فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۹ شمارهٔ ٤، صفحهٔ ٦٤٤-٦٣٢، (۱۳۹۰)

کارایی تابع دومتغیره K رایپلی در بررسی رقابت و اجتماع‌پذیری درختان (مطالعه موردی: توده‌های دست‌نخورده راش کلاردشت)

رضا اخوان[1*] و خسرو ثاقب طالبی[2]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران. پست الکترونیک: akhavan@rifr-ac.ir
۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.
تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۰

چکیده

رقابت یک فرایند اکولوژیکی اساسی است که سبب ایجاد توالی در توده‌های جنگل شده و بر ساختار آن تأثیر می‌گذارد. شناخت رقابت در جنگل به‌ویژه هنگامی اهمیت دارد که هدف از مدیریت جنگل، تقلید از پویایی اکوسیستم‌های طبیعی باشد. در این بررسی سه قطعه یک هکتاری در سه مرحله تحولی اولیه (Initial)، بلوغ (Optimal) و پوسیدگی (Decay) در توده‌های دست‌نخورده راش خالص در منطقه کلاردشت انتخاب و کلیه درختان با قطر برابرسینه بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر مورد اندازه‌گیری قطر، تعیین گونه و تعیین مختصات دکارتی به‌روش فاصله- آزیموت قرار گرفتند. سپس درختان اندازه‌گیری شده براساس قطر برابرسینه به چهار کلاسه قطری کم‌قطر، میان‌قطر، قطور و خیلی قطور تقسیم شدند. به‌منظور بررسی رقابت درون‌گونه‌ای (Intra-specific) و اجتماع‌پذیری (Association) درختان راش از تابع دومتغیره K رایپلی استفاده شد. نتایج نشان داد که درختان راش از کلاسه‌های مختلف قطری، اثرات رقابتی مثبت (Attraction) و منفی (Repulsion) متفاوتی در مراحل مختلف تحولی نسبت به هم دارند که در فواصل مختلفی با توجه به ابعاد درختان اتفاق می‌افتد که متأثر از سایه‌پسندی، محدودیت پراکنش بذر و رقابت درون‌گونه‌ای راش از کلاسه‌های قطری مختلف با یکدیگر می‌باشد. نتایج این مطالعه که کارایی تابع دومتغیره K رایپلی و اهمیت شناخت رقابت را در درک پویایی توده‌های راش طی مراحل مختلف تحولی جنگل نشان می‌دهد، می‌تواند به‌عنوان یک کلید راهنما در تدوین طرح‌های جنگل‌داری، دخالتهای جنگل‌شناسی و احیای جنگل بکار رود و همچنین در شناخت بهتر از فرایندهای رقابت به‌منظور مدل‌سازی دینامیک توده‌های راش کاربرد داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: مراحل تحولی، رقابت درون‌گونه‌ای، اجتماع‌پذیری، تابع دومتغیره K رایپلی، توده دست‌نخورده راش.

مقدمه

رقابت یک فرایند اکولوژیکی اساسی است که پویایی، زنده‌مانی، رشد و همزیستی گونه‌های یک جمعیت را تنظیم می‌نماید (Gray & He, 2009). به‌طور کلی رقابت درختان را می‌توان به دو دسته درون‌گونه‌ای (Intra-specific) و بین‌گونه‌ای (Inter-specific) 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 (Kneeshaw & Bergeron, 1998). الگوی پراکنش درختان در توده جنگلی نیز یکی از تبعات و اثرات رقابت در جنگل است. شناخت رقابت در جنگل به‌ویژه هنگامی مهم است که هدف از مدیریت جنگل، تقلید از پویایی اکوسیستم‌های طبیعی باشد (Attiwill, 1994; Harvey *et al.*, 2002). از آن جا که رقابت فرایندی است که ابتدا بین درختان مجاور اتفاق می‌افتد، موقعیت مکانی درختان،

Archive of SID

www.SID.ir

اطلاعات مفیدی از تأثیر رقابت در شرایط محیطی را بدست می‌دهد. زمانی که رقابت بین پایه‌های مجاور وجود داشته باشد، کاهش رویش اتفاق خواهد افتاد. اغلب شدت رقابت با استفاده از ضریب رقابت که از رویش رویه‌زمینی یا از نسبت بین رویش ارتفاعی به فاصله بین درختان مجاور بدست می‌آید، برآورد می‌گردد (Wagner & Radosevich, 1998; Weigelt & Jolliffe, 2003). در صورت عدم دسترسی به اطلاعات رویش، با تحلیل الگوی پراکنشِ مرگ و میر درختان موجود به رقابت پی برده می‌شود (Stoll & Bergius, 2005)؛ با این فرض که مرگ و میر درختان در جنگل یک فرایند تصادفی نیست، بلکه در درختانی که در مجاورت درختان قطور به‌سر می‌برند، به‌دلیل رقابت برای منابع مورد نیاز به‌ویژه نور، بیشتر است که سبب ایجاد اثر متقابل منفی یا دفع بین این درختان می‌شود. از تحلیل الگوی پراکنش مکانی درختان در بررسی اثر متقابل (Interaction) و اجتماع‌پذیری (Association) درختان در توده‌های جنگلی بسیار استفاده شده که از جدیدترین آنها می‌توان به تحقیقات Salas *et al.* (2006) در جنگلهای پیش‌رُسته (Old growth)، *Nothofagus obliqua* در شیلی، Hao *et al.* (2007) در جنگلهای معتدله چین، Rozas *et al.* (2009) در جنگلهای بهره‌برداری شده شمال‌غرب اسپانیا، Zhang *et al.* (2009) در جنگلهای آلپی تبت، Gray & He (2009) در جنگلهای بورآل آلبرتای کانادا، Zenner & Peck (2009) در جنگلهای کاج قرمز (*Pinus resinosa*) مینسوتای آمریکا، Martinez *et al.* (2010) در جنگلهای معتدله شمال‌غرب اسپانیا، Dounavi *et al.* (2010) و Bäuerle & Nothdurft (2011) در جنگلهای راش آلمان اشاره نمود. عمر درختان چنان طولانی است که اجرای بسیاری از مطالعات در مورد آنها امکان‌پذیر نیست، اما مکان درختان طی دوره زندگیشان ثابت است؛ بنابراین فرایندهای اکولوژیکی و تاریخی مؤثر بر الگوی پراکنش آنها از نظر آماری قابل تجزیه و تحلیل می‌باشند (Gavrikov & Stoyan, 1995). مطالعه الگوی پراکنش درختان و اثرات متقابل آنها در توده جنگل، ابزار مناسبی برای بررسی ساختار و پویایی جوامع جنگلی می‌باشد. اثرات متقابل درختان یا الگوی اجتماع‌پذیری آنها را می‌توان به دو دسته اثر متقابل یا اجتماع‌پذیری مثبت (جذب؛ Attraction) و منفی (دفع؛ Repulsion) تقسیم نمود. در حالت جذب دو گونه گیاهی یا افراد یک گونه با ابعاد متفاوت (چه از نظر قطر یا ارتفاع) در کنار یکدیگر رشد کرده و همدیگر را تحمل می‌نمایند، اما در حالت دفع این دو گروه از عناصر گیاهی قادر به تحمل یکدیگر نبوده و تا فاصله مشخصی از هم دور می‌شوند. تاکنون شاخص‌های مختلفی برای بررسی این گونه ارتباطات بین دو گروه از گیاهان معرفی شده که یکی از بهترین و جدیدترین این شاخص‌ها، تابع دومتغیره K رایپلی می‌باشد که در این مقاله به کارایی آن به‌منظور بررسی اجتماع‌پذیری و رقابت درون‌گونه‌ای راش بین کلاسه‌های مختلف قطری (کم‌قطر، میان‌قطر، قطور و خیلی قطور) به‌تفکیک مراحل مختلف تحولی جنگل (اولیه، بلوغ و پوسیدگی) در توده‌های دست‌نخورده راش در منطقه کلاردشت پرداخته خواهد شد.

