Archive of SID

مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دوازدهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۹
ص ۴۴۸-۴۳۵
مقاله پژوهشی

بازسازی طبیعی ساختار توده‌های راش در جنگل‌های تحت مدیریت سنتی (مطالعهٔ موردی: اشکورات رودسر)

محمد اسماعیل‌پور[۱*] و کیومرث سفیدی[۲]

[۱] استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، اهر
[۲] دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲۱)

چکیده

بازسازی طبیعی ساختار از مهم‌ترین فرایندها در تحول توده‌های جنگلی است. به‌منظور بررسی فرایند بازسازی طبیعی ساختار توده‌های راش در منطقهٔ اشکورات رودسر، سه قطعهٔ یک هکتاری با سابقهٔ متفاوت از حفاظت شامل کوتاه‌مدت، میان‌مدت و شاهد انتخاب و مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری آنها با استفاده از روش‌های اندازه‌گیری فاصله‌ای و تعداد یازده شاخص کمّی‌سازی ساختار در ۴۵ گروه ساختاری بررسی شد. روند تغییرات ساختار براساس سه گروه از ویژگی‌های ساختاری توده شامل الگوی مکانی ساختار، ناهمگنی در ابعاد درختان و سطح تنوع ترکیبی (پیچیدگی ساختار) تحلیل شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، شاخص‌های میانگین قطر، کلارک-ایوانز، برگر-پارکر و زاویهٔ یکنواختی اختلاف معنی‌داری بین سه قطعه نشان دادند. روند افزایشی شاخص‌های ضریب جینی، تمایز قطری و ارتفاعی همراه با جابه‌جایی درختان به طبقات ارتفاعی و قطری بالاتر در قطعات حفاظت‌شده نشان‌دهندهٔ افزایش ناهمگنی و شکل‌گیری ساختار عمودی در جنگل است. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که حفاظت از جنگل به‌شکل سنتی و روش قرق در این منطقه سبب بازسازی ساختار توده شده است. توصیه می‌شود که قرق بلندمدت (بیش از ۶۰ سال) برای بازسازی طبیعی در منطقه همراه با دخالت‌های پرورشی همسو با طبیعت اعمال شود.

واژه‌های کلیدی: تنوع مکانی جنگل، حفاظت جنگل، شاخص آمیختگی، ضریب جینی، نزدیک‌ترین همسایه.

مقدمه

بازسازی طبیعی ساختار توده در حقیقت روند بهبود بوم‌سازگانی است که در معرض آشفتگی قرار داشته است (Oliver & Larson, 1996). در مسیر تحول توده‌های جنگلی، بازسازی ساختار مکانی جنگل به‌شکل طبیعی انجام می‌گیرد، بازسازی ساختار اغلب با انباشت زی‌توده و صعود ارتفاعی درختان در پوشش تاجی همراه است (Sefidi et al., 2014). تعیین وضعیت ساختار توده در برآورد مرحلهٔ تحولی و تکاملی توده (مرحلهٔ جوانی، مرحلهٔ اپتیمم و مرحلهٔ پوسیدگی) دارای اهمیت فراوانی است (Mattaji & Namiranian, 2003). در طی فرایند تحول توده و با آغاز بازسازی مجدد ساختار پس از حذف عامل آشفتگی، با استقرار

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۳۸۷۹۴۹۰۳۰
ایمیل: m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

زیراشکوب، درختان برای استفاده بهینه از فضای رشد و رسیدن به نور کافی به رقابت می‌پردازند. این رقابت تحت تأثیر عوامل متعدد پیرامونی کنترل می‌شود. این فرایند به شکل‌گیری ساختار با تغییر در ابعاد و ترکیب درختان طی فرایند تحول منجر می‌شود (Sefidi et al., 2014).

اعمال حفاظت و جلوگیری از آشفتگی‌های با منشأ انسانی ممکن است سبب تسریع بازگشت بوم‌سازگان به وضعیت مطلوب شود (Ghanbari et al., 2019). تأثیر مثبت حفاظت بر ویژگی‌های کمّی ساختار توده تأیید شده است. (Dobrowolska Ghanbari et al. (2019 ویژگی‌های ساختاری توده‌های سرخدار در ارسباران را که دارای وضعیت حفاظتی متفاوت بود، بررسی کردند. نتایج نشان داد که پایه‌های سرخدار تعداد در هکتار اندکی نسبت به دیگر گونه‌ها دارند. چنین اطلاعاتی برای اقدامات احیایی و حفاظتی کاربرد دارد. Ruprecht et al. (2010) از شاخص‌های مینگلینگ، تمایز قطری و ارتفاعی برای بررسی ساختار توده‌های سرخدار استفاده کردند. در این تحقیق پیشنهاد شد که ترکیبی از شاخص‌های ساختاری توده برای ارزیابی وضعیت حفاظت ژنی در این جنگل‌ها لازم است. همچنین در تحقیقی توسط Moridi و همکاران (2015) در جنگل گرازبن به‌منظور کمّی‌سازی ساختار افقی جنگل در فاز کاهش پایه‌ها انجام گرفت. مشخص شد که درختان بیشترین رقابت را برای کسب نور در فاز کاهش پایه‌ها دارند که به شکل‌گیری ساختار ناهمگن در توده‌های راش منجر می‌شود. Ghalandarayeshi et al. (2017) پژوهشی دربارهٔ الگوی مکانی درختی با استفاده از شاخص مینگلینگ، شاخص زاویهٔ یکنواختی و شاخص تمایز در جنگل‌های راش دانمارک انجام دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که همهٔ درختان یک الگوی کپه‌ای با توجه به پویایی جنگل دارند. Baran et al. (2020) ساختار جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده در جنگل‌های دره‌ای لهستان را بررسی کردند. تجزیه‌وتحلیل الگوی نقطه‌ای، تفاوت‌هایی را در توزیع مکانی درختان نشان داد. در جنگل‌های مدیریت‌نشده، تمایل به پراکنش کپه‌ای درختان پیدا شد که در چندین قطعه شایان توجه بود. در جنگل‌های مدیریت‌شده، انحراف چشمگیری از الگوی تصادفی پیدا نشد. نتایج نشان داد مدیریت جنگل بر ساختار توده در جنگل‌های دره‌ای لهستان به‌طور چشمگیری تأثیر گذاشته است.

