

بررسی الگوی مکانی و رقابت درون گونه‌ای بلندمازو

(*Quercus Castaneifolia* C.A.Mey.) با استفاده از تابع K رایپلی

(مطالعه موردی: پارسل شاهد جنگل نکا- ظالمرو، ساری)

- ❖ فریده امیدوار حسینی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
- ❖ رضا اخوان*؛ دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران
- ❖ هادی کیادلیری؛ استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
- ❖ اسدالله متاجی؛ دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

چکیده

یکی از جنبه‌های آشکار ساختار یک توده جنگلی الگوی مکانی درختان است. رقابت از عوامل تأثیرگذار بر ساختار جنگل است. شناخت رقابت در جنگل به‌ویژه هنگامی اهمیت دارد که هدف از مدیریت جنگل تقلید از پویایی اکوسیستم‌های طبیعی باشد. به این منظور، یک پارسل مدیریت نشده به مساحت ۲۶ هکتار در منطقه نکا انتخاب و کلیه درختان بلندمازو با قطر برابر سینه بیشتر از ۷/۵ سانتی متر مورد اندازه‌گیری قطر قرار گرفته و مختصات دکارتی آن‌ها تعیین شد. سپس درختان اندازه‌گیری شده براساس قطر برابر سینه به چهار کلاس کم قطر، میان قطر، قطور، و خیلی قطور تقسیم شدند. به منظور بررسی الگوی مکانی درختان بلندمازو در کل منطقه و در هر کلاس قطری از تابع تک متغیره K رایپلی و برای بررسی رقابت درون گونه‌ای از تابع دو متغیره K رایپلی استفاده شد. نتایج نشان داد که الگوی مکانی درختان به دلیل سنگین بودن بذر بلندمازو و فراوانی زیاد درختان جوان در فواصل کوتاه خوشه‌ای و با بزرگ شدن مقیاس بررسی تصادفی می‌شود. نتایج بررسی تأثیرات متقابل بین کلاسه‌های مختلف قطری درختان بلندمازو نشان داد که تأثیرات رقابتی مثبت و منفی متفاوتی در کلاسه‌های مختلف قطری نسبت به هم دارند که در فواصل متفاوتی با توجه به ابعاد درختان اتفاق می‌افتد که متأثر از نورپسندی، محدودیت پراکنش بذر، و رقابت درون گونه‌ای این گونه است. با توجه به اینکه پراکنش بلندمازوها از الگوی تصادفی تبعیت کرده، بنابراین دخالت‌های جنگل‌شناسی باید علاوه بر ملاحظه سایر عوامل مؤثر در نشانه‌گذاری، به گونه‌ای باشد که برداشت فقط به صورت پایه‌ای و تصادفی انجام شود و توده به سمت الگوی تصادفی سوق داده شود. واژگان کلیدی: الگوی مکانی، بلندمازو، تابع K رایپلی، توده دست نخورده، رقابت درون گونه‌ای.

مقدمه

رایبلی است. تابع تک‌متغیره K راییبلی فقط برای نشان‌دادن وضعیت پراکنش گونه‌ها (تصادفی، خوشه‌ای، و منظم) است. در این روش، مختصات هر نقطه (درخت) ثبت و برای تعیین الگوی مکانی استفاده می‌شود که روش راییبلی [۶، ۷، ۸] از چنین اطلاعاتی استفاده می‌کند؛ مور در سال ۱۹۹۳ پیشگام استفاده از این روش بوده است [۹]. در مقابل تابع دومتغیره K راییبلی تأثیرات متقابل درختان یا الگوی اجتماع‌پذیری آن‌ها را بررسی می‌کند که می‌توان آن را به دو دسته اثر متقابل یا اجتماع‌پذیری مثبت یا جذب^۶ و منفی یا دفع^۷ تقسیم کرد.

از تحقیقات داخلی انجام‌گرفته در زمینه بررسی الگوی مکانی درختان با استفاده از تابع K راییبلی، الگوی مکانی حفره‌های تجدیدحیات در مناطق مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده جنگل خیرود نوشهر بررسی شد که به الگوهای تصادفی و یکنواخت دست یافتند [۱۰]. همچنین، الگوی مکانی درختان در مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش در کلاردشت با استفاده از همین روش بررسی شد که به الگوهای خوشه‌ای و تصادفی رسیدند [۱۱]. در تحلیل الگوی مکانی کوچک مقیاس بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس به‌وسیله تابع K راییبلی به این نتیجه رسیدند که بلوط ایرانی الگوی مختلط داشته که با بزرگ‌شدن مقیاس بررسی، الگوی مکانی آن از کپه‌ای به تصادفی تغییر می‌کند [۱۲]. توده‌های دست‌نخورده راش خالص در منطقه کلاردشت در چهار کلاسه قطری کم‌قطر، میان‌قطر، قطور، و خیلی قطور با استفاده از تابع دومتغیره K راییبلی بررسی شد

یکی از ویژگی‌های اکولوژیک جوامع جنگلی، الگوی مکانی درختان است که می‌تواند برآیند ناهمگنی محیطی، آشفستگی‌های طبیعی و انسانی، رقابت درون یا بین‌گونه‌ای و عملکرد پیشینه حیات باشد [۱]. گیاهان در هر منطقه جغرافیایی یا در هر رویشگاهی به‌صورت تصادفی^۱ یا غیرتصادفی پراکنده شده‌اند که پراکنش غیرتصادفی به دو شکل منظم^۲ و خوشه‌ای^۳ تقسیم می‌شود.

رقابت یک فرایند اکولوژیکی اساسی است که پویایی، زنده‌مانی، رشد، و همزیستی گونه‌های یک جمعیت را تنظیم می‌کند [۲]. به‌طور کلی، رقابت درختان را می‌توان به دو دسته درون‌گونه‌ای^۴ و بین‌گونه‌ای^۵ تقسیم کرد. رقابت درختان در جنگل از جمله سازوکارهای حیاتی است که از عوامل مؤثر در فرایند توالی در جنگل بوده و بر ساختار توده جنگلی تأثیر می‌گذارد [۳]. الگوی پراکنش درختان در توده جنگلی نیز یکی از تبعات و تأثیرات رقابت در جنگل است. شناخت رقابت در جنگل به‌ویژه هنگامی مهم است که هدف از مدیریت جنگل تقلید از پویایی اکوسیستم‌های طبیعی باشد [۴، ۵]. از آنجا که رقابت فرایندی است که ابتدا بین درختان مجاور اتفاق می‌افتد، موقعیت مکانی درختان اطلاعات مفیدی از تأثیر رقابت در شرایط محیطی را به‌دست می‌دهد.