از سوابق تحقیق داخلی موجود در این زمینه تنها می‌توان به مطالعه حبشی و همکاران (۱۳۸٦) اشاره نمود که با استفاده از شاخص موریسیتا، الگوی جامعه‌پذیری راش را در یک توده آمیخته در جنگل شصت‌کلا گرگان بررسی و به این نتیجه رسیدند که الگوی جامعه‌پذیری راش با سایر گونه‌ها منفی است. بنابراین این مطالعه از نظر بکارگیری شاخص دومتغیره K رایپلی به‌منظور بررسی الگوهای اجتماع‌پذیری و اثرات متقابل درختان به‌ویژه بررسی رقابت بین آنها کاملاً جدید می‌باشد.

لازم به‌ذکر است که توده جنگلی در مرحله بلوغ شبیه به یک جنگل همسال منظم و مدیریت شده به‌نظر می‌آید، ولی در عمل سن درختان بسیار متفاوت است. در این

Archive of SID

www.SID.ir

مرحله توده جنگلی به‌صورت یک اشکوبه با تاج‌پوشش بسته و بدون زادآوری در کف جنگل دیده می‌شود و به‌جز در اواخر این مرحله، خشکه‌دار رسیده و واقعی در آن وجود ندارد. در اواخر مرحله بلوغ با افتادن درختان، روشنه (Gap) در تاج‌پوشش ایجاد شده و نور بیشتری به کف جنگل می‌رسد تا تجدیدحیات در کنار درختان قطور پدید آید که در این مرحله حجم توده رو به کاهش می‌گذارد. با پیشرفت مرحله پوسیدگی از تعداد درختان قطور کاسته شده و توده به‌سمت جوان شدن (مرحله اولیه) میل می‌نماید. در این مرحله (اولیه) به‌دلیل سرعت زیاد رشد درختان جوان و رقابت نوری، ارتفاع درختان افزایش یافته و سهم درختان کم‌قطر بیشتر می‌شود؛ حجم توده نیز افزایش یافته و روشنه‌ها به‌تدریج بسته می‌شوند. ساختار توده در مرحله اولیه تا حدودی ناهمسال و پلکانی است (Korpel, 1995).

مواد و روشها

منطقه تحقیق

برای انجام این تحقیق، پارسل شاهد شماره ۱۳۹ در سری ۱ طرح جنگل‌داری لنگا در منطقه کلاردشت به مساحت ٤۳ هکتار با جهت عمومی شمال‌شرقی که تاکنون تحت هیچ‌گونه عملیات پرورشی و دخالت نبوده، انتخاب شد. ارتفاع منطقه تحقیق حدود ۱٦۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، میزان بارندگی سالانه آن حدود ۱۳۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن حدود ۸ درجه سانتی‌گراد و فاقد فصل خشک است. خاک منطقه از نوع قهوه‌ای جنگلی با pH اسیدی است. در ناحیه مورد مطالعه دو تیپ جنگلی عمده قابل تفکیک است که عبارتند از: تیپ راش خالص و تیپ راش- ممرز همراه با سایر پهن‌برگان (بی‌نام، ۱۳۷۷).

انتخاب قطعات بررسی

سه قطعه یک هکتاری به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر واقع در سه مرحله مختلف تحولی (Development stage) شامل اولیه (Initial)، بلوغ (Optimal) و پوسیدگی (Decay) با توجه به تجربیات و تعاریف موجود (دلفان اباذری و همکاران، ۱۳۸۳؛ متاجی و ثاقب طالبی، ۱۳۸٦؛ Korpel, 1995; Sagheb-Talebi *et al.*, 2005) در داخل توده‌های راش خالص منطقه با فاصله‌ای حدود ۱۰ متر از یکدیگر انتخاب شدند؛ به‌طوری که اضلاع این قطعات در امتداد چهار جهت اصلی جغرافیایی بود (Dimov *et al.*, 2005). جهت این قطعات، شرقی و با شیب حدود ۵۰ درصد است. مطالعات قبلی مناسب بودن سطح یک هکتار را برای مطالعه ساختار و پویایی جنگلهای هیرکانی ایران تأیید کرده است (فلاح، ۱۳۷۹؛ ثاقب طالبی و همکاران، ۱۳۸۰؛ اسلامی و ثاقب طالبی، ۱۳۸٦؛ Sagheb-Talebi & Schütz, 2002).

