جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دورهٔ ٦٩، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ١٣٩٣/٠٨/٣٠
تاریخ پذیرش: ١٣٩٣/١٢/١٢

ص ٦٤٧-٦٥٦

کمّی‌سازی ساختار افقی توده‌های آمیختهٔ راش در فاز تکاملی کاهش پایه‌ها

❖ **وحید اعتماد؛** استادیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
❖ **مرتضی مریدی*؛** دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران
❖ **کیومرث سفیدی؛** استادیار دانشکدهٔ فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

چکیده

یکی از راه‌های شناخت بهتر مراحل پویایی و پاسخ جنگل به آشوب‌های طبیعی، بررسی ساختار توده‌های جنگلی در مراحل مختلف تحولی جنگل است. این پژوهش با هدف کمّی‌سازی ساختار توده‌های آمیختهٔ راش در فاز کاهش پایه‌ها در پارسل ٣١٩ بخش گرازبن از جنگل‌های کمتردست‌خوردهٔ خیرود نوشهر انجام گرفت. سه قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری در این فاز انتخاب و در هر یک از قطعات نمونه، مشخصات ساختاری توده اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های کمّی دو درخت راش در نزدیک‌ترین فاصله به محل تقاطع شبکه (٣٠×٣٠ متر) به‌عنوان درختان شاهد، به‌همراه سه درخت همسایه که در نزدیک‌ترین فاصله از آن واقع شده بودند برداشت شد. فاصله و زاویهٔ بین درخت شاهد و درختان همسایه، و همچنین فاصلهٔ درختان همسایه از یکدیگر محاسبه شد. مقدار متوسط شاخص زاویهٔ یکنواخت و آمیختگی گونه‌ای به‌ترتیب، ٠/٥٣ و ٠/٥١ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ چیدمان مکانی تصادفی گونهٔ راش، تمایل متوسط گونهٔ راش به قرار گرفتن در کنار دیگر گونه‌ها و رقابت بین‌گونه‌ای راش و ممرز در این فاز است. مقدار متوسط شاخص فاصله تا همسایگی ٤/٧ متر محاسبه شد و شاخص تمایز قطری و تمایز ارتفاعی نیز به‌ترتیب، ٠/٤٤ و ٠/٥٧ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ تراکم زیاد توده در این فاز و در نتیجه رقابت شدید بین درختان به‌منظور کسب منابع و شرایط رشدی بهتر است. با استفاده از اطلاعات حاصل از کمّی‌سازی ساختاری توده‌های دست‌نخورده، می‌توان در نحوهٔ نشانه‌گذاری‌های توده‌های جنگلی براساس الگوی طبیعت به‌شکل علمی و نه‌تنها براساس تجربهٔ شخصی عمل کرد.

واژگان کلیدی: راش، ساختار توده، شاخص آمیختگی، فاز کاهش پایه‌ها، کمّی‌سازی.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ٠٩١٣٨٠٥٧٥١٧
Email: morteza.moridie@yahoo.com

مقدمه

بررسی ساختار توده‌های طبیعی، شناخت مراحل تکاملی و روند پویایی در جنگل‌های بکر و اندازه‌گیری آنها، این امکان را فراهم می‌کند که با توجه به پتانسیل رویشگاه و با کاربرد دانش جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت، روش مناسبی را اتخاذ کرد تا اصل استمرار تولید و پایداری جنگل حفظ شود؛ چراکه به‌کارگیری روش‌های همگام با اصول نزدیک به طبیعت، تعادل اکولوژیک و برآورد نیازهای اقتصادی- اجتماعی را تضمین می‌کند [۱]. ازآنجا که امروزه مدیریت صحیح نیازمند داشتن اطلاعات دقیق در هر زمینه است، مدیریت جنگل براساس تفکر همگام با طبیعت، نیازمند داشتن داده‌ها و اطلاعاتی از روند تکامل توده‌های طبیعی است [۲]. بنابراین برای مدیریت مناسب جنگل‌ها، آگاهی از چگونگی ساختار توده‌های طبیعی، شناخت مراحل تحولی و روند پویایی آنها ضروری است.