بر اساس پژوهش‌های سال‌های اخیر، پژوهشگران و نهادها به‌این نتیجه رسیده‌اند که بومیان نه‌تنها مانع حفاظت از جنگل‌ها نیستند، بلکه مشارکت دادن آنها سبب افزایش پذیرش اجتماعی و ساده شدن اجرای سیاست‌ها می‌شود. یکی از مهم‌ترین روش‌ها، تکیه بر قرق مناطق به‌شکل سنتی است که می‌تواند شرایط بازسازی طبیعی ساختار را فراهم آورد. از طرف دیگر، از اهداف زیربنایی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، دستیابی به بهترین روش توسعهٔ جنگل در ارتفاعات بالای جنگل‌های شمال متصل به مراتع کوهستانی است. مقایسهٔ ساختار لکه‌های جنگلی قرق‌شده با قطعهٔ شاهد می‌تواند کارایی مدیریت سنتی قرق را در تسهیل شکل‌گیری ساختار به‌شکل طبیعی آزمون کند. بنابراین در این پژوهش با انتخاب چند قطعه از لکه‌های جنگلی قرق‌شده، شاخص‌های ساختاری توده کمّی‌سازی، مقایسه و تغییرات آنها با گذشت زمان تحلیل شده است. هدف این پژوهش، بررسی بازسازی طبیعی ساختار توده‌های جنگلی در مناطق رویشی فوقانی جنگل‌های شمال ایران در منطقهٔ اشکورات شهرستان رودسر، با گذشت زمان و در نتیجه حفاظت سنتی یا قرق است. همچنین این پژوهش در پی پاسخ به این پرسش است که آیا حفاظت و قرق می‌تواند سبب تسهیل در شکل‌گیری طبیعی ساختار در توده‌های راش به‌ویژه در بالابند جنگل‌های شمال شود؟

www.SID.ir

Archive of SID

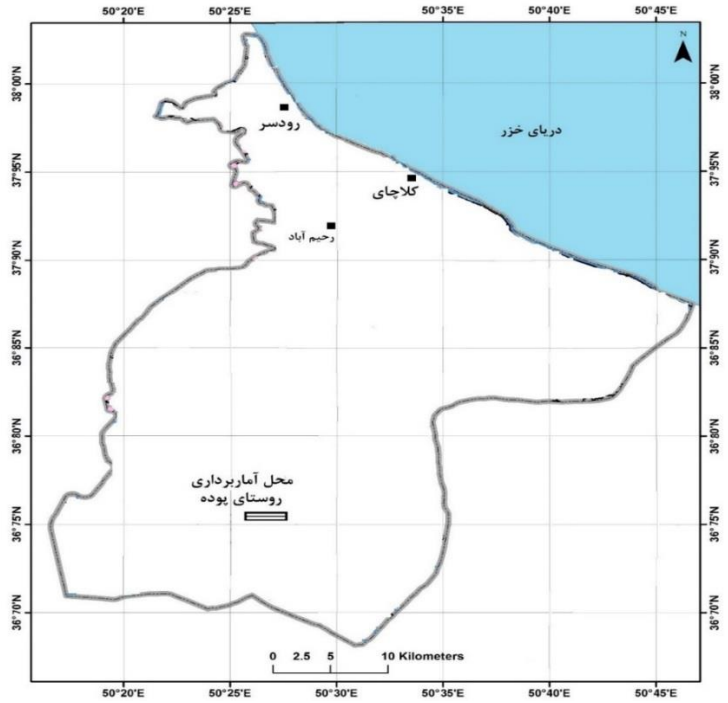
مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

منطقهٔ پژو.هش در اشکورات شهرستان رودسر در استان گیلان واقع شده است (شکل ۱). منطقهٔ تحقیق در ۵۰/۲۸ طول شرقی و ۳۶/۷۶ عرض شمالی واقع است و در ارتفاع ۱۷۵۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. در این منطقه، ده‌ها لکهٔ جنگلی قرق‌شده با مساحت حدود ۲ هکتار وجود دارد که توسط روستاییان قرق‌شده که برخی از آنها برای این تحقیق انتخاب شد (جدول ۱). براساس سنت‌های موجود در این منطقه، اهالی در مجاور زمین‌ها و باغ‌های خود، لکه‌هایی از جنگل تخریب‌شده را به دلایلی از قبیل جلوگیری از سیل و بهره‌برداری شخصی، قرق (حفاظت فیزیکی) می‌کردند.

جدول ۱- مشخصات کلی و سابقهٔ حفاظتی قطعه‌های انتخابی در این پژوهش

نام قطعه	کد قطعه	سابقهٔ حفاظت	قدمت قرق (سال)	جهت کلی قطعه
لکهٔ قرق‌شدهٔ یک	Low-term enclosed forest area (LTEF)	قرق کوتاه‌مدت، کمتر از ۴۰ سال	۳۵	شمال شرقی
لکهٔ قرق‌شدهٔ دو	Middle-term enclosed forest area (MTEF)	قرق میان‌مدت، بیش از ۴۰ سال	۵۰	شمالی
جنگل شاهد	Reference forest area (RFA)	جنگل کهن‌رست، فاقد قرق محلی	کهنسال و چندسنی	شمالی



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقهٔ پژوهش در ارتفاعات اشکورات رودسر

شیوهٔ اجرای پژوهش

-روش نمونه‌برداری

برای بررسی اثر حفاظت بر بازسازی ساختار توده‌های جنگلی، سه قطعهٔ یک هکتاری با سابقهٔ متفاوت شامل جنگل کهن‌رست شاهد، جنگل با سابقهٔ قرق میان‌مدت (بیش از ۴۰ سال) و جنگل با سابقهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

قرق کوتاه‌مدت (کمتر از ۴۰ سال) انتخاب شد (جدول ۱) این دسته‌بندی براساس بررسی ویژگی‌های ساختاری فاز تشکیل زیراشکوب در تحول توده های راش انتخاب شد (Sefidi et al., 2014). در انتخاب این قطعه‌ها، همگنی در دیگر ویژگی‌های رویشگاهی مانند جهت و شیب دامنه تا حد امکان مدنظر قرار گرفت. برای کمّی‌سازی ساختار جوامع درختی در منطقه از شیوهٔ مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه و اندازه‌گیری‌های بدون پلات استفاده شد (Pommerening & Grabarnik, 2019). در هر قطعهٔ جنگلی، سه خط نمونه به‌منظور انتخاب منظم و تصادفی محل گروه‌های ساختاری به‌شکل موازی پیاده و محل نمونه‌برداری در فواصل منظم ۲۵ متری انتخاب و درختان شاهد و همسایه اندازه‌گیری شد در مجموع ۴۵ گروه ساختاری نمونه‌برداری شد. نزدیک‌ترین درخت به خط نمونه به‌عنوان درخت شاهد و چهار اصله از نزدیک‌ترین همسایه‌های آن انتخاب و مشخصات قطر برابرسینه، ارتفاع، فاصله و زاویهٔ بین پایه‌ها برای هر یک از درختان شاهد و درختان همسایه اندازه‌گیری شد (Sefidi et al., 2015).

روش تحلیل

به‌منظور آشکارسازی تفاوت‌های ساختاری در قطعه‌های با سابقهٔ مدیریتی متفاوت با مجموعه‌ای از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد (جدول ۲). همچنین تراکم درختان در هکتار با فرمول بایت و رایپلی برآورد شد. برای بررسی الگوی مکانی از شاخص‌های کلارک و ایوانز، میانگین جهت، زاویهٔ یکنواختی و فاصلهٔ همسایگی، برای برآورد تمایز ابعاد درختان از شاخص‌های تمایز قطری، ارتفاعی و ضریب جینی و در نهایت برای آشکارسازی تنوع ترکیبی در ساختار توده‌ها از شاخص‌های تنوع مکانی، تنوع ساختاری ترکیبی، مینگلینگ و برگر-پارکر استفاده شد. دو شاخص زاویهٔ یکنواختی و میانگین جهت با بررسی زاویهٔ بین درختان به بررسی نحوهٔ چیدمان آنها نسبت به یکدیگر می‌پردازند. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و برابری واریانس با آزمون لون تعیین شد و در صورت نیاز، نرمال‌سازی داده‌ها از طریق تصحیح لگاریتمی انجام گرفت. از آزمون تجزیهٔ واریانس یکطرفه برای تعیین معنی‌داری اختلاف بین مقادیر عددی هر یک از شاخص‌ها در سه منطقهٔ مختلف و برای بررسی اختلاف بین گروه‌ها از آزمون توکی استفاده شد. همهٔ آزمون‌های آماری در سطح اشتباه آماری ۰/۰۵ و در محیط نرم‌افزاری R 3.5.3 انجام گرفت.

