه یک هکتاری، ساختار جنگل‌های دست‌کاشت توسط شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه بررسی شد. در داخل هر یک از قطعه‌های نمونه، شبکه آماربرداری ۲۵ × ۲۵ متری پیاده کرده و نزدیک‌ترین درخت به مرکز تقاطع اضلاع شبکه را به‌عنوان درخت شاهد تعیین و چهار تا از نزدیک‌ترین درخت همسایه انتخاب و بعد فاصله و زاویه بین آن‌ها و هم‌چنین پوشش تاجی، ارتفاع و قطر برابر سینه اندازه‌گیری و توسط این متغیرها شاخص‌های ساختاری برآورد شد. پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که به کار بردن چهار همسایه در روش‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه، دارای بیش‌ترین دقت است (۳ و ۴). لازم به اشاره است که در صورت وجود درختان خشکیده قطر و ارتفاع (طول) آن‌ها اندازه‌گیری شد.

تحلیل داده‌های پژوهش: برای کمی‌سازی ساختار جنگل‌های دست‌کاشت از شاخص‌های کمی‌سازی ساختار استفاده شد (جدول ۱). به‌منظور انتخاب تصادفی محل‌های نمونه‌برداری برای درختان مرجع، شبکه‌ای با ابعاد ۲۵×۲۵ متر در داخل هر یک از قطعه‌های نمونه ایجاد شد (۲۶). بر این اساس، نزدیک‌ترین درخت مرجع به مرکز اضلاع تقاطع شبکه به‌عنوان درخت مرجع انتخاب شد. مشخصه‌های چهار پایه از نزدیک‌ترین همسایه‌های درختان مرجع انتخاب و قطر برابر سینه، ارتفاع، فاصله و زاویه بین پایه‌های برای هر درخت مرجع و درختان همسایه در هر قطعه نمونه اندازه‌گیری همه محاسبات در نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۳) انجام شده است.

جدول ۱- تشریح شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه.

Table 1. Description of structural indices based on the nearest neighbor method to.

منبع Reference	اجزای رابطه Equation components	رابطه Equation	نام شاخص Index name	ویژگی Characteristics
(23)	D_i : شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها Distance to neighbor index S_{ij} : فاصله بین درخت مرجع تا j -امین همسایه آن Distance reference tree from J -th tree	$D_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j$	فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها	تراکم درختان Density
(28)	W_i : شاخص زاویه یکنواخت Uniform angle index α_j : زاویه بین درختان همسایه Angle between trees α_0 : زاویه استاندارد Standard angle	$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_j$ $v_{ij} = \begin{cases} 1 \rightarrow \alpha_j < \alpha_0 \\ 0 \rightarrow \alpha_j \geq \alpha_0 \end{cases}$	زاویه یکنواخت Uniform angle	الگوی مکانی Spatial Pattern
(7)	CE : شاخص کلارک و اوانز Clark Evans index r_A : میانگین فاصله یک درخت و نزدیک‌ترین همسایه‌ها Mean distance of tree to next neighbor r_E : میانگین مورد انتظار Expected mean	$CE = \frac{r_A}{r_E}$	کلارک و اوانز Clark Evans index	
(22)	M_i : شاخص آمیختگی Mingling index	$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_j$ $v_{ij} = \begin{cases} 1 \rightarrow sp_j \neq sp_i \\ 0 \rightarrow sp_j = sp_i \end{cases}$	مینگلینگ Mingling index	آمیختگی گونه‌های Mingling
(16)	TD_i : شاخص تمایز قطری Diameter differentiation	$TD_i = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij}$ $v_{ij} = \frac{\min(sp_i, sp_j)}{\max(sp_i, sp_j)}$	تمایز قطری Diameter differentiation	اختلاف ابعاد درختان Tree size variation
	TH_i : شاخص تمایز ارتفاعی Height differentiation	$TH_i = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij}$ $v_{ij} = \frac{\min(sp_i, sp_j)}{\max(sp_i, sp_j)}$	تمایز ارتفاعی Height differentiation	
(20)	S : شاخص تنوع درختی Species diversity	$S = (T_i \times w_1) + (M_i \times w_2) + (W_i \times w_3)$	تنوع ساختاری ترکیبی Compound structural diversity	سطح تنوع درختی Species diversity

شاخص را می‌توان هم بر اساس روش محاسباتی (جدول ۱) و هم روش ترسیمی به‌دست آورد و معمولاً این دو روش به‌صورت مکمل استفاده می‌شوند. در روش محاسباتی، با مقایسه زاویه بین درختان همسایه (α_j) نسبت به زاویه استاندارد (α_0) به بررسی چیدمان درختان همسایه در اطراف درخت

با میانگین گرفتن مقادیر شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها (D_i) برای تمامی گروه‌های ساختاری، مقدار میانگین این شاخص برای کل منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد (۲۳). شاخص زاویه یکنواخت (W_i) به بررسی درجه منظم بودن موقعیت مکانی درختان در گروه‌های ساختاری می‌پردازد (۲۸) که این

مرجع پرداخته می‌شود. مقدار زاویه استاندارد با توجه به تعداد درخت همسایه و بر اساس رابطه یک محاسبه شد.

$$\alpha_0 = \frac{360}{\text{Number of neighbour} + 1} \quad (1)$$

مقدار میانگین شاخص زاویه یکنواخت (W_i) در توده‌های با الگوی مکانی یکنواخت (منظم) بین صفر تا ۰/۵، توده‌های با الگوی مکانی تصادفی بین ۰/۵ تا ۰/۶ و توده‌هایی با الگوی مکانی کپ‌ای (خوشه‌ای) بین ۰/۶ تا یک است (۲۸). در روش ترسیمی بررسی شاخص زاویه‌ی یکنواخت، درصد فراوانی مقادیر زاویه یکنواخت (W_i) مبنا قرار دارد. اگر فراوانی پراکنش مقادیر زاویه یکنواخت در دو طرف نمودار مشابه باشد، الگوی مکانی درختان تصادفی، در صورتی‌که فراوانی در سمت چپ نمودار بیش‌تر از سمت راست باشد، الگو یکنواخت و در حالتی‌که فراوانی در سمت راست نمودار بیش‌تر از سمت چپ آن باشد، الگوی مکانی درختان کپ‌ای است. شاخص کلارک و اوانز (CE) به بررسی نحوه توزیع افقی درختان بر اساس فاصله بین نزدیک‌ترین همسایه‌های درختان مرجع در هر قطعه نمونه می‌پردازد. در این شاخص، میانگین فاصله بین یک درخت مرجع و نزدیک‌ترین همسایه آن (P_A) با میانگین مورد انتظار در صورتی‌که الگوی مکانی درختان به‌طور تصادفی پراکنده شده باشند (P_E)، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. ارزش‌های CE بیش‌تر از یک نشان‌دهنده الگوی یکنواخت، CE کم‌تر از یک نشان‌دهنده الگوی کپ‌ای و CE برابر با یک نشان‌دهنده الگوی تصادفی است (۷). شاخص مینگلینگ (M_i) درجه آمیختگی گونه‌های درختی در جنگل را توصیف می‌کند و به‌صورت کسری از n امین درخت نزدیک‌ترین همسایه که دارای گونه‌های متفاوتی از گونه مرجع هستند، بیان