تعیین پویایی توده‌های جنگلی از طریق بررسی تغییرات ساختار تودهٔ جنگلی در طول زمان امکان‌پذیر است [۳]. طی فرایند تحول توده‌های جنگلی در مراحل مختلف توالی، کنش‌های متعددی نظیر رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای در بین درختان داخل توده و نیز بین درختان و محیط فیزیکی پیرامون آنها با توجه به آشیان اکولوژیک متفاوت گونه‌های درختی شکل می‌گیرد که نتیجهٔ این روند در ساختار جنگل و حتی بخش زندهٔ همراه آن نمود پیدا می‌کند [٤]. کورپل (۱۹۸۲) با بررسی‌هایش در جنگل‌های بکر نتیجه گرفت که در توده‌های طبیعی سه مرحلهٔ تحولی اصلی تفکیک‌پذیر است که عبارت‌اند از مرحلهٔ اولیه یا مرحلهٔ رشد ارتفاعی سریع[1]، مرحلهٔ بلوغ[2]، و مرحلهٔ تخریب[3] [۱]. در جنگل‌های آمیختهٔ راش در شمال ایران سه مرحلهٔ افزایش حجم، انباشت حجم و دگرگونی حجم در تکامل توده‌ها شناسایی شدند که این مراحل خود شامل فازهای مختلفی‌اند. در مرحلهٔ افزایش حجم، فازهای زادآوری و تشکیل زیرآشکوب؛ مرحلهٔ انباشت حجم فازهای کاهش پایه‌ها، نورافزایی و حجم‌افزایی؛ و نیز مرحلهٔ کاهش حجم فازهای تشکیل روشنه، کهن‌رست و حجم‌کاهی شناسایی شده‌اند [۲]. در مرحلهٔ انباشت حجم توده، فاز کاهش پایه‌ها شناسایی شده است [۲]. در طول این فاز تکاملی، درختان رقابت شدیدی با هم دارند و بیشترین رقابت تاجی در این فاز رخ می‌دهد؛ در نتیجه درختان به‌تدریج رشدشان کم خواهد شد و در اثر محدودیت‌های ایجادشده خواهند مرد [٤].

ترکیب درختان توده بر موجودات زنده جنگل از طریق تأمین منابع و سرپناه تأثیر می‌گذارد [۵]. به همین دلیل گاهی به‌منظور فراهم کردن معیاری برای بررسی تنوع زیستی در جنگل از شاخص‌های ساختاری (کمّی‌سازی ساختار مکانی جنگل) استفاده می‌شود. به‌طور کلی، در اکوسیستم‌های جنگلی واژهٔ «ساختار مکانی جنگل»، چیدمان فضایی یک رشته از ویژگی‌های درختان از جمله سن درخت، ابعاد، گونه و مواردی از این دست را بررسی می‌کند [٦]. برای کمّی کردن ساختار مکانی جنگل، تعداد زیادی از شاخص‌های ساختاری توسعه یافته‌اند [۷، ۸]. این شاخص‌ها به شناسایی تأثیرات رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای بر زنده‌ماندن گونه‌های درختی کمک می‌کنند و اطلاعات ارزشمندی را دربارهٔ تکامل توده و این گونه فرایندهای

1. Initial stage or growing up stage
2. Optimal stage
3. Decay stage

اساسی فراهم می‌آورند [۹، ۱۰]. در زمینهٔ ساختار جنگل براساس سه ویژگی موقعیت مکانی، آمیختگی و ابعاد درختان با استفاده از شاخص‌های کمّی‌سازی مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه، پژوهش‌های کمی در داخل کشور انجام گرفته است. از معدود پژوهش‌هایی که در جنگل‌های ایران با استفاده از شاخص‌های کمّی‌سازی مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه به بررسی سه ویژگی ذکرشده پرداخته‌اند می‌توان به پژوهش‌های علیجانی و فقهی (۲۰۱۲)، علیجانی و همکاران (۲۰۱۲ آ)، علیجانی و همکاران (۲۰۱۲ ب) و همچنین علیجانی و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کرد [۱۱-۱٤]. در تحقیقات خارج از کشور، کاربرد شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه در کمّی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی، بسیار بررسی و ارزیابی شده است. کینت و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی این شاخص‌ها، به توانایی زیاد آنها در تشریح دقیق ساختار توده و همچنین بررسی سیر تحول توده اشاره کردند [۱۵]. آگوئرو و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیق خود بیان کردند که ارزیابی ساختار جنگل با استفاده از این شاخص‌ها، کامل‌تر و راحت‌تر از روش‌های سنتی است [۱٦]. روپرچ و همکاران (۲۰۱۰) نیز کاربرد نتایج حاصل از این شاخص‌ها را در مدیریت پایدار جنگل و به‌ویژه دربارهٔ گونه‌های در معرض انقراض توصیه کردند [۱۷].

آگاهی از ویژگی‌ها و پیچیدگی‌های ساختار جنگل ما را در شناخت بهتر و معرفی راهکارهای مناسب‌تر مدیریت پایدار جنگل راهنمایی می‌کند. تا زمانی که اطلاعات ما از ساختار جنگل محدود باشد، نمی‌توانیم حفظ اکوسیستم جنگل را در طولانی‌مدت انتظار داشته باشیم. پایداری مراحل تکاملی و تعداد آنها را تغییرات ساختار توده در نتیجهٔ رشد و مراحل خودتنظیمی مشخص می‌کند و در هر جنگل طبیعی، براساس مشخصات ظاهری درختان و صفات ساختاری توده، مراحل تکاملی مختلف تشخیص داده می‌شود [۱۸]. با توجه به اهمیت بررسی ساختار توده، هدف اصلی پژوهش حاضر کمّی‌سازی ساختار افقی توده‌های آمیختهٔ راش در فاز کاهش پایه‌ها در توده‌های دست‌نخورده، قبل از شروع عملیات نشانه‌گذاری و مدیریت این توده‌هاست.