تاکنون شاخص‌های مختلفی برای بررسی این‌گونه ارتباطات بین دو گروه از گیاهان معرفی شده که یکی از بهترین این شاخص‌ها تابع دومتغیره K

1. random
2. regular
3. cluster
4. intra-specific
5. inter-specific

6. attraction
7. repulsion

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

برای انجام دادن این تحقیق پارسل شاهد شماره ۸/۱، سری ۳، بخش ۲ نکاچوب در حوضه آبخیز ۷۵ در منطقه نکا- ظالمروود به مساحت ۲۶ هکتار با جهت عمومی شمال غربی با متوسط ارتفاع ۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریا انتخاب شد. این تحقیق در یک توده آمیخته بلوط- ممرز انجام شد که تحت هیچ‌گونه عملیات پرورشی و دخالت نبوده است. میانگین بارندگی سالیانه ۶۱۸/۴ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه با استفاده از روش آمبرژه و دومارتن از نوع نیمه‌مرطوب معتدل است. تیپ خاک قهوه‌ای پسدوگلی تا قرمز پدزولیک و pH خاک عموماً خشتی تا اسیدی ضعیف است، ولی در عمق زیرین pH قلیایی دارد. در ناحیه مطالعه شده دو تیپ جنگلی عمده قابل تفکیک است که عبارت‌اند از: تیپ بلوط خالص و تیپ بلوط- ممرز همراه با سایر پهن‌برگان [۱۸].

روش اجرای تحقیق

با انتخاب پارسل شاهد، مختصات اولین درخت در گوشه جنوب غربی پارسل ۲۶ هکتاری به منزله نقطه مبنای اول به وسیله دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (جی‌پی‌اس) در سیستم مختصات UTM برداشت و ثبت شد. از آن‌جا که در جنگل‌های هیرکانی شمال کشور فاصله درختان معمولاً کم و دقت دستگاه موقعیت‌یاب جهانی در بهترین حالت ۵ متر است، برای ثبت مختصات درختان موجود باید از روش فاصله- آزیموت [۹] استفاده می‌شد. به این صورت

و به این نتیجه رسیدند که درختان راش از کلاسه‌های مختلف قطری، تأثیرات رقابتی مثبت و منفی متفاوتی در مراحل مختلف تحولی نسبت به هم دارند [۱۳]. تحقیقات خارجی انجام شده با استفاده از توابع تک‌متغیره و دو متغیره *K* رایپلی بسیار زیاد است که در اینجا فقط به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود. وات از پیشگامان مطالعه الگوی مکانی گیاهان بود که این الگوها را طی مراحل مختلف توالی بررسی کرد [۱۴]. الگوی مکانی گونه *Nothofagus oblique* در جنگل‌های سوزنی‌برگ آمیخته شیلی، تصادفی و خوشه‌ای تعیین شد [۱۵]. در جنگل‌های بهره‌برداری شده شمال غرب اسپانیا نشان داده شد که به دلیل رقابت، نوعی اثر متقابل منفی (دفع) بین درختان کم‌قطر و قطور وجود دارد [۱۶]. در جنگل‌های آلپی تبت، تأثیرات متقابل درختان در کلاسه‌های مختلف قطری را بیشتر از نوع مثبت و جذب تشخیص دادند [۱۷].

جنگل‌های بلندمازو، پس از راشستان‌ها، بارزترین تیپ جنگلی شمال ایران به‌شمار می‌آیند؛ از این‌رو، مطالعه ساختار مکانی و بررسی الگوهای اجتماع‌پذیری و تأثیرات متقابل آن‌ها، به‌ویژه بررسی رقابت، بسیار حائز اهمیت است. هدف از این تحقیق تعیین الگوی مکانی درختان بلندمازو در سنین مختلف به منظور بررسی پویایی (دینامیک) جنگل، همچنین بررسی رقابت درون‌گونه‌ای بلندمازو بین کلاسه‌های مختلف قطری (کم‌قطر، میان‌قطر، قطور، و خیلی قطور) است. با بررسی سوابق تحقیق مشخص شد که بررسی الگوی مکانی درختان و تأثیرات متقابل آن‌ها بر گونه بلندمازو تاکنون در کشور انجام نشده و از این منظر این بررسی کاملاً جدید است.

نزدیک‌ترین همسایه، که فقط فاصله از یک نقطه معین تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش را در نظر می‌گیرد، در روش رایپلی فواصل بین همه جفت نقاط موجود در سطح بررسی شده در نظر گرفته می‌شود [۹]. این تابع برای یک الگوی نقطه‌ای مشخص به صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$K_{(r)} = \frac{\bar{n}_{(r)}}{\rho} \quad (1)$$

به طوری که $\bar{n}_{(r)}$ میانگین تعداد درختان همسایه‌ای است که به شعاع r از یک درخت قرار گرفته‌اند و ρ تراکم (تعداد در واحد سطح) است. امروزه به جای تابع K رایپلی از شکل اصلاح‌شده آن، یعنی تابع L استفاده می‌شود [۲۰] که حالت خطی تابع K است و نیز واریانس K را تثبیت می‌کند [۲۱]. ماهیت تابع $L_{(r)}$ به شکل تجمعی بوده و قادر است الگو را تا شعاع‌های مختلف از نقاط مرکزی تعیین کند. همچنین، نمایش و تفسیر تابع L نسبت به تابع K ساده‌تر است که به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود.

$$L_{(r)} = \sqrt{\frac{K_{(r)}}{\pi}} - r \quad (2)$$

حال اگر مقدار تابع L برابر صفر باشد، نشان‌دهنده الگوی تصادفی است که به عنوان فرض صفر در نظر گرفته می‌شود، اما اگر بزرگ‌تر از صفر باشد، نشان‌دهنده الگوی خوشه‌ای و اگر کوچک‌تر از صفر باشد، نشان‌دهنده الگوی منظم است.

