

## بررسی الگوی پراکنش، رقابت و اجتماع‌پذیری درختان در مراحل مختلف تحولی جنگل در توده‌های آمیخته راش در گیلان

مریم کاظم‌پور لاریسی<sup>۱\*</sup>، کامبیز طاهری آبکنار<sup>۲</sup>، رضا اخوان<sup>۳</sup>، حسن پوربابائی<sup>۴</sup>، بیت‌اله امان‌زاده<sup>۵</sup>

۱. کارشناس ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

۲. دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

۳. دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

۴. استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

۵. مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۲۳

### چکیده

هدف این پژوهش، بررسی الگوی مکانی، رقابت و اجتماع‌پذیری درون و بین گونه‌های درختی است که به معرفی نگرشی ارزشمند در مورد فرایندها و سازوکارهای تأثیرگذار بر حفظ همزیستی گونه‌ها منجر می‌شود. بدین منظور سه قطعه نمونه یک هکتاری در سه مرحله تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی در توده‌های آمیخته راش در پارسل شاهد طرح سیستم در استان گیلان انتخاب شد و در کلیه درختان قطورتر از ۷/۵ سانتی‌متر به تفکیک گونه، اندازه‌گیری قطر برابرسینه و ارتفاع و تعیین مختصات دکارتی به‌روش فاصله - آزیموت صورت گرفت. سپس درختان به چهار طبقه قطری تقسیم شدند و برای تعیین الگوی پراکنش، رقابت و اجتماع‌پذیری میان آنها از توابع یک و دوم‌تغیره  $K$  رایپلی استفاده شد. الگوی پراکنش درختان در مراحل اولیه، بلوغ و پوسیدگی به‌ترتیب کپه‌ای شدید، کپه‌ای ضعیف و کاملاً تصادفی شد. سرشت سایه‌پسندی و رقابت درون‌گونه‌ای راش از طبقات مختلف قطری و همچنین رقابت و اجتماع‌پذیری میان راش - ممرز و راش - دیگر گونه‌ها در طول زمان و در طی مراحل مختلف تحولی جنگل یکسان نبود. تفاوت در ساختار، تنوع سرشت اکولوژیکی و تفاوت در واکنش گونه‌های مختلف نسبت به متغیرهای محیطی در طول مراحل تحولی درخت و تفاوت در رویش و دیرزیستی فیزیولوژیکی گونه‌ها ناشی از آمیختگی توده‌های مورد بررسی را می‌توان از عوامل مؤثر در این تفاوت دانست. شناخت الگوها و اتفاقات طبیعی هدایت‌شده توسط طبیعت در طول زمان، لازمه اجرای عملیات جنگل‌شناسی هدفمند و متناسب با مراحل تحولی توده‌های جنگلی است.

**واژگان کلیدی:** اجتماع‌پذیری، تابع یک و دوم‌تغیره  $K$  رایپلی، توده‌های آمیخته راش، رقابت، مراحل تحولی.

### مقدمه

که می‌تواند نتیجه ناهمگنی محیطی، آشفتگی‌های طبیعی و انسانی، رقابت درون و بین‌گونه‌ای، زادآوری و مرگ‌ومیر باشد [۱]. الگوی مکانی و روابط متقابل میان درختان، منعکس‌کننده یکپارچگی ساختار جوامع، پویایی و پایداری آنهاست که ممکن است در مراحل مختلف تحولی متفاوت

توصیف الگوی مکانی جوامع درختی در هر منطقه از ضروریات و مقدمات بررسی پوشش گیاهی به‌حساب می‌آید.

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۳۰۶۱۳۲، شماره: ۴۴۳۳۳۶۰۰

Email: kazempourmaryam@yahoo.com

دینامیکی روشنه‌ها و اختلالات تاج‌پوشش، زادآوری و فرایندهای رقابتی شامل خصوصیت سایه‌پسندی، محدودیت پراکنش بذور و به‌ویژه رقابت درون‌گونه‌ای راش دانستند [۸]. امیدوار و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی الگوی مکانی و رقابت درون‌گونه‌ای درختان بلندمازو دریافتند که این درختان تأثیرات رقابتی مثبت و منفی متفاوتی در طبقات مختلف قطری نسبت به هم دارند [۹]. امان‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) در توده‌های آمیخته ممرز به الگوهای خوشه‌ای و اثرهای متقابل درون و بین‌گونه‌ای متفاوتی دست یافتند [۱۰]. راشستان‌های آمیخته در حد ارتفاعی میان‌بند جنگل‌های هیرکانی غالب‌ترین جامعه درختی را تشکیل می‌دهند. وسعت پراکنش این جامعه در مناطق مختلف جنگل‌های هیرکانی و وجود تنوع گونه‌ای سبب شده که این جنگل‌ها نسبت به جنگل‌های خالص راش از پیچیدگی‌های بیشتری برخوردار باشند. بنابراین، تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی و رقابت و اجتماع‌پذیری درون و بین‌گونه‌ای درختان در مراحل مختلف تحولی جنگل با توجه به اهمیت این جنگل‌ها، ضروری است که هدف این تحقیق را تشکیل می‌دهد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه تحقیق

برای اجرای این بررسی، پارسل شاهد شماره ۴۲۱، سری ۴ (سیستان) در حوضه آبخیز ۲۳ (ذیلکی) در منطقه امامزاده هاشم گیلان به مساحت ۵۹ هکتار با جهت عمومی شمالی انتخاب شد. متوسط ارتفاع از سطح دریا در بیشتر سطح پارسل ۵۵۰ متر و شیب آن اغلب بین ۳۰ تا ۶۰ درصد است. میانگین بارندگی سالیانه ۱۲۷۳/۱ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۴/۴ سانتی‌گراد است. منطقه فاقد ماه‌های خشک در سال بوده و اقلیم آن با روش آمبرژه از نوع خیلی مرطوب سرد است. تیپ خاک، قهوه‌ای اسیدی تا قهوه‌ای جنگلی با pH اسیدی است. این بررسی در توده‌های آمیخته راش-ممرز صورت گرفته که تاکنون تحت هیچ‌گونه