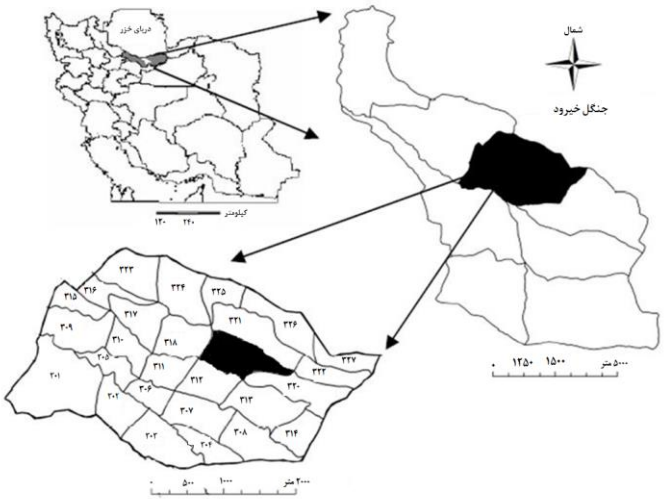
مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

منطقهٔ تحقیق در جنگل آموزشی پژوهشی خیرود نوشهر در هفت کیلومتری شرق نوشهر در استان مازندران بین ´۲۷ °۳٦ تا ´٤۰ °۳٦ عرض شمالی و ´۳۲ °۵۱ تا ´٤۳ °۵۱ طول شرقی واقع شده است. این جنگل از شمال به نوار ساحلی و روستای خیرودکنار و از جنوب به ییلاقات و روستای کلیک محدود می‌شود. رویشگاه‌ها با توجه به سابقهٔ مدیریتی و انجام نگرفتن نشانه‌گذاری و بهره‌برداری صنعتی، تشابه تیپ و شرایط رویشگاهی از جنگل‌های کمتردست‌خوردهٔ بخش گرازبن که در مرحلهٔ نهایی توالی قرار دارد انتخاب شدند [۱۹] (شکل ۱).

شرایط اقلیمی منطقه

با توجه به گزارش‌های ایستگاه هواشناسی منطقه (ایستگاه کلیماتولوژی نوشهر) مقدار بارندگی سالیانه در منطقهٔ خیرودکنار ۱۳۰۰ میلی‌متر است. حداقل بارندگی در تیر و حداکثر بارندگی در مهر است. میانگین دمای سالیانه ۱٦/۱، میانگین گرم‌ترین ماه‌های سال یعنی تیر و مرداد ۲٤/٦ و میانگین سردترین ماه سال یعنی بهمن ۷/۵ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شده است. ضریب آمبرژه (Q_2) برای منطقه ۲۰۳ است [۱۹].



شکل ۱. موقعیت مکانی بخش گرازبن و پارسل مورد مطالعه در جنگل آموزشی - پژوهشی خیرود

جدول ۱. شاخص‌های کمّی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی

شماره	نام شاخص	فرمول	توضیحات
۱	زاویهٔ یکنواخت	$Wi = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} vj$	$vj = \begin{cases} 1, \alpha j \le \alpha \circ \\ 0, otherwise \end{cases}$
۲	آمیختگی گونه‌ای	$Mi = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} vj$	$vj = \begin{cases} 1, speciesj \ne speciesi \\ 0, othervise \end{cases}$
۳	تمایز قطری	$TDi = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(1-rij)$	$rij = \frac{smallerDBH}{higherDBH}$
۴	تمایز ارتفاعی	$THi = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(1-rij)$	$r_{ij} = \frac{biggest\ tree\ height}{smallest\ tree\ height}$
۵	فاصله تا همسایه‌ها	$Di = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} sj$	Sj= distance of ith beech from jth neighbor

P محیط قطعه‌نمونه به متر، n: تعداد درختان همسایه، i: درخت شاهد، j: درخت همسایه. توزیع شاخص‌های تمایز قطری و ارتفاعی، آمیختگی گونه‌ای و شاخص زاویهٔ یکنواخت بین صفر تا ۱، و بدون واحد است. شاخص فاصلهٔ همسایگی بر حسب متر است.