به منظور بررسی اثر متقابل بین گروه‌های درختی و مطالعه رقابت و اجتماع‌پذیری آن‌ها از تابع دومتغیره K_{12} رایپلی استفاده می‌شود. این تابع فواصل میان گونه‌های مختلف درختی یا فواصل بین درختان یک گونه با ابعاد مختلف را در یک نقشه توزیع

که فاصله و آزیموت درخت دوم نسبت به نقطه مبنای اول (درخت اول) با دستگاه ورتکس و قطب‌نمای سونتو اندازه‌گیری و تعیین و سپس با استفاده از روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی (x,y) تبدیل شد. سپس مختصات درخت دوم به مختصات درخت اول (نقطه مبنای اول) اضافه و در نتیجه مختصات دومین درخت به دست آمد. به همین ترتیب، در منطقه بررسی شده فاصله و آزیموت هر درخت نسبت به درخت مبنای مربوطه سنجیده و به مختصات UTM تبدیل شد. بدین ترتیب، کل پایه‌های بلندمازو در منطقه بررسی شده اندازه‌گیری و موقعیت مکانی آن‌ها ثبت شد. علاوه بر فاصله و آزیموت، قطر در ارتفاع برابر سینه نیز برای درختان قطورتر از ۷/۵ سانتی‌متر در طبقات قطری یک سانتی‌متری ثبت شد. در مرحله بعد، درختان اندازه‌گیری شده براساس اندازه قطر برابر سینه به چهار کلاس قطری کم‌قطر (۷/۵ تا ۳۲/۵ سانتی‌متر)، میان‌قطر (۳۲/۶ تا ۵۲/۵ سانتی‌متر)، قطور (۵۲/۶ تا ۷۲/۵ سانتی‌متر)، و خیلی قطور (بیشتر از ۷۲/۵ سانتی‌متر) [۱۹] تقسیم شدند. سپس تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از تابع K رایپلی به منظور تعیین الگوی مکانی درختان بلندمازو در کل منطقه و در هر کلاس قطری انجام شد. همچنین، آنالیز دومتغیره به منظور بررسی تأثیرات متقابل^۱ بین کلاس‌های قطری با تابع K رایپلی انجام شد.

تابع K رایپلی

تابع یک‌متغیره K رایپلی براساس تعداد نقاط (درخت) موجود در یک شعاع مشخص (r) ، به بررسی الگوهای مکانی می‌پردازد. برخلاف روش

1. interaction

مونت کارلو محاسبه و ترسیم می‌شود؛ به طوری که اگر تابع L_{12} در داخل این محدوده قرار گیرد، الگوی اجتماع‌پذیری مشاهده‌شده با الگوی مستقل تفاوت آماری معناداری نخواهد داشت، اما اگر تابع L_{12} بالاتر از این محدوده قرار گیرد، نشانه وجود ارتباط مکانی مثبت از نوع جذب و اگر پایین‌تر از این محدوده واقع شود، نشان‌دهنده ارتباط مکانی منفی از نوع دفع بین گونه‌ها یا گروه‌های مختلف بررسی شده است.

در تحقیق حاضر، فاصله مورد عمل برای محاسبه تابع $L(r)$ تک‌متغیره تا ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد. این فاصله معمولاً برابر با نصف طول ضلع کوچک قطعه بررسی شده است که در این تحقیق فاصله بیش از ۱۰۰ متر نیز بررسی شد، ولی تغییری در الگوی مکانی مشاهده نشد. در تابع دو متغیره نیز، بررسی تا فاصله ۵۰ متری انجام شد، چون اثر متقابل درختان در فواصل بیش از ۵۰ متر به حداقل خود می‌رسد [۹، ۱۵]. از آنجا که درختان موجود در طبقات قطری بزرگ‌تر بر رویش درختان موجود در طبقات قطری کوچک‌تر اثرگذارند، ولی درختان طبقات قطری کوچک‌تر بر رویش درختان قطورتر تأثیر چندانی ندارند [۲۴]، در محاسبه‌های انجام‌شده، مکان درختان طبقات قطری بزرگ‌تر ثابت و مکان درختان طبقات قطری کوچک‌تر در نرم‌افزار متغیر در نظر گرفته شد [۲۵]. در این تحقیق، به دلیل وجود ناهمگنی در منطقه مطالعه‌شده از لحاظ توپوگرافی برای انجام دادن محاسبه‌ها در دو حالت تک‌متغیره و دو متغیره از گزینه منطقه ناهمگن نرم‌افزار استفاده شد. کلیه محاسبه‌ها مربوط به تعیین مقادیر تابع K رایبلی با استفاده از نرم‌افزار پروگرامیتا^۲ انجام شد.

مکانی درختان^۱ در نظر می‌گیرد. مقدار K_{12} به تعداد همسایه‌های مورد انتظار گونه یا گروه ۲ در دایره‌ای به شعاع r و به مرکزیت گونه یا گروه ۱ در یک توده جنگلی بستگی دارد [۲۲]. معمولاً در این حالت نیز از شکل اصلاح‌شده تابع $K_{12(r)}$ یعنی $L_{12(r)}$ استفاده می‌شود که به صورت رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$L_{12(r)} = \left(\sqrt{\frac{K_{12(r)}}{\pi}} - r \right) \quad (3)$$

مقادیر $L_{12(r)} > 0$ نشان‌دهنده کشش یا جذب و مقادیر $L_{12(r)} < 0$ نشان‌دهنده دفع بین دو گروه تا فاصله r است و مقادیر $L_{12(r)} = 0$ حالت خنثی بین دو گروه را نشان می‌دهد که به عنوان فرض صفر در نظر گرفته می‌شود.

آزمون فرض صفر

ساده‌ترین فرض صفر، که به طور گسترده در آنالیزهای تک‌متغیره در نظر گرفته می‌شود، الگوی مکانی کاملاً تصادفی است [۲۳]. برای آزمون فرض صفر، نتایج $L(r)$ در سطح احتمال مشخص با شبیه‌سازی مونت کارلو مقایسه می‌شود. در صورتی که مقدار $L(r)$ در داخل محدوده مونت کارلو قرار گیرد، فرض صفر تأیید و اگر خارج از این محدوده قرار بگیرد، فرض صفر رد می‌شود. در این بررسی، شبیه‌سازی مونت کارلو ۹۹ بار تکرار شد. در روش دو متغیره رایبلی نیز، برای آزمون معنادار بودن تفاوت اثر متقابل مشاهده‌شده از نوع جذب یا دفع بین گونه‌ها یا گروه‌های مختلف درختان، با وضعیت بدون اثر متقابل یا مستقل، که به عنوان فرض صفر در نظر گرفته می‌شود، حدود اعتماد با استفاده از آزمون