جدول ۲- شاخص‌های استفاده‌شده در این پژوهش به‌منظور کمّی‌سازی ساختار توده

ویژگی	شاخص	معادله	تشریح	منبع
موقعیت مکانی	کلارک و ایوانز	$CE = \frac{rA}{rE}$	r_A = میانگین فاصلهٔ یک درخت و نزدیک‌ترین همسایهٔ آن r_E = میانگین مورد انتظار	Pommerening (2019)
	میانگین جهت	$R_i = \sqrt{1+\left(\sum_{j=2}^{n}\cos(\alpha_{ij})\right)^2+\left(\sum_{j=2}^{n}\sin(\alpha_{ij})\right)^2}$	Ri = شاخص میانگین جهت α_{ij} = زاویهٔ بین درختان	Corral-Rivas (2010)
	زاویهٔ یکنواختی	$W_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} v_{ij}$	$vj = \begin{cases}1, \alpha j \le \alpha \circ \\ 0, otherwise\end{cases}$	Pommerening (2019)

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۲

ویژگی	شاخص	معادله	تشریح	منبع
آمیختگی	مینگلینگ	$DM_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow j\text{ونهگ} & \neq i\text{ونهگ} \\ 0 \rightarrow j\text{ونهگ} & = i\text{ونهگ} \end{bmatrix}$	Pommerening (2019)
	برگر- پارکر	$d = \frac{N\,max}{N}$	N_{max}= تعداد درختان در فراوان‌ترین گونه و N تعداد کل افراد	Caruso (2006)
ابعاد درختان	تمایز قطری	$TD_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4}\left(1-r_{ij}\right)$	$r_{ij} = \frac{\text{قطر کوچکتر}}{\text{قطر بزرگتر}}$	Ruprecht et al., (2010)
	تمایز ارتفاعی	$HD_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4}\left(1-r_{ij}\right)$	$r_{ij} = \frac{\text{ارتفاع کوچکتر}}{\text{ارتفاع بزرگتر}}$	
	ضریب جینی	$GC = \frac{\sum_{j=1}^{n}(2j-1-n)ba_j}{\sum_{j=1}^{n} ba_j (n-1)}$	GC ضریب جینی، n تعداد درختان در قطعه نمونه، j عدد طبقه‌بندی صعودی قطر برابرسینه و ba_j رویه زمینی مربوط به هر درخت یا طبقهٔ قطری است.	Füldner (1995)
تراکم درختان	فاصلهٔ همسایگی	$Di = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} Sij$	D_i شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها فاصلهٔ درخت مرجع تا j امین همسایه آن: S_{ij}	Ruprecht et al., (2010)
سطح تنوع درختی	تنوع مکانی		Mi = شاخص مینگلینگ N_{max}= تعداد درختان فراوان‌ترین گونه Si = تعداد گونه‌های درختی	Gadow (2002)
	تنوع ساختاری ترکیبی	$SI = (T_i \times w_1) + (M_i \times w_2) + (W_i \times w_3)$	Ti = شاخص اختلاف ابعاد Mi = شاخص مینگلینگ Wi = شاخص زاویهٔ یکنواختی	Pommerening (2019)

نتایج

در سه قطعهٔ بررسی‌شده، گونه‌های راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، ممرز (*Carpinus betulus* L.)، اوری (*Quercus macranthera* F. and M.)، شیردار (*Acer cappadocicum* Gled)، گلابی جنگلی (*Pyrus communis* L.) و ون (*Fraxinus excelsior* L.) حضور داشتند. ترکیب درختی در وضعیت‌های حفاظتی مختلف، متفاوت بود. در قطعهٔ حفاظت کوتاه‌مدت، ۶۴ درصد گونه‌ها را ممرز و ۱۶ درصد را راش، در قطعهٔ میان‌مدت، ۷۲ درصد را راش و ۱۳ درصد را ممرز و در قطعهٔ شاهد، ۸۲ درصد را راش و ۱۱ درصد را ممرز تشکیل داده است. بر این اساس، تغییر در ترکیب از زمان ایجاد حفاظت فیزیکی با افزایش گونه‌های مرحلهٔ انتهایی همراه است. بر این اساس به‌طور متوسط، ۵۷ درصد از سهم گونه‌ها در قطعه‌های تحت بررسی را راش و ۲۹ درصد را ممرز به خود اختصاص داده‌اند. جدول ۳ برخی از مشخصه‌های اصلی درختان توده در گروه‌های ساختاری را نشان می‌دهد. میانگین مشخصه‌های قطر برابرسینه، ارتفاع درختان و سطح مقطع درختان در قطعهٔ شاهد بیشتر از دو قطعهٔ حفاظت‌شده بود. همچنین منحنی پراکنش درختان در طبقات قطری نیز تفاوت‌هایی را

www.SID.ir

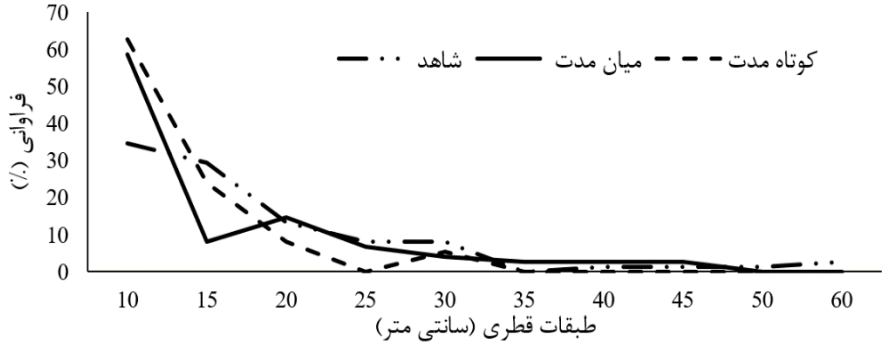
Archive of SID

در طبقات قطری کمتر از ۲۵ سانتی‌متر نشان می‌دهد (شکل ۲).

نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های تنوع ساختاری ترکیبی و تنوع مکانی در قطعهٔ کوتاه‌مدت و شاخص آمیختگی مینگلینگ در قطعهٔ میان‌مدت دارای بیشترین مقدار بودند.