پس از بررسی‌ها و جنگل‌گردشی‌های اولیه، سه قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری به‌شکل مربع (۱۰۰×۱۰۰ متر) در توده‌های آمیختهٔ راش- ممرزستان در پارسل شمارهٔ ۳۱۹ انتخاب شد. در داخل هر یک از قطعات نمونهٔ یک‌هکتاری، شبکه‌ای با ابعاد ۳۰×۳۰ متر ایجاد و مشخصات ساختاری توده اندازه‌گیری شد. پس از ایجاد شبکه (۳۰×۳۰) ویژگی‌های کمّی و کیفی دو درخت راش در نزدیک‌ترین فاصله به محل تقاطع شبکه به‌عنوان درختان شاهد[1] شمارهٔ ۱ و ۲ به‌همراه سه درخت همسایهٔ هر یک از درختان شاهد که در نزدیک‌ترین فاصله از آن واقع شده بودند برداشت شد [۱۶]. فاصلهٔ بین درختان شاهد و همسایه‌ها، و همچنین فاصلهٔ درختان همسایه از یکدیگر اندازه‌گیری و براساس روابط مثلثاتی فیثاغورس زاویهٔ بین درختان شاهد و همسایه‌ها محاسبه شد. مهم‌ترین فرمول‌های مربوط به کمّی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی که در این پژوهش استفاده شدند در جدول ۱ مشاهده می‌شود [۷، ۱۶].

شاخص زاویهٔ یکنواخت[2] (W_i): این شاخص

1. Reference trees

2. Uniform angle index

براساس روش‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه به بررسی درجهٔ منظم بودن موقعیت مکانی درخت مرجع نسبت به درختان همسایه اطراف خود می‌پردازد. این شاخص نشان‌دهندهٔ نوع پراکنش گونه‌ای است. مقدار میانگین این شاخص بین صفر تا ۱ متغیر است و در هنگام استفاده از سه درخت همسایه، در توده‌های با پراکنش گونه‌ای منظم بین صفر تا ۰/۵، توده‌های با پراکنش گونه‌ای تصادفی بین ۰/۵ تا ۰/٦، توده‌هایی با پراکنش گونه‌ای کپه‌ای بین ۰/٦ تا ۱ است. اساس کار این شاخص مقایسهٔ زاویهٔ بین درختان همسایه (α_i) نسبت به زاویهٔ استاندارد (α_0) است.

شاخص آمیختگی گونه‌ای[1] (Mi): این شاخص به‌منظور بررسی نحوهٔ چیدمان گونه‌های مختلف در کنار یکدیگر استفاده می‌شود که هرچه از سمت صفر دور و به ۱ نزدیک می‌شود، آمیختگی گونه‌ای افزایش پیدا می‌کند.

شاخص تمایز قطری[2] (TDi) و تمایز ارتفاعی[3] (THi): این شاخص نمایانگر اندازهٔ رقابت براساس مقایسهٔ قطر و ارتفاع بین درخت شاهد و درختان همسایه‌اند و چهار مقدار کوچک، متوسط، بزرگ و خیلی بزرگ را شامل می‌شوند. زمانی که درختان همسایه اختلاف کمی داشته باشند، این شاخص‌ها به‌سمت صفر میل می‌کنند؛ درحالی که اگر ناهمگنی زیادی در میان درختان همسایه مشاهده شود، ارزش این شاخص‌ها به‌سمت ۱ پیش می‌رود [۷].

شاخص فاصله تا همسایه‌ها[4] (D_i): بیشتر شاخص‌های به‌کاررفته در این تحقیق، بدون در نظر گرفتن فواصل بین درختان به کمّی‌سازی ساختار مکانی جنگل می‌پردازند. بنابراین، این شاخص‌ها در تشریح اختلاف بین جنگل‌هایی که ساختار یکسان ولی با تراکم متفاوت دارند ناتوان‌اند. در این تحقیق به‌منظور برطرف کردن این مشکل از شاخص فاصله تا همسایه‌ها استفاده شده است [۷].

نتایج و بحث

مقدار متوسط برخی از مشخصه‌های کمّی قطعات نمونهٔ مورد بررسی در فاز کاهش پایه‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. مشخصات کمّی (متوسط) قطعات نمونهٔ یک‌هکتاری در فاز کاهش پایه‌ها

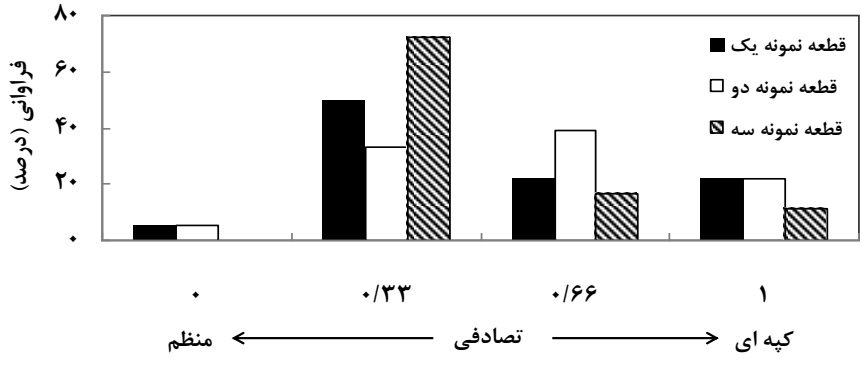
شمارهٔ قطعه نمونه	قطعه نمونهٔ شمارهٔ ۱	قطعه نمونهٔ شمارهٔ ۲	قطعه نمونهٔ شمارهٔ ۳
تعداد درختان در قطعه نمونه (اصله)	۴۰۶	۴۲۱	۴۱۰
ارتفاع درختان (متر)	۲۴/۶	۲۴/۸	۲۴/۲
متوسط قطر (سانتی‌متر)	۲۷/۴	۲۵/۷	۲۵/۶