باشد [۲]. همه گیاهان به منابع اساسی و مشابهی مانند کربن، آب و مواد غذایی نیاز دارند و آنها را با استفاده از سازوکارهای مشابهی دریافت می‌کنند (جذب به‌وسیله ریشه و فتوسنتز)، بنابراین این موضوع خود دلیلی بر این است که گیاهان برای دستیابی به منابع با یکدیگر رقابت می‌کنند (هم در زیر زمین و هم در سطح زمین). بررسی‌ها نشان داده‌اند که الگوی مکانی و اندازه درختان در جوامع گیاهی مستقل از هم نیستند و به‌طور معمول تحت تأثیر رقابت و ناهمگنی رویشگاه هستند [۳]. از مسائل مهم در اکولوژی گیاهی درک این مطلب است که رقابت چگونه سبب تعیین الگوی مکانی خواهد شد و تغییرات توزیع مکانی درختان در طول فرایند توالی در جنگل به چه صورتی خواهد بود [۴]. تجزیه و تحلیل الگوی مکانی و فرایندهای اساسی که به شکل‌گیری این الگوها منجر شده و شناسایی فواصل رخ دادن این فرایندها در طول مراحل مختلف زندگی گونه‌های درختی برای درک پویایی زمانی و مکانی جمعیت‌ها ضروری است [۱]. در طول دهه‌های گذشته، تحقیق درباره الگوی مکانی و اجتماع‌پذیری میان درختان شدت گرفته است؛ نیف و همکاران (۲۰۰۵) در جنگل‌های آمازون دریافتند که واکنش متقابل و اتفافی درختان خیلی قطور نسبت به درختان قطور همسایه با افزایش فاصله آنها از یکدیگر کاهش می‌یابد [۵]. مارتینز و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی جوامع جنگلی شمال‌غرب اسپانیا دریافتند که درختان در فواصل کم نسبت به هم جاذبه شدید دارند، ولی با افزایش مقیاس به‌طور مستقل از یکدیگر پراکنش دارند [۶]. در پژوهشی درختان گونه غالب *Shorea congestiflora* در جنگل‌های سریلانکا را براساس طبقات قطری به چهار دسته زادآوری، نهال، میانسال و کهن تقسیم کردند. الگوی مکانی درختان این گونه تصادفی شد و اثر متقابل بین طبقات قطری، جاذبه بین آنها در فواصل کم و مستقل بودن از هم را در فواصل دور نشان داد [۷]. اخوان و همکاران (۲۰۱۰) در توده‌های دست‌نخورده راش کلاردشت به الگوهای متفاوتی در مراحل مختلف تحولی دست یافتند و آن را منتج از الگوی

بر اساس اندازه قطر برابر سینه در چهار طبقه قطری کم قطر (قطر ۷/۵ تا ۳۲/۵ سانتی‌متر)، میان قطر (۳۲/۶ تا ۵۲/۵ سانتی‌متر)، قطر (۵۲/۶ تا ۷۲/۵ سانتی‌متر) و خیلی قطور (بیشتر از ۷۲/۵ سانتی‌متر) دسته‌بندی شدند [۱۲]. برای مطالعه تأثیر حضور گونه‌های مختلف بر هم (اثر بین‌گونه‌ای) علاوه بر قطر، نوع گونه‌های درختی نیز در نظر گرفته شد. به منظور بررسی الگوی مکانی از تابع تک‌متغیره  $K$  راپیلی و برای تعیین کنش متقابل درون‌گونه‌ای و همچنین رقابت و اجتماع‌پذیری بین گونه‌های درختی از فرم دومتغیره این تابع استفاده شد. از آنجا که اثر متقابل درختان در فواصل بیش از ۵۰ متر به حداقل خود می‌رسد، فاصله مورد عمل برای محاسبه تابع  $L$  در قطعات  $۱۰۰ \times ۱۰۰$  متر، از صفر تا ۵۰ متر (برابر با نصف طول ضلع) و با افزایش ۵ متر در نظر گرفته شد [۸]. در محاسبات انجام‌گرفته، موقعیت مکانی درختان طبقات قطری بزرگ‌تر به دلیل تأثیرگذاری آنها بر رویش درختان کوچک‌تر، ثابت و موقعیت مکانی درختان طبقات قطری کوچک‌تر (تأثیرپذیری) متغیر در نظر گرفته شد. برای بررسی اثر متقابل بین گونه‌ای، مکان گونه غالب ثابت و مکان گونه دوم، متغیر در نظر گرفته شد [۱۳]. مبنای آشکوب‌بندی، متوسط ارتفاع ۱۰۰ اصله از قطورترین درختان در واحد سطح در هر یک از توده‌های مورد بررسی (مراحل تحولی) بوده است. در بررسی توابع یک و دومتغیره  $K$  راپیلی، حدود مونت‌کارلو در سطح ۹۵ درصد با ۹۹ بار شبیه‌سازی در نرم‌افزار *Programita* محاسبه و ترسیم شد [۱۴].

### نتایج و بحث

در مجموع قطر و ارتفاع ۸۵۷ درخت اندازه‌گیری و مختصات دکارتی آنها تعیین شد. میانگین قطر برابر سینه و ارتفاع درختان از مرحله تحولی اولیه به مرحله بلوغ و سپس پوسیدگی افزایش یافت، در حالی که تراکم درختان روند کاهشی داشت (شکل ۱، جدول ۱)؛ بنابراین، مرحله تحولی اولیه با بیشترین تعداد درختان در طبقه کم قطر و کمترین

عملیات پرورشی و دخالت جنگل‌شناسی نبوده است؛ گونه‌های همراه توسکای بیلاقی، پلت، شیردار، انجیلی، ملج و خرمنندی هستند [۱۱].