نتایج و بحث

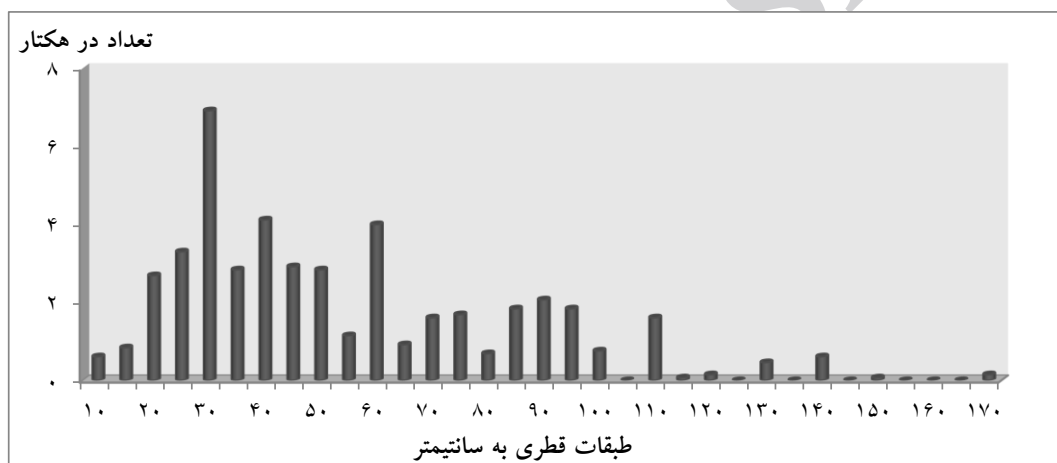
۱ ارائه شده است. نمودار تعداد در هکتار درختان

بلندمازو در پارسل شاهد در شکل ۱ ارائه شده است. شکل ۲ نقشه توزیع مکانی درختان منطقه بررسی شده را به تفکیک کلاسه‌های قطری چهارگانه نشان می‌دهد.

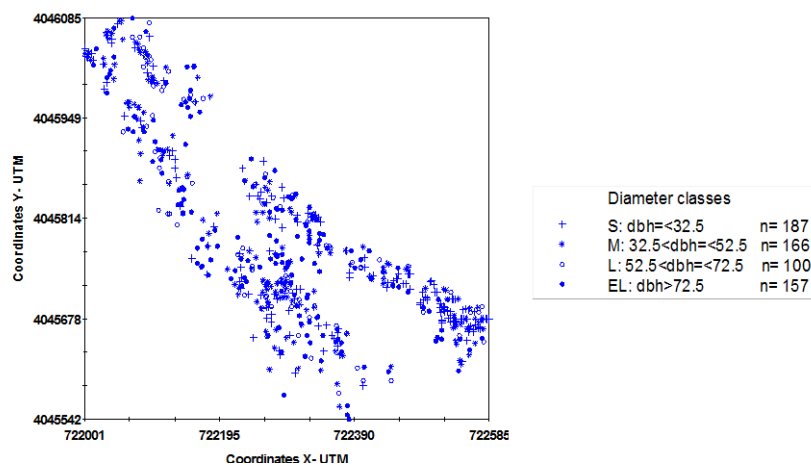
با حذف مناطق عدم حضور بلندمازو و مناطق غیر قابل دسترس از پارسل ۲۶ هکتاری، در مجموع قطر برابر سینه ۶۱۰ درخت در عرصه‌ای به مساحت ۱۳ هکتار اندازه‌گیری و مختصات دکارتی آن‌ها تعیین شد. تراکم درختان به تفکیک کلاسه‌های قطری در جدول

جدول ۱. فراوانی درختان بلندمازو در کلاسه‌های قطری مختلف

کلاسه قطری	کم قطر	میان قطر	قطر	خیلی قطر	جمع
فراوانی مطلق	۱۸۷	۱۶۶	۱۰۰	۱۵۷	۶۱۰
درصد فراوانی	۳۰/۶٪	۲۷/۳٪	۱۶/۴٪	۲۵/۷٪	۱۰۰٪