یکی از مهم‌ترین اهداف جنگلداری حفاظت از تنوع زیستی اکوسیستم‌هاست. تنوع زیستی اکوسیستم‌ها به‌شدت تحت تأثیر ساختار مکانی جنگل قرار دارد؛ بنابراین به‌منظور مدیریت پایدار اکوسیستم‌های جنگلی به شاخص‌هایی نیاز است که بتوان با صرف کمترین زمان و هزینه به بررسی وضعیت فعلی ساختار جنگل و تغییرات ایجادشده بر اثر تکامل طبیعی و یا فعالیت‌های مدیریتی جنگل پرداخت. در این تحقیق با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌ها، تنوع ساختاری توده‌های آمیختهٔ راش در فاز کاهش پایه‌ها بررسی شد. آگاهی از شرایط توده و جایگزینی تدریجی گونه‌های درختی در مراحل و فازهای مختلف تکاملی، اطلاعات مناسبی در

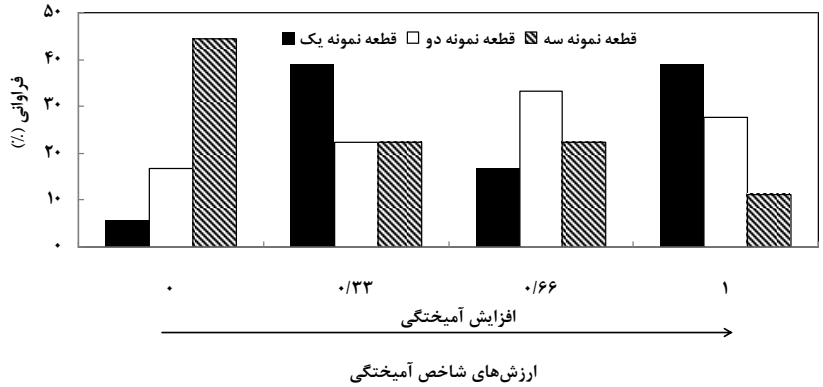
1. Mingling index
2. DBH differential
3. Height differential
4. Distance to neighbors index

زمینهٔ دخالت‌های پرورشی همگام با طبیعت فراهم می‌آورد. براساس نتایج این پژوهش، مقدار متوسط شاخص زاویهٔ یکنواخت برای قطعات نمونهٔ یک‌هکتاری، ۰/۵۳ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ الگوی چیدمان مکانی کم‌وبیش تصادفی برای گونهٔ راش در این فاز است. علیجانی و همکاران (۲۰۱۲) به‌منظور کمّی‌سازی ساختار مکانی جنگل در بخش گرازبن دقیقاً همین عدد را در پژوهش خود در جنگل‌های راش گزارش کردند [۱۳]. اخوان و همکاران (۱۳۸۹) نیز در بررسی الگوی مکانی درختان در مراحل مختلف تحولی، الگوی مکانی درختان را در مرحلهٔ بلوغ تصادفی گزارش کرده و علت این نوع پراکنش را حضور انبوه درختان در مرحلهٔ بلوغ و در نتیجه حذف درختان در اثر رقابت زیاد بیان کردند [۲۰]. چیدمان مکانی تصادفی درختان، حکایت از طبیعی بودن جنگل‌های منطقهٔ تحقیق دارد. همچنین وجود الگوی مکانی تصادفی برای این فاز نشان‌دهندهٔ حذف تعداد زیادی از درختان داخل کپه‌ها به‌علت رقابت موجود در بین درختان داخل توده است. نمودار مربوط به شاخص زاویهٔ یکنواخت در سه قطعه نمونه در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