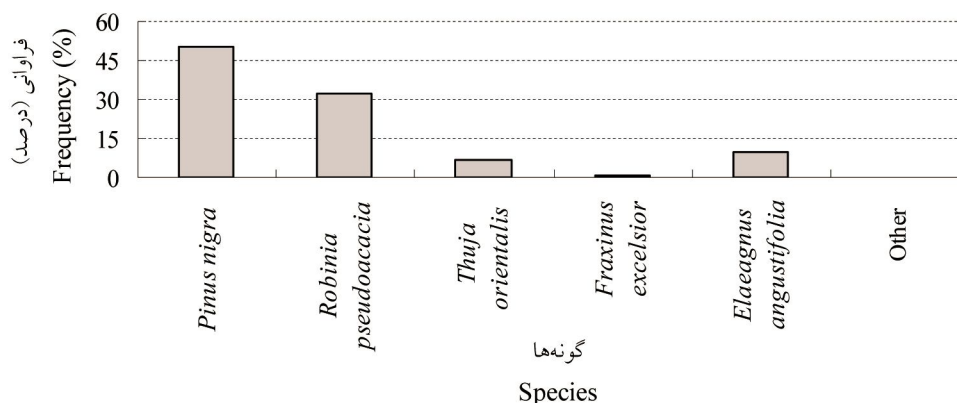
می‌شود (۲۲). این شاخص دارای ارزشی بین صفر تا یک است و مقادیر زیاد این شاخص نشان‌دهنده آمیختگی زیاد و مقادیر کم این شاخص نشان‌دهنده آمیختگی اندک توده است (۲۳). از آنجایی‌که در این پژوهش چهار همسایه در پیرامون هر درخت مرجع بررسی شد، بنابراین مقادیر صفر این شاخص نشان می‌دهد که تمامی درختان همسایه از گونه مشابه با درخت مرجع هستند. مقدار ۰/۲۵ نشان می‌دهد که گونه یک درخت همسایه متفاوت از گونه درخت مرجع است. مقدار ۰/۵۰ نشان‌دهنده این است که از نظر گونه‌ای، گونه دو درخت همسایه با گونه درخت مرجع متفاوت است. ۰/۷۵ بیانگر این است که سه درخت همسایه با گونه درخت مرجع تفاوت دارد. مقدار یک نشانگر این است که گونه‌های هیچ‌کدام از چهار درخت همسایه، مشابه با گونه درخت مرجع نیستند (۲۲). در این پژوهش برای تعیین اختلاف ابعاد درختان از شاخص‌های تمایز قطری (TD_i) و تمایز ارتفاعی درختان (TH_i) بهره گرفته شد که نشان‌دهنده میزان اختلاف ابعاد درختان مرجع با درختان همسایه است. به‌منظور سهولت در تفسیر نتایج، ارزش‌های این شاخص‌ها به شکل زیر طبقه‌بندی گردید (۲۳): اختلاف کم (۰ - ۰/۳)، اختلاف متوسط (۰/۵ - ۰/۳)، اختلاف آشکار (۰/۷ - ۰/۵) و اختلاف خیلی زیاد (۱ - ۰/۷). ارزش‌های بالای این دو شاخص نشان‌دهنده غالبیت گونه مرجع نسبت به گونه درختان همسایه است. شاخص‌های ترکیبی تنوع ساختار بر پایه جنبه‌های مختلف ریاضی استوار هستند که به‌طور خلاصه اثرات دو یا چند ویژگی ساختاری را در قالب یک شاخص می‌سنجند (۲۰) که در این پژوهش از شاخص ترکیبی تنوع ساختار (S) استفاده شد. این شاخص، ترکیبی از سه شاخص زاویه یکنواخت (وزن ۰/۳)، آمیختگی مینگلینگ (وزن ۰/۵) و تمایز قطری درختان (وزن ۰/۲) است. مقادیر کم‌تر از ۰/۳ این

آمد. در قطعه‌های نمونه موردبررسی میانگین قطر برابر سینه ۱۲/۹ سانتی‌متر (بیشینه ۳۱ سانتی‌متر و کمینه ۸ سانتی‌متر)، میانگین ارتفاع درختان ۵/۱ متر (بیشینه ۱۴/۰ متر و کمینه ۲/۲ متر) و میانگین سطح مقطع برابر سینه ۰/۰۱۳ مترمربع در هکتار (بیشینه ۰/۰۷۰ مترمربع در هکتار و کمینه ۰/۰۱۳ مترمربع در هکتار) ثبت شد. بیش‌ترین فراوانی در بین گونه‌ها متعلق به درختان کاج سیاه با ۵۰/۴ درصد و افاقیا ۳۲/۴ درصد بود (شکل ۱).

شاخص، نشان‌دهنده سطح تنوع درختی کم، ۰/۳ تا ۰/۴ سطح متوسط و بیش‌تر از ۰/۴ بیانگر سطح تنوع درختی زیاد است (۲۸). هم‌چنین بررسی پراکنش درختان در طبقه‌های قطری در هر منطقه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های ساختاری توده در این مطالعه مورد تحلیل قرار گرفت (۱۵).