شکل ۱. نمودار پراکنش تعداد در طبقات قطری بلندمازو در پارسل ۳۰۸/۱

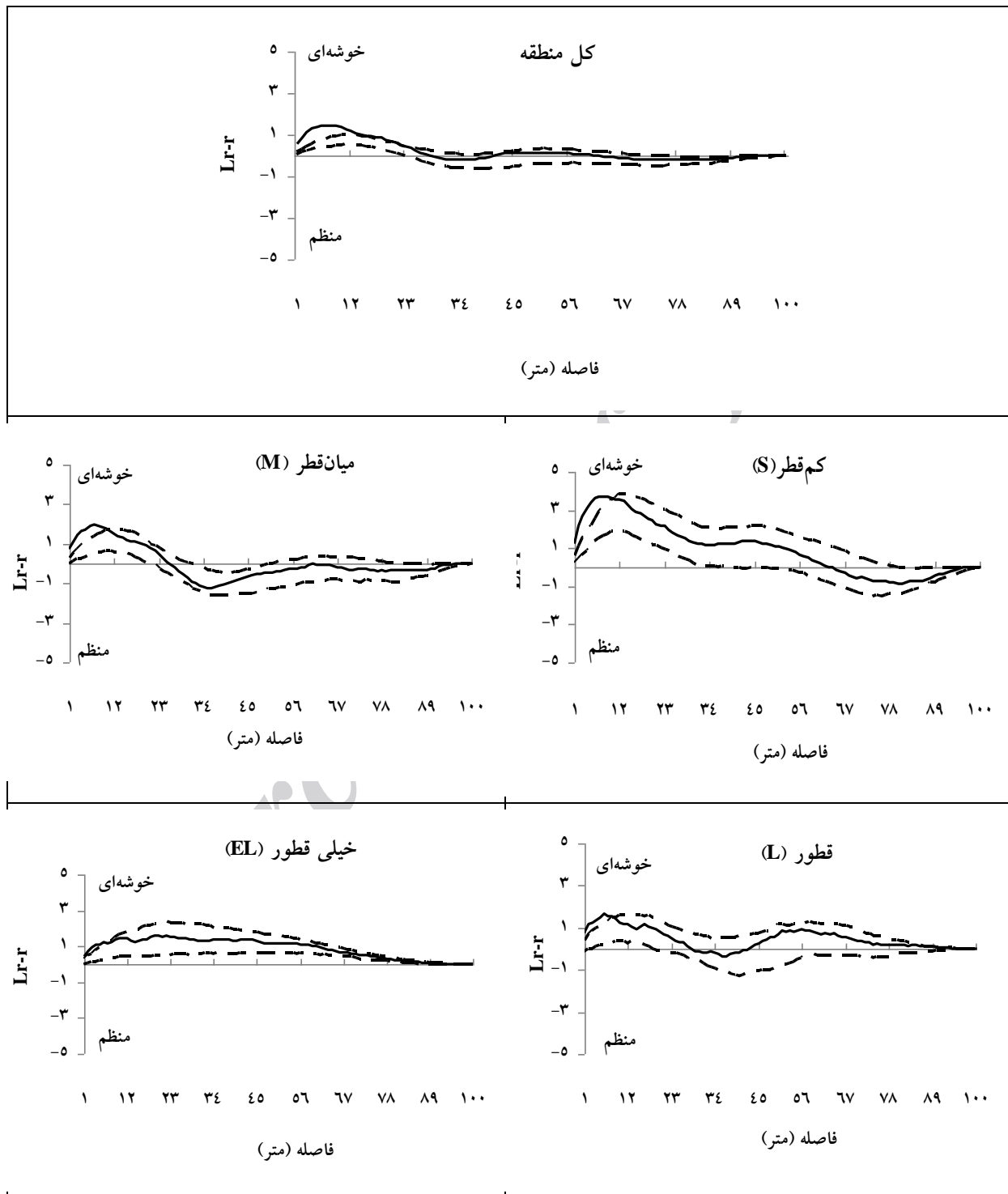


شکل ۲. الگوی مکانی درختان بلندمازو در منطقه بررسی شده به تفکیک کلاسه‌های قطری

dbh: قطر برابر سینه به سانتی‌متر؛ n: تعداد در کلاسه قطری؛ حروف S, M, L و EL به ترتیب معرف کلاسه‌های قطری کم قطر، میان قطر، قطر، و خیلی قطرونند)

منطقه و به تفکیک کلاسه‌های قطری براساس تابع L نشان می‌دهد.

تابع تک‌متغیره رایپلی
شکل ۳ الگوی پراکنش درختان بلندمازو را در کل



شکل ۳. نمودار تابع $L(r)$ و حدود مونت کارلو (محدوده خط چین) در کل منطقه و به تفکیک کلاسه‌های قطری

میان قطر (شکل ۴-الف) از فاصله حدود ۸/۵ متری تا شعاع ۵۰ متری تابع $L_{1/2(r)}$ در داخل محدوده مونت کارلو قرار گرفته و اثر متقابل معناداری بین این دو کلاسه قطری وجود ندارد. در میانسالی، درختان میان قطر با درختان قطور (شکل ۴-د) تا شعاع حدود ۸ متری اثر متقابل مثبت یا جذب دارند و پس از آن، تا شعاع ۵۰ متری بدون اثر متقابل معنادارند که حالت مستقل یا خنثی دارند. درختان میان قطر با درختان خیلی قطور (شکل ۴-ه) تا فواصل زیادی (حدود ۳۰ متری) بدون اثر متقابل معنادارند و از این فاصله به بعد حالت دافعه پیدا می‌کنند. در کهنسالی (مسن)، درختان قطور با درختان خیلی قطور (شکل ۴-و)، با توجه به قرار گرفتن تابع $L_{1/2(r)}$ در همه مقیاس‌ها در داخل محدوده مونت کارلو، اثر متقابل معناداری ندارند و در واقع از هم مستقل‌اند.

پراکنش خوشه‌ای درختان کلاسه کم قطر تا فاصله ۱۰ متر اولیه را می‌توان به تعداد درخت بیشتر یا تراکم بیشتر (۱۸۷ اصله) نسبت به کلاسه‌های قطری بزرگ‌تر (قطور و خیلی قطور) نسبت داد [۲۶]. دلیل دیگر آن سنگین بودن بذر درخت بلندمازو است که زادآوری به صورت گروهی در زیر درختان مادری شکل می‌گیرد. با توجه به نمودار پراکنش تعداد در طبقات قطری (شکل ۱) مشاهده می‌شود که مثلاً طبقه قطری ۳۰ سانتی متری بیشترین تراکم را دارد که به طور مجزا الگوی به دست آمده آن تا فاصله ۱۰ متری خوشه‌ای و پس از آن تصادفی شده است.

در نتیجه، می‌توان این‌طور برداشت کرد که طبقات قطری پرتعداد و متراکم در فواصل کوتاه (مقیاس کوچک) خوشه‌ای‌اند، ولی وقتی مقیاس بررسی بزرگ می‌شود، این پایه‌ها با درختان اطراف خود تشکیل الگوی تصادفی را می‌دهند که مبنای نتایج این تحقیق

با توجه به نمودار تابع L در شکل ۳ ملاحظه می‌شود که برای کل منطقه مطالعه شده تا فاصله حدود ۱۳ متری مقدار این تابع بالاتر از حدود مونت کارلو قرار گرفته و در نتیجه الگوی پراکنش درختان در این فاصله کاملاً خوشه‌ای است، اما پس از فاصله ۱۳ متری تا شعاع ۱۰۰ متری تابع L کاملاً در داخل حدود مونت کارلو قرار گرفته و به الگوی تصادفی می‌رسد. درختان کلاسه‌های قطری کم قطر و میان قطر به ترتیب تا فاصله حدود ۱۰ متری و ۸ متری به صورت خوشه‌ای‌اند و پس از این فاصله تا شعاع ۱۰۰ متری الگو تصادفی است؛ چون تابع L به داخل حدود مونت کارلو نفوذ می‌کند. الگوی پراکنش درختان کلاسه‌های قطور و خیلی قطور تا فاصله کوتاهی (حدود ۴ متر) خوشه‌ای ضعیف است، چون تابع L تقریباً مماس با حدود مونت کارلو حرکت کرده و پس از این فاصله تا شعاع ۱۰۰ متری مقدار تابع L داخل محدوده مونت کارلو قرار گرفته و الگو تصادفی است.