جدول ۳- مشخصه‌های کمی قطعه‌های نمونه در گروه‌های ساختاری پنج‌درختی

مشخصه	قطعه نمونه			میانگین قطعه‌های نمونه (± خطای معیار)	ضریب تغییرات (درصد)
	کوتاه‌مدت	میان‌مدت	شاهد		
میانگین قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	۱۵/۸۹	۱۲/۴۰	۱۸/۱۰	۱۵/۴۶ (± ۱/۶۵)	۱۸/۵
میانگین ارتفاع درختان (متر)	۱۱/۳۴	۶/۵۱	۱۳/۹۳	۱۰/۵۹ (± ۲/۱۷)	۳۵/۵
میانگین سطح مقطع درختان (متر مربع)	۱/۹۸	۱/۲۰	۲/۵۷	۱/۹۱ (± ۰/۳۹)	۳۵/۸



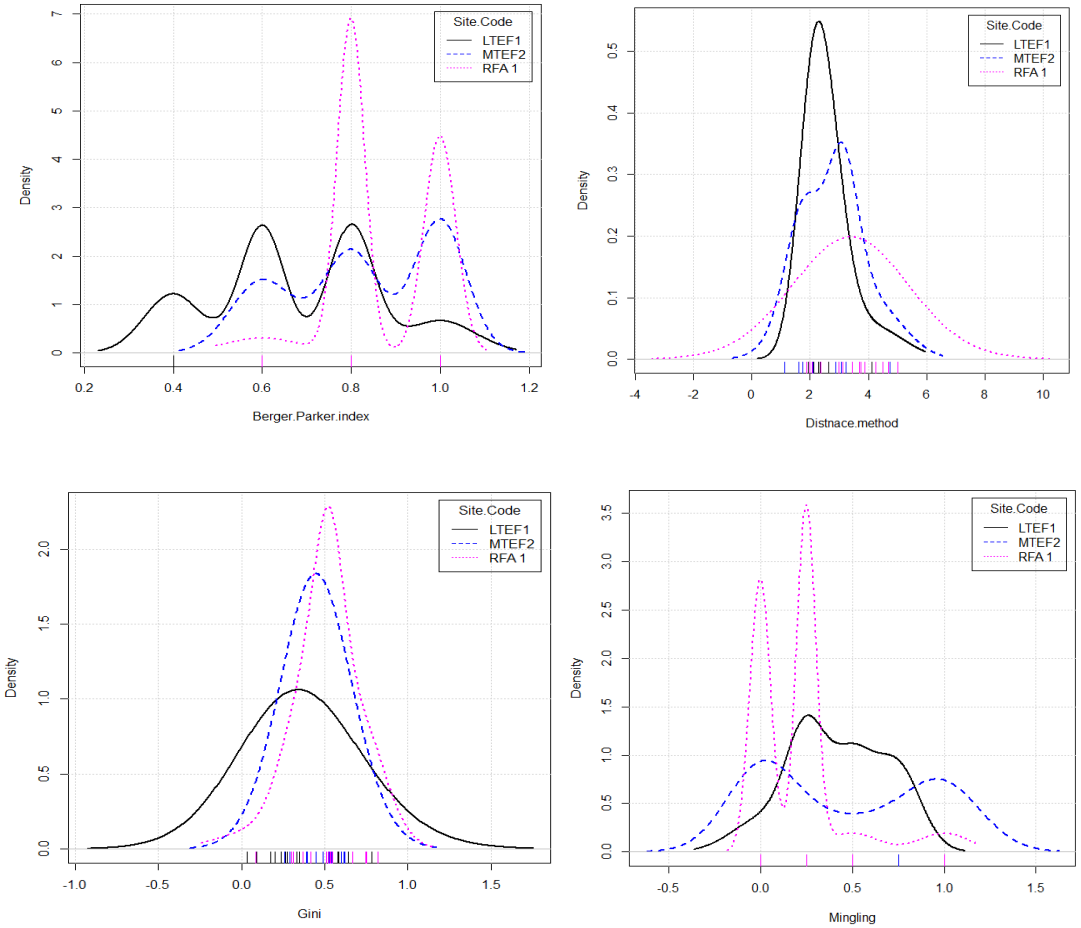
شکل ۲ - توزیع درختان در طبقات قطری در سه منطقه با سابقهٔ حفاظتی متفاوت

بررسی شاخص فاصلهٔ همسایگی نشان می‌دهد که با افزایش حفاظت، فاصلهٔ بین درختان افزایش می‌یابد. درحالی که در توده‌های با سابقهٔ حفاظت کمتر، فاصلهٔ بین درختان کاهش و به‌عبارت دیگر تعداد درختان در واحد سطح افزایش می‌یابد، اگرچه از لحاظ آماری، اختلاف معنی‌داری بین سه قطعه با سابقهٔ حفاظتی متفاوت وجود ندارد (F=۲/۶۹، p=۰/۰۷۹). شکل ۳ نشان می‌دهد که قطعه با سابقهٔ حفاظتی کوتاه‌مدت، اختلاف چشمگیری در توزیع فراوانی مقادیر عددی این شاخص نسبت به دو قطعهٔ دیگر دارد. بررسی شاخص‌های مبتنی بر اندازه‌گیری فاصله و زاویه نیز نتایج متفاوتی را نشان داد. شاخص کلارک و ایوانز روند افزایشی نشان می‌دهد که نشان‌دهندهٔ حرکت توده از یک الگوی خوشه‌ای به سمت مقادیر بیش از یک و الگوی یکنواخت از درختان است که اختلاف معنی‌داری نیز بین سه قطعه مشاهده می‌شود (F=۷/۱۵، p =۰/۰۰۲). شاخص میانیگن جهت و زاویهٔ یکنواحتی که براساس اندازه‌گیری زاویهٔ بین درختان محاسبه شده‌اند نیز تفاوت‌هایی را نشان می‌دهند. شاخص زاویهٔ یکنواختی در حفاظت کوتاه‌مدت و میان‌مدت با مقدار کمتر از ۰/۵ نشان‌دهندهٔ چیدمان یکنواخت گونه‌ها و در قطعهٔ شاهد با مقدار ۰/۵ نشان‌دهندهٔ پراکنش تصادفی است. شاخص میانگین جهت اختلاف معنی‌داری در بین سه قطعه نشان نمی‌دهد (F=۱/۱۲۷، p <۰/۳۳۴) و بر این اساس الگوی مکانی درختان تفاوتی نشان نمی‌دهد،

www.SID.ir

Archive of SID

درحالی که شاخص زاویهٔ یکنواخت به‌شکل معنی‌داری در قطعهٔ شاهد بیش از دو قطعهٔ دیگر است (F=۳/۷۳، p <۰/۰۳۳).