نتایج و بحث

مشخصات کمی: بر اساس نتایج آماربرداری صددرصد از درختان در قطعه‌های موردبررسی، به‌طور متوسط تراکم درختان ۴۴۸ اصله در هکتار به‌دست

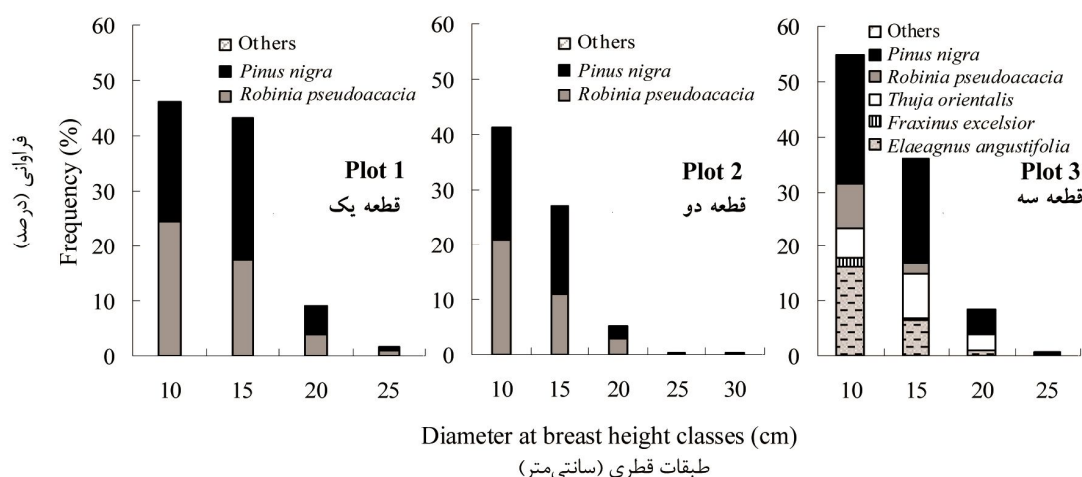


شکل ۱- ترکیب گونه‌ای درختان در قطعه‌های نمونه مورد مطالعه.

Figure 1. Composition of tree species in the studied sample plots.

است، این مسأله دور از انتظار نبود. مارین- اسپیوتا و همکاران (۲۰۰۷) در جنگل‌کاری‌های سنواتی ۲۰ ساله در جنگل‌های گرمسیری (۱۹) و ژائو و همکاران (۲۰۱۲) در جنگل‌کاری‌های ۱۷ ساله در اقلیم نیمه‌خشک چین نیز به نتیجه مشابه دست یافتند (۳۳).

نتایج به‌دست‌آمده از ترسیم نمودار طبقات قطری در کل سه قطعه موردبررسی نشان می‌دهد که بیش‌ترین فراوانی گونه‌ها در طبقه‌ی قطری ۱۰ سانتی‌متر است و کم‌ترین فراوانی در طبقه‌ی قطری بزرگ‌تر از ۲۵ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ۲). در این پژوهش، بیش‌تر درختان در طبقه‌های قطری کم قطر حضور دارند که به دلیل این‌که این جنگل‌کاری جوان



شکل ۲- فراوانی درختان در طبقات قطری پنج سانتی متری در قطعه‌های مورد مطالعه.

Figure 2. Frequency of trees in 5 cm diameter at breast height classes in the studied plots.

شاخص‌های ساختاری مورد بررسی نیز تفاوت تقریباً اندکی با یکدیگر در سه قطعه نمونه داشتند.

خصوصیات ساختاری: بر اساس جدول ۲، مقدار شاخص‌های زاویه یکنواخت و تمایز قطری در سه قطعه نمونه کاملاً مشابه بود و مقادیر دیگر

جدول ۲- نتایج حاصل از شاخص‌ها جهت بررسی ساختار جنگل.

Table 2. Results of indices to study forest structure.

سطح تنوع درختی Structural diversity index	تمایز ارتفاعی Height differentiation	تمایز قطری Diameter differentiation	آمیختگی مینگلینگ Mingling mixture	زاویه یکنواخت Uniform angle	کلارک و اوانز Clark and Evans	میانگین فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه (متر) Mean of nearest neighbors distance (m)	قطعه Plot
0.24	0.17	0.21	0.60	0.70	1.85	4.28	یک 1
0.23	0.17	0.24	0.57	0.70	1.88	4.35	دو 2
0.21	0.17	0.23	0.47	0.70	1.92	4.45	سه 3
0.22	0.17	0.22	0.55	0.70	1.88	4.36	میانگین Mean

بین رفته‌اند که نیاز به واکاری در پارک به منظور افزایش تراکم توصیه می‌شود. مشخصه تعداد در هکتار، بیانگر مقدار تراکم و انبوهی توده‌ها و نیز بیانگر تغییرات صورت گرفته در توده با گذر زمان است (۲۶). اغلب با گذشت زمان و با افزایش رقابت

متوسط تعداد در هکتار درختان در این پارک ۴۴۸ اصله اندازه‌گیری شد که با توجه به فاصله کاشت چهار متری درختان از هم در زمان کاشت، تعداد در هکتار درختان در زمان کاشت ۶۲۵ اصله درخت بود؛ بنابراین حدود ۲۸ درصد درختان طی این ۲۰ سال از

سمت چپ است که نشان‌دهنده چیدمان کپه‌ای گونه‌ها در میانگین سه قطعه مورد مطالعه است. نتایج حاصل از شاخص زاویه یکنواخت (محاسباتی و تریسمی) نشان‌دهنده چیدمان کپه‌ای درختان مرجع نسبت به درختان همسایه است، هرچند به‌منظور بررسی تکمیلی الگوی پراکنش مکانی درختان در این پژوهش از شاخص کلارک و اوانز بهره گرفته شد که بر اساس این شاخص، الگوی مکانی درختان یکنواخت به‌دست آمد. بر اساس جدول سه، بین یافته‌های دو شاخص زاویه یکنواخت و کلارک و اوانز در تعیین الگوی پراکنش مکانی درختان تفاوت وجود دارد. دلیل چنین اختلافی این است که مقدار شاخص زاویه یکنواخت بر اساس چهار تا از نزدیک‌ترین درختان همسایه به درخت مرجع، محاسبه می‌شود حال آن‌که شاخص کلارک و اوانز بر اساس یک درخت که نزدیک‌ترین فاصله را به درخت مرجع دارد، محاسبه می‌شود. از سوی دیگر، به‌دلیل آن‌که منطقه مورد مطالعه یک پارک جنگلی دست‌کاشت است، یکنواخت بودن الگوی پراکنش مکانی درختان مورد انتظار است. در واقع با مطالعه دفترچه طرح این پارک، مشخص شد که درختان در فاصله چهار متری از هم (تراکم ۶۲۵ درخت در هکتار) در سال ۱۳۷۵ خورشیدی کاشته شده‌اند که با گذر ۲۵ سال از احداث این پارک، الگوی پراکنش مکانی درختان از فرم منظم به فرم‌های تصادفی یا کپه‌ای تغییر نیافته است. هم‌چنین بر اساس مشاهدات میدانی، عدم استقرار زادآوری حاصل از درختان در این پارک سبب شده است که الگوی پراکنش درختان از حالت منظم تغییر پیدا نکرده باشد. گائو و همکاران (۹) نیز در دو جنگل‌کاری سوزنی‌برگ در کشور چین به این نتیجه دست یافتند که با گذشت حدود ۴۰ سال، الگوی پراکنش درختان، منظم باقی‌مانده است و هنوز برای تغییر آن به شکل کپه‌ای یا تصادفی، نیازمند سپری شدن زمان بیش‌تری است. هم‌چنین، نتیجه‌ای مشابه