### روش تحقیق

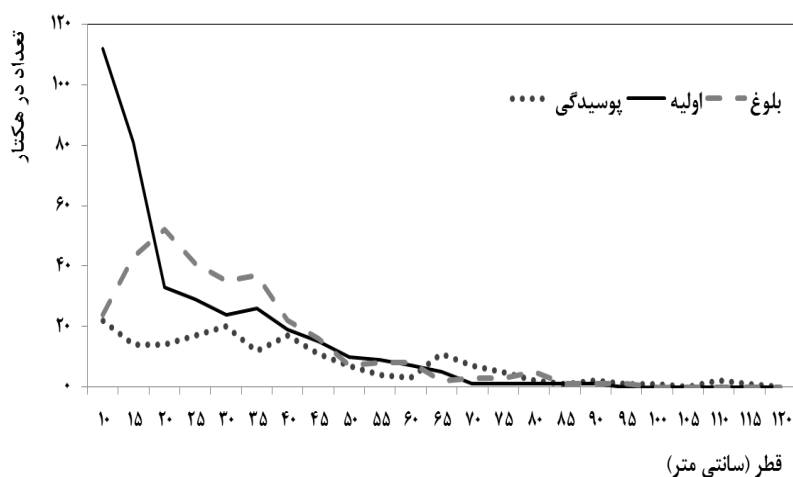
پس از جنگل‌گردشی‌های متعدد، سه قطعه نمونه یک‌هکتاری به ابعاد  $۱۰۰ \times ۱۰۰$  متر واقع در سه مرحله مختلف تحولی شامل (اولیه، بلوغ و تخریب) انتخاب شدند؛ به طوری که اضلاع این قطعات در جهت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی بودند [۱۰]. مرحله اولیه با رشد سریع درختان جوان، رقابت نوری، افزایش موجودی توده و ساختاری ناهمسال و پلکانی مشخص می‌شود. توده در مرحله بلوغ از درختانی با تاج پوشش بسته و همچنین قطر و ارتفاع به نسبت برابر ولی با سنین بسیار متفاوت تشکیل شده است و به جنگلی همسال و مدیریت‌شده شباهت دارد و در مرحله پوسیدگی با افزایش خشکه‌دارها از تراکم و حجم توده کاسته خواهد شد [۸]. با مشخص شدن محدوده قطعات یک هکتاری در جنگل، مختصات گوشه جنوب غربی هر یک از این قطعات به عنوان نقطه مبنا برداشت و برای ثبت مختصات درختان از روش فاصله - آزیموت استفاده شد؛ به این صورت که فاصله و آزیموت درخت اول نسبت به نقطه مبنا به ترتیب با دستگاه Vertex و با قطب‌نمای سونتو اندازه‌گیری و با استفاده از روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی تبدیل شد. در مرحله بعد با اضافه کردن این مختصات به نقطه مبنا، مختصات درخت اول به دست آمد. به همین ترتیب در داخل محدوده‌های یک هکتاری فاصله و آزیموت هر درخت نسبت به درخت مبنای مربوط سنجیده و به مختصات UTM تبدیل شد. قطر و ارتفاع کلیه درختان قطورتر از ۷/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری و خشکه‌دارها نیز مشخص شدند. خشکه‌دارها با توجه به گونه‌های مختلف و سرشت اکولوژیک آنها می‌توانند قطرهای مختلفی داشته باشند. به طور معمول خشکه‌دارهای رسیده قطر بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر دارند [۸]. سپس برای ارزیابی رقابت و اجتماع‌پذیری درون‌گونه‌ای، درختان موجود

میانگین قطر برابر سینه و بیشترین مقدار ضریب تغییرات قطر مشخص می‌شود. در مرحله بلوغ درختان به ساختار مشخصی می‌رسند و ضریب تغییرات قطر کاهش می‌یابد (جدول ۱). در مرحله پوسیدگی تعداد درختان در طبقه قطور و بسیار قطور افزایش یافت و با استقرار زادآوری در روشنه‌ها شاهد افزایش دوباره ضریب تغییرات قطر بودیم (جدول‌های ۱ و ۲). با گذشت زمان و طی مراحل تحولی جنگل، تعداد به نسبت زیاد درختان در مرحله اولیه به دلیل رقابت برای نور و دیگر منابع لازم کاهش می‌یابد و افزایش فاصله میان آنها، افزایش رویش قطری را در پی دارد؛ به طوری که درختان در مرحله بلوغ به همگنی نسبی می‌رسند و در مرحله تخریب با رسیدن به سن دیرزیستی فیزیولوژیک خود، به خشک‌دارهای رسیده مبدل می‌شوند و روشنه‌هایی را به وجود می‌آورند. بر این اساس، الگوی مکانی درختان در مرحله اولیه تا فاصله حدود ۲۸ متر کپه‌ای شدید و سپس تصادفی، در مرحله بلوغ، کپه‌ای ضعیف و در مرحله پوسیدگی کاملاً تصادفی شد (شکل ۲). با اینکه توده‌های مورد بررسی از نظر وضعیت آمیختگی دارای ترکیب کم‌وبیش مشابهی بودند، به دلیل ساختار متفاوت ناشی از واقع شدن در مراحل مختلف تحولی، الگوهای احتمالی مشابهی را نشان ندادند (شکل ۱). اخوان و همکاران از الگوهای مکانی متفاوت در مراحل مختلف تحولی توده‌های راش در فواصل مختلف یاد می‌کنند [۸]. هاو و همکاران دریافتند که الگوی پراکنش درختان با تاج گسترده و بزرگ (آشکوب فوقانی و میانی) در تمام فواصل، تصادفی یا یکنواخت است، در حالی که درختان با تاج کوچک (آشکوب زیرین و نهال‌ها) در فواصل کوتاه از الگوی کپه‌ای تبعیت کرد و با بزرگ شدن تاج پوشش از شدت کپه‌ها کاسته شد [۱۳]. لن و همکاران نیز عوامل مختلفی مانند نوع گونه، مراحل حیاتی گیاه و محدودیت‌های انتشار بذور، ناهمگنی رویشگاه و مقیاس مکانی مورد بررسی را در بروز شدت کپه‌ها مؤثر دانستند [۱۵]. در مرحله اولیه، بیشتر درختان کم‌قطر مربوط به گونه راش بودند (جدول ۲)

که سرشت سایه‌پسندی، سنگینی بذور و محدودیت پراکنش آنها و همچنین نیازمندی این گونه به پرستار در مراحل اولیه حیات، عامل اصلی زادآوری کپه‌ای آن در مقیاس کوچک (حدود ۲۸ متر) بود، ولی با گذشت زمان و با افزایش سن نهال‌ها و رقابتی که با پایه‌های مجاور بر سر منابع (نور، آب و مواد معدنی) دارند، تعدادی از نهال‌ها در کپه‌های تجدید حیات حذف می‌شوند و به تدریج نهال‌های باقی‌مانده تمام عرصه توده جنگلی را می‌پوشانند. لن و همکاران در جنگل‌های استوایی فصلی چین نتیجه گرفتند که نهال‌ها در مقیاس کوچک الگوی پراکنش کپه‌ای داشته و در مقیاس بزرگ‌تر به صورت تصادفی پراکنش دارند، در حالی که درجه کپه‌ای بودن از نهال‌ها به درختان بزرگسال به دلیل مرگ‌ومیر وابسته به تراکم درختان کاهش می‌یابد [۱۵]. اخوان و همکاران الگوی مکانی توده‌های راش کلاردشت را در مرحله تحولی اولیه در تمام فواصل کپه‌ای شدید دانستند [۸]. در حالی که اخوان الگوی مکانی توده‌های راش را در منطقه هفت‌خال نکای مازندران تا فواصل حدود ۲۵ متر کپه‌ای و پس از آن تصادفی دانست که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت [۱۶]. در مرحله بلوغ، با توجه به درصد شایان توجه درختان کم‌قطر (در حدود ۱۱ درصد کمتر از مرحله اولیه، جدول ۲) مرگ‌ومیر ناشی از رقابت درون و بین‌گونه‌ای هنوز عامل مؤثری است که الگوی پراکنش یکنواخت‌تری را در این مرحله موجب شد. هاز و همکاران دریافتند که الگوهای کپه‌ای با افزایش اندازه طبقات تاجی به دلیل زیاد شدن رقابت ناشی از افزایش ابعاد درختچه‌ها کاهش می‌یابد [۱۷]. الگوی تصادفی درختان در مرحله پوسیدگی را می‌توان این‌طور تشریح کرد که پراکنش تصادفی در زیستگاه‌هایی با شرایط محیطی و منابع پایدار و براساس نبود هر گونه واکنش اجتماعی بین گونه‌ها صورت می‌گیرد. فراوانی درختان جوان و کم‌قطر که در تعیین الگوی پراکنش توده‌های جنگلی نقش بسیار مؤثری دارند، در این مرحله کاهش شدیدی نشان داد (از ۷۴ درصد در مرحله اولیه به ۵۰