شاخص آمیختگی گونه‌ای که به بررسی وضعیت درختان همسایه نسبت به یکدیگر می‌پردازد، به‌طور متوسط ۰/۵۱ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ تمایل متوسط گونهٔ راش به قرار گرفتن در کنار دیگر گونه‌ها در این فاز است که ممکن است نشان‌دهندهٔ رقابت بین‌گونه‌ای راش و ممرز باشد. پومرنینگ (۲۰۰۲) ضمن تشریح ساختار درختان بلوط و راش بیان می‌کند که آمیختگی گونه‌ای به‌طور مستقیم تحت تأثیر موقعیت مکانی درختان قرار می‌گیرد [۷]. برای مثال تمایل گونهٔ راش به داشتن الگوی مکانی تصادفی سبب شده که بیشتر درختان مجاور این گونه را پایه‌هایی غیر از گونهٔ راش تشکیل دهند که این نوع الگوی پراکنش سبب آمیختگی متوسط این گونه با دیگر گونه‌ها در این فاز تکاملی شده است. علیجانی و همکاران (۲۰۱۲) با مقایسهٔ آمیختگی گونه‌های راش و بلوط بیان کردند که مقدار اختلاف مطلق بین نمودارهای توزیع مقادیر این دو گونه ۵۹/۳ درصد است که مقدار زیاد این ارزش، به‌خوبی نمایانگر تفاوت بین آمیختگی این دو گونه است [۱۲]. نمودار شاخص آمیختگی گونه‌ای در سه قطعه نمونه در شکل ۳ مشاهده می‌شود.

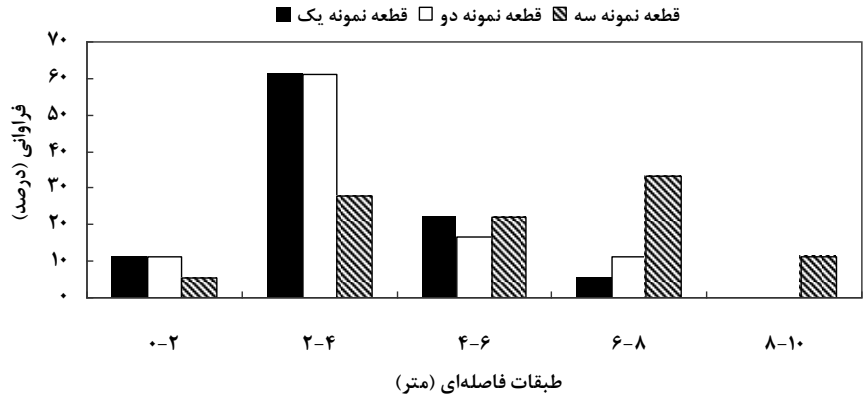


شکل ۲. نمودار توزیع کلاسه‌های شاخص زاویهٔ یکنواخت در قطعات نمونه یک‌هکتاری



شکل ۳. نمودار شاخص آمیختگی گونه‌ای در قطعات نمونهٔ یک‌هکتاری

شاخص فاصلهٔ همسایگی نشان‌دهندهٔ مقدار تراکم توده‌های جنگلی یا به‌عبارتی تعداد پایه‌های درختی در هر واحد از سطح است و ممکن است نمایانگر فشار رقابتی بین درختان در توده‌ها باشد [۷]، چنانکه با افزایش فاصلهٔ بین درختان و در نتیجه افزایش شاخص فاصلهٔ همسایگی، از تراکم توده‌های جنگلی کاسته می‌شود و در نتیجه رقابت کاهش می‌یابد. مقدار شاخص فاصلهٔ همسایگی در قطعه نمونهٔ شمارهٔ ۳ برابر ٦/۳۸ متر به‌دست آمد که بیشتر از قطعات نمونهٔ ۱ و ۲ که مقدار شاخص فاصلهٔ همسایگی به‌ترتیب ۳/٤۱ و ۳/۷۸ متر محاسبه شده بود، است. علت این موضوع قرار داشتن تودهٔ قطعه نمونهٔ شمارهٔ ۳ از نظر تکاملی در مراحل پیشرفته‌تر این فاز است. در واقع قطعه نمونهٔ شمارهٔ ۳ نسبت به قطعات نمونهٔ ۲ و ۳ تراکم کمتری را نشان می‌دهد (شکل ٤)، این موضوع بیانگر فشار رقابتی کمتر قطعه نمونهٔ شمارهٔ ۳ نسبت به دو تودهٔ دیگر است. در مجموع با توجه به نمودار توزیع ارزش‌های شاخص فاصله تا همسایگی، همان‌طور که در شکل ٤ مشاهده می‌شود، بیشترین فراوانی مربوط به شاخص فاصلهٔ همسایگی در کلاسهٔ ۲ تا ٤ متر اندازه‌گیری شد و با توجه به اینکه مقدار این شاخص به‌طور متوسط ٤/۷ متر محاسبه شد، این نتیجه حاصل می‌شود که در فاز کاهش پایه‌ها تراکم توده بسیار زیاد است و در نتیجه رقابت زیادی بین درختان توده برای کسب منابع غذایی و نور وجود دارد.