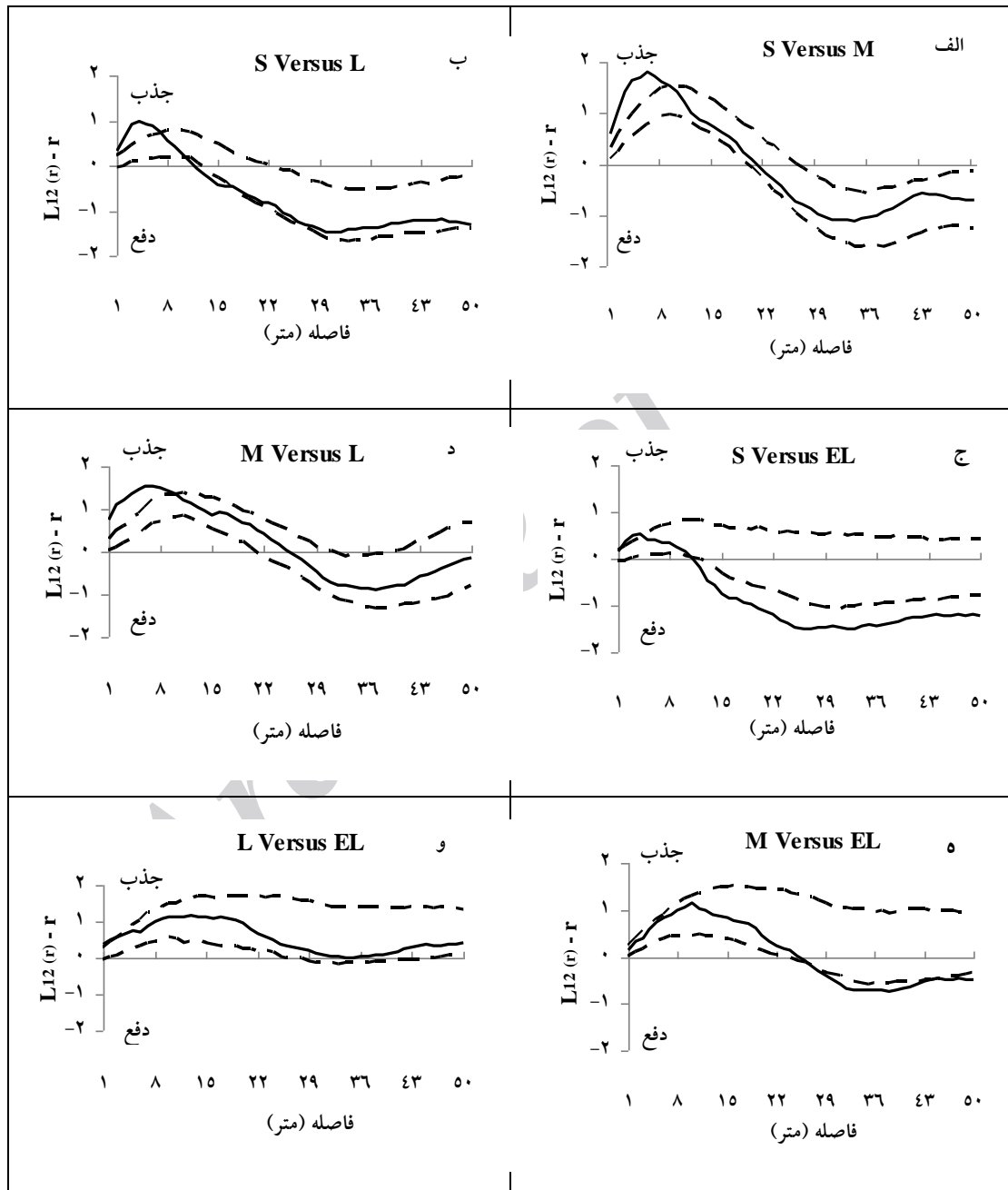
تابع دومتغیره رایپلی

شکل ۴ تأثیرات متقابل متفاوتی بین کلاسه‌های مختلف قطری درختان بلندمازو را در سنین مختلف (جوانی، میانسالی، و مسن) با تابع $L_{1/2(r)}$ نشان می‌دهد. در سن جوانی، درختان کم قطر با درختان میان قطر (شکل ۴-الف) تا فاصله بیشتری (شعاع ۸/۵ متری) نسبت به درختان قطور و خیلی قطور (شکل ۴-ب؛ ج) اثر متقابل مثبت یا جذب دارند (به ترتیب ۷ و ۴ متر).

در کلاسه کم قطر با خیلی قطور (شکل ۴-ج) از فاصله حدود ۱۰ متر به بعد اثر متقابل منفی یا دفع وجود دارد. درباره تأثیرات متقابل درختان کم قطر با

پرورشی در کلاسه‌های میان قطر و قطور باید با ملاحظات بیشتری صورت گیرد، زیرا هنوز وابستگی به پایه مادری وجود دارد، ولی پس از آن با افزایش توانایی بردباری نسبت به نور، چیره‌نما شده و در اشکوب بالا قرار می‌گیرند.

است. طبق نتایج به دست آمده در شکل ۳، الگوی پراکنش درختان کلاسه‌های میان قطر، قطور، و خیلی قطور را می‌توان این‌طور تفسیر کرد که زادآوری تا شعاع ۱۰ متر انجام شده و نهال‌های جوان به سایه درختان مادری نیاز دارند؛ در نتیجه، دخالت‌های



شکل ۴. نمودار تابع $L_{12}(r)$ و حدود مونت کارلو (محدوده خط چین) (حروف S, M, L و EL به ترتیب معرف کلاسه‌های قطری کم قطر، میان قطر، قطور، و خیلی قطورند؛ مثلاً S Versus M یعنی اثر متقابل بین درختان کلاسه قطری کم قطر با میان قطر)

در تفسیر الگوی پراکنش درختان بلندمازو در کل منطقه، که در فواصل کوتاه الگوی خوشه‌ای را نشان داده و سپس به الگوی تصادفی رسیده، باید بیان کرد که چون درصد پایه‌های جوان (کم‌قطر و میان‌قطر) خیلی زیاد است، در نتیجه الگوی کلی پراکنش همه پایه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و سبب ایجاد الگوی خوشه‌ای در فواصل کوتاه شده است. به عبارت دیگر، تراکم درختان به دلیل رقابت کاهش یافته، اما این کاهش تعداد در تغییر الگوی خوشه‌ای مؤثر نبوده است. در نهایت نتیجه‌گیری می‌شود که بلندمازو در همه طبقات قطری و در اکثر فاصله‌ها الگوی پراکنش تصادفی دارد، ولی در فواصل کوتاه، به دلیل این‌که مقیاس بررسی کوچک می‌شود (که در تعیین نوع الگو یکی از عوامل کلیدی است) و نیز به دلیل قرار گرفتن چندین درخت بلندمازو در کنار هم (بلندمازو تاج گسترده‌ای ندارد و فضای کمی را اشغال می‌کند)، الگو خوشه‌ای می‌شود.