شصت کلای گلستان در پژوهش اخوان مشابه پژوهش حاضر بود [۱۶]، اما با الگوی توده‌های راش کلاردشت مغایرت داشت [۸]. با توجه به مشابه بودن میانگین قطر برابرسینه در این دو منطقه دلیل این تفاوت را می‌توان در آمیختگی و کاهش تعداد در هکتار درختان در توده مورد بررسی جست‌وجو کرد. جدول ۳ فراوانی درختان در آشکوب‌های مختلف در مراحل مختلف تحولی را در توده‌های آمیخته راش نشان می‌دهد. بر این اساس گونه راش در تمامی آشکوب‌ها و بالاخص در آشکوب برین بر ممرز و دیگر گونه‌ها برتری دارد که تنها استثنای موجود در مرحله تحولی اولیه است که حضور ممرز در آشکوب برین اندکی بیشتر از راش است.

درصد در مرحله پوسیدگی، جدول ۲). با افزایش سن توده و رسیدن درختان به سن دیرزیستی فیزیولوژیکی، به تدریج درختان به خشکه‌دار تبدیل شده و با افتادن درختان مسن، روشنه‌هایی در تاج پوشش ایجاد می‌شوند که با توجه به تراکم کمتر درختان در این مرحله تحولی، احتمالاً نور عامل محدودکننده‌ای برای رشد درختان نیست؛ ضمن اینکه شاهد کاهش درصد حضور راش در این مرحله تحولی هستیم؛ در نتیجه وقوع الگوی تصادفی در این مرحله تحولی دور از انتظار نیست. چنگ و همکاران دریافتند که الگوی مکانی درختان خیلی قطور *Quercus liaotungensis* به دلیل مرگ‌ومیر اتفاقی آنها و نیز رقابت شدید درون و بین‌گونه‌ای برای دسترسی به منابع، در تمام فواصل تصادفی بود [۱]. الگوی مکانی درختان در مرحله پوسیدگی جنگل‌های



شکل ۱. توزیع قطری درختان در مراحل مختلف تحولی جنگل



شکل ۲. نمودارهای تابع  $L(r)$  (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) در مراحل مختلف تحولی جنگل (اگر تابع  $L$  بالاتر، در میان یا پایین‌تر از حدود مونت کارلو قرار گیرد، الگوی مکانی به ترتیب خوشه‌ای، تصادفی و یکنواخت خواهد بود)

جدول ۱. اطلاعات کمی قطعات نمونه یک هکتاری در مراحل مختلف تحولی جنگل

مرحله تحولی	تعداد درخت	میانگین قطر (سانتی متر)	ضریب تغییرات قطر (%)	میانگین ارتفاع (متر)	تعداد خشکه دار سرپا با قطر بیش از ۶۰ سانتی متر
اولیه	۳۷۴	۲۳/۸	۶۶	۱۵/۹	-
بلوغ	۳۰۹	۳۰	۵۴	۲۳	۲
تخریب	۱۷۴	۳۸	۶۱	۲۷/۶	۲

جدول ۲. فراوانی درختان در کلاسه های مختلف قطری به تفکیک گونه در مراحل مختلف تحولی جنگل

مرحله تحولی	گونه	کم قطر		میان قطر		قطور		خیلی قطور		کل	
		تعداد	%	تعداد	%	تعداد	%	تعداد	%	تعداد	%
اولیه	راش	۱۷۷	۴۲/۵	۲۹	۷/۸	۱۱	۳	۰	۰	۲۱۷	۵۸
	ممرز	۸۵	۲۳	۳۵	۹	۶	۱/۷	۱	۰/۳	۱۲۷	۳۴
	سایر گونه ها	۱۶	۴/۵	۶	۱/۷	۵	۱/۵	۱	۰/۳	۳۰	۸
	کل	۲۷۸	۷۴/۳	۷۰	۱۸/۷	۲۲	۵/۹	۴	۱/۱	۳۷۴	۱۰۰
بلوغ	راش	۹۸	۳۱/۷	۵۲	۱۶/۹	۱۵	۴/۹	۱۰	۳/۲	۱۷۵	۵۶/۷
	ممرز	۹۶	۳۱	۲۹	۹/۴	۶	۲	۱	۰/۳	۱۲۲	۴۲/۷
	سایر گونه ها	۱	۰/۳	۱	۰/۳	۰	۰	۰	۰	۲	۰/۶
	کل	۱۹۵	۶۳/۲	۸۲	۲۶/۵	۲۱	۶/۸	۱۱	۳/۵	۳۰۹	۱۰۰
تخریب	راش	۴۷	۲۷	۱۷	۹/۸	۱۳	۷/۵	۱۴	۸	۹۱	۵۲/۳
	ممرز	۳۰	۱۷/۲	۱۹	۱۰/۹	۷	۴	۱	۰/۶	۵۷	۳۲/۷
	سایر گونه ها	۱۰	۵/۷	۱۱	۶/۳	۵	۲/۹	۰	۰	۲۶	۱۴/۹
	کل	۸۷	۵۰	۴۷	۲۷	۲۵	۱۴/۴	۱۵	۸/۶	۱۷۴	۱۰۰