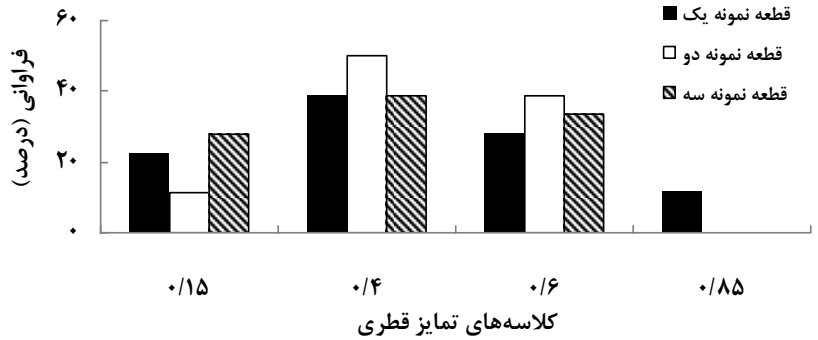


شکل ٤. نمودار توزیع ارزش‌های شاخص فاصله تا همسایگی در قطعات نمونهٔ یک‌هکتاری

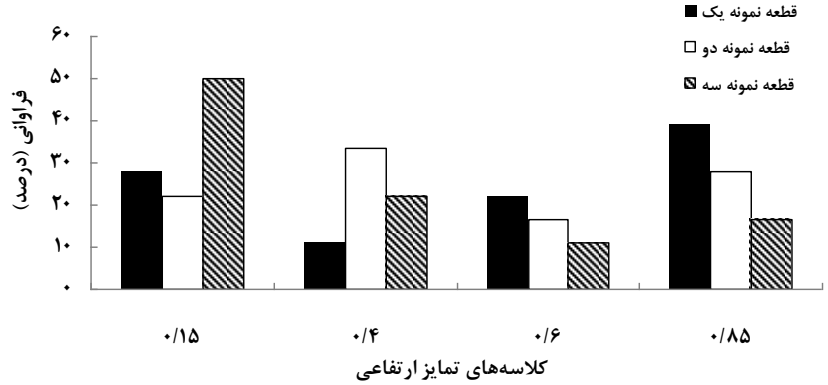
ویژگی سوم ساختار جنگل که در این تحقیق بررسی شد، اختلاف ابعاد درختان نسبت به یکدیگر است. در شکل ۵ فراوانی نسبی ارزش‌های شاخص تمایز قطری در سه قطعه نمونه نشان داده شده است. نمودار تمایز قطری بیشترین فراوانی را در کلاسهٔ ۰/٤ نشان می‌دهد که بیانگر تمایز متوسط است. مقدار میانگین شاخص تمایز قطری برای مجموع سه قطعه نمونه به‌طور متوسط ۰/٤٤ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ اختلاف متوسط بین درختان از نظر قطر برابرسینه است و همگن بودن درختان را به لحاظ قطری نشان می‌دهد. علیجانی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی ساختار مکانی گونهٔ راش در یک جنگل آمیخته، متوسط شاخص تمایز قطری را برای گونهٔ راش ۰/۵۳ به‌دست آوردند که با یافته‌های این پژوهش همخوانی ندارد [۱۲]. دلیل این وضعیت، اختلاف در مرحلهٔ تکاملی توده‌های بررسی‌شده در پژوهش حاضر و تودهٔ بررسی‌شدهٔ آنها است.

اساس کار شاخص تمایز ارتفاعی مشابه شاخص تمایز قطری است و تنها تفاوت موجود در مشخصهٔ مورد بررسی این دو شاخص است. در شکل ٦ فراوانی نسبی گروه‌های ساختاری موجود در هر طبقه ارائه شده است. نمودار تمایز ارتفاعی بیشترین فراوانی را در کلاسهٔ ۰/۱۵ که نمایانگر تمایز کوچک است نشان می‌دهد. مقدار شاخص تمایز ارتفاعی در مجموع سه قطعه نمونه به‌طور متوسط ۰/۵۷ به‌دست آمد که به‌نسبت زیاد بوده و نشان‌دهندهٔ اختلاف متوسط تا زیاد درختان همسایه از نظر ارتفاعی است. این از ویژگی‌های این فاز است، چراکه در این فاز توده اغلب یک تا دوآشکوبه است در نتیجه درختان به‌منظور کسب نور، از نظر ارتفاعی رقابت زیادی با یکدیگر خواهند داشت؛ شاخص فاصله تا همسایگی نیز این مسئله را به‌خوبی آشکار می‌کند. پومرنینگ (۲۰۰۲) بیان داشت که علاوه‌بر سن و مراحل تکاملی توده، مدیریت جنگل نیز بر اختلاف ابعاد درختان مؤثر است [۷].

ازآنجا که تمایز قطری و ارتفاعی، اختلاف متوسط از خود نشان دادند و همچنین با توجه به حضور فراوان درختان در طبقات قطری کوچک و طبقات ارتفاعی متوسط، و کم بودن مقدار ارزش شاخص فاصله تا همسایگی، این نتیجه حاصل می‌شود که رقابت بسیار شدیدی برای کسب نور و مواد غذایی در فاز کاهش پایه‌ها در بین درختان وجود دارد. سفیدی و همکاران (۲۰۱٤) در پژوهشی مشابه در جنگل گرازبن رقابت شدید درختان را عامل اصلی مرگ‌ومیر درختان در فاز کاهش پایه‌ها بیان کردند [۲].