اندازه‌گیری در قطعات بررسی

پس از تعیین محدوده قطعات در جنگل، مختصات گوشه جنوب‌غربی این قطعات با دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) در سیستم مختصات UTM برداشت و ثبت شد. از آن جا که در جنگلهای هیرکانی شمال کشور، فاصله درختان معمولاً کم بوده و دقت دستگاه GPS در بهترین حالت ۵ متر می‌باشد، از این رو برای ثبت مختصات درختان موجود در محدوده‌های یک هکتاری باید از روش فاصله- آزیموت (Moeur, 1993) استفاده می‌شد. به این صورت که فاصله و آزیموت درخت اول نسبت به گوشه جنوب‌غربی قطعه یک هکتاری (نقطه مبنا) با دستگاه VERTEX III و قطب‌نمای سونتو اندازه‌گیری و تعیین شد و سپس با استفاده از روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی (x,y) تبدیل گردید. سپس این مختصات به مختصات نقطه مبنا اضافه و در نتیجه

Archive of SID

www.SID.ir

مختصات اولین درخت بدست آمد. به‌همین ترتیب فاصله و آزیموت هر درخت نسبت به درخت قبلی سنجیده و به مختصات UTM تبدیل گردید. پس از ثبت فاصله و آزیموت هر درخت در فرم آماربرداری، شماره درخت در فرم آماربرداری با رنگ بر روی تنه درخت نیز ثبت شد تا هم محل درختان ثبت شده مشخص باشد و هم درختی به‌طور اشتباهی دو بار اندازه‌گیری نشود. در فرم آماربرداری برای هر درخت علاوه بر فاصله و آزیموت، قطر در ارتفاع برابرسینه نیز برای درختان قطورتر از ۷/۵ سانتی‌متر در طبقات قطری یک سانتی‌متری ثبت گردید. در مرحله بعد، درختان اندازه‌گیری شده براساس اندازه قطر برابرسینه به ٤ کلاسه قطری کم‌قطر (از قطر ۷/۵ تا ۳۲/۵ سانتی‌متر)، میان‌قطر (از قطر ۳۲/٦ تا ۵۲/۵ سانتی‌متر)، قطور (از قطر ۵۲/٦ تا ۷۲/۵ سانتی‌متر) و خیلی قطور (بیشتر از قطر ۷۲/۵ سانتی‌متر) (Sagheb-Talebi & Schütz, 2002؛ اسلامی و همکاران، ۱۳۸٦) تقسیم شدند.

تابع رایپلی

تابع تک‌متغیره K رایپلی (Univariate Ripley's K-function) براساس تعداد نقاط (درخت) موجود در یک شعاع مشخص (r) به بررسی الگوهای مکانی می‌پردازد. در روش رایپلی برخلاف روش نزدیکترین همسایه (Nearest Neighbor) که فقط فاصله یک نقطه معین تا نزدیکترین همسایه‌اش را در نظر می‌گیرد، فواصل بین تمام جفت نقاط موجود در سطح مورد بررسی، در نظر گرفته می‌شود (Moeur, 1993). این تابع برای یک الگوی نقطه‌ای مشخص به‌صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$K_{(r)} = \frac{\overline{n}_{(r)}}{\rho} \qquad (۱)$$

به‌طوری که $\overline{n}_{(r)}$ میانگین تعداد درختان همسایه‌ایست که به شعاع r از یک درخت قرار گرفته و ρ تراکم (تعداد در واحد سطح) می‌باشد. امروزه به‌جای تابع K رایپلی از شکل اصلاح شده آن یعنی تابع L که توسط Besag (1977) ارائه شده، استفاده می‌شود که حالت خطی تابع K است و نیز واریانس K را تثبیت می‌کند (Cressie, 1993). همچنین نمایش و تفسیر تابع L نسبت به تابع K ساده‌تر بوده که به‌صورت رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$L_{(r)} = \sqrt{\frac{K_{(r)}}{\pi}} - r \qquad (۲)$$

به‌منظور بررسی اثر متقابل (Interaction) بین گروه‌های درختی و مطالعه اجتماع‌پذیری (Association) 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 مکانی درختان (Stem map) 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 (Lotwick & Silverman, 1982). براساس توضیحات قبلی، معمولاً در این حالت نیز از شکل اصلاح شده تابع $K_{12}(r)$ یعنی $L_{12}(r)$ استفاده می‌گردد که به‌صورت رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$L_{12}(r) = \sqrt{\frac{K_{12}(r)}{\pi}} - r \qquad (۳)$$

در این تحقیق برای رفع اثر حاشیه‌ای که به‌علت کمبود تعداد درختان در نزدیکی مرز قطعه نمونه رخ می‌دهد، از میان روشهای تصحیح موجود شامل روش آینه‌ای، روش کاهش سطح قطعه نمونه با ایجاد حاشیه و روش تصحیح

Archive of SID

www.SID.ir

اثر حاشیه‌ای رایپلی (Ripley's edge correction formula)، از روش سوم استفاده شد که به نمونه‌های نزدیک به مرز قطعه نمونه وزن بیشتری می‌دهد و در مواقعی بکار می‌رود که شکل قطعه مورد بررسی مانند تحقیق حاضر، مربع یا مستطیل باشد (Mitchell, 2005).

در روش دومتغیره رایپلی برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت اثر متقابل مشاهده شده از نوع جذب (Attraction) یا دفع (Repulsion) بین گونه‌ها یا گروه‌های مختلف درختان، با وضعیت بدون اثر متقابل یا مستقل (Independence) که به‌عنوان فرض صفر در نظر گرفته می‌شود، حدود اعتماد با استفاده از آزمون مونت‌کارلو محاسبه و ترسیم می‌گردد؛ به‌طوری که اگر تابع L_{12} در داخل این محدوده قرار گیرد، الگوی اجتماع‌پذیری مشاهده شده با الگوی مستقل تفاوت آماری معنی‌داری نخواهد داشت، به‌عبارت دیگر گروه‌های مورد بررسی اثر متقابل معنی‌داری بر هم ندارند، 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، نشان دهنده ارتباط مکانی منفی از نوع دفع در بین گونه‌ها یا گروه‌های مختلف مورد بررسی است. در هر حال، شاخص رایپلی ابزار قدرتمندیست که می‌تواند در تمام مقیاس‌ها مورد استفاده قرار گیرد که در این بررسی تنها از حالت دومتغیره (Bivariate) این شاخص استفاده شده است. حالت تک‌متغیره (Univariate) این شاخص قبلاً در مطالعه اخوان و همکاران (۱۳۸۹) در این منطقه به‌تفصیل مورد بررسی قرار گرفته که براساس آن الگوی پراکنش درختان در سه مرحله تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی به‌ترتیب خوشه‌ای شدید، تصادفی و خوشه‌ای ضعیف تعیین شده است (اخوان و همکاران، ۱۳۸۹).

در تحقیق حاضر فاصله مورد عمل برای محاسبه تابع L از صفر تا ۵۰ متر و با افزایش ۵ متر در نظر گرفته شد. فاصله r=۵۰ متر براساس سوابق تحقیق موجود (Moeur, 1993; Woodall & Graham, 2004; Salas *et al.*, 2006) برابر نصف طول ضلع در قطعات ۱۰۰×۱۰۰ متر انتخاب شد. به‌علاوه انتظار می‌رود که اثر متقابل درختان در فواصل بیش از ۵۰ متر به حداقل خود برسد (Salas *et al.*, 2006). از آن جا که درختان موجود در طبقات قطری بزرگتر بر رویش درختان موجود در طبقات قطری کوچکتر اثرگذار هستند، ولی درختان طبقات قطری کوچکتر بر رویش درختان قطورتر تأثیر چندانی ندارند (Nakashizuka, 2001; Cipriotti & Aguitar, 2004)؛ در محاسبات انجام شده، مکان درختان طبقات قطری بزرگتر ثابت و مکان درختان طبقات قطری کوچکتر متغیر در نظر گرفته شد (Hao *et al.*, 2007). در این بررسی، حدود مونت‌کارلو ۹۵ درصد با ۹۹۹ بار شبیه‌سازی الگوی مکانی بدست آمد. برای انجام محاسبات مربوطه، کلیه ترکیب‌های ممکن بین چهار کلاسه قطری موجود در هر سه قطعه مورد بررسی در نظر گرفته شد، اما فقط آنهایی که دارای اثر متقابل مثبت یا منفی معنی‌دار از نظر آماری ($P<0.05$) بودند در نتایج ارائه شده‌اند.

کلیه محاسبات مربوط به تعیین مقادیر $L_{12}(r)$ و حدود مونت‌کارلو در بسته Spatstat از نرم‌افزار آماری R (Baddeley & Turner, 2005) انجام شد.

نتایج

در مجموع قطر ۱۰۹۲ درخت در سه قطعه یک هکتاری اندازه‌گیری و مختصات دکارتی آنها تعیین شد. تراکم درختان به‌ترتیب از قطعه مرحله اولیه به‌سمت قطعه مرحله بلوغ و سپس به‌سمت قطعه مرحله پوسیدگی روند کاهشی نشان داد. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، فراوانی درختان با بزرگ شدن کلاسه قطری کاهش می‌یابد که شاخص توده‌های جنگلی پیش‌رُسته (Old growth) و ناهمسال می‌باشد. گونه غالب در قطعات مورد بررسی راش بوده، به‌طوری که فراوانی این گونه در قطعات سه‌گانه مورد بررسی بین حداقل ۸۴ درصد در قطعه بلوغ تا حداکثر ۹۰ درصد در قطعات اولیه

Archive of SID

www.SID.ir

و پوسیدگی متغیر بوده است. شایان ذکر است که فراوانی درختان در کلاسه کم‌قطر در قطعه مرحله اولیه دو برابر این فراوانی در دو قطعه دیگر می‌باشد (جدول ۱). همچنین ضریب تغییرات قطر برابرسینه در قطعه مرحله اولیه با ۸٤ درصد نسبت به دو قطعه بلوغ و پوسیدگی (به‌ترتیب با ضریب تغییرات ۵۵ و ۵۹ درصد) بیشترین می‌باشد.

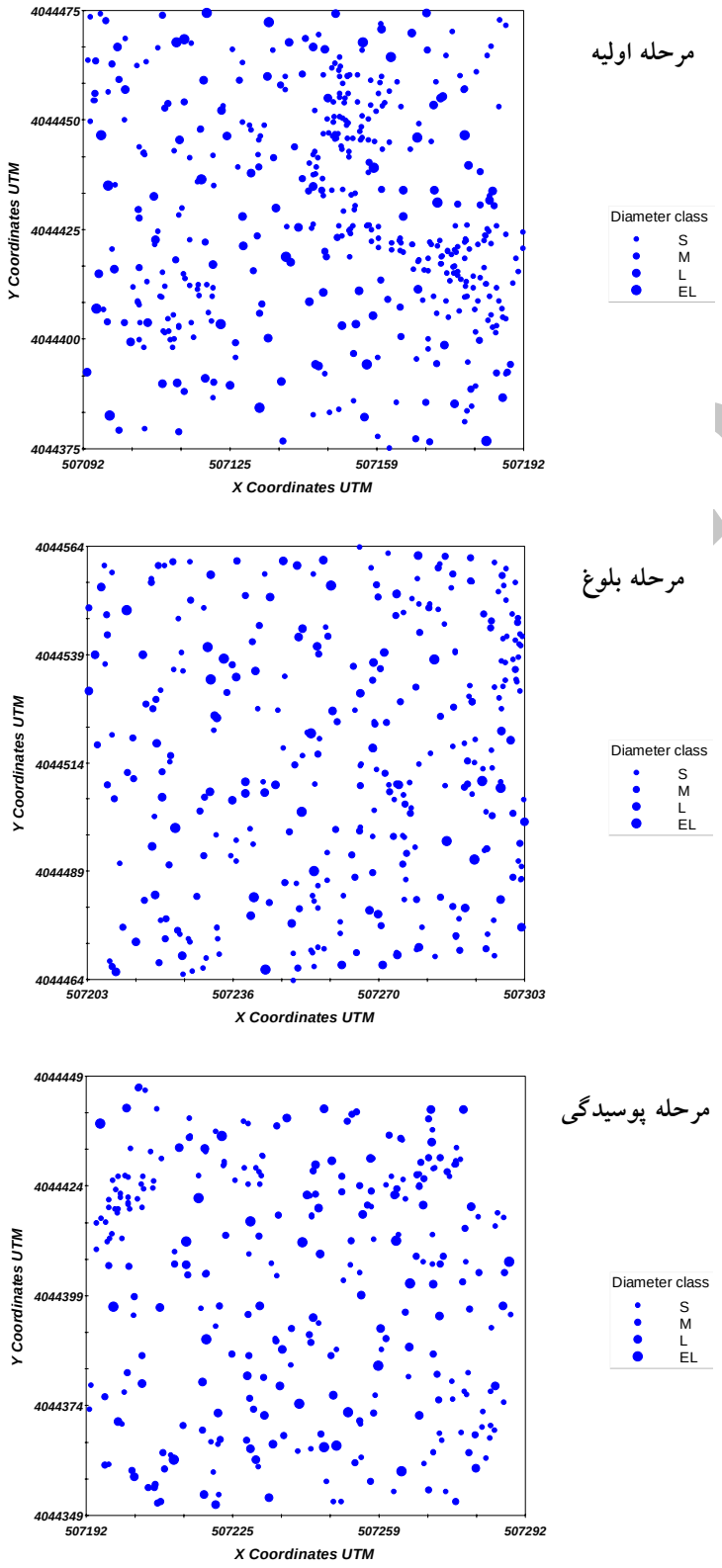
جدول ۱- فراوانی درختان در کلاسه‌های قطری مختلف در مراحل مختلف تحولی جنگل

مرحله تحولی	تعداد در هکتار در کلاسه‌های قطری				
	کم‌قطر	میان‌قطر	قطور	خیلی قطور	کل
اولیه	۳۱۰	٦۲	٦۰	۲۲	٤٥٤
بلوغ	۱٥۷	۱۰۹	٥۳	۱۷	۳۳٦
پوسیدگی	۱٤٦	۹۰	٤۷	۱۹	۳۰۲
کل	٦۱۳	۲٦۱	۱٦۰	٥۸	۱۰۹۲

شکل ۱ نقشه‌های توزیع مکانی درختان در مراحل مختلف تحولی جنگل را به‌تفکیک کلاسه‌های قطری چهارگانه و شکل ۲ اثرات متقابل بین کلاسه‌های مختلف قطری را به‌تفکیک مراحل تحولی جنگل نشان می‌دهد.

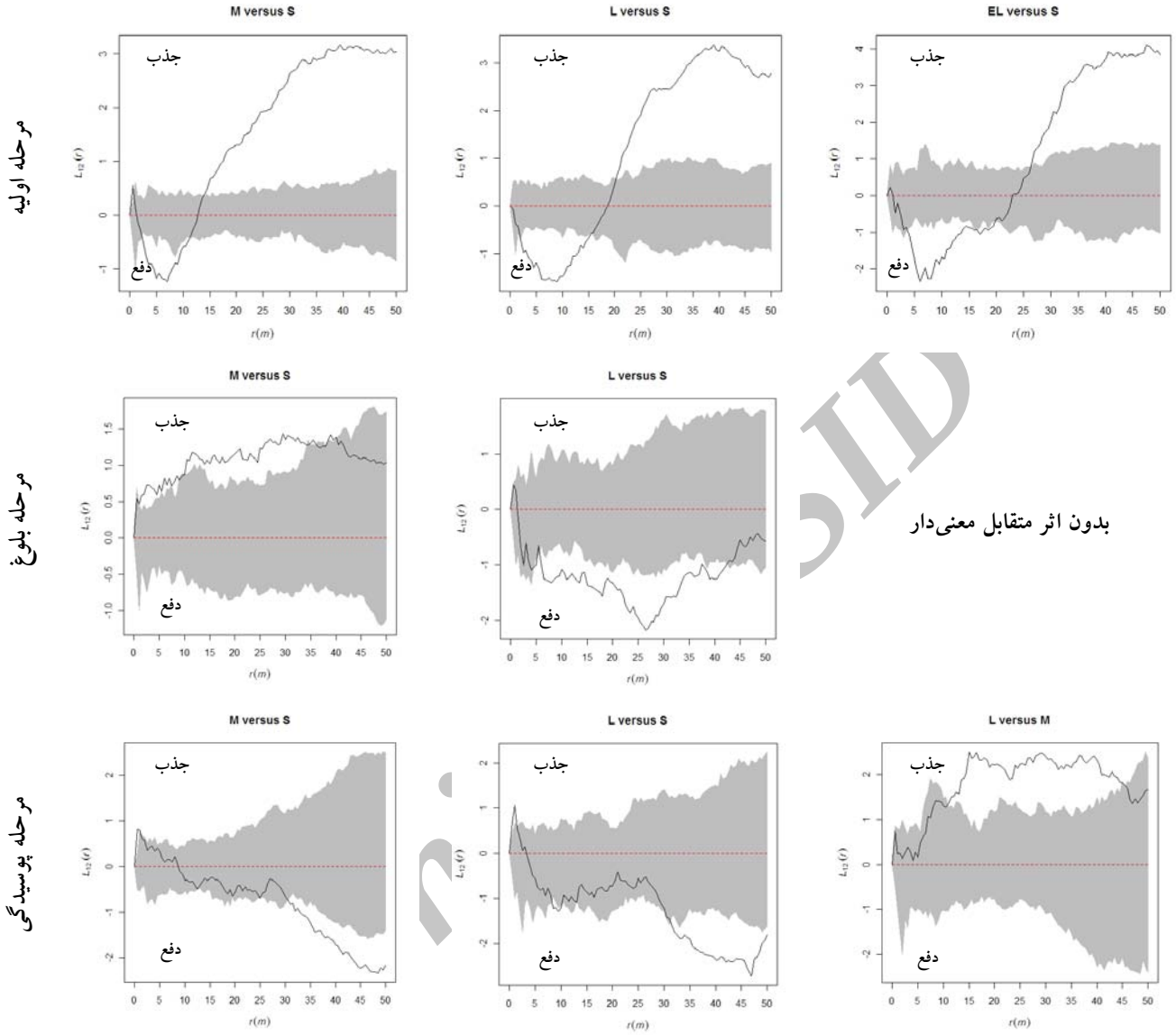
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نقشه توزیع مکانی درختان در مراحل مختلف تحولی جنگل به‌تفکیک کلاسه‌های مختلف قطری (حروف S, M, L و EL به‌ترتیب معرف کلاسه‌های قطری کم‌قطر، میان‌قطر، قطور و خیلی قطور می‌باشند)

www.SID.ir



شکل ۲- نمودارهای تابع L_{12} و حدود مونت‌کارلو (محدوده خاکستری) در مراحل مختلف تحولی جنگل (حروف S, M, L و EL به‌ترتیب معرف کلاسه‌های قطری کم‌قطر، میان‌قطر، قطور و خیلی قطور می‌باشند؛ به‌عنوان مثال M versus S یعنی اثر متقابل بین درختان کلاسه قطری میان‌قطر با کم‌قطر. محور افقی فاصله بر حسب متر است)

همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، اثرات متقابل (Interaction) متفاوتی بین کلاسه‌های مختلف قطری درختان راش در مراحل مختلف تحولی مشاهده می‌شود. در قطعه مرحله اولیه، درختان کم‌قطر (S) با درختان میان‌قطر، قطور و خیلی قطور (M، L و EL) در فواصل کوتاه، اثر متقابل منفی یا دفع (Repulsion) و در فواصل بیشتر اثر متقابل مثبت قوی یا جذب (Attraction) دارند. اما با بزرگ شدن کلاسه قطری درختان، نقطه شروع حالت جذب به‌سمت راست حرکت می‌نماید؛ به‌عبارت دیگر،

www.SID.ir

این حالت در فاصله بیشتری اتفاق می‌افتد (شکل ۲، مرحله اولیه).

در مرحله بلوغ، درختان میان‌قطر (M) و کم‌قطر (S) اثر متقابل مثبت (Attraction) ضعیف ولی معنی‌دار ($P<0.05$) را تا فاصله ۳۵ متری از خود نشان می‌دهند، اما پس از این فاصله اثر متقابل معنی‌داری بین آنها وجود ندارد، چون تابع L_{12} به داخل محدوده خاکستری مونت‌کارلو نفوذ می‌کند. بعکس درختان قطور (L) و کم‌قطر (S) در این مرحله اثر متقابل منفی (Repulsion) ضعیف ولی معنی‌دار ($P<0.05$) از خود نشان می‌دهند، به‌جز در فواصل کمتر از ٦ متر و بیشتر از ٤٣ متر که با توجه به قرار گرفتن تابع L_{12} در داخل محدوده مونت‌کارلو، اثر متقابل معنی‌داری ($P>0.05$) بین آنها وجود ندارد (شکل ۲، مرحله بلوغ).

در مرحله پوسیدگی، اثر متقابل درختان میان‌قطر (M) و قطور (L) با درختان کم‌قطر (S) تا فاصله حدود ۳۲ متری با توجه به قرار گرفتن تابع L_{12} در داخل محدوده مونت‌کارلو، مستقل و خنثی است که پس از این فاصله در هر دو حالت، اثر متقابل از نوع منفی یا دفع (Repulsion) است. اما در این مرحله، درختان میان‌قطر (M) و قطور (L) در تمام فواصل به‌جز فواصل کمتر از ۱۲ متر و بیشتر از ٤٣ متر که اثر متقابل معنی‌داری ندارند ($P>0.05$)، دارای اثر متقابل مثبت یا جذب (Attraction) می‌باشند (شکل ۲، مرحله پوسیدگی).

بحث

نتایج تابع دومتغیره K رایپلی نشان داد که در مرحله اولیه به‌دلیل رقابت برای نور و سایر منابع (آب و عناصر غذایی)، اجتماع‌پذیری (Association) بین درختان کلاسه کم‌قطر (S) با سایر کلاسه‌ها در فواصل کوتاه از نوع دفع (Repulsion) و در فواصل زیاد از نوع جذب (Attraction) است. از آن جا که با افزایش قطر درخت و گستردگی تاج آن، رقابت به‌دلیل سایه‌اندازی تاج درخت افزایش می‌یابد، نقطه شروع حالت جذب بین درختان کلاسه کم‌قطر با درختان کلاسه‌های قطورتر، از ١٤ متر به ٢٦ متر افزایش یافته است. به‌عبارت دیگر در مرحله اولیه، درختان خیلی قطور (EL)، قطور (L) و میان‌قطر (M) در کنار هم با فواصل کوتاه و بدون اثر متقابل معنی‌دار قرار می‌گیرند، در حالی‌که فقط درختان کم‌قطر (S) هستند که با فاصله ١٤ متر از درختان میان‌قطر (M)، ۲۰ متر از درختان قطور (L) و ٢٦ متر از درختان خیلی قطور (EL) قرار می‌گیرند (شکل ۲، مرحله اولیه). در واقع گروه‌های جوان با توجه به ابعاد درختان دیگر نسبت به آنها فاصله می‌گیرند. در مرحله بلوغ نیز همانند مرحله اولیه، درختان خیلی قطور (EL)، قطور (L) و میان‌قطر (M) در کنار هم بدون اثر متقابل معنی‌دار قرار می‌گیرند، حتی درختان کم‌قطر (S) با درختان میان‌قطر (M) با اجتماع‌پذیری مثبت در کنار هم مستقر می‌شوند؛ فقط درختان قطور (L) و کم‌قطر (S) هستند که به‌طور متوسط تا فاصله ٤٣ متر نمی‌توانند در کنار هم قرار بگیرند (شکل ۲، مرحله بلوغ). البته با توجه به تعداد نسبتاً زیاد درختان کم‌قطر در مرحله بلوغ (جدول ۱)، به‌نظر می‌رسد که این قطعه در اوایل مرحله بلوغ بوده که در نتیجه هنوز درختان جوان در اثر رقابت نوری حذف نشده‌اند و انتظار می‌رود این درختان در اواسط تا اواخر مرحله بلوغ به‌دلیل رقابت نوری حذف شوند. در مرحله پوسیدگی، درختان کم‌قطر (S) از نظر استقرار با درختان خیلی قطور (EL) مشکلی نداشته (بدون اثر متقابل معنی‌دار) و می‌توانند در زیر یا کنار آنها قرار گیرند که از این نظر شبیه به مرحله بلوغ هستند (شکلهای بدون اثر متقابل معنی‌دار ارائه نشده‌اند)، اما به‌طور کلی درختان کم‌قطر (S) با درختان میان‌قطر (M) و قطور (L) حالت اثر متقابل منفی یا دفع داشته که البته تا فاصله ۳۲ متری از نظر آماری غیر معنی‌دار، ولی پس از آن معنی‌دار می‌شود (شکل ۲، مرحله پوسیدگی).

اجتماع‌پذیری بین درختان کم‌قطر (S) و میان‌قطر (M) در مراحل بلوغ و پوسیدگی کاملاً بعکس است (شکل ۲)،

Archive of SID

www.SID.ir

به‌طوری که در مرحله بلوغ این دو کلاسه قطری حالت جذب دارند که نشان دهنده اینست که نور عامل محدود کننده در این مرحله نیست، ولی در مرحله پوسیدگی به‌ویژه در فواصل زیاد حالت دفع دارند. در عین حال درختان کم‌قطر (S) و قطور (L)، رفتار اجتماع‌پذیری مشابهی از نوع دفع در این دو مرحله (بلوغ و پوسیدگی) از خود نشان می‌دهند. علت این تفاوتها می‌تواند به‌دلیل تفاوت در الگوی پراکنش درختان در مراحل مختلف تحولی و همچنین سایه‌پسندی زیاد درختان کم‌قطر و جوان راش نسبت به سایر کلاسه‌های قطری باشد که به آنها اجازه می‌دهد در زیر سایه درختان قطورتر به‌خوبی رشد کنند.

در مقایسه نتایج این مطالعه با نتایج سایر مطالعات انجام شده با استفاده از تابع دومتغیره K رایپلی، می‌توان به مطالعه Zhang *et al.* (2009) در جنگلهای آلپی تبت اشاره کرد که اثرات متقابل (Interaction) درختان در کلاسه‌های مختلف قطری را بیشتر از نوع مثبت و جذب عنوان کردند. آنها علت این رفتار را شرایط سخت محیطی دانسته که سبب می‌شود درختان کم‌قطرتر در پناه درختان قطورتر رشد و استقرار یابند. اما نتایج مطالعه Rozas *et al.* (2009) در جنگلهای بهره‌برداری شده شمال‌غرب اسپانیا نشان داد که به‌دلیل رقابت، نوعی اثر متقابل منفی (دفع) بین درختان کم‌قطر و قطور وجود دارد. Salas *et al.* (2006) با مطالعه در جنگلهای پیش‌رُسته *Nothofagus obliqua* (Old growth) در شیلی نشان دادند که به‌دلیل رقابت، اثر متقابل منفی (دفع) بین درختان کلاسه ارتفاعی پایین (نونهال و نهال) با درختان کلاسه ارتفاعی بالا وجود دارد. اما بین همین درختان در کلاسه ارتفاعی پایین با درختان خشک سرپا (Snag) به‌دلیل ایجاد روشنه در تاج‌پوشش، اثر متقابل مثبت (جذب) مشاهده می‌شود. نتایج مطالعه Hao *et al.* (2007) در مورد اثرات متقابل و اجتماع‌پذیری گونه‌های مختلف جنگلی در جنگلهای معتدله چین نشان داد که درختان کاج و نمدار در کلاسه ارتفاعی پایین دارای اثر متقابل مثبت (جذب) با سایر گونه‌ها در کلاسه ارتفاعی بالاتر می‌باشند که بیانگر آشیان اکولوژیک وسیع این دو گونه و رشد مناسب آنها در زیر تاج‌پوشش سایر گونه‌هاست. مطالعه Gray & He (2009) در جنگلهای بورآل آلبرتای کانادا نیز نشان داد که رقابت درون‌گونه‌ای عامل مهمی در مرگ و میر پایه‌های یک گونه و تشکیل ساختار توده‌هاست. همچنین نتایج بررسی Donavi *et al.* (2010) در جنگلهای راش آلمان نشان داد که درختان چنگالی و غیر چنگالی راش در توده‌های مورد بررسی، اثر متقابل معنی‌برداری بر همدیگر نداشته و به‌صورت تصادفی در کنار هم قرار گرفته‌اند، ضمن این که الگوی پراکنش درختان چنگالی هم به‌صورت تصادفی است.

به‌طور کلی از نتایج این تحقیق چنین به‌نظر می‌رسد که سرشت سایه‌پسندی راش و رقابت درون‌گونه‌ای آن در طول زمان و در مراحل مختلف تحولی جنگل تغییر می‌کند که به‌همراه محدودیت پراکنش بذر آن به‌دلیل سنگین بذر بودن، سبب ایجاد الگوهای پراکنش مختلف و اجتماع‌پذیری‌های متفاوت بین کلاسه‌های مختلف قطری می‌شود. اما از بین دو عامل یادشده، به‌نظر می‌رسد که رقابت درون‌گونه‌ای راش مهمترین عامل در اجتماع‌پذیری این گونه و دینامیک آن در چنین توده‌هایی است.

چنین اطلاعاتی می‌تواند به‌عنوان یک کلید راهنما در تدوین طرحهای جنگل‌داری، دخالتهای جنگل‌شناسی و احیای جنگل بکار رود و همچنین در شناخت بهتر از فرایندهای رقابت به‌منظور مدل‌سازی دینامیک توده‌های راش کاربرد داشته باشد که در مقالات آینده به آن پرداخته خواهد شد.

نتایج این مطالعه، کارایی مناسب تابع دومتغیره K رایپلی را در بررسی اجتماع‌پذیری و رقابت درون‌گونه‌ای درختان راش نشان می‌دهد. بدیهی است که اگر این شاخص در توده‌های آمیخته بکار گرفته شود، به‌راحتی می‌توان رقابت بین‌گونه‌ای (Inter-specific competition)

Archive of SID
www.SID.ir

را نیز مطالعه کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، این شاخص در توده‌های آمیخته بکار گرفته شود. همچنین می‌توان مطالعاتی مشابه مطالعه حاضر را در توده‌های بلندمازو در شمال کشور انجام داد. اما آنچه که مهمتر است، پایش درازمدت چنین توده‌هایی به‌عنوان قطعات ثابت و دائمی در مناطق دست‌نخورده جنگلهای هیرکانی ایران است تا بتوان به درک کاملتری از دینامیک جنگل در چنین توده‌هایی دست یافت که قطعاً در تصمیمات مدیریتی آینده برای توده‌های مشابه، مفید و مؤثر خواهد بود.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح ملی "شناخت ویژگی‌های مناسب راشستانهای شمال کشور برای اعمال جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت" در حال اجرا در موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور با حمایت مالی دفتر فنی جنگلداری معاونت مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور استخراج شده که بدین وسیله از حمایت کنندگان و همچنین از زحمات سرکار خانم فرزانه صفوی‌منش در انجام محاسبات آماری این مقاله تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- اخوان، ر.، ثاقب طالبی، خ.، حسنی، م. و پرهیزکار، پ.، ۱۳۸۹. بررسی الگوی مکانی درختان طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در کلاردشت. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۲): ۳۳٦-۳۲۲.
- اسلامی، ع.ر. و ثاقب طالبی، خ.، ۱۳۸٦. بررسی ساختار طبیعی راشستانهای خالص و آمیخته در جنگلهای شمال کشور. پژوهش و سازندگی، ۲۰ (٤): ٤٨-۳۹.
- بی‌نام، ۱۳۷۷. طرح جنگل‌داری سری یک لنگا، حوضه آبخیز شماره ۳٦ (کاظم‌رود). اداره کل منابع طبیعی نوشهر. ٤٥۰ صفحه.
- ثاقب طالبی، خ.، اسلامی، ع.ر.، قورچی‌بیگی، ک.، شهنوازی، ه. و موسوی میرکلایی، س.ر.، ۱۳۸۰. ساختار راشستانهای خزری و کاربرد شیوه تک‌گزینی در آنها. مجموعه مقالات دومین اجلاس بین‌المللی جنگل و صنعت. جلد اول: ۱۳۸-۱۰۷.
- حبشی، ه، حسینی، س.م.، محمدی، ج. و رحمانی، ر.، ۱۳۸٦. تعیین الگوی پراکنش و ساختار در جنگل آمیخته راش شصت‌کلا گرگان. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۱): ٦٤-۵۵.
- دلفان اباذری، ب.، ثاقب طالبی، خ. و نمیرانیان، م.، ۱۳۸۳. بررسی مراحل تحولی راشستانهای طبیعی در قطعه شاهد منطقه کلاردشت (لنگا). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲ (۳): ۳۲۵-۳۰۷.
- فلاح، ا.، ۱۳۷۹. بررسی ساختار توده‌های طبیعی راش در استانهای مازندران و گلستان. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۲۰۲ صفحه.
- متاجی، ا. و ثاقب طالبی، خ.، ۱۳۸٦. بررسی مراحل تحولی و پویایی دو جامعه گیاهی راش شرقی در جنگلهای طبیعی منطقه خیرودکنار نوشهر. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (٤): ٤۱٦-۳۹۸.
- Attiwill, P.M., 1994. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservation management. Forest ecology and management, 63: 247-300.
- Baddeley, A. and Turner, R., 2005. Spatstat: An R package for analyzing spatial point patterns. J. Stat. Software, 12: 1- 42.
- Bäuerle, H. and Nothdurft, A., 2011. Spatial modeling of habitat trees based on line transect sampling and point pattern. Canadian journal of forest research, 41: 715-727.
- Besag, J., 1977. Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper. J. R. Stat. Soc, B (39): 193-195.
- Cipriotti, P.A. and Aguitar, M.R., 2004. Effects of grazing on patch structure in a semi-arid two-phase vegetation mosaic. J. Veg. Sci., 16: 57-66.
- Cressie, N.A.C., 1993. Statistics for spatial data. Wiley, New York, 900 p.
- Dimov, L.D., Chambers, J.L. and Lockhart, B.R., 2005. Spatial continuity of tree attributes in bottomland hardwood forests in the southeastern United States. Forest science, 51 (6): 532-540.

Archive of SID

www.SID.ir

- Dounavi, A., Koutsias, N., Ziehe, H. and Hattemer, H., 2010. Spatial patterns and genetic structures within beech populations (*Fagus sylvatica* L.) of forked and non-forked individuals. European journal of forest research, 129: 1191-1202.
- Gavrikov, V. and Stoyan, D., 1995. The use of marked point processes in ecological and environmental forest studies. Environ. Eco. Stat., 2: 331-344.
- 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.
- 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.
- 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.
- Kneeshaw, D.D. and Bergeron, Y., 1998. Canopy gap characteristics and tree replacement in the southeastern boreal forest. Ecology, 79: 783-794.
- Korpel, S., 1995. Die Urwälder der Westkarpaten. Gustav Fischer, Berlin. 310 p.
- Lotwick, H.W. and Silverman, B.W., 1982. Methods for analyzing spatial processes of several types of points. J. R. Stat. Soc., B 44: 406-413.
- Martinez, I., Wiegand, T., Gonzalez-Taboada, F. and Obesco, J.R., 2010. Spatial associations among tree species in a temperate forest community in North-western Spain. Forest ecology and management, 260: 456-465.
- Mitchell, A., 2005. The ESRI guide to GIS analysis. Vol. 2, ESRI press. USA. 252 p.
- Moeur, M., 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem- mapped data. Forest science, 39 (4): 756-775.
- Nakashizuka, T., 2001. Species coexistence in temperate, mixed deciduous forests. Trends Ecol. Evol., 16: 205-210.
- 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.
- Sagheb-Talebi, Kh. and Schütz, J-Ph., 2002. The structure of natural oriental beech (*Fagus orientalis*) in the Caspian region of Iran and potential for the application of the group selection system. Forestry, 75 (4): 465-472.
- Sagheb-Talebi, Kh., Delfan Abazari, B. and Namiranian, M., 2005. Regeneration process in natural uneven-aged Caspian beech forests of Iran. Swiss Forestry Journal, 156 (12): 477-480.
- 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.
- Stoll, P. and Bergius, E., 2005. Pattern and process: competition causes regular spacing of individuals within plant populations. Journal of ecology, 93: 395- 403.
- Wagner, R.G. and Radosevich, S.R., 1998. Neighborhood approach for quantifying interspecific competition in coastal Oregon forests. Ecological application, 8: 779-794.
- Weigelt, A. and Jolliffe, P., 2003. Indices of plant competition. Journal of ecology, 91: 707-720.
- Woodall, C.W. and Graham, J.M., 2004. A technique for conducting point pattern analysis of cluster plot stem- maps. Forest ecology and management, 198: 31-37.
- Zenner, E.K. and Peck, J.E., 2009. Characterizing structural conditions in mature managed red pine: spatial dependency of metrics and adequacy of plot size. Forest ecology and management, 257: 311-320.
- 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.

Archive of SID

www.SID.ir

Application of bivariate Ripley's *K*- function for studying competition and spatial association of trees (Case study: intact Oriental beech stands in Kelardasht)

R. Akhavan[1*] and Kh. Sagheb-Talebi[2]

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
E-mail: akhavan@rifr-ac.ir
2- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
Received: 31.05.2011 Accepted: 11.12.2011

Abstract

Competition is a fundamental ecological process driving succession in a forest and affects on forest stand structure. Understanding competition among tree species is especially important when management goal is to mimic the dynamics of natural ecosystems. Three 1-ha stem-mapped plots were established at three developmental stages of initial, optimal and decay in an intact natural, unmanaged and uneven-aged beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest in the Kelardasht region, in the north of Iran. Diameter of all trees with dbh greater than 7.5 cm were recorded. All of the measured trees were assigned into four diameter size classes as small, medium, large, and extra large timbers. Spatial associations among tree size classes were analyzed using bivariate Ripley's *K*-function. Results showed that association patterns (i.e., attraction and repulsion) varied among different size classes across different development stages, likely influenced by shade-tolerance characteristics, seed dispersal limitation and intra-specific competition of beech trees. This study highlighted the application of bivariate Ripley's *K*-function and the importance of competition in understanding stand dynamics of beech forests across development stages. The information derived from these untouched stands could be useful as a key reference for developing management programs, silvicultural interventions, plantations and reforestation programs as well as giving us insight into competitive processes to enable better modeling of beech stands dynamics.

Key words: development stages, bivariate Ripley's *K*- function, intra-specific competition, spatial association, untouched beech stand.

Archive of SID

www.SID.ir