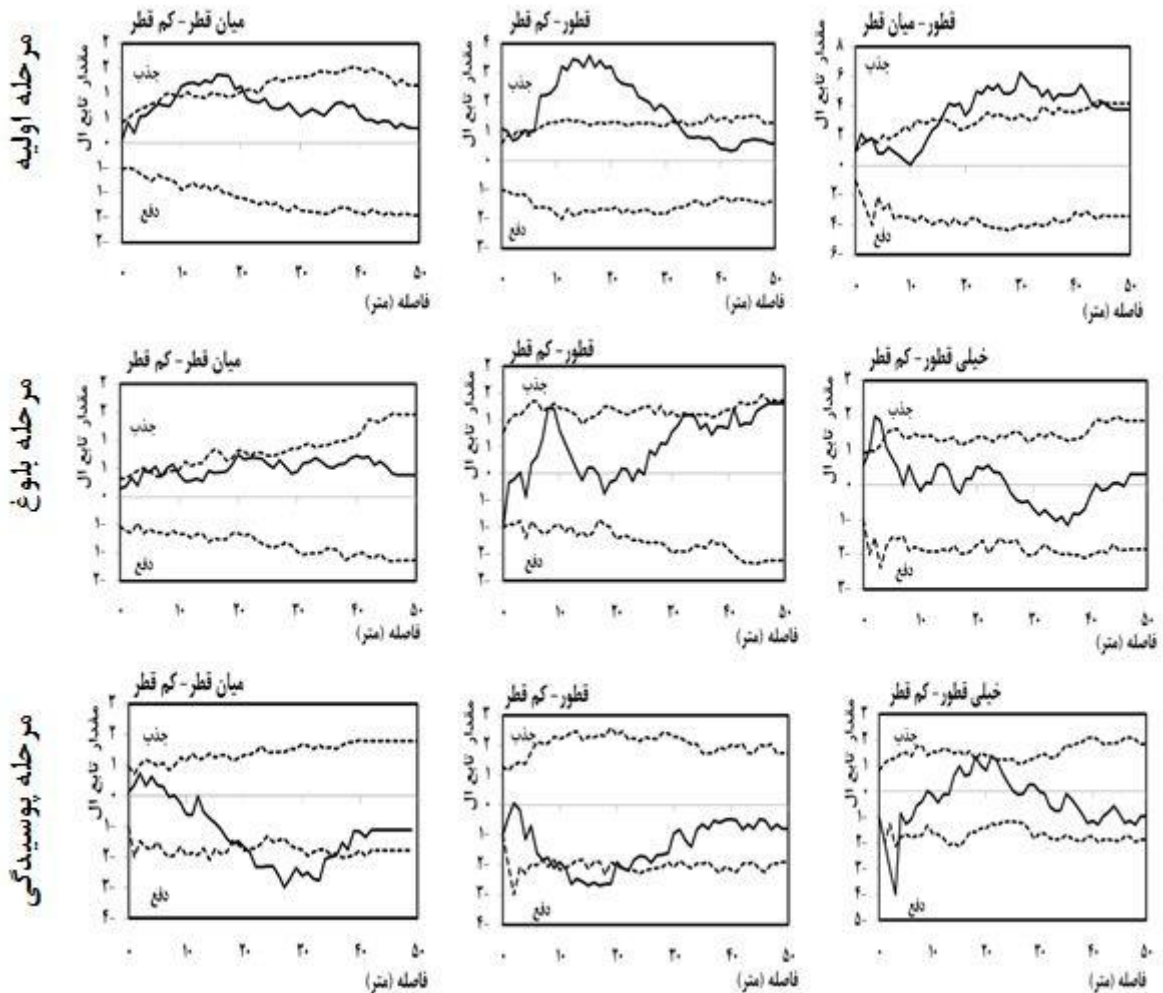
جدول ۳. فراوانی درختان در آشکوب های پایینی، میانی و بالایی به تفکیک گونه در مراحل مختلف تحولی جنگل

مرحله تحولی	گونه	آشکوب بندی					
		آشکوب پایینی		آشکوب میانی		آشکوب بالایی	
		تعداد	%	تعداد	%	تعداد	%
اولیه	راش	۱۰۳	۲۷/۵	۶۵	۱۷/۴	۴۹	۱۳
	ممرز	۲۷	۷	۴۱	۱۱	۵۹	۱۶
	سایر گونه ها	۹	۲/۵	۶	۱/۶	۱۵	۴
	کل	۱۳۹	۳۷	۱۱۲	۳۰	۱۲۳	۳۳
بلوغ	راش	۱۹	۶/۱	۵۱	۱۶/۵	۱۰۵	۳۴
	ممرز	۸	۲/۶	۴۱	۱۳/۳	۸۳	۲۶/۹
	سایر گونه ها	۱	۰/۳	۰	۰	۱	۰/۳
	کل	۲۸	۹	۹۲	۲۹/۸	۱۸۹	۶۱/۲
تخریب	راش	۲۷	۱۵/۵	۲۳	۱۳/۲	۴۱	۲۳/۶
	ممرز	۷	۴	۲۰	۱۱/۵	۳۰	۱۷/۲
	سایر گونه ها	۵	۲/۹	۵	۲/۹	۱۶	۹/۲
	کل	۳۹	۲۲/۴	۴۸	۲۷/۶	۸۷	۵۰

ارتفاع غالب توده های مورد بررسی، در مراحل اولیه، بلوغ و پوسیدگی به ترتیب ۲۷/۷۹ متر، ۳۱/۰۱ متر و ۳۷/۶۳ متر بود

هرگونه اثر متقابل بر درختان کم‌قطر بودند. درختان خیلی‌قطر نیز درختان کم‌قطر را تا فاصله ۵ متری جذب کردند ( $P < 0/05$ ). در مرحله پوسیدگی، اثر متقابل بین درختان میان‌قطر و کم‌قطر راش در فاصله ۲۰ تا ۳۵ متری، منفی بود، درحالی که درختان قطور، کم‌قطرها را در فواصل ۱۰ تا ۲۰ متری دفع کردند. دفع درختان کم‌قطر توسط درختان خیلی‌قطر در فواصل بسیار کوتاه اولیه بوده و در دیگر فواصل، فاقد هرگونه اثر متقابل بودند (شکل ۳).

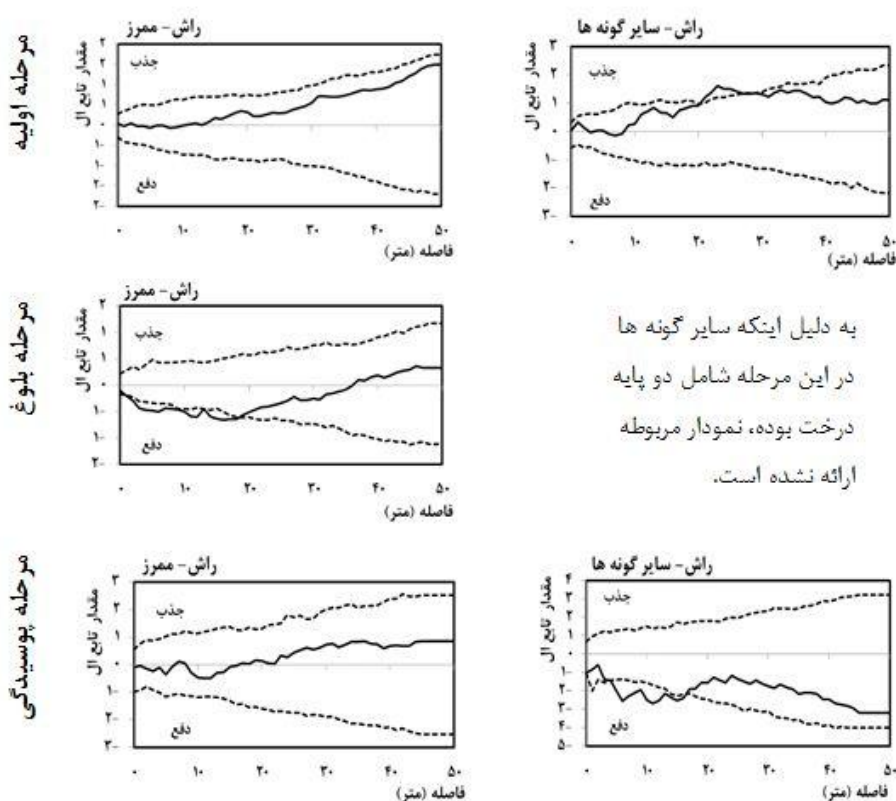
در مرحله اولیه، اثرهای متقابل میان طبقات مختلف قطری (درون‌گونه‌ای) نشان داد که درختان کم‌قطر راش با درختان میان‌قطر و قطور این گونه، رابطه مثبت داشتند که نقطه شروع و اتمام آن متفاوت بود، به‌طوری که درختان قطور در مقیاس بزرگ‌تر و با شدت بیشتری درختان کم‌قطر را جذب کردند. درختان قطور نیز درختان میان‌قطر را بعد از فاصله ۱۸ متری جذب کردند. درختان میان‌قطر راش در مرحله بلوغ، در فاصله ۵ تا ۱۰ متر درختان کم‌قطر را جذب کردند و درختان قطور فاقد