شکل ۵. نمودار شاخص تمایز قطری در قطعات نمونه یک‌هکتاری



شکل ٦. نمودار شاخص تمایز ارتفاعی در قطعات نمونه یک‌هکتاری

نتیجه‌گیری

با توجه به انتخاب قطعات نمونه از جنگل‌های کمتردست‌خورده، می‌توان از اطلاعات به‌دست‌آمده به‌عنوان نمونه‌ای از یک جنگل مرجع برای مدلسازی در پژوهش‌های دیگر استفاده کرد. در نهایت با استفاده از اطلاعات حاصل از کمّی‌سازی ساختاری توده‌های دست‌نخورده می‌توان مسیر حرکت مدیریت برای توده‌های مشابه را مشخص کرد تا در نحوهٔ نشانه‌گذاری‌های توده‌های جنگلی براساس الگوی طبیعت به‌شکل علمی و نه‌تنها براساس تجربهٔ شخصی عمل کرده و نزدیک‌ترین مدیریت همگام با طبیعت را اعمال کرد.

References

[1]. Korpel, S. (1982). Degree of equilibrium and dynamical change of the forest on example of natural forest of Slovakia. acta facultatis forestralis Zvolen, 24: 9-31.

[2]. Sefidi, K., Marvie-Mohadjer, M.R., Etemad, V., and Mosandl, R. (2014). Late successional stage Dynamics in Natural Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Stands in Northern Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(2): 270-283.

[3]. Ford-Robertson, F.C. (1971). Terminology of Forest Science, Technology, Practice, and Productions, Society of American Foresters, Washington, D.C., 51(2): 153-155.

[4]. Oliver, C.D., and Larson, B.C. (1996). Forest Stand Dynamics, John Wiley, New York.

[5]. Carvalho, J.P. (2011). Composition and structure of natural mixed-oak stands in northern and central Portugal. Forest Ecology and Management, 262(10): 1928-1937.

[6]. Graz, P.F. (2006). Spatial diversity of dry savanna woodlands. Biodiversity and Conservation, 15: 1143-1157.

[7]. Pommerening, A. (2002). Approaches to quantifying forest structures. Forestry, 75(3): 305-324.

[8]. Gadow, K.V., Huy, G.Y., and Albert, M. (1998). The uniform angle index—a structural parameter for describing tree distribution in forest stands. Centralbl ges Forstwesen, 115:1–10.

[9]. Sterba, H. (2008). Diversity indices based on angle count sampling and their interrelationships when used in forest inventories. Forestry, 81:587–597.

[10]. Pommerening, A. (2006). Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. Forest Ecology and Management, 224(3): 266-277.

[11]. Alijani, V., and Feghhi, J. (2012). Investigation on the elm (*Ulmus glabra* Hudson) spatial structure to applying for sustainable management (Case Study: Gorazbon district, Kheirud Forest). Journal of Environmental Studies, 37(60): 35-44.

[12]. Alijani, V., Feghhi, J., and Marvi-Mohadjer, M.R. (2012a). Investigation on the beech and oak spatial structure in a mixed forest (Case study: Gorazbon district, Kheirud forest). Journal of Wood & Forest Science and Technology, 19(3): 175-188.

[13]. Alijani, V., Feghhi, J., Zobeiri, M., and Marvi-Mohadjer, M.R. (2012b). Quantifying the spatial structure in hyrcanian submountain forest (Case Study: Gorazbon District of Kheirud Forest-Noushahr-Iran). Journal of Natural Environmental**,** Iranian Journal of Natural Resources, 65(1): 111-125.

[14]. Alijani, V., Feghhi, J., Zobeiri, M., and Marvi-Mohadjer, M.R. (2013). Investigation on structure of forest stand with nearest neighbor indicate (Case study: Gorazbon district, Kheyrud forest). Iranian Journal of Applied Ecology, 3(1): 13-24.

[15]. Kint, V., Lust, N., Ferris, R., and Olsthoornm, A.F.M. (2000). Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Forests. Forest Systems, 9(3): 147-163.

[16]. Aguirre, O., Hui, G., Gadow, K.V., and Jimenez, J. (2003). An analysis of forest structure using neighborhood based variables. Forest Ecology and Management, 183: 137-145.

[17]. Ruprecht, H., Dhar, A., Aigner, B., Oitzinger, G., Raphael, K., and Vacik, H. (2010). Structural diversity of English yew (*Taxus bacata* L.) populations. European Journal of Forest Research, 129(2): 189-198.

[18]. Mataji, A., and Sagheb-Talebi, KH. (2007). Development stages and dynamic of two oriental beech (*Fagus orientalis*) communities at natural forests of Kheiroudkenar-Noshahr. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 398-415.

[19]. Anonymous, (2010). Forest management plan of Kheiroud forest, Gorazbon district, university of Tehran, Faculty of Natural Resource, Karaj.

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