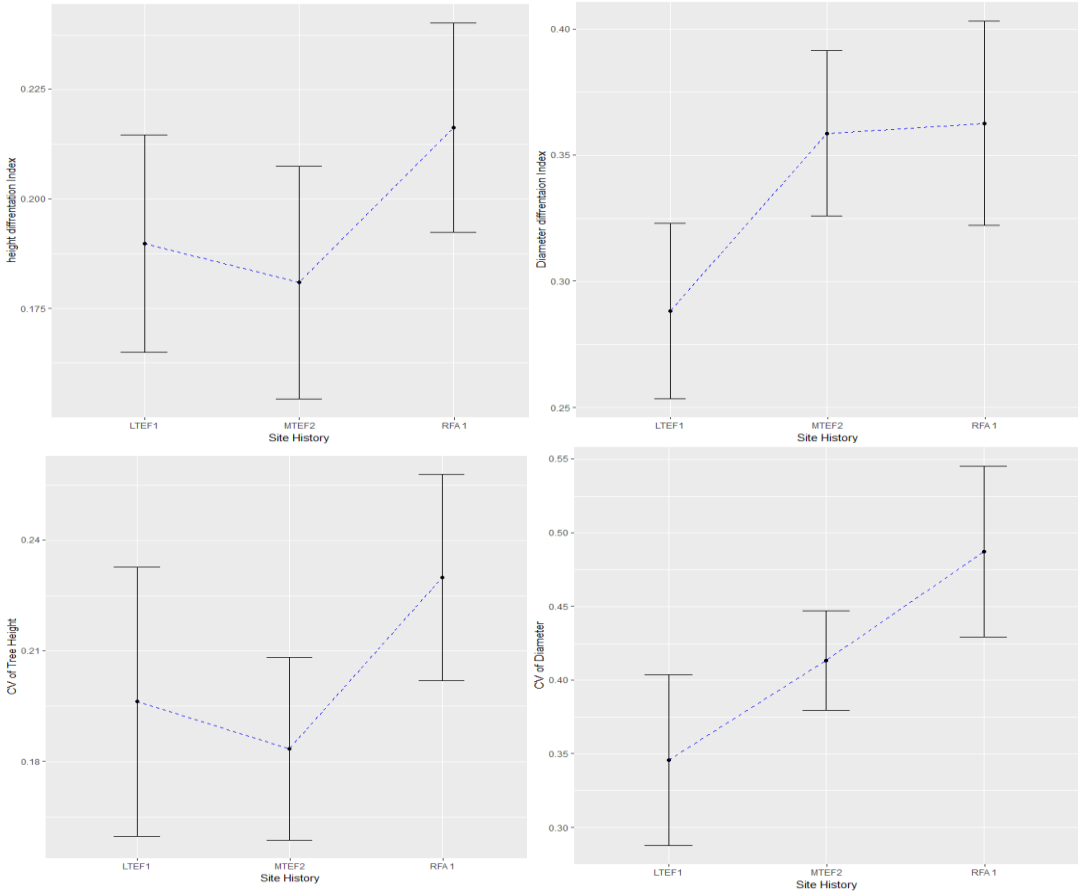
شکل ۳- منحنی توزیع فراوانی ارزش‌های شاخص‌های فاصلهٔ همسایگی (بالا راست)، جینی (پایین چپ)، مینگلینگ (پایین راست) و برگر-پارکر (بالا چپ) در قطعه‌های با سابقهٔ حفاظتی متفاوت (LTEF1 قرق کوتاه‌مدت، MTEF2 قرق میان‌مدت و RFA1 قطعهٔ شاهد)

بررسی تغییرات ساختاری با استفاده از ضریب تغییرات قطر و ارتفاع و همچنین شاخص‌های تمایز تفاوت‌هایی را در بازسازی طبیعی ساختار در این منطقهٔ تحت حفاظت نشان می‌دهد. در قطعهٔ شاهد میانگین قطر بیش از دو قطعهٔ دیگر است، هرچند که شاخص تمایز قطری نیز اختلاف معنی‌داری را بین سه قطعه نشان می‌دهد (F=۱/۳۲، p <۰/۲۸۲). این درحالی است که مقداری عددی شاخص روند افزایشی نشان می‌دهد (شکل ۴)، میانگین شاخص تمایز قطری در قطعهٔ با حفاظت کوتاه‌مدت ۰/۲۸ است و در قطعه با سابقهٔ حفاظتی بیشتر به ۰/۳۵ می‌رسد که نشان‌دهندهٔ افزایش ناهمگنی در ساختار قطری است. ضریب تغییرات قطر نیز روند افزایشی نشان می‌دهد. شاخص تمایز ارتفاعی نیز با وجود روند افزایشی تمایز (شکل ۴)، اختلافی را نشان نمی‌دهد (F=۰/۵۳۶، p <۰/۵۷۶). روند مشابهی برای جینی به‌دست آمد و

www.SID.ir

Archive of SID

با وجود اختلاف مشخص در منحنی توزیع مقادیر عددی شاخص (شکل ۳)، اختلاف معنی‌داری بین سه قطعه با وجود روند افزایشی مقدار شاخص مشاهده نشد ($F=۲/۳۲$، $p <۰/۱۰۷$، شکل ۳). این شاخص مقدار ۰/۴۴ را در این منطقه نشان می‌دهد.

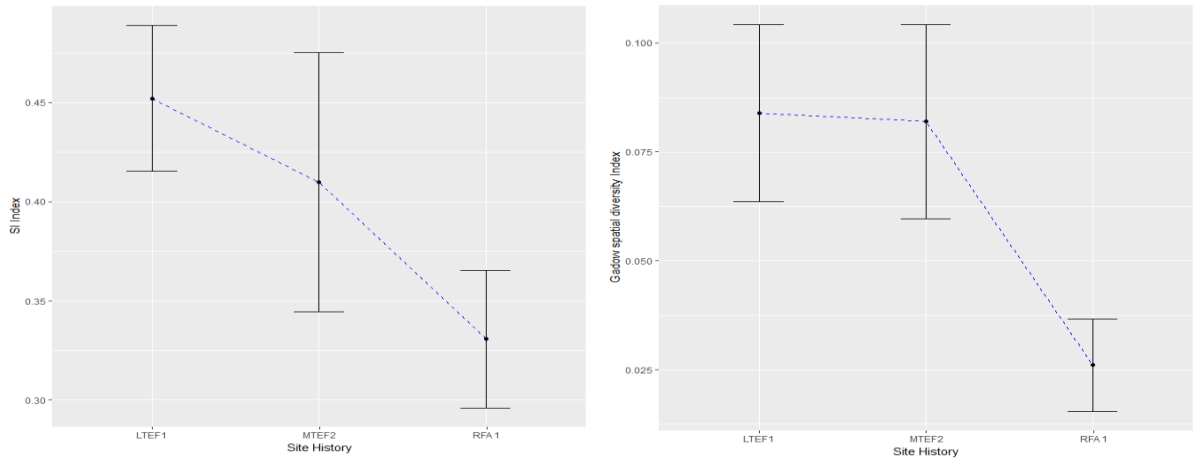


شکل ۴- تغییرات مقادیر عددی شاخص‌های تمایز قطری (بالا راست)، ارتفاعی (بالا چپ) و ضریب تغییرات قطر (پایین چپ) و ارتفاع درختان (پایین چپ) در سه قطعه با سابقهٔ حفاظتی متفاوت
(LTEF1 قرق کوتاه‌مدت، MTEF2 قرق میان‌مدت و RFA1 قطعهٔ شاهد)

مقدار عددی شاخص چیرگی نیز با وجود روند افزایشی اختلافی را نشان نمی‌دهد، هرچند که افزایش چیرگی گونهٔ راش (۰/۲۹ در مقابل ۰/۴۴) با افزایش سابقهٔ حفاظت از کوتاه‌مدت به میان‌مدت مشاهده می‌شود. برای تحلیل تغییرات پیچیدگی ساختار در بین قطعات از شاخص‌های ترکیبی استفاده شد. شاخص تنوع مکانی برای قطعه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و شاهد به‌ترتیب ۰/۰۸۳، ۰/۰۸۲ و ۰/۰۲۶ محاسبه شد (شکل ۵). شاخص تنوع ساختاری (SI) نیز اختلاف معنی‌داری بین سه قطعه نشان نداد ($F=۱/۶۶$، $p <۰/۲۰۱$، شکل ۵)، هرچند که مقدار عددی این شاخص در قطعات با سابقهٔ حفاظت زیاد، کمتر از قطعهٔ با سابقهٔ حفاظت کم است. با این‌حال شاخص برگر- پارکر اختلاف معنی‌داری در بین سه قطعه نشان می‌دهد ($F=۵/۳۸$، $p <۰/۰۰۷$). شکل ۳ توزیع مقادیر عددی این شاخص را بین سه قطعه نشان می‌دهد.