بین پایه‌های درختی در جنگل‌های همسال، درختان به شکل طبیعی حذف می‌شود، این مرحله از تحول ساختار در جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت با عنوان کاهش پایه‌های درختی شناخته می‌شود (۱۱). پس از رشد ارتفاعی و صعود درختان در توده، با افزایش نیازهای فیزیولوژیک و کاهش دسترسی به منابع، درختان به‌شدت برای رسیدن به فضای رشد و بهره‌مندی از منابع و شرایط رشد (مانند نور) رقابت می‌کنند و در نتیجه آن تعدادی از درختان حذف می‌شوند (۱۷). اغلب جنگل‌های دست‌کاشت با گذشت زمان به‌سمت افزایش ناهمگنی در ساختار پیش می‌روند که این تغییرات در مرحله جوانی بیش‌ترین مقدار را دارد (۶). این موضوع با استفاده از شاخص فاصله از همسایگی نیز قابل‌تأیید است، تراکم فعلی و کاهش تعداد درختان در واحد سطح نشانگر عبور توده از این مرحله است. شاخص فاصله همسایگی نشان‌دهنده مقدار تراکم توده‌های جنگلی یا به عبارتی تعداد پایه‌های درختی در هر واحد از سطح است و نمایانگر فشار رقابتی بین درختان در توده‌ها است (۲۶)؛ بنابراین هرچه مقدار این شاخص بیش‌تر باشد به مفهوم افزایش فاصله درختان و کاهش تراکم توده و کاهش رقابت خواهد بود (۱۳). در مطالعه حاضر حدود ۶۴ درصد از درختان در فاصله ۶-۴ متر قرار داشتند که نشان‌دهنده فاصله متوسط است؛ به این مفهوم که درختان در توده با درختان همسایه خود، فاصله‌ای متوسط داشتند و فاصله زیاد (شش تا هشت متر) و خیلی کم (کم‌تر از دو متر) در منطقه دارای کم‌ترین فراوانی بودند؛ بنابراین می‌توان گفت که تراکم توده‌های مورد بررسی نیز در طبقه متوسط قرار داشت. جوان بودن توده دلیل اصلی متوسط بودن فاصله درختان از هم است.

تفسیر نموداری شاخص زاویه یکنواخت نیز کاملاً با تفسیر عددی آن منطبق بود به‌طوری‌که بر اساس شکل سه، فراوانی در سمت راست نمودار بیش‌تر از

منظم باقی‌مانده است (۲۹). در بررسی دیگری در شمال اسپانیا در جنگل‌های دست‌کاشت کاج جنگلی (*Pinus sylvestris* L.)، کرسنت-کمپو و همکاران (۲۰۰۹) به این نتیجه رسیدند که بر اساس شاخص کلارک و اوانز، الگوی پراکنش مکانی درختان پس از ۴۰ سال کاشت، منظم باقی‌مانده است (۵).

با این پژوهش در دو توده جنگل‌کاری دیگر در کشور چین با گذشت پس از ۲۰ سال از زمان کاشت گزارش شده است (۳۲). واسک و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی ساختار مکانی درختان در دو توده جنگل‌کاری شده پهن‌برگ در جنگل‌های معتدله اروپا با بهره‌گیری از شاخص کلارک و اوانز، به این نتیجه رسیدند که الگوی مکانی درختان با گذشت ۴۵ سال،



شکل ۳- درصد فراوانی ارزش‌های زاویه یکنواخت (W_i) محاسبه‌شده در قطعه‌های نمونه مورد بررسی.

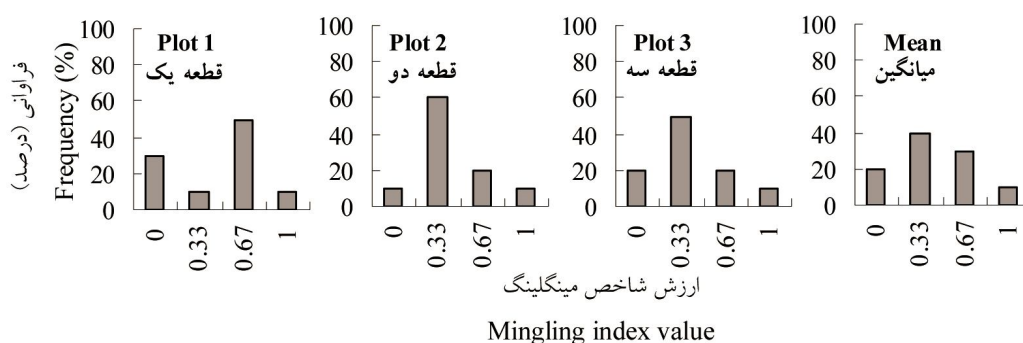
Figure 3. Frequency percentage of uniform angle (W_i) values calculated in the sample plots.