شکل ۳. نمودارهای تابع  $L_{12}$  (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) در مرحله اولیه، در مرحله بلوغ و در مرحله پوسیدگی (اگر تابع  $L_{12}$  بالاتر، در میان یا پایین‌تر از حدود مونت‌کارلو قرار گیرد، اثر متقابل به ترتیب جذب، خنثی و دفع خواهد بود)

راش با دیگر گونه‌ها در فواصل ۱۲ تا ۲۲ متر اثر دفعی داشت و در دیگر فواصل مستقل از یکدیگر بودند (شکل ۴). در مرحله پوسیدگی، راش با ممرز در تمام فواصل، فاقد اثر متقابل مثبت یا منفی بود، درحالی که راش با دیگر گونه‌ها در فواصل ۴ تا ۱۸ متری اثر دفعی داشت و در دیگر فواصل مستقل از هم پراکنش داشتند (شکل ۴).

اثر متقابل بین گونه‌ای در مرحله اولیه نشان داد که حضور راش و ممرز در کنار هم بدون اثر متقابل بود، اما راش و دیگر گونه‌ها همدیگر را در فواصل کوتاه ۲۰ تا ۲۸ متری جذب کردند (شکل ۴). در مرحله بلوغ، اثر متقابل راش و ممرز تا فاصله حدود ۲۰ متر، دفعی بود و پس از این فاصله تأثیری بر یکدیگر نداشتند ( $P > 0.05$ ).



به دلیل اینکه سایر گونه‌ها در این مرحله شامل دو پایه درخت بوده، نمودار مربوطه ارائه نشده است.

شکل ۴. نمودارهای تابع  $L_{12}$  (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) در مرحله اولیه، در مرحله بلوغ و در مرحله پوسیدگی

تأثیرگذار و نیازمندی برخی از گونه‌ها به پرستار در مراحل اولیه زندگی، خصوصیات فیزیکی بذر و نحوه پراکنش آن و همچنین رقابت برای دسترسی به منابع بیشتر، از جمله عوامل مؤثر بر شکل‌گیری اثر متقابل مثبت (جذب) و منفی (دفع) میان درختان محسوب می‌شوند. کنش‌های منفی افراد در جوامع گیاهی، نتیجه رقابت برای به انحصار در آوردن مطلق یا نسبی منابع و در مقابل کنش‌های مثبت به دلیل پشتیبانی گونه‌ها از هم و استفاده هماهنگ از منابع محدود قابل مشاهده است؛ ضمن آنکه نبود همبستگی نشان از نبود

طی فرایند تکامل توده‌های جنگلی در مراحل مختلف تحولی، کنش‌های متعددی مانند رقابت و اجتماع‌پذیری درون و بین گونه‌ای با توجه به نیازها و خواش‌های اکولوژیکی درختان شکل می‌گیرد که نتیجه این روند روی ساختار جنگل و بخش زنده همراه با آن دیده می‌شود [۱۸]. در حقیقت، ساختار جنگل برابندی از کنش و واکنش‌های بین درختان مستقر در توده و نیز محیط اطراف است. سرشت اکولوژیکی گونه‌های درختی و وجود درجات مختلفی از حساسیت‌ها نسبت به نور و دیگر عوامل محیطی



مکانی توده‌های آمیخته جنگل‌های شمال شرقی ایتالیا بود [۲۰]. در پژوهش یادشده، درختان کوچک *Abies alba* با درختان بزرگ این گونه، قرابت نزدیک و قوی در فواصل کوتاه اولیه (حدود ۵ متر) داشتند؛ درحالی که، در فواصل بزرگ‌تر مستقل از یکدیگر بودند. این روند کاملاً طبیعی است که با بزرگ شدن ابعاد درختان در این مرحله تحولی نسبت به مرحله اولیه، شعاع حالت جذب و تحمل‌پذیری درختان کم‌قطر در کنار درختان خیلی قطور کاهش پیدا می‌کند؛ زیرا درختان کم‌قطر برای رشد نیاز به نور و فضای کافی دارند. مارتینز عنوان می‌کند که پشتیبانی گونه‌ها از هم در مقیاس کوچک می‌تواند منتج از وجود نیازهای مشترک باشد که در این حالت رابطه مثبت میان گونه‌ها به تسهیل زنده‌مانی یکدیگر در همان فواصل محدود (خرد زیستگاه) کمک می‌کند [۶]. درختان راش و ممرز تا فاصله حدود ۲۰ متر همدیگر را دفع کردند و سپس اثری بر یکدیگر نداشتند. در مرحله بلوغ، توده دو آشکوبه بود که آشکوب‌های میانی و فوقانی، به دو گونه راش و ممرز اختصاص دارد؛ بیشتر بودن سهم حضور درختان راش در آشکوب برین (۳۴ درصد) دلالت بر رقابت با درختان ممرز برای اشغال آشکوب برین دارد (جدول ۳). در مرحله پوسیدگی، درختان میان‌قطر، قطور و خیلی قطور راش درختان کم‌قطر این گونه را دفع کردند؛ با تأکید بر این واقعیت که با بزرگ شدن ابعاد درختان، نقطه شروع حالت دفع در فواصل کوتاه‌تری بود. از آنجا که با افزایش قطر درخت و گستردگی تاج آن، رقابت به دلیل سایه‌اندازی تاج درخت افزایش می‌یابد، نقطه شروع حالت دفع بین درختان کم‌قطر با درختان طبقات قطورتر، از ۲۰ متر به ۲ متر کاهش یافت. چنگ و همکاران در بررسی اجتماع‌پذیری درختان بلوط در طبقات مختلف قطری، اثر متقابل درختان خیلی قطور بر کم‌قطرها در فواصل کوتاه اولیه را از نوع دفع و پس از این فواصل، فاقد هر گونه اثر متقابل مثبت یا منفی دانستند؛ آنها دلیل این امر را وجود رقابت شدید بین