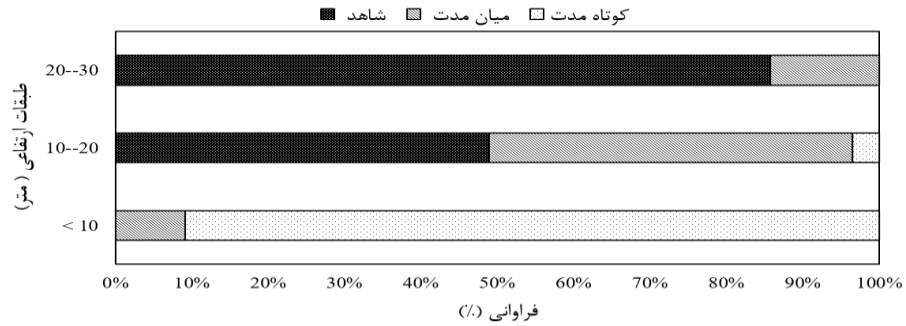
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- تغییرات شاخص‌های تنوع ساختاری ترکیبی (SI) (چپ) و تنوع مکانی (راست) در سه منطقه (LTEF1 قرق کوتاه‌مدت، MTEF2 قرق میان‌مدت و RFA1 قطعهٔ شاهد)

اگرچه تمایز ارتفاعی اختلافی را بین قطعات نشان نمی‌دهد، براساس منحنی فراوانی درختان در طبقات ارتفاعی اختلاف‌هایی مشاهده می‌شود (شکل ۶). در قطعات با سابقهٔ حفاظت کوتاه‌مدت، اغلب درختان ارتفاعی کمتر از ۱۰ متر دارند، درحالی که با افزایش سال‌های حفاظت بخش بزرگی از درختان به طبقات ۱۰ تا ۲۰ متری (بیش از ۸۰ درصد درختان) و بخش دیگری به طبقهٔ بالای ۲۰ متر (حدود ۲ درصد) منتقل شده‌اند که نشان از شکل‌گیری ساختار دارد.



شکل ۶ - توزیع درختان در طبقات ارتفاعی در سه منطقه با سابقهٔ حفاظتی متفاوت

بحث

در طی روند پویایی توده‌های جنگلی در طول زمان، ساختار توده‌های جنگلی به‌شکل طبیعی متحول می‌شود و اغلب پس از حذف عامل آشفتگی بازسازی ساختار رخ می‌دهد (Sefidi et al., 2014). براساس شواهد موجود، افزایش فراوانی گونهٔ راش به‌عنوان گونهٔ اصلی این جنگل‌ها در حفاظت میان‌مدت (۷۲ در برابر ۱۶) نشان از تحول توده‌های جنگلی به‌سمت مرحلهٔ بازسازی ساختار دارد. کاهش یا افزایش فراوانی گونه‌ها در مسیر تحول توده‌های جنگلی ممکن است متأثر از دخالت انسانی و به‌ویژه اعمال حفاظت باشد (Ghanbari et al., 2019).

www.SID.ir

Archive of SID

افزون‌بر این، افزایش فراوانی درختان در طبقهٔ قطری ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متری و جابه‌جایی درختان به‌سمت طبقات قطری بالا نیز نشانه‌های شکل‌گیری ساختار است. همچنین در طبقات ارتفاعی با رشد صعودی بخش مهمی از درختان در حفاظت میان‌مدت به طبقهٔ بیش از ۲۰ متری، شکل‌گیری ساختار عمودی در این جنگل‌ها را نشان می‌دهد. شاخص فاصلهٔ همسایگی در قطعه‌های حفاظت‌شده (قرق) نسبت به شاهد کمتر برآورد شد. در مراحل اولیهٔ تحول جنگل، اغلب تراکم زیاد درختان در واحد سطح مشاهده می‌شود (Akhavan et al., 2010; Alijani et al., 2014) که سبب کاهش مقدار عددی شاخص فاصلهٔ همسایگی است. این شاخص بیانگر مقدار تراکم توده‌های جنگلی است و ممکن است نشان‌دهندهٔ فشار رقابتی بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای در توده باشد (Sadeghi et al., 2016). نتایج میانگین شاخص زاویهٔ یکنواختی در قطعه‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت با وجود روند افزایشی، تفاوت آشکاری را نشان نداد و حرکت توده به‌سمت الگوی به‌نسبت یکنواخت را نشان می‌دهد. اغلب در شرایطی که فضاهای رشد (شرایط، منابع و انواع روابط متقابل) برای گونه‌های درختی محدودیت ایجاد می‌کند، تمایل پراکنش مکانی پایه‌های درختی به‌سمت یکنواخت شدن پیش می‌رود و از الگوهای پراکنش تصادفی فاصله می‌گیرد (Fangliang et al., 1997). Akhavan et al. (2010) و Alijani et al. (2014) با بررسی الگوی مکانی راش نشان دادند، که الگوی پراکنش درختان در مرحلهٔ بلوغ تصادفی است. نتایج حاصل از شاخص‌های زاویهٔ یکنواخت و میانگین جهت در بررسی Farhadi et al. (2017) نشان‌دهندهٔ موقعیت مکانی تصادفی برای درختان در تیپ‌های راش و راش- ممرز بود. همچنین، در توده‌های مدیریت‌شده واقع در جنگل‌های دره‌ای لهستان، انحراف چشمگیری از الگوی پراکنش تصادفی یافت نشده است (Baran et al., 2020). دلیل الگوی تصادفی بودن می‌تواند به همگنی رویشگاه مربوط باشد (Ghanbari et al., 2019). ازآنجا که این توده‌ها در مرحلهٔ جوان (تیرک) هستند و رقابت در مراحل آغازین توالی شدید است، یکنواخت بودن الگوی مکانی درختان توجیه‌پذیر است. نحوهٔ پراکنش بذر درختان نیز ممکن است در انتشار مکانی پایه‌های درختی مؤثر باشد. از سوی دیگر، الگوی پراکنش مکانی یکنواخت زمانی ایجاد می‌شود که رقابت درون‌گونه‌ای شدید باشد و در نتیجه سبب افزایش مرگ‌ومیر در درون گونه‌ها شود (Gray & He, 2009).