می‌دهد که در طرح‌های واکاری نیاز به دقت نظر درباره این موضوع است که در مقیاس‌های کوچک نیز باید به دنبال افزایش تنوع نهال‌های انتخابی برای جنگل‌کاری بود. در جنگل‌کاری‌هایی که توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور انجام گرفته است (مانند سطح وسیعی از پارک جنگلی چیتگر تهران)، بیشتر درختان در سطوح وسیع و از نظر گونه‌ای به صورت خالص کاشته می‌شوند و در آمارهای ارائه‌شده، به آمیختگی مناسب درختان در پارک‌ها اشاره شده است؛ حال آنکه با نگاه موشکافانه‌تر، می‌توان به این مهم پی برد که درختان در سطوح کوچک‌تر به صورت خالص کاشته شده‌اند و همین امر سبب کاهش مقاومت آن‌ها به آشفته‌گی‌های محیطی شده است. در عین حال در بیشتر موارد، دوری از منابع بذر مانع تجدید حیات طبیعی در پارک‌های دست‌کاشت می‌شود. گائو و همکاران

بر اساس مقدار شاخص مینگلینگ (جدول ۲) و نمودارهای توزیع ارزش‌های شاخص مینگلینگ (شکل ۴) قطعه‌های نمونه مورد بررسی از آمیختگی متوسطی برخوردارند. شاخص آمیختگی مینگلینگ دارای طبقه‌بندی از صفر (کم‌ترین آمیختگی گونه‌ای) تا یک (بیش‌ترین آمیختگی گونه‌ای) است. مقدار صفر به مفهوم آن است که بیش‌ترین گونه‌های درختی همسایه گونه مرجع هستند و مقادیر به سمت عدد یک به معنی آن است که بیش‌ترین گونه‌های درختی همسایه از نوع گونه مرجع نیستند و از نوع سایر گونه‌های حاضر در منطقه هستند (۲۵). آمیختگی درختان در این پژوهش متوسط به‌دست آمد که نشان می‌دهد اگرچه با توجه به دست‌کاشت بودن توده تا حدودی قابل قبول است، با این حال نیاز است که با افزایش تنوع درختان، مقادیر این شاخص را افزایش داد. در واقع این یافته نشان

مینگیلینگ در دو توده مورد بررسی حدود ۰/۱ بود (۳۲) که نشان می‌دهد توده‌های جنگل کاری شده برای افزایش اختلاط گونه‌ای (و در نتیجه پایداری بیشتر)، نیاز به سپری کردن زمان طولانی‌تر دارند و با دخالت‌های جنگل‌شناسی، می‌توان به کوتاه‌تر شدن این زمان کمک کرد.

(۲۰۱۴) نیز در دو جنگل کاری سوزنی‌برگ در کشور چین به این نتیجه دست یافتند که با گذشت حدود ۴۰ سال از زمان کاشت درختان، آمیختگی گونه‌ای در دو جنگل مورد بررسی اندک بود (مقدار عددی شاخص مینگیلینگ: حدود ۰/۱، (۹)). همچنین، یانگ و همکاران (۲۰۱۹) به این نتیجه دست یافتند که با گذشت پس از ۲۰ سال از زمان کاشت، آمیختگی

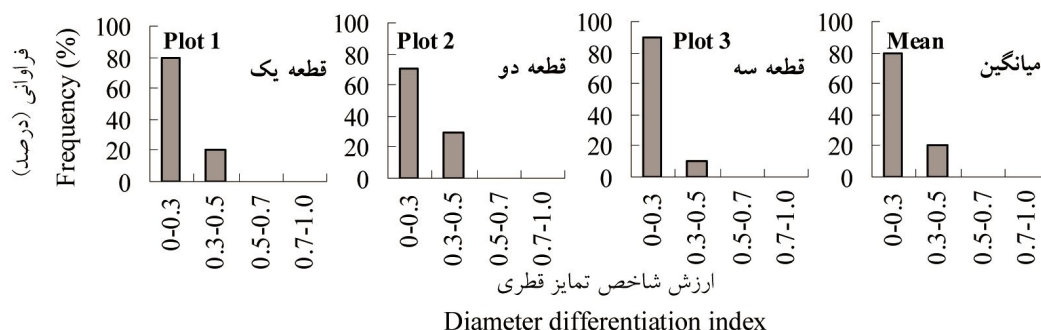


شکل ۴- درصد فراوانی ارزش شاخص مینگیلینگ (M_i) محاسبه شده در قطعه‌های نمونه مورد بررسی.

Figure 4. Frequency percentage of Mingling index (M_i) values calculated in the sample plots.

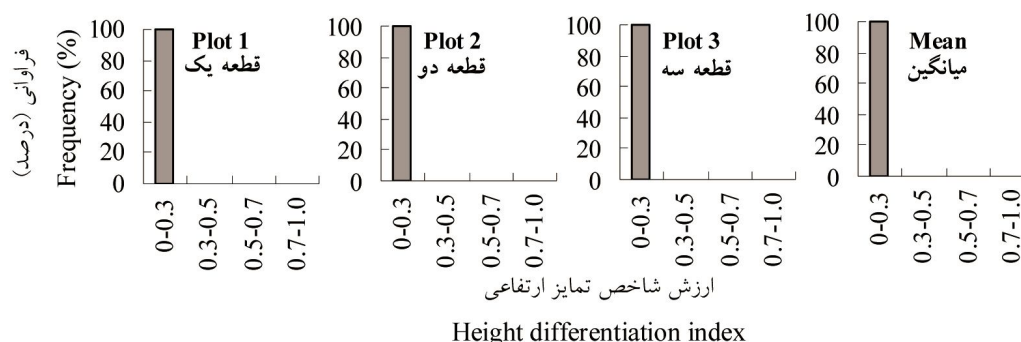
نیز سه قطعه مورد بررسی کاملاً مشابه یکدیگر بودند. میانگین ارزش‌های شاخص تمایز قطری و ارتفاعی درختان در سه قطعه نمونه به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۱۷ حاصل شد (جدول ۲).

به منظور بررسی اندازه رقابت با استفاده از ابعاد درختان، شاخص‌های تمایز قطری در شکل ۵ و تمایز ارتفاعی در شکل ۶ ارائه شده‌اند که روند تغییرات ارزش شاخص تمایز قطری در سه قطعه نمونه تشابه زیادی با یکدیگر دارد و درباره شاخص تمایز ارتفاعی



شکل ۵- درصد فراوانی ارزش‌های تمایز قطری (TD_i) محاسبه شده در قطعه‌های نمونه مورد بررسی.

Figure 5. Frequency percentage of diameter differentiation index (TD_i) values calculated in the sample plots.



شکل ۶- درصد فراوانی ارزش‌های تمایز ارتفاعی (TH_i) محاسبه‌شده در قطعه‌های نمونه مورد بررسی.

Figure 6. Frequency percentage of height differentiation index (TH_i) values calculated in the sample plots.

و چیدمان آن‌ها در اشکوب‌های متفاوت می‌شود (۱۰) که کم بودن حاصلخیزی خاک این پارک، شاید یکی از دلایل همگن بودن ساختار عمودی درختان این پارک باشد. لازم به ذکر است که همسال بودن این پارک، می‌تواند دلیل اصلی برای اختلاف کم ابعاد درختان و در نتیجه همگن بودن آن باشد. همچنین، شاخص‌های تمایز ابعاد در بین گونه‌های درختی مختلف، تفاوت‌هایی را به لحاظ سرشت گیاهان و توان رشد متفاوت آن‌ها در رویشگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که به دلیل مشابه بودن مقادیر شاخص‌های تمایز قطری و ارتفاعی درختان این پارک، شاید بتوان گفت که به سازگار بودن سرشت گونه‌های کاشته شده در این پارک دقت نشده است. در عین حال توسعه یک توده دست‌کاشت نیاز به زمان بیشتری برای بازسازی ساختار دارد و به نظر می‌رسد با سپری شدن زمان به ناهمگنی در ساختار افزوده شده و مقدار عددی شاخص‌های تمایز ارتفاعی و قطری افزایش یابد. در تأیید یافته‌های این پژوهش، واسک و همکاران (۲۰۱۸) در جنگل‌های دست‌کاشت ۴۵ ساله در اقلیم معتدله جمهوری چک به این نتیجه دست یافتند که متوسط شاخص تمایز قطری در دو توده مورد بررسی پهن‌برگ، ۰/۲۶ و متوسط شاخص تمایز ارتفاعی ۰/۲۱ است (۲۹) که بیانگر اندک بودن اختلاف ابعاد

شاخص‌های تمایز قطری و ارتفاعی درختان موجود در توده به کمی‌سازی اختلاف ابعاد درختان یک توده از نظر قطر و ارتفاع می‌پردازد (۲۴). بررسی ساختار افقی یک توده با بررسی شاخص تمایز قطری و ساختار عمودی درختان جنگلی به وسیله شاخص تمایز ارتفاعی به راحتی امکان‌پذیر است (۱۲). در شاخص‌های تمایز قطری و ارتفاعی، فراوانی بیشتر در طبقات نزدیک به صفر نشان‌دهنده همگنی بیشتر و در طبقات نزدیک به یک نشان‌دهنده ناهمگنی بیشتر در توده است (۲۱). در این مطالعه همگنی زیادی بین درختان مورد مطالعه از نظر قطر و ارتفاع وجود داشت که نیاز به دخالت‌های پرورشی (مانند تنک کردن) برای افزایش ناهمگنی در این پارک دیده می‌شود. گائو و همکاران (۲۰۱۴) تنک کردن را ابزاری توانمند در افزایش ناهمگنی ساختاری در جنگل عنوان کردند (۹). در واقع نحوه مدیریت توده‌ها تأثیر مستقیمی بر شاخص‌های تمایز قطری و ارتفاعی می‌گذارد، به گونه‌ای که در توده‌های مدیریت‌شده درختان ضعیف به نفع درختان مرغوب تنک می‌شوند و در نتیجه منجر به ایجاد تغییر در آینده جنگل می‌شوند (۱۶). در رویشگاه‌های حاصلخیز و در مناطق جنگلی توسعه‌یافته، رقابت بین درختان برای رسیدن به منابع و فضای رشد مساعد منجر به تشکیل ساختار عمودی

صحیح راهبردهای جنگل‌شناسی، می‌توان جنگل‌های دست‌کاشت را با پیچیده‌تر کردن ساختار آن‌ها به سمت پایداری بیش‌تر سوق داد. این پژوهش فتح بایی در بررسی وضعیت ساختار جنگل‌های دست‌کاشت کشور است که آیا پس از جنگل‌کاری و رهاسازی پارک، ساختار توده‌های جنگلی به سمت ناهمگنی و پایدار شدن پیش رفته‌اند یا خیر؟ در پایان پیشنهاد می‌شود که اقدام به بررسی خصوصیات ساختاری جنگل در پارک‌های دست‌کاشت کشور شود تا بتوان با اقدامی عاجل، به بهبود وضعیت پوشش گیاهی در این پارک‌ها اقدام شود، زیرا که با توجه به احاله مدیریت در این پارک‌ها، بسیاری از وظایف از دوش سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور برداشته شده است و این پارک‌ها در دوره‌های زمانی کوتاه یا میان‌مدت به ارگان‌هایی مانند شهرداری (در محدوده اراضی شهر) و بنگاه‌های خصوصی واگذار شده است که این ارگان‌ها دارای اطلاعات اندکی درباره فواید اقدامات پرورشی جنگل مانند تنک کردن و هرس کردن می‌باشند (به دلیل خالی بودن از نیروی تخصصی جنگل) و باید توجه کرد که عملیات پرورشی جنگل (مانند آزادسازی، تنک کردن و هرس کردن) به‌عنوان یکی از بازوهای اصلی جنگل‌شناسی همگام با طبیعت شناخته می‌شوند. بنابراین به مدیران ادارات منابع طبیعی پیشنهاد می‌شود که با احاله مدیریت، اقدام به فراموشی این پارک‌ها ننمایند و به نهادهایی مانند شهرداری که اقدام به احاله مدیریت پارک‌ها می‌نمایند، پیشنهاد می‌شود که از دانش جنگل‌شناسی برای بهبود وضعیت فضای سبز استفاده نمایند؛ تشکیل کارگروه‌های جمعی از متخصصین فضای سبز شهرداری‌ها و ادارات فنی جنگلداری و جنگل‌کاری منابع طبیعی کشور، می‌تواند کمک شایانی به پیشبرد اهداف احیا، حفظ و گسترش پوشش جنگلی در کشور بنماید.

درختان با گذشت حدود ۴۵ سال است. در پژوهشی توسط کرسته-کمپو و همکاران (۲۰۰۹) در جنگل‌های دست‌کاشت کاج جنگلی در شمال اسپانیا، به این نتیجه رسیدند که پس از سپری شدن ۴۰ سال از زمان کاشت، مقادیر شاخص‌های تمایز ارتفاعی درختان ۰/۲۶ و تمایز قطری درختان ۰/۰۴ بود (۵) که نشان از اختلاف اندک ابعاد درختان در این جنگل‌کاری دارد.

نتیجه‌گیری

در یک جمع‌بندی باید گفت که با گذشت حدود ۲۵ ساله از زمان کاشت درختان در پارک جنگلی صائب تبریزی، جوامع درختی، همگنی ساختار خود را حفظ کرده‌اند و هم‌چنین دارای آمیختگی متوسط هستند. هم‌چنین بر اساس یافته‌های این پژوهش، توسعه در ساختار جنگل به‌کندی صورت می‌گیرد و نیازمند سپری شدن زمان بیش‌تری است؛ بر این اساس توصیه می‌شود به‌منظور حفاظت از بوم‌سازگان‌های شهری و هم‌چنین افزایش پایداری زیستی، با انجام عملیات پرورشی (مانند تنک کردن و هرس کردن)، درختان به سمت افزایش آمیختگی و ناهمگن کردن ساختار هدایت شوند. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود برای واکاری در عرصه‌های موردنیاز، اقدام به کاشت گونه‌های جدید سازگار با منطقه شود تا از این طریق بتوان درجه آمیختگی درختان را افزایش داد. نتایج این پژوهش می‌تواند توجه‌هایی عینی بر اهمیت ایجاد آگاهانه راهبردهای جنگل‌شناسی در جنگل‌کاری‌ها به‌عنوان حلقه‌ای مفقوده در مدیریت جنگل کشور مؤثر باشد، زیرا توان بالقوه استفاده از فنون جنگل‌شناسی در بهبود وضعیت جنگل‌کاری‌ها و پارک‌های جنگلی کشور، توسط مدیران و تصمیم‌گیران منابع طبیعی کشور نادیده گرفته شد. درواقع این تصور وجود دارد که عملیات جنگل‌شناسی تنها در جنگل‌های طبیعی نیاز است، حال‌آنکه با الگو گرفتن از جنگل‌های طبیعی و اعمال

منابع

1. Abbasian, P., Attarod, P., Sadeghi, S.M.M., Van Stan, J.T., and Hojjati, S.M. 2015. Throughfall nutrients in a degraded indigenous *Fagus orientalis* forest and a *Picea abies* plantation in North of Iran. *Forest Systems*. 24: 1-10.
2. Aguirre, O., Hui, G., von Gadow, K., and Jiménez, J. 2003. An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management*. 183: 137-145.
3. Bumrungsri, S., Sripao-Raya, E., and Leelatiwong, C. 2006. A quantitative analysis of plant community structure in an abandoned rubber plantation on Kho-Hong Hill, southern Thailand. *Songklanakharind J. of Science and Technology*. 28: 479-491.
4. Corral, J.J., Wehenkel, C., Castelanos, H.A., Vargas, B., and Dieguez, U. 2010. A permutation test of spatial randomness: application to nearest neighbor indices in forest stands. *J. of Forest Research*. 15: 218-225.
5. Crecente-Campo, F., Pommerening, A., and Rodríguez-Soalleiro, R. 2009. Impacts of thinning on structure, growth and risk of crown fire in a *Pinus sylvestris* L. plantation in northern Spain. *Forest Ecology and Management*. 257: 1945-1954.
6. Dement, W.T., Hackworth, Z.J., Lhotka, J.M., and Barton, C.D. 2020. Plantation development and colonization of woody species in response to post-mining spoil preparation methods. *New Forests*. 51: 965-984.
7. Ehbrecht, M., Schall, P., Ammer, C., and Seidel, D. 2017. Quantifying stand structural complexity and its relationship with forest management, tree species diversity and microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology*. 242: 1-9.
8. Forrester, D.I. 2019. Linking forest growth with stand structure: Tree size inequality, tree growth or resource partitioning and the asymmetry of competition. *Forest Ecology and Management*. 447: 139-157.
9. Gao, G.L., Ding, G.D., Zhang, A., Cao, M.N., Zhao, Y.Y., Bao, Y.F., and Li, X. 2014. Comparison of stand spatial structure in different plantations and natural forests in Rocky mountain area of Northern China. *International J. of Design and Nature and Ecodynamics*. 9: 141-148.
10. Ghanbari, S., Sefidi, K., and Fathizadeh, O. 2019. Composition and structure of English yew forest stands (*Taxus baccata* L.) in different conservation systems of Arasbaran forests, Iran. *J. of Wood and Forest Science and Technology*. 26: 31-49. (In Persian)
11. Graboski, L.E., Steiner, K.C., McDill, M.E., and Finley, J.C. 2020. Predicting oak regeneration success at the stem exclusion stage of stand development in upland hardwood forests. *Forest Ecology and Management*. 465: 118093.
12. Grotti, M., Chianucci, F., Puletti, N., Fardusi, M.J., Castaldi, C., and Corona, P. 2019. Spatio-temporal variability in structure and diversity in a semi-natural mixed oak-hornbeam floodplain forest. *Ecological Indicators*. 104: 576-587.
13. Hui, G., Zhang, G., Zhao, Z., and Yang, A. 2019. Methods of forest structure research: A review. *Current Forestry Reports*. 5: 142-154.
14. Kerr, G. 1999. The use of silvicultural systems to enhance the biological diversity of plantation forests in Britain. *Forestry*. 72: 191-205.
15. Khai, T.C., Mizoue, N., Kajisa, T., Ota, T., and Yoshida, S. 2016. Stand structure, composition and illegal logging in selectively logged production forests of Myanmar: Comparison of two compartments subject to different cutting frequency. *Global Ecology and Conservation*. 7: 132-140.
16. Kint, V., Lust, N., Ferris, R., and Olsthoorn, A.F.M. 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Forests. *Investigación Agraria: Sistemasy Recursos Forestales*. 1: 147-163.
17. Krumm, F., Kulakowski, D., Risch, A.C., Spiecker, H., Brändli, U.B., and Bebi, P. 2012. Stem exclusion and mortality in unmanaged subalpine forests of the Swiss Alps. *European J. of Forest Research*. 131: 1571-1583.

18. Lelli, C., Bruun, H.H., Chiarucci, A., Donati, D., Frascaroli, F., Fritz, O., Goldberg, I., Nascimbene, J., Tøttrup, A.P., Rahbek, C., and Heilmann-Clausen, J. 2019. Biodiversity response to forest structure and management: Comparing species richness, conservation relevant species and functional diversity as metrics in forest conservation. *Forest Ecology and Management*. 432: 707-717.
19. Marin-Spiotta, E., Silver, W.L., and Ostertag, R. 2007. Long-term patterns in tropical reforestation: Plant community composition and aboveground biomass accumulation. *Ecological Applications*. 17: 828-839.
20. Pastorella, F., and Paletto, A. 2013. Stand structure indices as tools to support forest management: an application in Trentino forests (Italy). *J. of Forest Science*. 59: 159-168.
21. Poldveer, E., Korjus, H., Kiviste, A., Kangur, A., Paluots, T., and Laarmann, D. 2020. Assessment of spatial stand structure of hemiboreal conifer dominated forests according to different levels of naturalness. *Ecological Indicators*. 110: 105944.
22. Pommerening, A., and Uria-Diez, J. 2017. Do large forest trees tend towards high species mingling? *Ecological Informatics*. 42: 139-147.
23. Ruprecht, H., Dhar, A., Aigner, B., Oitzinger, G., Raphael, K., and Vacik, H. 2010. Structural diversity of English yew (*Taxus bacata* L.) populations. *European J. of Forest Research*. 129: 189-198.
24. Sadeghi, S.M.M., Alijani, V., Namiranian, M., and Mohamadizadeh, M. 2016. Structural characteristics of *Juniperus excelsa* in the mountainous forests of Alborz south facing slope (Case study: Atashgah, Karaj). *Iranian J. of Forest*. 8: 35-49. (In Persian)
25. Sefidi K., Copenheaver, C.A., Kakavand, M., and Behjou, F. 2015. Structural diversity within mature forests in Northern Iran: a case study from a relic population of Persian ironwood (*Parrotia persica* C.A. Meyer). *Forest Science*. 61: 258-265.
26. Sefidi, K., and Sadeghi, S.M.M. 2019. Structural characteristics of *Quercus macranthera* forests in Arasbaran region, Northwest of Iran (Hatam Mashe Si, Meshgin-Shahr). *Iranian J. of Forest*. 11: 347-361. (In Persian)
27. Sterba, H., Dirnberger, G., and Ritter, T. 2018. The contribution of forest structure to complementarity in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) and European larch (*Larix decidua* Mill.). *Forests*. 9: 1-17.
28. Szmyt, J., and Dobrowolska, D. 2016. Spatial diversity of forest regeneration after catastrophic wind in northeastern Poland. *iForest-Biogeosciences and Forestry*. 9: 414-427.
29. Vacek, Z., Cukor, J., Vacek, S., Podrázský, V., Linda, R., and Kovařík, J. 2018. Forest biodiversity and production potential of post-mining landscape: opting for afforestation or leaving it to spontaneous development? *Central European Forestry J*. 64: 116-126.
30. Verheyen, K., Vanhellemont, M., Auge, H., Baeten, L., Baraloto, C., Barsoum, N., Bilodeau-Gauthier, S., Bruelheide, H., Castagneyrol, B., Godbold, D., and Haase, J. 2016. Contributions of a global network of tree diversity experiments to sustainable forest plantations. *Ambio*. 45: 29-41.
31. Waters, C.M., Gonsalves, L., Law, B., Melville, G., Toole, I., Brassil, T., and Tap, P. 2018. The effect of thinning on structural attributes of a low rainfall forest in eastern Australia. *Forest Ecology and Management*. 409: 571-583.
32. Yang, H., Miao, N., Li, S. C., Ma, R., Liao, Z.Y., Wang, W.P., and Sun, H.L. 2019. Relationship between stand characteristics and soil properties of two typical forest plantations in the mountainous area of Western Sichuan, China. *J. of Mountain Science*. 16: 1816-1832.
33. Zhao, Z., Bai, Z., Zhang, Z., Guo, D., Li, J., Xu, Z., and Pan, Z. 2012. Population structure and spatial distributions patterns of 17 years old plantation in a reclaimed spoil of *Pingshuo opencast* mine, China. *Ecological Engineering*. 44: 147-151.



Structure of mixed planted forests after management abandoning

M. Dehghan¹, *K. Sefidi² and S.M.M. Sadeghi³

¹M.Sc. Student, Dept. of Forest Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran,

²Associate Prof., Dept. of Forest Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran,

³Ph.D. of Silviculture and Forest Ecology, Technical Bureau of Forestry and Plantation, Natural Resources and Watershed Management Office of West Azerbaijan Province, Urmia, Iran

Received: 12.13.2020; Accepted: 02.15.2021

Abstract

Background and Objectives: Forest structure is a key factor in growth, yield, and how changes occur in the forest stands, and evaluating the structure of plantations can play an important role in improving afforestation and timely implementation of forestry treatments in each stand. This study aimed to evaluate structural characteristics of plantation forests in the Saib Tabrizi forest park located on Tabriz, after 25 years of planting have passed, and abandon its management.

Materials and Methods: For this purpose, after initial field surveys, three one-hectare plots were selected, and based on quantitative indicators, the structure of each plot-sample was investigated. In each plot, structural characteristics of all trees (species type, diameter at breast height, tree height, canopy height, and canopy diameter) were measured and the distance method (based on nearest neighbors) was used to quantify stand structure. To study of stand structural some index including nearest neighbors distance index (density of trees), uniform angle index and Clark and Evans index (variety of location), Mingling index (species mixture), diameter and height differentiation indices (dimensional differences of trees), and complex structural diversity index (tree diversity) were used.

Results: Based on the results, the average density of trees was 448 per hectare. In the studied sample plots, the average DBH was equaled to be 12.9 cm, the average height of the trees was 5.1 m and the average basal area was calculated to be 0.013 m² per hectare. The highest abundance among the species belonged to the species of *Pinus nigra* with 50.4% and *Robinia pseudoacacia* 32.4%, respectively. The results of the uniform angle index showed that a cluster pattern in the spatial distribution of trees, however, Clark and Evans index showed a regular pattern. According to the Mingling index, the studied stands have relatively moderate mixing. The height and diameter differentiation indices showed that the dimensions of the trees had a slight difference, and have a homogeneous structure. According to the complex structural diversity index, tree diversity was obtained at a low level.

Conclusion: In conclusion, it can be said that after nearly 25 years of planting trees in this park, tree communities have maintained the homogeneity of their structure, and trees have a moderate mixture. Therefore, it can be stated that the development of forest structure in the research area is slow. Hence it is recommended to increase biological sustainability, silvicultural treatments are needed to increase the mixture and heterogeneity of structure. The results of this study can provide objective justifications for the importance of consciously creating forestry strategies in the country's forestry as a missing link in forest management.

Keywords: Forest structure, Nearest neighbor index, Silviculture, Uniform angle index

*Corresponding author: kiomarssefidi@gmail.com