نیازهای مشابه به منابع یا وفور آن و در نتیجه واکنش یکسان آنها دارد؛ همچنین می‌توان این نبود همبستگی را نتیجه تعادل نیروهای مثبت و منفی دانست. درختان کم‌قطر راش در مرحله اولیه توسط درختان میان‌قطر و قطور جذب شدند که شعاع حالت جذب و تحمل‌پذیری درختان کم‌قطر در کنار درختان قطور نسبت به میان‌قطرها افزایش داشت. درختان خیلی قطور نیز میان‌قطرها را تقریباً در تمام فواصل جذب کردند که نیازمندی درختان راش به پرستار را در مراحل اولیه حیات تأیید می‌کند و همسو با یافته‌های چنگ و همکاران است که اجتماع‌پذیری مثبت و قوی میان مراحل جوانی و میانسالی در گونه *Quercus liaotungensis* را به نحوه ارتباط میان آنها و نقش درختان بزرگ‌تر به عنوان پرستار و پناهگاهی برای درختان کوچک‌تر نسبت می‌دهند [۱]. در این مرحله، راش با ممرز مستقل از هم بودند. متفاوت بودن آشیان اکولوژیک این دو گونه و نبود محدودیت‌های محیطی را می‌توان از دلایل نبود رابطه متقابل مثبت یا منفی بین دو گونه در این فواصل دانست؛ در این مرحله تحولی، حضور درختان راش در آشکوب‌های میانی و پایینی بیشتر از درختان ممرز است، اما در آشکوب برین، سهم حضور ممرزها اندکی بیشتر از درختان راش است که می‌تواند متأثر از نیازمندی درختان راش به پناه باشد (جدول ۳). در بررسی مشخصه‌های جنگل‌شناسی توده‌های آمیخته راش - ممرز این نتیجه به دست آمد که درختان ممرز به دلیل سرشت نیمه‌نورپسندی خود در رقابت با راش در جوانی (طبقات قطری کمتر از ۳۵ سانتی‌متر) با سرعت بیشتری خود را به ارتفاع بالاتر می‌کشاند، سپس با رشد کند ارتفاعی، بیشتر توان خود را صرف رویش قطری می‌کنند و پس از این مرحله راش بر ممرز پیشی می‌گیرد [۱۹]. در مرحله بلوغ، درختان کم‌قطر راش با قطورها اثر متقابل نداشتند، ولی توسط درختان میان‌قطر و خیلی قطور در فواصل کوتاه اولیه (حدود ۵ متر) جذب شدند. نتایج به دست آمده همسو با یافته‌های مارین و همکاران در تحلیل

دوره نهالی و جوانی به منظور دسترسی به منابع بیشتر، رقابت شدیدی را با این گونه‌ها آغاز می‌کند.

### نتیجه‌گیری

نیاز درختان کوچک به منابع بیشتر در طول رشد سبب شده که در مرحله بلوغ، تعادل بین نیروهای مثبت و منفی برقرار شود و در مرحله پوسیدگی همدیگر را در فواصل کوتاهی دفع کنند. بین درختان راش با ممرز در مرحله بلوغ و راش با دیگر گونه‌ها در مرحله پوسیدگی در فواصل کوتاه اثر دفع وجود داشت. از آنجا که در اغلب موارد شاهد اثرهای متقابل از نوع جذب یا ختنی هستیم، مشکل رقابتی خاصی در توده‌های مورد بررسی وجود ندارد. حمایت از گروه‌های زادآوری و کپه‌های جوان در مرحله اولیه، اجرای عملیات پرورشی در آشکوب بالایی برای افزایش پایداری درختان و پرورش حجم توده در مرحله بلوغ و ایجاد نشدن روشننه ضمن اجرای عملیات پرورشی در آشکوب بالایی و میانی در مرحله پوسیدگی باید سرلوحه برنامه‌های اجرایی قرار گیرد تا ضمن اصلاح ساختار و حفظ آمیختگی جنگل، تجدید حیات نیز تضمین شود؛ زیرا جنگل دارای ساختار ناهمسال و آمیخته، به مراتب نسبت به خطرهای طبیعی مقاوم‌تر است و تولیدات پایدار بیشتری نیز دارد.

درختان (درون و برون‌گونه‌ای) برای دسترسی به منابع مورد نیاز معرفی کردند [۱]. همچنین نتایج حاصل همسو با یافته‌های ژانگ و همکاران بود که دریافتند درختان میان‌قطر گونه *Picea schrenkiana*، کم‌قطرها را در مقیاس‌های کوچک (۰ تا ۱۶ متری) دفع می‌کنند، ولی در مقیاس‌های بزرگ‌تر نسبت به هم بی تفاوت هستند [۲]. در مرحله پوسیدگی، درختان راش و ممرز بدون اثر متقابل و راش با دیگر گونه‌ها اثر متقابل دفعی داشتند. ممرز تحمل‌پذیری زیادی نسبت به سایه دارد، اما سرشت نورپسندی گونه‌هایی چون توسکای بیلاقی، پلت و شیردار را که نیازها و خواص‌های اکولوژیکی متفاوتی هم نسبت به ممرز دارند می‌توان دلیل اصلی دفع این گونه‌ها توسط راش عنوان کرد. مشاهده می‌شود که سهم حضور این گونه‌ها در آشکوب فوقانی نسبت به دیگر آشکوب‌ها بیشتر است (جدول ۳). توسکای بیلاقی و پلت گونه‌های نورپسند و پیشاهنگی هستند که قابلیت استقرار در روشننه‌های ایجادشده در روند طبیعی چرخه‌های حیاتی یا فضاهای حاصل از آشفته‌گی‌های رخ داده را دارند. این گونه‌ها با رشد سریع ارتفاعی خود در اثر افزایش سن، در نقش پرستار، کنترل کمیت نور را برای گونه غالب (راش) بر عهده می‌گیرند؛ اما راش با گذر از

### References

- [1]. Cheng, X., Han, H., Kang, F., Song, Y., and Liu, K. (2014). Point pattern analysis of different life stages of *Quercus liaotungensis* in Lingkong Mountain, Shanxi Province, China. *Journal of Plant Interactions*, 9(1): 233-240.
- [2]. Zhang, Y., Li, J., Chang, Sh., Li, X., and Lu, J. (2012). Spatial distribution pattern of *Picea schrenkiana* population in the Middle Tianshan Mountains and the relationship with topographic attributes. *Journal of Arid Land*, 4(4): 457-468.
- [3]. Chen, J., Song, B., Rudnicki, M., Moeur, M., Bible, K., North, M., Shaw, D.C., Franklin, J.F., and Braun, D.M. (2004). Spatial relationship of biomass and species distribution in an old-growth *Pseudotsuga-Tsuga* forest. *Forest Science*, 50(3): 364-375.
- [4]. Getzin, S., Dean, C., He, F., Trofymow, J.A., Wiegand, K., and Wiegand, T. (2006). Spatial patterns and competition of tree species in a Douglas-fir chronosequence on Vancouver Island. *Ecography*, 29(5): 671-682.
- [5]. Neeff, T., Biging, G., Dutra, L.V., Freitas, C., Roberto, J., and Santos, D., (2005). Interferometric forest height for modeling spatial tree patterns in Amazonia. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. April 16-21 Goiânia, Brasil, pp. 1621-1628.

- [6]. Martinez, I., Wiegand, T., Gonzalez-Taboada, F., and Obeso, J.R. (2010). Spatial associations among tree species in a temperate forest community in North-western Spain. *Forest Ecology and Management*, 260(4): 456-465.
- [7]. Wiegand, T., Gunatilleke, S., Gunatilleke, N., and Okuda, T. (2007). Analysing the spatial structure of a Sri lankan trees Species with multiple scales of clustering. *Ecology*, 88(12): 3088-3102.
- [8]. Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Zenner, E.K., and Safavimanesh, F.(2012). Spatial patterns in different forest development stages of an intact old-growth Oriental beech forest in the Caspian region of Iran. *European Journal of Forest Research*, 131(5): 1355-1366.
- [9]. Omidvar Hosseini, F., Akhavan, R., Kia-Daliri, H., and Mataji, A. (2015). Spatial Patterns and Intra-Specific Competition of Chestnut leaf Oak (*Quercus castaneifolia*) using Ripley's K-function (Case study: Neka-Zalemrood forest- Sari). *Journa of Forest and Wood Product*. 68(1): 107-120.
- [10]. Amanzadeh, B., Pourmajidian, M.R., Sagheb-Talebi, Kh., and Hojjati, S.M. (2015). Spatial Pattern, competition and spatial association of trees in Mixed Hornbeam Stands using univariate and bivariate Ripley's K-function (case study: Reserve area, district 3 of Asalem forests). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(1): 37-52.
- [11]. Anonymous (2000). *Forest Management Plan of Sistan district*, 358 pp.
- [12]. Sagheb-Talebi, Kh., and Schuetz, J.P. (2002). The structure of natural oriental beech (*Fagus orrientalis* Lipsky) forest in the Caspian region and the application of the group selection system. *Forestry Oxford*, 75(4): 465-472.
- [13]. Hao, Z., Zhang, J., Song, B., Ye, J., and Li, B. (2007). Vertical structure and spatial associations of dominant tree species in an old-growth temperate forest. *Forest ecology and management*, 252(1-3): 1-11.
- [14]. Wiegand, T., and Moloney, K.A. (2004). Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. *Oikos*, 104(2): 209-229.
- [15]. Lan, G., Getzin, S., Wiegand, T., Hu, Y., Xie, G., Zhu, H., and Cao, M. (2012). Spatial Distribution and Interspecific Associations of Tree Species in a Tropical Seasonal Rain Forest of China. *PLOS ONE*, 7(9): 1-10.
- [16]. Akhavan, R. (2013). Spatial patterns of trees during forest development stages at untouched beech stands in the Caspian forests of Iran. Final report of National Project No. 5486-90. Research Institute of Forests and Rangelands, Iran, p. 45 (in Persian with English abstract).
- [17]. Haase, P., Pugnaire, F.L., Clark, S.C., and Incoll, L.D. (1996). Spatial patterns in a two-tiered semi-arid shrubland in southeastern Spain. *Journal of Vegetation Science*, 7(4): 527-534.
- [18]. Gadow, V.K. (2005). *Forsteinrichtung: Analyse und Entwurf der Waldentwicklung*, Universitätsverlag Gottingen, Gottingen.
- [19]. Amini, M., Sagheb-Talebi, Kh., Khorankeh, S., and Amini, R. (2010). Description of some silvicultural characteristics in a mixed Beech-Hornbeam forest (Case study: permanent plot, Neka- Zalem Roud forest project). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(1): 21-34.
- [20]. Marin, A., Carrer, D.M., and Lamdica, D.S. (2011). Spatial Analysis of a mixed Beech, Sprue and Fir stand in the eastern Alps. Master thesis, Dept. Land, Enviroment, Agriculture and Forestry, College of Agricultural Sciences, University of Padua, 71 p.

## Spatial patterns, competition and spatial association of trees from different development stages in mixed beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands

**M. Kazempour Larsary\***; M.Sc. Student of Silvicultural and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Somehsara, I.R. Iran

**K. Taheri Abkenar**; Assoc. Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Somehsara, I.R. Iran

**R. Akhavan**; Assoc. Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran

**H. Pourbabaei**; Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Somehsara, I.R. Iran

**B. Amanzadeh**; Senior Research Expert, Research and Education of Agriculture and Natural Research Center of Guilan, Rasht, I.R. Iran

(Received: 30 January 2016, Accepted: 12 June 2016)

### ABSTRACT

This research was conducted to study the spatial patterns, inter and intra-specific associations of tree species that may provide valuable insights into processes and mechanisms that maintain species coexistence. Data collection was done using three one-hectare (100 m × 100 m) plots from three development stages (initial, optimal and decay) in an intact mixed beech forest. The positions of all trees with diameter at breast height (DBH) larger than 7.5 cm were recorded using azimuth-distance method. The measured trees were then divided into four diameter size classes. Spatial patterns and spatial associations among tree size classes (intra-specific) and among species (interspecific) were analyzed using univariate and bivariate Ripley's *K*-function. Results indicated that spatial patterns of trees are aggregated, slightly aggregated and random for initial, optimal and decay stages, respectively. Over time, shade-tolerant nature and intra-specific competition of beech trees from different size classes as well as inter-specific competition between beech- hornbeam and among beech- other species across different development stages indicated the different situations. Structural differences, various ecological nature, various reaction of different species to environmental variables at different life stages, difference in growth and physiological mortality due to mixed studied stands can be considered as effective factors in these difference. Knowledge about spatial pattern and natural events are the prerequisite for the implementation of targeted silvicultural interventions and commensurate with the potential and development stages of forest stands.

**Keywords:** Competition, Development stages, Mixed beech stands, Ripley's *K*-function, Spatial association.

---

\* Corresponding author, Email: kazempourmaryam@yahoo.com, Tel: +989113306132