مقادیر شاخص تمایز قطری در سه قطعهٔ کوتاه‌مدت، میان‌مدت و شاهد به‌ترتیب روند افزایشی داشت. قطعهٔ کوتاه‌مدت با کمترین سن (۳۵ سال)، کمترین شاخص تمایز قطری را داشت که همسو با یافته‌های Ghanbari et al. (2019) است. درختان بررسی‌شده در جنگل‌های تحول‌یافتهٔ راش در منطقهٔ کلاردشت مازندران از نظر قطر برابرسینه نیز همانند این تحقیق، دارای اختلاف متوسط (۰/۳۸) بودند (Alijani et al., 2014). تمایز قطری درختان نشان‌دهندهٔ اختلاف قطری بین درختان در رویشگاه است که با افزایش قطر درختان ایجاد می‌شود. در قطعهٔ با سابقهٔ حفاظت کم، اغلب درختان در طبقات کم قطر قرار دارند. با افزایش سابقهٔ حفاظتی مقدار عددی شاخص افزایش یافته است که نشان می‌دهد برای ایجاد و بازسازی ساختار، بیش از ۵۰ سال زمان لازم است و در کوتاه‌مدت بدون دخالت هدفمند و با برنامهٔ انسانی شکل‌گیری ساختار در رویشگاه‌های تخریب‌یافته با تأخیر همراه خواهد بود و در مواردی عملیات پرورشی می‌تواند برای تسریع روند تحول توده باشد (Dobrowolska et al., 2017). نبود اختلاف معنی‌دار مقادیر عددی شاخص جینی بین سه قطعه نیز ممکن است تأییدی بر این ادعا باشد، اگرچه مقدار این شاخص نیز روند افزایشی را نشان می‌دهد. در قطعهٔ میان‌مدت، افزایش مقدار عددی شاخص جینی (۰/۳۶ به ۰/۴۸) نشان دهندهٔ افزایش ناهمگنی

www.SID.ir

Archive of SID

در ساختار قطری توده است. این شاخص در جنگل‌های طبیعی و تحول‌یافته حدود ۰/۸ است که نشان دهندهٔ فاصله توده‌ها با جنگل مرحلهٔ انتهایی توالی است. انتظار می‌رود با گذشت زمان با تغییر در قطر درختان مقدار عددی شاخص افزایش یابد. وضعیت تمایز ارتفاعی درختان برای قطعه‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت، کم و برای قطعهٔ شاهد، متوسط بود که همسو با یافته‌های Alijani et al. (2014) است که بیان کردند درختان تحت بررسی در جنگل‌های تحول‌یافتهٔ راش در منطقهٔ کلاردشت مازندران از نظر ارتفاعی دارای اختلاف متوسط (۰/۲۵) هستند. عامل مهم کم‌قطر و کم‌ارتفاع بودن درختان در قطعه‌های قرق‌شده نسبت به شاهد، تاریخچهٔ جنگل است. مناطق قرق‌شده با توجه به پتانسیل موجود و براساس مشاهدات میدانی و مصاحبه با افراد محلی، در فاصلهٔ زمانی ۱۵ تا ۲۵ سال کاملاً زیر پوشش درختی می‌روند و عملاً یک قرق بیست‌ساله دارای درختانی به قطر تقریبی ۱۰ سانتی‌متر است. شایان ذکر است که Pommerening (2019) بیان می‌کند علاوه‌بر سن و مراحل تحولی، مدیریت جنگل نیز بر اختلاف ابعاد درختان مؤثر است.

مقدار شاخص مینگلینگ در قطعهٔ شاهد، تنوع گونه‌ای ضعیفی را نشان داد. در عین حال روند کاهشی در سه قطعه مشاهده می‌شود. نتایج شاخص آمیختگی در بررسی Farhadi et al. (2017) نیز اختلاط کمی را برای تیپ‌های راش و راش - ممرز نشان داد. در تحقیق Ghalandarayeshi et al. (2017) در توده‌های کمترتخریب‌یافتهٔ راش در دانمارک مقدار این شاخص نیز اندک (۰/۳۳) بود. با افزایش گونهٔ راش در توده و حذف دیگر گونه‌های مرحلهٔ اولیه مقدار عددی شاخص کاهش می‌یابد و به نظر می‌رسد توده به‌سمت خالص شدن پیش می‌رود. گونهٔ راش تمایل زیادی به حضور درکنار پایه‌های هم‌جنس خود و تمایل کمی به آمیختگی با گونه‌های دیگر دارد که این عامل سبب کم بودن شاخص تنوع گونه‌ای در توده‌های طبیعی راش می‌شود (Gadow & Hui, 2002). بیشترین مقدار این شاخص در قطعهٔ میان‌مدت به‌دست آمد که نشان می‌دهد بش بزرگی از درختان شاهد با دیگر گونه‌ها آمیخته‌اند و رقابت بین‌گونه‌ای وجود دارد. شاخص چیرگی نیز این موضوع را تأیید می‌کند که در قطعهٔ میان‌مدت دیگر گونه‌ها چیرگی بیشتری نسبت به درخت شاهد دارند. شاخص ترکیبی تنوع ساختار در قطعهٔ شاهد نشان‌دهندهٔ تنوع درختی متوسط است و در قطعهٔ شاهد از نظر ترکیب درختی، چیرگی با راش (۸۲ درصد) است. در سابقهٔ حفاظت کوتاه‌مدت و میان‌مدت مقدار عددی شاخص نشان‌دهندهٔ تنوع درختی زیاد است. البته در مراحل مختلف ممکن است راش کم یا زیاد شده و گونه‌های دیگری همراه شوند. در عین‌حال چیرگی گونهٔ راش به‌عنوان گونهٔ اصلی منطقه نیز با افزایش حفاظت در منطقه افزایش می‌یابد. همان‌طور که Kakavand et al. (2015) بیان کردند، در توده‌های دارای بیشترین حضور ممرز در جنگل خیرود انتظار می‌رود در مرحلهٔ نهایی توالی، این گونه با راش جایگزین شود. به‌دلیل یکنواخت بودن الگوی مکانی پراکنش درختان در این جنگل، مقدار عددی تنوع مکانی درختان اندک است و در مجموع با توجه به کم بودن شاخص مینگلینگ و اندک بودن تنوع مکانی و تنوع ابعاد، انتظار می‌رود که شاخص ترکیبی تنوع ساختار نیز کم باشد. مقایسهٔ میانگین‌های حاصل از شاخص برگر- پارکر نشان داد که در این سه قطعه تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. این مسئله معرف یکنواختی در داده‌های مربوط به این عامل است. شاخص تنوع ترکیبی تفاوتی را نشان نمی‌دهد که بیانگر این ادعاست که شکل‌گیری تنوع در ساختار، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های جنگل‌های حفاظتی نیازمند دورهٔ بلندمدت است. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت سنت قرق کردن تا حدودی روند بازسازی طبیعی ساختار توده را تسهیل کرده است. بسیاری از نقاط در منطقهٔ اشکورات که در قدیم زیر

www.SID.ir

Archive of SID

کشت دیم جو و گندم بودند، به‌دلیل نداشتن بازدهی اقتصادی و مهاجرت روستاییان کشت نمی‌شوند و زمین‌ها رها شده‌اند و بایر مانده‌اند. این مناطق بهترین مکان‌ها برای ایجاد قرق هستند که در نهایت می‌توان با اتصال این لکه‌ها، یک‌پارچگی جنگل‌های تخریب‌شده را افزایش داد. نتایج نشان می‌دهد که روند بازسازی طبیعی ساختار، فرایندی پیچیده و نیازمند زمان طولانی است و در مواردی برای تسریع و تسهیل آن می‌توان به اجرای عملیات پرورشی همت گمارد. بازسازی طبیعی ساختار از مهم‌ترین ویژگی‌های بوم‌سازگان‌های جنگلی است که آگاهی از چگونگی انجام آن می‌تواند راهکارهای مناسبی در احیای جنگل‌های دست‌خورده باشد. پژوهش در زمینهٔ بیان کارایی روش‌های مبتنی بر مشارکت افراد بومی در حفاظت از جنگل دارای اهمیت فراوانی است. یافته‌های پژوهش‌های مشابه در دستیابی به روش‌های مناسب احیا و توسعهٔ جنگل در ارتفاعات بالای جنگل‌های شمال متصل به مراتع (مانند منطقهٔ این پژوهش) که از هدف‌های زیربنایی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور است مفید است.