نتایج تأثیرات متقابل کلاسه‌های قطری با تابع

دومتغیره K رایلی تأکیدی بر تفسیر نتایج به دست آمده از الگوی پراکنش درختان در کل منطقه و به تفکیک کلاسه‌های قطری است؛ به طوری که کلاسه کم‌قطر با کلاسه میان‌قطر تا فاصله حدود ۸ متری حالت جذب دارند؛ یعنی می‌توانند یکدیگر را تحمل کنند و پس از آن تا فواصل بیشتر اثری بر روی هم ندارند؛ بنابراین، می‌توان به این نتیجه رسید که الگوی خوشه‌ای که در کلاسه‌های کم‌قطر و میان‌قطر شکل گرفته تأییدی است بر این ادعا که این دو کلاسه قطری تا فاصله معینی به راحتی در کنار هم و بدون مشکل رقابتی زندگی می‌کنند و پس از آن اثر رقابتی مثبت و منفی روی هم ندارند (شکل ۴- الف). کلاسه‌های کم‌قطر و

قطر بعد از فاصله ۸ متر اثر رقابتی خاصی بر روی هم ندارند و بدون مشکل در کنار هم زندگی می‌کنند. این روند کاملاً طبیعی است که با بزرگ شدن ابعاد درختان در کلاسه قطور شعاع حالت جذب و تحمل‌پذیری درختان کم‌قطر در کنار درختان قطور کاهش پیدا کند، زیرا درختان کم‌قطر برای رشد به نور و فضای کافی نیاز دارند (شکل ۴- ب). کلاسه‌های کم‌قطر با خیلی قطور در فواصل کمتر از ۱۰ متر اثر خاصی بر روی هم ندارند و سپس تا فاصله ۵۰ متری حالت دافعه دارند (شکل ۴- ج)، زیرا هنگامی که نهالی به قطر ۷/۵ سانتی‌متر و بیشتر می‌رسد، احتمالاً درخت مادری (درختان کهنسال) پیر شده یا از بین رفته‌اند که ابعاد آن در این سن بیشتر است؛ در نتیجه، درختان کم‌قطر تحمل زندگی در کنار آن‌ها را ندارند و در فاصله بیشتری از آن‌ها قرار می‌گیرند. کلاسه میان‌قطر و قطور تا فاصله حدود ۸ متری همدیگر را تحمل می‌کنند و به لحاظ رقابتی حذف نمی‌شوند که در واقع یک مرحله گذار برای رسیدن به مرحله کلیماکس است و پس از آن فاصله دیگر اثری بر یکدیگر ندارند (شکل ۴- د). اثر متقابل کلاسه‌های میان‌قطر با خیلی قطور و نیز قطور با خیلی قطور تقریباً خنثی است؛ یعنی می‌توانند در کنار یکدیگر زندگی کنند یا این‌که در کنار هم نباشند (شکل ۴- ه؛ و). تفسیر کلی درباره تأثیرات متقابل بین کلاسه‌های قطری مختلف درختان را بدین صورت می‌توان بیان کرد که نهال‌ها و درختان کم‌قطر بلندمازو در سنین جوانی در کنار یکدیگرند و همدیگر را تحمل می‌کنند، سپس از لحاظ ابعاد و سن بزرگ و بر اثر رقابت حذف می‌شوند. رقابت برای نور در درختان بلندمازو به دلیل نورپسند بودن بیشتر است و

متأثر از سایه‌پسندی، محدودیت پراکنش بذر، و رقابت درون‌گونه‌ای راش از کلاسه‌های قطری مختلف با یکدیگر است [۱۳] که در مقایسه با درختان بلندمازو در این تحقیق متأثر از نورپسندی بلوط است. اما نتایج تابع دومتغیره در راستای نتایج به‌دست‌آمده در جنگل‌های آلپی تبت است که تأثیرات متقابل درختان در کلاسه‌های مختلف قطری را بیشتر از نوع مثبت و جذب عنوان کردند. آن‌ها علت این رفتار را شرایط سخت محیطی می‌دانند که سبب می‌شود درختان کم‌قطرتر در پناه درختان قطورتر رشد و استقرار یابند [۱۷]. اما نتایج مطالعه‌ای در جنگل‌های بهره‌برداری شده شمال غرب اسپانیا نشان داد که به دلیل رقابت، نوعی اثر متقابل منفی (دفع) بین درختان کم‌قطر و قطور وجود دارد [۱۶]. مطالعه‌ای در جنگل‌های بورآل آلبرتای کانادا نیز نشان داد که رقابت درون‌گونه‌ای عامل مهمی در مرگ‌ومیر پایه‌های یک گونه و تشکیل ساختار توده‌هاست [۲].

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، که پراکنش بلندمازوها از الگوی تصادفی تبعیت کرده، دخالت‌های جنگل‌شناسی باید، علاوه بر ملاحظه سایر عوامل مؤثر در نشانه‌گذاری، به گونه‌ای باشد که برداشت فقط به صورت پایه‌ای و تصادفی انجام شود و توده به سمت الگوی تصادفی سوق داده شود. این نتایج می‌تواند به منزله الگویی برای اعمال مدیریت در سایر توده‌های جنگلی بلندمازو نیز مورد استفاده دست‌اندرکاران امر قرار گیرد.

با توجه به عدم تحمل‌پذیری کلاسه‌های کم‌قطر و میان‌قطر با کلاسه خیلی قطور، این کلاسه‌ها باید در

چون دخالتی در منطقه صورت نگرفته و آشفتگی خاصی در این منطقه رخ نداده، در نتیجه این تغییر الگو احتمالاً فقط تحت تأثیر رقابت بوده است. نتایج توابع دومتغیره نشان داد، هنگامی که بلندمازو به سن زادآوری (درخت قطور) می‌رسد، فقط نهال‌ها هستند که در منطقه حضور دارند و کلاسه‌های قطری دیگر به راحتی مشاهده نمی‌شوند؛ مثلاً، طبقه میان‌قطر دیگر وجود ندارد، بنابراین درخت قطور مجدداً تغییر پیدا می‌کند و از لحاظ قطری بزرگ می‌شود و به درخت خیلی قطور تبدیل می‌شود؛ در همین هنگام است که نهال ایجادشده به درخت کم‌قطر تبدیل می‌شود که علت این روند در جنگل رقابت برای کسب نور و فضا است.

در مقایسه نتایج این مطالعه با نتایج سایر مطالعات انجام‌شده با استفاده از تابع تک‌متغیره K رایبلی می‌توان به مطالعه‌ای اشاره کرد که به الگوی تصادفی برای درختان قطور و مسن رسیدند که مشابه نتایج تحقیق حاضر برای کلاسه‌های قطور و خیلی قطور است [۱۵]. همچنین، این نتایج با نتیجه مطالعه‌ای که با استفاده از تابع K رایبلی الگوی مکانی درختان را در مرحله اولیه تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش خالص در کلاردشت خوشه‌ای تعیین کردند، مشابه است [۱۱]. با استفاده از تابع دومتغیره K رایبلی در توده‌های دست‌نخورده راش خالص در منطقه کلاردشت چهار کلاسه کم‌قطر، میان‌قطر، قطور، و خیلی قطور بررسی و مشخص شد که درختان راش از کلاسه‌های مختلف قطری، تأثیرات رقابتی مثبت و منفی متفاوتی در مراحل مختلف تحولی نسبت به هم دارند که در فواصل مختلفی با توجه به ابعاد درختان اتفاق می‌افتد که

کرد. همچنین، بهتر است در مطالعات آینده از روش تکمیل‌شده رایپلی به‌نام O -ring statistics، که معایب و کمبودهای روش رایپلی در آن برطرف شده، استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری آقایان مهندس فرید اکبری و علی سحرخیز در این تحقیق تشکرو قدردانی می‌شود.

عملیات احیای جنگل در فواصل دورتری از هم کاشته شوند تا رشد بهتر آن‌ها و استفاده از منابع به‌راحتی امکان‌پذیر باشد. اما نهال‌ها چون به سایه و پناهگاه نیاز دارند و به دلیل سنگینی بذر بلندمازو در زیر درختان مادری به صورت گروهی شکل می‌گیرند، باید در فواصل کوتاه‌تری از درختان مادری قرار گیرند.

پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، تابع دو متغیره K رایپلی در توده‌های آمیخته نیز به‌کار گرفته شود تا بتوان رقابت بین گونه‌ای را نیز مطالعه

Archive of SID

References

- [1]. Law, R., Lillian, J., Burslem, D.F.R.P., Gratzner, G., Gunatilleke, C.V.S., and Gunatilleke, I.A.U.N. (2009). Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory (ESSAY REVIEW). *Journal of Ecology*, 97: 616-628.
- [2]. Gray, H., and He, L. (2009). Spatial point pattern analysis for detecting density dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. *Forest Ecology and Management*, 259: 98-106.
- [3]. Kneeshaw, D.D., and Bergeron, Y. (1998). Canopy gap characteristics and tree replacement in the southeastern boreal forest. *Ecology*, 79: 783-794.
- [4]. Attiwill, P.M. (1994). The disturbance of forest ecosystems the ecological basis for conservation management. *Forest Ecology and Management*, 63: 247-300.
- [5]. Harvey, B.D., Leduc, A., Gauthier, S., and Bergeron, Y. (2002). Stand- landscape integration in natural disturbance- based management of the southern boreal forest. *Forest Ecology and Management*, 155: 369-385.
- [6]. Ripley, B.D. (1977). Modeling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society*, B 39(2): 172-212.
- [7]. Ripley, B.D. (1979). Test of randomness for spatial point patterns. *Journal of the Royal Statistical Society*, B 41(3): 368-374.
- [8]. Ripley, B.D. (1981). *Spatial Statistics*. John Wiley and Sons, 252 pp.
- [9]. Moeur, M. (1993). Characterizing spatial patterns of tree using stem-mapped data. *Forest Science*, 39: 756-775.
- [10]. Mataji, A., Babaie Kafaki, S., Safae, H., and Kiadaliri, H. (2008). Spatial pattern of regeneration gaps in managed and unmanaged stands in natural Beech (*Fagus orientalis*) forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(1): 149-157.
- [11]. Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Hasani, 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.
- [12]. Safari, A., Shabanian, N., Heidari, R.H., Erfanifard, S.Y., and Pourreza, M. (2010). Spatial pattern of Manna Oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) in Bayangan forests of Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(4): 596-608.
- [13]. Akhavan, R., and Sagheb-Talebi, Kh. (2011). Application of bivariate Ripley's K- function for studying competition and spatial association of trees (Case study: intact Oriental beech stands in Kelardasht). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(4): 632-644.
- [14]. Watt, A.S. (1974). Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology*, 35: 1-22.
- [15]. Salas, C., LeMay, V., Nunez, P., Pacheco, P., and Espinosa, A. (2006). Spatial patterns in an old growth *Nothofagus obliqua* forest in south-central Chile. *Forest Ecology and Management*, 231: 38-46.
- [16]. Rozas, V., Zas, R., and Solla, A. (2009). Spatial structure of deciduous forest stands with contrasting human influence in northwest Spain. *European Journal of Forest Research*, 128: 273-285.
- [17]. Zhang, Q., Zhang, Y., Peng, S., Yirdaw, E., and Wu, N. (2009). Spatial structure of Alpine trees in mountain Baima Xueshan on the southeast Tibetan plateau. *Silva Fennica*, 43(2): 197-208.

- [18]. Anonymous (2008). Forest Management Plan of Neka-Zalemrood, 200 pp.
- [19]. Eslami, A.R., Sagheb-Talebi, Kh., and Namiranian, M. (2007). Determining of equilibrium state in uneven – aged oriental beech forests of Northern-Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4): 39-48.
- [20]. Besag, J. (1977). Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper. Journal of the Royal Statistical Society, B(39): 193-195.
- [21]. Cressie, N.A.C. (1993). Statistics for Spatial Data. Wiley, New York, 900 pp.
- [22]. Lotwick, H.W., and Silverman, B.W. (1982). Methods for analyzing spatial processes of several types of points. Journal of the Royal Statistical Society, B 44: 406-413.
- [23]. Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H., and Stoyan, D. (2008). Statistical Analysis and Modeling of Spatial Point Patterns. John & whiley Sons, 556 pp.
- [24]. Cipriotti, P.A., and Aguitar, M.R. (2004). Effects of grazing on patch structure in a semi-arid two-phase vegetation mosaic. Journal Vegetation Science, 16: 57-66.
- [25]. 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: 1-11.
- [26]. Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Zenner, E. K., and Safayimanesh, 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: 1355-1366.

Archive of SID