References

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

Alijani, V., Sagheb-Talebi, Kh., & Akhavan, R. (2014). Quantifying structure of intact beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands at different development stages (Case study: Kelardasht area, Mazandaran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *21*(3), 396-410.

Baran, J., Remigiusz, P., Paweł, K., Wojciech, K., & Jan, B. (2020). Influence of forest management on stand structure in ravine forests. *Forest Ecology and Management*, *463*, 1-9.

Corral-Rivas, J.J., Wehenkel, C., Castellanos-Bocaz, H.A., Vargas-Larreta, B., & Diéguez-Aranda, U. (2010). A permutation test of spatial randomness: application to nearest neighbour indices in forest stands. *Journal of forest research*, *15*(4), 218-225.

Caruso, T., Pigino, G., Bernini, F., Bargagli, R., & Migliorini, M. (2006). The Berger–Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: a case study on Mediterranean oribatid (Oribatida) assemblages. *In Biodiversity and conservation in Europe* (pp. 35-43).

Dobrowolska, D., Niemczyk, M., & Olszowska, G. (2017). The influence of stand structure on *Taxus baccata* populations in its natural habitats in central Poland. *Polish Journal of Ecology*, *65*, 369-384.

Fangliang, H., Pierre, L., & James, V.L. (1997). Distribution patterns of trees species in a Malaysian tropical rain forest. *Journal of Vegetation Science*, *8*, 105–114.

Farhadi, P., Soosani, J., & Erfanifard, S.Y. (2017) Evaluation level of tree diversity in the Hyrcanian forests using complex structural diversity index (Case study: beech-hornbeam type, Nav-e Asalem, Guilan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25*(3): 495-505.

Füldner, K., (1995). Zur strukturbeschreibung in mischbeständen. *Forstarchiv*, *66*, 235-240.

Gadow, K., & Hui, G.Y. (2002). Characterizing forest spatial structure and diversity. *Allgemeine Forst-undJagdzeitung. 170*(7), 117-122

Ghalandarayeshi, S., Nord-Larsen, T., Johannsen, V. K., & Larsen, J.B. (2017). Spatial patterns of tree species in a semi-natural forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, *406*, 391-401.

Ghanbari, S., Sefidi K., & Fathizadeh, O. (2019). Composition and structure of English yew forest stands (*Taxus baccata* L.) in different conservation systems of Arasbaran forests, Iran. *Journal of Wood & Forest Science and Technology, 26*, 31-49.

www.SID.ir

Archive of SID

Gray, L., & He, F. (2009). Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. *Forest Ecology and Management*, *259*, 98-106.

Kakavand, M., Marvi-Mohadjer, M.R., Sagheb-Talebi, Kh., & Sefidi, K. (2015). Structure and composition of oriental beech stands in the middle stage of ecological succession in the hyrcanain region. *Journal of Forest and Wood Products*, *1*, 31-45.

Moridi, M., Sefidi, K., & Etemad, V. (2015). Stand characteristics of mixed oriental beech stands in the stem exclusion phase, northern Iran. *European journal of forest research*, *134*(4), 693-703.

Mattaji, A., & Namiranian, M. (2003). Investigating the Structure and Evolution Process of Beech Forests Natural Stands in North of Iran (Kheyrood-kenar). *Iranian Journal of Natural Resources, 55* (4), 531-541.

Oliver, C.D., Larson, B.C., & Oliver, C.D. (1996). *Forest stand dynamics* (p. 520). New York: Wiley.

Pommerening, A., & Grabarnik, P. (2019). Individual-Based Methods in Forest Ecology and Management. Cham: Springer. 450 pp.

Ruprecht, H., Dhar, A., Aigner, B., Oitzinger, G., Klumpp, R., & Vacik, H. (2010). Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. *European Journal of Forest Research*, *129* (2), 189-198.

Sadeghi, S.M.M., Alijani, V., Namiranian, M., & Mohamadizadeh, M. (2016). Structural characteristics of Juniperus excelsa in the mountainous forests of Alborz south facing slope (Case study: Atashgah, Karaj). *Iranian Journal of Forest*, *8*(1), 35-49.

Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V., & Mosandl, R. (2014). Late successional stage dynamics in natural Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in northern Iran (Case study: Gorazbon district of Kheiroud-Kenar experimental forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *22*(2), 270-283.

Sefidi, K., Copenheaver, C.A., Kakavand, M., & Behjou, F.K. (2015). Structural diversity within mature forests in northern Iran: a case study from a relic population of Persian ironwood (*Parrotia persica* CA Meyer). *Forest Science*, *61*(2), 258-265.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Forest
Vol. 12, No. 3, Autumn 2020
pp. 435-448

Research Article

The Natural Reconstruction of Beech Stands Structure under the Traditional Management (Case Study: Eshkevarat, Roodsar)

M. Esmaeilpour[1*] and K. Sefidi[2]

[1]Assistant Prof., Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, I.R. Iran
[2] Associate Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, I.R. Iran

(Received: 6 July 2020, Accepted: 11 September 2020)

Abstract

Natural reconstruction of forest structure is one of the most important processes in the evolution of forest stands. In order to investigate the process of natural reconstruction of the structure in beech stands in Eshkevarat Roodsar region, three one-hectare sample plots with different histories of conservation, including low-term, middle-term and reference forest area were selected, and the most important stand structural characteristic and eleven structural quantification indices in 45 structural groups were evaluated using the distance measurment methods. The analysis of the stand structural changes was performed based on three groups of stand structural characteristic including the spatial pattern of the structure, heterogeneity in the dimensions of the trees and structural complexity. The diameter mean, Clark Evans, Berger-Parker and uniform angle indexes showed a significant difference between in the three areas. The increasing trend for Gini coefficient, diameter and height differentiation indices, along with the transfer of trees to higher diameter and height layers in protected area, indicates an increase in heterogeneity and formation of vertical structure in the forest. In conclusion, forest conservation in the traditional way and exclosure method in this area has led to the reconstruction of the stand structure. It is recommended to create a long-term exclosure (more than 60 years) along with close to nature silvicultual interventions for natural reconstruction in this areas.

Keywords: Forest conservation, Gini coefficient, Mingling index, Nearest neighbors, Spatial patern.

∗Corresponding author Tel: +989387949030 Email: m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir