

بررسی الگوی مکانی درختان طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در کلاردشت

رضا اخوان^{۱*}، خسرو ثاقب طالبی^۲، مجید حسینی^۳ و پژمان پرهیزکار^۳

* نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران. پست الکترونیک: akhavan@riff-ac.ir

۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.

۳- کارشناس ارشد تحقیقات، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۵

چکیده

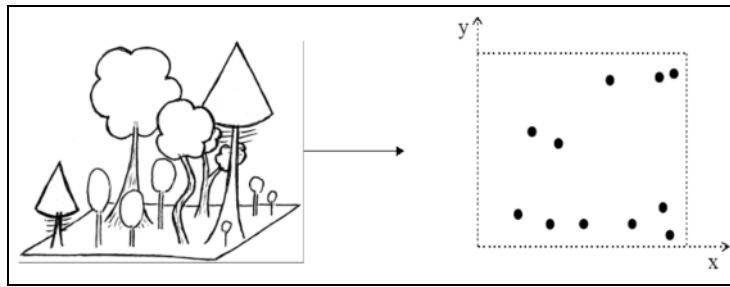
یکی از آشکارترین جنبه‌های ساختار یک توده جنگلی، الگوی مکانی یا نحوه توزیع درختان در آن است. تعیین الگوی مکانی درختان در هر مرحله تحولی، پویایی (dynamic) جنگل را در طول زمان نشان داده و می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد فرایندهای طبیعی به‌ویژه در جنگل‌های ناهمسال در اختیار قرار دهد. به این منظور سه قطعه یک هکتاری به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر در سه مرحله تحولی اولیه (initial)، بلوغ (اوج؛ optimal) و پوسیدگی (تخریب؛ decay) در یک جنگل طبیعی دست‌نخورده راش در منطقه کلاردشت انتخاب شد. سپس در داخل این قطعات، مختصات کلیه درختان قطورتر از ۷/۵ سانتی‌متر به‌روش فاصله-آزیموت تعیین گردید و در نهایت الگوی مکانی درختان با استفاده از تابع K رایپلی تجزیه و تحلیل شد. نتایج این بررسی نشان داد که در حالی که تعداد درختان از مرحله اولیه تا پوسیدگی رو به کاهش می‌گذارد، الگوی پراکنش درختان در مراحل اولیه، بلوغ و پوسیدگی به‌ترتیب خوشه‌ای شدید، تصادفی و خوشه‌ای ضعیف است. نتایج این تحقیق، کاربرد آمار مکانی را در بررسی الگوی مکانی درختان نشان می‌دهد. عقیده بر این است که مدیران جنگل برای آگاهی از فرایندهای طبیعی در جنگل، به چنین اطلاعاتی از توده‌های دست‌نخورده به‌عنوان یک کلید راهنما برای مدیریت بهتر جنگلها احتیاج دارند تا همگام با طبیعت در سایر توده‌های تحت مدیریت عمل کنند و به مدیریت پایدار اکوسیستم‌های طبیعی بپردازند.

واژه‌های کلیدی: الگوی مکانی، مراحل تحولی، تابع K رایپلی، توده دست‌نخورده، راش.

مقدمه

نقاط نشان داد؛ مجموعه‌ای که شامل این نقاط باشد را الگوی مکانی (spatial pattern) درختان می‌نامند (شکل ۱).

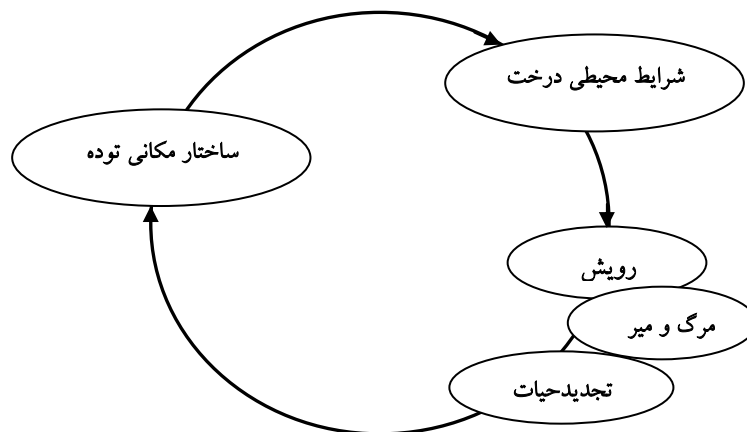
محل قرارگیری درختان در یک جنگل را می‌توان با تعیین مختصات آنها نسبت به یکدیگر به‌صورت یکسری



شکل ۱- از توده واقعی به الگوی مکانی (برگرفته از Goreaud et al., 1997)

است (شکل ۲). آگاهی از بیولوژی گونه‌های درختی در جنگل به منظور درک برخی از جنبه‌های الگوهای مکانی درختان لازم است؛ به دلیل این که هر گونه درختی از نظر شکل (ریشه، ساقه و تاج)، اندازه، دیرزیستی، دوره تولید بذر و فنولوژی منحصر به فرد است (Peet & Christensen, 1987).

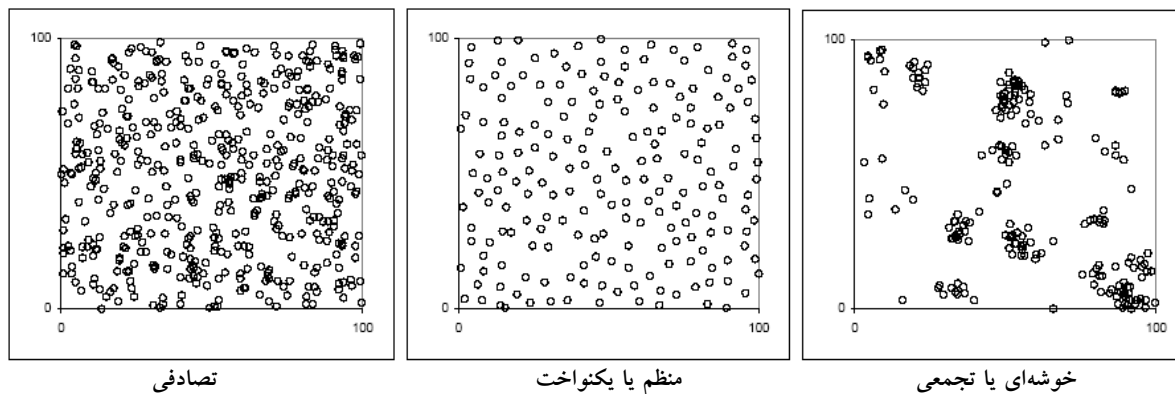
الگوی مکانی درختان در جنگل، مشخصه مهمی در درک پویایی (dynamic) اکوسیستم جنگل می‌باشد (Veblen et al., 1979) که بر استقرار، رویش، رقابت، تجدیدحیات، مرگ و میر، استفاده از منابع، ایجاد روشنیه (gap) و در نهایت توسعه زیراشکوب جنگل تأثیرگذار است. الگوی مکانی درختان ابتدا با توزیع بذر و تغییرات مکانی تجدیدحیات و زنده‌مانی اولیه آنها تعیین می‌شود (Nathan & Muller-Landau, 2000) و سپس تحت تأثیر شرایط محیطی از قبیل خاک، توپوگرافی، رقابت، گذشته توده، طوفانها و طغیان آفات و بیماریها قرار می‌گیرد. بنابراین به‌طوری که ملاحظه می‌شود این ارتباط دو سویه



شکل ۲- ارتباط بین ساختار مکانی توده با محیط اطراف درخت و فرایندهای طبیعی در جنگل

(برگرفته از Goreaud et al., 1997)

به‌طور کلی سه نوع الگوی مکانی اصلی در طبیعت وجود دارد: ۱- خوشه‌ای (cluster) یا تجمعی (aggregate)، ۲- منظم (regular) یا یکنواخت (uniform) و ۳- تصادفی (random) (شکل ۳).



شکل ۳- انواع الگوهای مکانی موجود در طبیعت (برگرفته از Goreaud et al., 1997)

Fisher et al. (Greig-Smith, 1952- a) بر این اساس (1922) نسبت واریانس به میانگین نمونه را به‌عنوان شاخص پراکندگی (Dispersion Index) پیشنهاد کردند و Morisita (1957) شاخص تصادفی بودن را ارائه نمود.

۲- روش نزدیکترین فاصله: در این روش فاصله بین نقطه موردنظر (درخت) و نزدیکترین همسایه‌اش تعیین می‌گردد، مانند روشهای Clark & Evans (1954) و Pielou (1959).

۳- روش ثبت و جایابی داده‌ها (mapped data): در این روش مختصات هر نقطه (درخت) ثبت و برای تعیین الگوی مکانی استفاده می‌گردد که روش رایپلی (Ripley, 1979; 1981) از چنین اطلاعاتی استفاده می‌کند. Moeur (1993) پیشگام استفاده از این روش بود. از میان روشهای یادشده، روشی که در مطالعات اکولوژیکی سالهای اخیر به‌منظور بررسی الگوهای مکانی بسیار بکار رفته، روش رایپلی است (Liebhold & Gurevitch, 2002) که در این بررسی از این روش استفاده شده است.

از تحقیقات داخلی انجام شده در زمینه بررسی الگوی مکانی درختان می‌توان به مطالعه پوربایی و همکاران (۱۳۸۳) اشاره کرد که با استفاده از سه شاخص مربع‌تی،

آگاهی از الگوی مکانی درختان در توده جنگلی می‌تواند در موارد زیر مفید باشد (Salas et al., 2006):

۱- درک ارتباط درون‌گونه‌ای (intra specific) و بین‌گونه‌ای (inter specific) درختان در جنگل
 ۲- اتخاذ شیوه‌های جنگل‌شناسی با الهام از فرایندهای طبیعی در جنگل
 ۳- انتخاب روش آماربرداری در جنگل (Tomppo, 1986)

۴- بهبود مدل‌های پویایی توده با در نظر گرفتن رقابت‌های درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای
 از روشهای آنالیز الگوی مکانی که شاخه‌ای از آمار مکانی است می‌توان برای کمی کردن الگوی مکانی جوامع گیاهی استفاده کرد (Cressie, 1993). تاکنون روشها و شاخص‌های متعددی برای تفسیر توزیع‌های مکانی ارائه شده است (Greig-Smith, 1952-a; Clark & Evans, 1954; Morisita, 1957; Pielou, 1959; Ripley, 1977; 1981) که این روشها را می‌توان به سه گروه عمده طبقه‌بندی کرد (Salas et al., 2006):

۱- روش مربعات (کوادرات): در این روش قطعات نمونه‌ای با ابعاد مشخص تعیین و تعداد نقاط (درختان یا نهالها) در هر قطعه نمونه شمارش می‌شوند (مانند روش

الگوی مکانی درختان و نهالها را با استفاده از شاخص رایپلی بررسی کردند. (2004) Hanewinkel با استفاده از روش کوادرات در جنگلهای سیاه آلمان نشان داد که توده‌های همسال الگوی منظم داشته، اما توده‌های ناهمسال الگوی خوشه‌ای نشان می‌دهند. Salas *et al.* (2006) با استفاده از شاخص رایپلی در جنگلهای سوزنی‌برگ آمیخته شیلی به الگوهای تصادفی و خوشه‌ای رسیدند. (2007) Aakala *et al.* الگوی پراکنش درختان خشک‌دار را در جنگلهای بورآل مدیریت‌نشده در کبک کانادا با استفاده از شاخص رایپلی، خوشه‌ای تعیین کردند. (2008) Longuetaud *et al.* با استفاده از شاخص‌های کلارک-ایوانز و رایپلی الگوی پراکنش را در توده‌های همسال بلوط در آلمان بررسی کرده و در توده‌های تنک‌شده به الگوی منظم دست یافتند. Pommerening & Stoyan (2008) روش جدیدی (nearest neighbor summary statistics) را به منظور بازسازی الگوی مکانی درختان جنگل ارائه کردند. (2009) Zhang *et al.* الگوی پراکنش درختان سوزنی‌برگ را در جنگلهای تبت به وسیله شاخص رایپلی بررسی و به الگوهای تصادفی-خوشه‌ای رسیدند. (2009) Zenner & Peck در توده‌های بالغ کاج در آمریکا با استفاده از شاخص رایپلی به الگوهای یکنواخت و تجمعی دست یافتند.

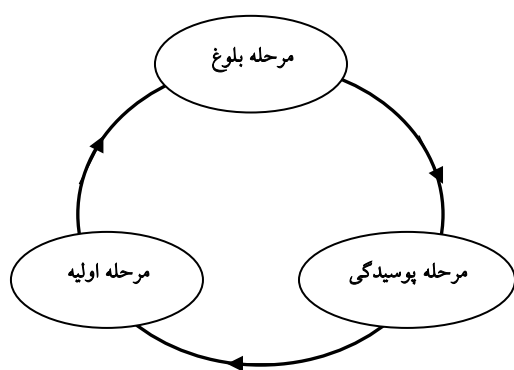
به عقیده Greig-Smith (1952-b) الگوی مکانی درختان در طول مراحل تحولی جنگل تغییر می‌کند و توصیه شده است که بررسی الگوی مکانی درختان به تفکیک مراحل تحولی جنگل انجام شود (Dimov *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2004; Arevalo & Fernandez-Palacios, 2003; Salas *et al.*, 2006). بنابراین هدف از این تحقیق تعیین الگوی مکانی درختان در توده‌های دست‌نخورده راش خزری در مراحل مختلف تحولی جنگل (اولیه، بلوغ و پوسیدگی) به منظور بررسی پویایی (dynamic) جنگل است. با بررسی سوابق تحقیق مشخص شد که بررسی الگوهای مکانی درختان به تفکیک

جانسون-زایمر و کلارک-ایوانز الگوی پراکنش درختان کرکف را در جنگلهای شفارود گیلان، کپه‌ای تعیین کردند. علوی و همکاران (۱۳۸۴) با استفاده از روش میانگین مربعات، الگوی مکانی درختان ملج را در جنگل خیرودکنار نوشهر یک الگوی بینابینی کپه‌ای-تصادفی معرفی کردند. بصیری و همکاران (۱۳۸۵) الگوی مکانی درختان بلوط، گلابی و زالزالک را با استفاده از شاخص‌های مختلف در منطقه قامیشه مریوان، کپه‌ای تشخیص دادند. حیدری و همکاران (۱۳۸۶) الگوی مکانی درختان در جنگل سرخه‌دیزه کرمانشاه را با استفاده از شاخص هاپکینز، کپه‌ای تشخیص دادند. حبشی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از شاخص کلارک-ایوانز در توده آمیخته راش در جنگل شصت‌کلا گرگان به الگوهای متفاوتی برای گونه‌های مختلف دست یافتند. عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از شاخص نزدیکترین همسایه، الگوی پراکنش درختان در جنگل سروک یاسوج را پراکنده تشخیص دادند. متاجی و همکاران (۱۳۸۷) الگوی مکانی حفره‌های تجدیدحیات را با استفاده از شاخص رایپلی در توده‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده جنگل خیرودکنار نوشهر بررسی و به الگوهای تصادفی و یکنواخت رسیدند. شهسواری پیرکویی و همکاران (۱۳۸۸) الگوی مکانی خشک‌دارها را با استفاده از شاخص رایپلی در توده‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده جنگل خیرودکنار نوشهر بررسی و به الگوی کپه‌ای دست یافتند.

تحقیقات خارجی انجام شده در این زمینه بسیار زیاد است که در این جا فقط به مهمترین آنها اشاره می‌شود. (1947) Watt از پیشگامان مطالعه الگوی مکانی گیاهان بود که این الگوها را طی مراحل مختلف توالی بررسی کرد. (1998) Mosandl & Kleinert الگوی پراکنش درختان بلوط اروپایی (*Q. petraea*) را در داخل یک توده کاج جنگلی در آلمان تصادفی تعیین کردند. Arevalo & Fernandez-Palacios (2003) در جزایر قناری اسپانیا،

هکتار را برای مطالعه ساختار و پویایی جنگلهای خزری ایران تأیید کرده است (فلاح، ۱۳۷۹؛ ثاقب‌طالبی و همکاران، ۱۳۸۰؛ اسلامی و ثاقب‌طالبی، ۱۳۸۶؛ Sagheb-Talebi & Schütz, 2002).

لازم به ذکر است که توده جنگلی در مرحله بلوغ (اوج) شبیه به یک جنگل همسال منظم و مدیریت‌شده به نظر می‌آید، ولی در عمل سن درختان آن بسیار متفاوت است. در این مرحله توده جنگلی به صورت یک اشکوبه، با تاج‌پوشش بسته و بدون زادآوری در کف جنگل دیده می‌شود و خشکه‌دار رسیده و واقعی در آن وجود ندارد. در اواخر مرحله بلوغ با افتادن درختان، در پوشش تاجی روشن (حفره) ایجاد شده و نور بیشتری به کف جنگل می‌رسد تا تجدید حیات در کنار درختان قطور پدید آید؛ در این مرحله حجم توده رو به کاهش می‌گذارد. با پیشرفت مرحله پوسیدگی (تخریب) از تعداد درختان قطور کاسته شده و توده به سمت جوان شدن (مرحله اولیه) میل می‌نماید (شکل ۴). در این مرحله (اولیه) به دلیل سرعت رشد زیاد درختان جوان و رقابت نوری، ارتفاع درختان افزایش یافته و سهم درختان کم‌قطر بیشتر می‌شود؛ حجم توده نیز افزایش یافته و روشن‌ها به تدریج بسته می‌شوند. در مرحله اولیه ساختار توده تا حدودی ناهمسال و پلکانی است (Korpel, 1995).



شکل ۴- چرخش مراحل تحولی در جنگل

مراحل تحولی جنگل تاکنون در کشور انجام نشده و از این منظر این بررسی کاملاً جدید است.

مواد و روشها

منطقه تحقیق

برای این تحقیق، پارسل ۱۳۹ شاهد در سری ۱ طرح جنگلداری لنگای کلاردشت به مساحت ۴۳ هکتار با جهت عمومی شمال‌شرقی که تاکنون تحت هیچ‌گونه عملیات پرورشی و بهره‌برداری صنعتی نبوده است، انتخاب شد. ارتفاع منطقه تحقیق حدود ۱۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، میزان بارندگی سالیانه آن حدود ۱۳۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن حدود ۸ درجه سانتی‌گراد و فاقد فصل خشک حیاتی است. خاک منطقه از نوع قهوه‌ای جنگلی و 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

۳ قطعه یک هکتاری به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر واقع در سه مرحله تحولی (development stage) مختلف شامل اولیه (initial)، بلوغ (اوج؛ optimal) و پوسیدگی (تخریب؛ decay) با توجه به تجربه و تعاریف موجود (Korpel, 1995) و مطالعات قبلی (دلفان‌اباذری و همکاران، ۱۳۸۳؛ متاجی و ثاقب‌طالبی، ۱۳۸۶؛ Sagheb-Talebi *et al.*, 2005) در داخل توده‌های خالص راش منطقه با فاصله‌ای حدود ۱۰ متر از یکدیگر انتخاب شدند؛ به طوری که اضلاع این قطعات در امتداد ۴ جهت اصلی جغرافیایی بود (Dimov *et al.*, 2005). پس از انتخاب قطعات نمونه، محدوده آنها با رنگ در عرصه جنگل مشخص شد. جهت این قطعات، شرقی و با شیب حدود ۵۰ درصد است. مطالعات قبلی مناسب بودن سطح یک

اندازه‌گیری در قطعات بررسی

شاخص رایپلی

تابع K رایپلی (Ripley's K -function) براساس تعداد نقاط (درخت) موجود در یک شعاع مشخص (r) ، به بررسی الگوهای مکانی می‌پردازد. برخلاف روش نزدیکترین همسایه (nearest neighbor) که فقط فاصله از یک نقطه معین تا نزدیکترین همسایه‌اش را در نظر می‌گیرد، در روش رایپلی فواصل بین تمام جفت نقاط موجود در سطح مورد بررسی در نظر گرفته می‌شود (Moer, 1993). 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 همسایه‌ایست که به شعاع r از یک درخت قرار گرفته‌اند و ρ تراکم (تعداد در واحد سطح) است. در یک الگوی کاملاً تصادفی با تراکم ρ ، رابطه $K(r) = \pi r^2$ برقرار است. بنابراین در الگوی تجمع‌ی یا خوشه‌ای که در آن تعداد همسایه‌ها بیشتر از حالت تصادفی است، $K(r) \geq \pi r^2$ و در الگوی منظم یا یکنواخت که تعداد همسایه‌ها کمتر از حالت تصادفی است، $K(r) \leq \pi r^2$ می‌باشد.

امروزه به جای تابع K رایپلی از شکل اصلاح شده آن یعنی تابع L که توسط Besag (1977) ارائه شد، 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 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، اگر بزرگتر از صفر باشد نشان‌دهنده الگوی خوشه‌ای و اگر کوچکتر از صفر باشد نشان‌دهنده الگوی منظم است.

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 خزری شمال کشور، فاصله درختان معمولاً کم است و دقت دستگاه GPS در بهترین حالت ۵ متر می‌باشد، برای ثبت مختصات درختان موجود در محدوده یک هکتاری باید از روش فاصله-آزیموت (Moer, 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 سونو اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی (x,y) تبدیل گردید. بعد این مختصات به مختصات نقطه مبنا اضافه و در نتیجه مختصات اولین درخت بدست آمد. به همین 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 اشتباهاً دو بار اندازه‌گیری نشود. در فرم آماربرداری برای هر درخت علاوه بر فاصله و آزیموت، قطر در ارتفاع برابر سینه نیز برای درختان قطورتر از ۷/۵ سانتی‌متر در طبقات قطری یک سانتی‌متری ثبت و خشکه‌دارها نیز مشخص شدند. در ضمن برای نمایش الگوی مکانی، درختان به ۴ کلاسه قطری کم‌قطر (تا قطر ۳۲/۵ سانتی‌متر)، میان‌قطر (بین قطر ۳۲/۶ تا ۵۲/۵ سانتی‌متر)، قطور (بین قطر ۵۲/۶ تا ۷۲/۵ سانتی‌متر) و خیلی قطور (بیشتر از قطر ۷۲/۶ سانتی‌متر) (Sagheb-Talebi & Schütz, 2002؛ اسلامی و همکاران، ۱۳۸۶) طبقه‌بندی شدند.

وقتی که هدف بررسی درختان بالغ است. ابعاد قطعه در نظر گرفته شده برای بررسی نیز بسیار مهم است و اگر به درستی انتخاب نشود، تشخیص نوع الگو دچار انحراف خواهد شد (Dale, 1999). مثلاً برای مطالعه در جنگلهای پیش‌رسته (old growth) نیاز به قطعات بررسی بزرگتری می‌باشد. با توجه به محدودیتهای فوق، شاخص رایپلی ابزار قدرتمندیست که می‌تواند در تمام مقیاس‌ها مورد استفاده قرار گیرد که در این بررسی تنها از حالت تک‌متغیره (univariate) این شاخص استفاده شده است.

در تحقیق حاضر فاصله مورد عمل برای محاسبه تابع L در قطعات 100×100 متر برابر ۲۵ متر و با افزایش (increment) ۵ متر در نظر گرفته شد (Gray & He, 2009; Zhang et al., 2009; Zenner & Peck, 2009) و برای محاسبه حدود مونت‌کارلو، ۹۹ بار شبیه‌سازی الگوی مکانی به وسیله نرم‌افزار Arc GIS 9.2 انجام شد.

نتایج

جدول ۱ اطلاعات کمی قطعات بررسی را به تفکیک مراحل تحولی نشان می‌دهد.

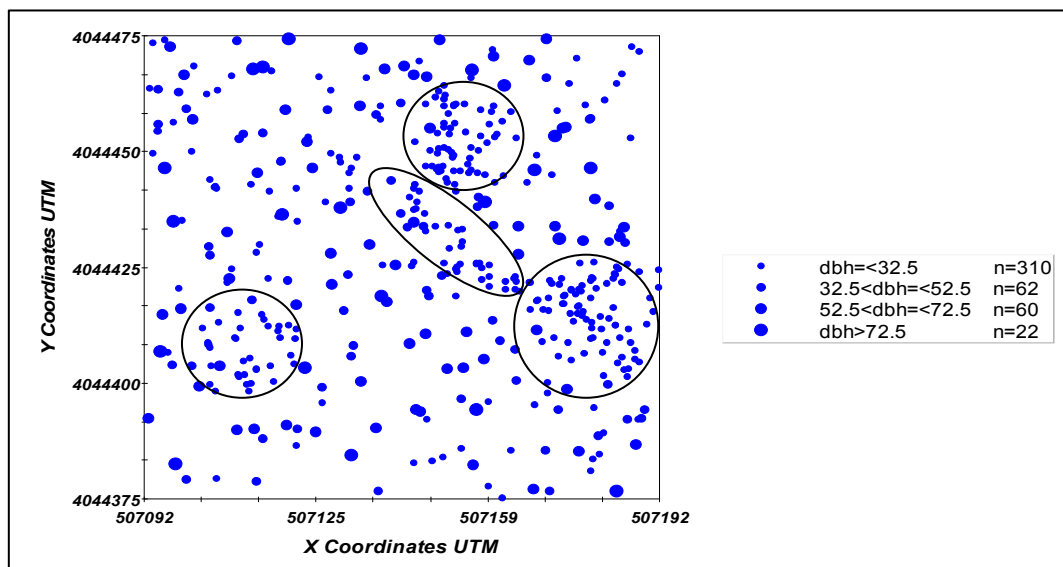
در این تحقیق برای رفع اثر حاشیه‌ای که به علت کمبود تعداد درختان در نزدیکی مرز قطعه نمونه رخ می‌دهد، از میان روشهای تصحیح موجود شامل روش آینه‌ای، روش کاهش سطح قطعه نمونه با ایجاد حاشیه و روش تصحیح اثر حاشیه‌ای رایپلی (Ripley's edge correction formula)، از روش سوم استفاده شد که به نمونه‌های نزدیک به مرز 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 رایپلی برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت الگوی مشاهده شده با الگوی تصادفی (فرض صفر)، حدود اعتماد با استفاده از آزمون مونت‌کارلو محاسبه و ترسیم می‌گردد؛ به طوری که اگر تابع L در داخل این محدوده قرار گیرد، الگوی پراکنش مشاهده شده با الگوی پراکنش تصادفی تفاوت معنی‌داری نخواهد داشت، اما اگر تابع L بالاتر از این محدوده قرار گیرد، نشانه وجود الگوی خوشه‌ای و اگر پایین‌تر از این محدوده واقع شود نشان‌دهنده الگوی منظم است. در این گونه مطالعات دامنه (range) بررسی بسیار مهم است و باید متناسب با ابعاد درخت باشد. به عنوان مثال، وقتی که هدف بررسی تجدیدحیات باشد، این دامنه بسیار کوتاه‌تر خواهد بود تا

جدول ۱- اطلاعات کمی قطعات یک هکتاری

مرحله تحولی	تعداد درخت	حداقل قطر (سانتی‌متر)	حداکثر قطر (سانتی‌متر)	میانگین قطر (سانتی‌متر)	ضریب تغییرات	تعداد خشکه‌دار سرپا با قطر فراوانی
اولیه	۴۵۴	۷/۵	۱۵۴	۲۷/۶	٪۸۴	-
بلوغ (اوج)	۳۳۶	۷/۵	۱۱۰	۳۶/۸	٪۵۵	۲
پوسیدگی (تخریب)	۳۰۲	۷/۵	۹۷	۳۵/۸	٪۵۹	۲

قطری کم‌قطر، میان‌قطر، قطور و خیلی قطور نشان می‌دهد.

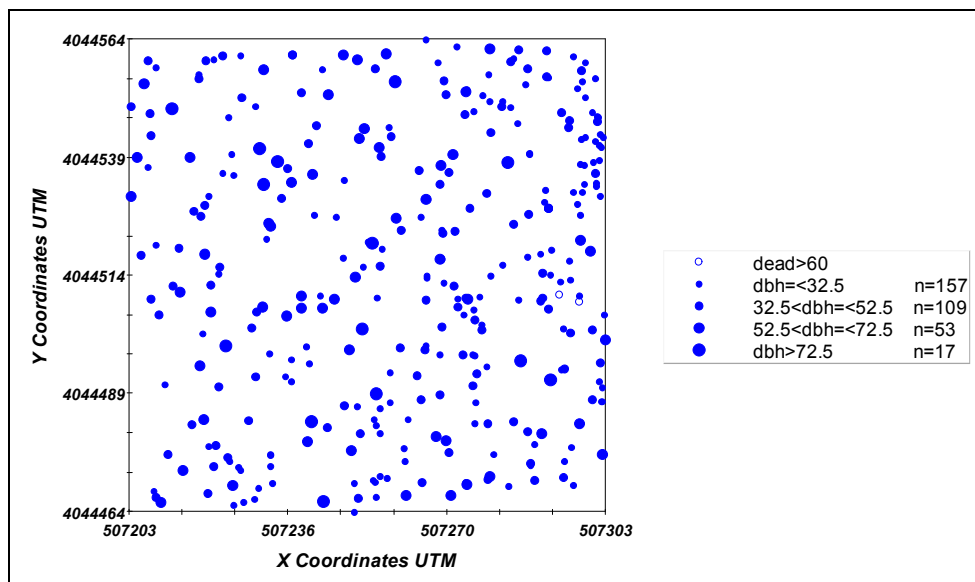
شکلهای ۵ تا ۷ الگوی مکانی درختان را در قطعات بررسی مختلف به تفکیک کلاسه‌های



شکل ۵- الگوی مکانی درختان در قطعه با مرحله تحولی اولیه (تعداد درخت: ۴۵۴ اصله)
(dbh: قطر برابر سینه به سانتی متر؛ n: تعداد در کلاسه قطری)

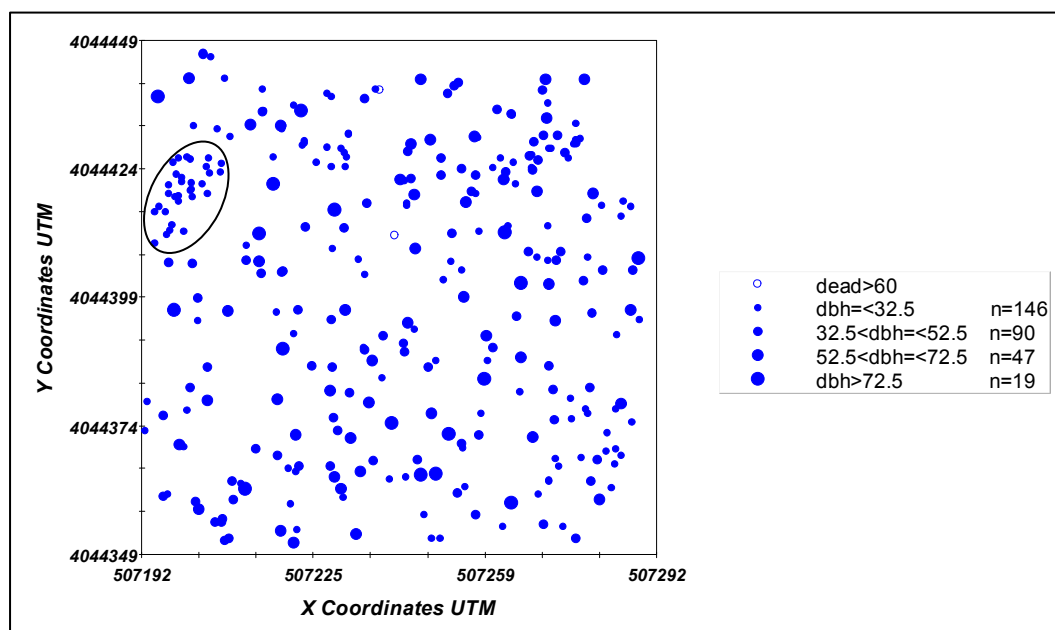
پوسیدگی (۱۴۶ اصله) است (شکلهای ۶ و ۷). در این مرحله درختان کم قطر به صورت تجمعی در کنار یکدیگر قرار گرفته که ۴ خوشه عمده (محدوده‌های دایره‌ای و بیضوی) در شکل ۵ قابل تشخیص‌اند.

با توجه به جدول ۱ و شکل ۵ ملاحظه می‌گردد که تراکم درختان در مرحله اولیه زیاد، تفاوت بین اندازه‌های قطر درختان بسیار زیاد (ضریب تغییرات قطر ۸۴ درصد) و تعداد درختان در کلاسه کم قطر (۳۱۰ اصله) حدود دو برابر این کلاسه در مراحل بلوغ (۱۵۷ اصله) و



شکل ۶- الگوی مکانی درختان در قطعه با مرحله تحولی بلوغ (تعداد درخت: ۳۳۶ اصله)
(dbh: قطر برابر سینه به سانتی متر؛ n: تعداد در کلاسه قطری؛ dead: خشک‌دار سرپا با قطر بیشتر از ۶۰ سانتی متر)

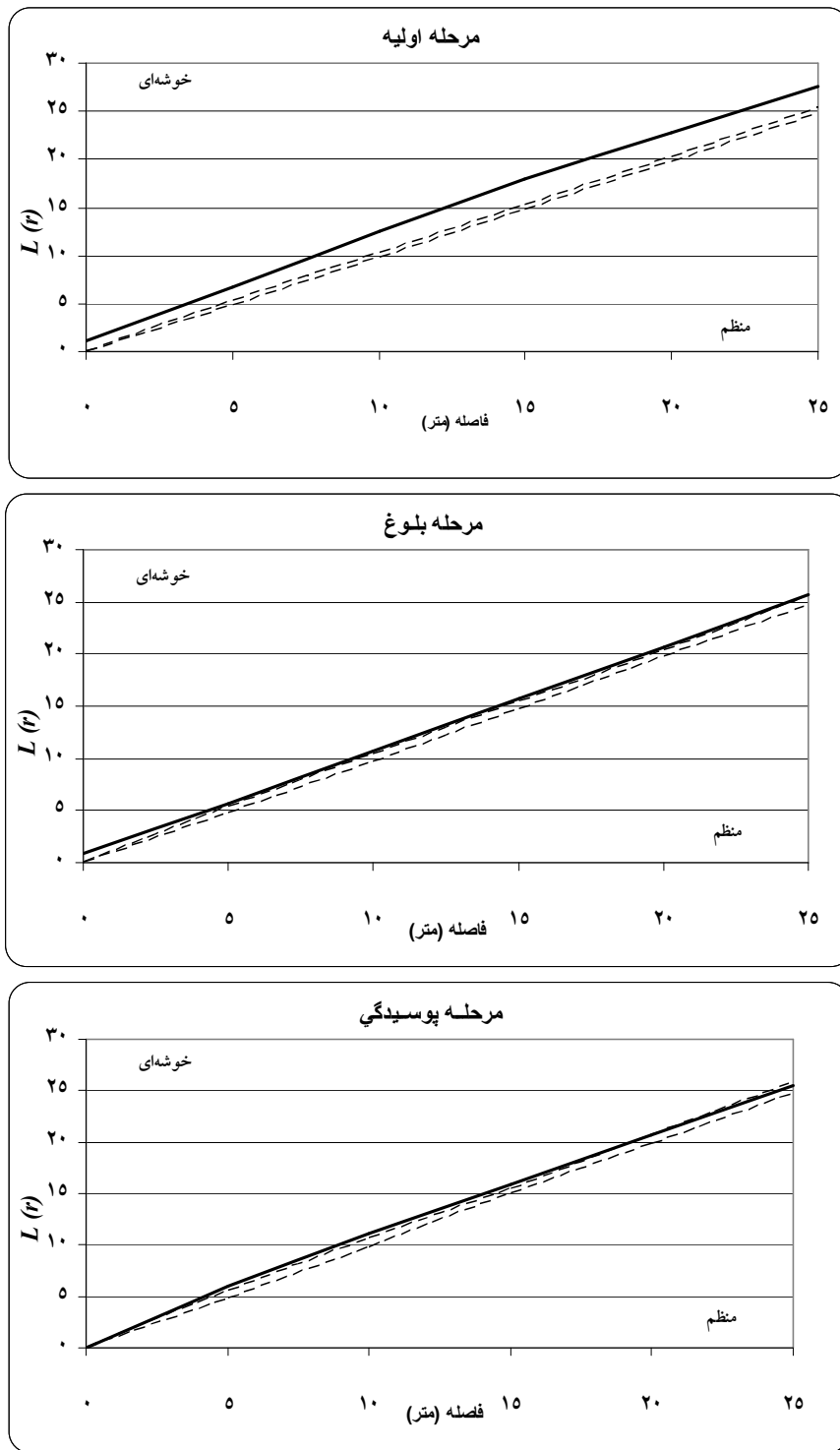
در مرحله بلوغ (شکل ۶)، تراکم درختان کاهش یافته، از تعداد درختان در کلاسه کم‌قطر کاسته شده، اندازه‌های قطر درختان به هم نزدیکتر شده (ضریب تغییرات قطر ۵۵ درصد)، الگوی پراکنش درختان یکنواخت‌تر شده و ۲ خشک‌دار سرپا نیز در توده ظاهر شده است.



شکل ۷- الگوی مکانی درختان در قطعه با مرحله تحولی پوسیدگی (تعداد درخت: ۳۰۲ اصله)
 dbh: قطر برابر سینه به سانتی‌متر؛ n: تعداد در کلاسه قطری؛ dead: خشک‌دار سرپا با قطر بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر

خوشه‌ای شدن میل می‌کند (محدوده بیضوی در شکل ۷) و ۲ خشک‌دار سرپا نیز در توده مشاهده می‌شود. شکل ۸ نمودارهای تابع L را به همراه حدود مونت کارلو در قطعات مورد بررسی نشان می‌دهد.

در مرحله پوسیدگی (شکل ۷)، تراکم درختان به حداقل ممکن رسیده، ضریب تغییرات قطر نسبت به مرحله اولیه کمتر ولی نسبت به مرحله بلوغ رو به افزایش گذاشته (۵۹ درصد)، الگوی پراکنش دوباره به سمت



شکل ۸- نمودار تابع L (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) در مراحل مختلف تحولی جنگل

با توجه به نمودارهای تابع L در شکل ۸ ملاحظه می‌شود که در مرحله اولیه مقدار این تابع در تمام فواصل با توجه به نمودارهای تابع L در شکل ۸ ملاحظه می‌شود که در مرحله اولیه مقدار این تابع در تمام فواصل

با تفاوت نسبتاً زیادی بالاتر از حدود مونت کارلو قرار گرفته است و در نتیجه الگوی پراکنش درختان در این

نونهالهای جوان شروع به رشد و نمو در آنها می‌نمایند. در نتیجه وجود چندین روشنه در یک توده و استقرار تجدیدحیات در آنها الگوی پراکنش به سمت خوشه‌ای شدن پیش می‌رود. به مرور زمان و با افزایش سن تجدیدحیات، رقابت بین آنها آغاز شده که سبب حذف تعدادی از نهالها در کپه‌های تجدیدحیات شده و به تدریج نهالهای باقیمانده تمام عرصه توده جنگلی را می‌پوشانند. این روند ادامه می‌یابد تا توده از مرحله اولیه خارج و وارد مرحله اوج شود. در این مرحله که درختان ابعاد قطری تقریباً مشابهی پیدا می‌کنند و به بلوغ می‌رسند، به تدریج از فرایند رقابت خارج شده و به الگوی پراکنش یکنواخت تری (uniform) می‌رسند، به طوری که در قطعه بلوغ این بررسی، الگوی بدست آمده تصادفی بود. با افزایش سن توده و رسیدن به سن دیرزیستی فیزیولوژیکی، به تدریج درختان به خشکه‌دار تبدیل شده و حذف می‌شوند که با ایجاد فضا در تاج پوشش، این چرخه مجدداً تکرار می‌شود.

این نتایج در راستای نتایج بدست آمده از Bonnicksen & Stone (1981) در جنگلهای بکر و آمیخته سکویا و همچنین در تأیید نتایج تحقیق Moeur (1993) در جنگلهای ناهمسال سوزنی‌برگ ایالت آیداهو آمریکا است که دریافتند درختان مسن و قطور تمایل به پراکنش یکنواخت تری دارند. تحقیقات Leibundgut (1993) و Korpel (1995) در جنگلهای بکر راش - نراد اروپا نیز منظم بودن پراکنش درختان قطور را در برخی از مراحل تحولی این جنگلها نشان داده است. رسیدن به الگوی خوشه‌ای برای مرحله اولیه در این تحقیق ناشی از تجدیدحیات طبیعی جنگل در اطراف خشکه‌دارها و داخل روشنه‌هاست که در تحقیقات سفیدی و همکاران (۱۳۸۶)، ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۶)، van Laar & Akca (1997)، Veblen et al. (1979)، Salas et al. (2006) به اثبات رسیده است. همچنین Veblen et al. (1980) و Salas et al. (2006) در تحقیقات خود به الگوی تصادفی

مرحله کاملاً خوشه‌ایست. در مرحله بلوغ (اوج) تا شعاع ۵ متر الگو اندکی خوشه‌ای و از این فاصله به بعد تابع L مماس با حد بالای مونت کارلو حرکت کرده و الگوی بینابینی تصادفی - خوشه‌ای دارد، اما بعد از فاصله ۲۲ متری کاملاً در داخل حدود مونت کارلو قرار گرفته و به الگوی تصادفی می‌رسد. در مرحله پوسیدگی (تخریب) تا شعاع ۲۰ متری الگوی پراکنش درختان خوشه‌ای ضعیف و از این فاصله به بعد تصادفی است.

بحث

ساختار کنونی جنگلهای مدیریت نشده نتیجه تعامل پیچیده بین درختان با تاریخچه‌ای متفاوت است که با تأثیر عواملی چون ریشگاه، اقلیم و آشفستگی (disturbance) شامل طوفان، آتش‌سوزی، آفات و امراض، برف و یخبندان و سیل ترکیب شده است. تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی درختان با ابعاد و شرایط رقابتی متفاوت می‌تواند در بازسازی ساختار گذشته توده و در تفسیر مراحل تحولی که الگوی پراکنش کنونی درختان را بوجود آورده‌اند، مفید باشد. به عنوان مثال، براساس تحقیق Woodall & Graham (2004) بروز آشفستگی در توده، میزان خوشه‌ای بودن درختان را افزایش می‌دهد.

نتایجی که در این مقاله ارائه شد، کاربرد آمار مکانی را در بررسی الگوی مکانی درختان نشان می‌دهد. در این تحقیق در حالی که تراکم درختان از ۴۵۴ اصله در قطعه اولیه به ۳۰۲ اصله در قطعه پوسیدگی (تخریب) رسید، الگوی مکانی درختان در مرحله اولیه (initial) و پوسیدگی (تخریب؛ decay)، خوشه‌ای و در مرحله بلوغ (اوج؛ optimal) تصادفی تعیین گردید؛ در حالی که درجه خوشه‌ای بودن مرحله اولیه بیش از مرحله پوسیدگی بود. علت این امر را باید در چرخش این مراحل جستجو کرد (شکل ۴). به طوری که در اواخر مرحله پوسیدگی (تخریب) و با افتادن درختان مسن و ایجاد خشکه‌دارها، روشنه‌هایی (gap) در تاج پوشش جنگل ایجاد می‌شود که

قبیل قطر برابر سینه یا ارتفاع باشد را نیز می‌توان در محاسبات وارد کرد.

سپاسگزاری

این تحقیق به صورت طرح خاص و با تأمین اعتبار از سوی سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور انجام شده است. بدین وسیله از پشتیبانی‌های به عمل آمده توسط آقای مهندس منتظری، معاون محترم جنگل‌های مناطق مرطوب و نیمه مرطوب و همچنین همکاریهای آقایان دکتر بهرام دلفان ابادزی و مهندس سیدمحمد مرتضوی تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از آقای محمد نظری از بخش تحقیقات جنگل موسسه به‌خاطر همکاری در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- اسلامی، ع.ر. و ثاقب طالبی، خ.، ۱۳۸۶. بررسی ساختار طبیعی راشتستانهای خالص و آمیخته در جنگل‌های شمال کشور. پژوهش و سازندگی، ۲۰ (۴): ۳۹-۴۸.
- اسلامی، ع.ر.، ثاقب طالبی، خ. و نمیرانیان، م.، ۱۳۸۶. بررسی دستیابی به منحنی تعادل در راشتستانهای ناهمسال شمال کشور در مازندران. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۲): ۹۲-۱۰۴.
- بصیری، ر.، سهرابی، ه. و مزین، م.، ۱۳۸۵. تحلیل آماری الگوی پراکنش مکانی گونه‌های درختی در منطقه قامیشه مریوان. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۳): ۵۷۹-۵۸۸.
- بی‌نام، ۱۳۷۷. طرح جنگل‌داری سری یک لنگا، حوضه آبخیز شماره ۳۶ (کازم رود). اداره کل منابع طبیعی نوشهر. ۴۵۰ صفحه.
- پوربابایی، ح.، آهنی، ح. و بنیاد، ا.، ۱۳۸۳. بررسی الگوی مکانی درختان کرکف در جنگل‌های شفارود، رضوان‌شهر گیلان. فصلنامه علمی محیط زیست، ۱: ۳۰-۲۴.
- ثاقب طالبی، خ.، اسلامی، ع.ر.، قورچی بیگی، ک.، شهناوی، ه. و موسوی میرکلایی، س.ر.، ۱۳۸۰. ساختار راشتستانهای خزری و کاربرد شیوه تک‌گزینی در آنها. مجموعه مقالات

برای درختان قطور و مسن رسیده‌اند که مشابه نتیجه تحقیق حاضر برای مرحله بلوغ (اوج) است. براساس نگرش اکوسیستمی و جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت (close to nature silviculture) که هم‌اکنون در کشور دنبال می‌شود، نتایج این گونه تحقیقات در توده‌های دست‌نخورده راش (از لحاظ تعداد درختان و خشکه‌دارها در واحد سطح، الگوی پراکنش و توزیع قطری درختان، ابعاد و الگوی پراکنش روشنه‌ها در جنگل) می‌تواند به‌عنوان الگویی برای اعمال مدیریت در سایر توده‌های جنگلی مورد استفاده دست‌اندرکاران امر قرار گیرد و شاخص‌های مکانی که این تحقیق در هر مرحله تحولی به آن رسیده است، می‌تواند به‌عنوان معیاری باشد برای سنجش هماهنگی دخالت‌های پرورشی و نشانه‌گذاری در راشتستانها در مقایسه با توده‌های طبیعی کمتر دست‌خورده. همچنین آگاهی از الگوهای مکانی درختان طی مراحل تحولی جنگل می‌تواند اطلاعات مفیدی نسبت به فرایندهای رقابت بدست دهد که در تهیه و استفاده از مدل‌های رشد و در مدل‌سازی پویایی (dynamic) جنگل کاربرد خواهند داشت.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود که چنین مطالعاتی در توده‌های دست‌نخورده بلوط خالص و آمیخته راش - ممرز نیز انجام شود و از تجزیه و تحلیل‌های دو متغیره (bivariate) رایپلی که موضوعات جذب (attraction) و دفع (repulsion) میان گروه‌های درختی را هم بررسی می‌کند، استفاده گردد. همچنین در مطالعات آینده از روش تکمیل شده رایپلی به نام O -ring statistics که معایب و کمبودهای روش رایپلی در آن برطرف شده، استفاده شود. شایان ذکر است که در مطالعات ساختار جنگل علاوه بر مختصات درختان (تجزیه و تحلیل دو بعدی)، بعد سوم را که می‌تواند یکی از مشخصه‌های درختان مورد بررسی از

- دومین اجلاس بین‌المللی جنگل و صنعت. جلد اول: ۱۳۸-۱۰۷.
- حبشی، ه، حسینی، س.م، محمدی، ج. و رحمانی، ر.، ۱۳۸۶. تعیین الگوی پراکنش و ساختار در جنگل آمیخته راش شصت کلا گرگان. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۱): ۶۴-۵۵.
- حیدری، ر.ح، زبیری، م.، نمیرانیان، م. و سبحانی، ه.، ۱۳۸۶. بررسی کاربرد روش نمونه‌برداری مربع‌تی در برآورد مشخصه‌های کمی جنگلهای زاگرس، سرخه‌دیزه کرمانشاه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۱): ۴۲-۳۲.
- دلفان اباذری، ب.، ثاقب‌طالبی، 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.
- ذوالفقاری، ا.، مروی مهاجر، م.ر. و نمیرانیان، م.، ۱۳۸۶. نقش خشکه‌دارها در تجدیدحیات طبیعی توده‌های جنگلی (مطالعه موردی: بخش چلیز جنگل خیرودکنار نوشهر). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۳): ۲۴۰-۲۳۴.
- سفیدی، ک.، مروی مهاجر، م.ر.، زبیری، م. و اعتماد، و.، ۱۳۸۶. بررسی تأثیر خشکه‌دارها در استقرار نهالهای راش و ممرز در جنگل آمیخته راش. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۴): ۳۷۳-۳۶۵.
- شهسواری پیرکویی، ح.، متاجی، ا. و اخوان، ر.، ۱۳۸۸. تعیین الگوی مکانی خشکه‌دارها در منطقه مدیریت شده و مدیریت نشده راش (مطالعه موردی: جنگل خیرودکنار نوشهر). فصلنامه تخصصی علوم و فنون منابع طبیعی، ۴ (۱): ۱۸-۱۱.
- علوی، س.ج.، زاهدی امیری، ق. و مروی مهاجر، م.ر.، ۱۳۸۴. تعیین الگوی پراکنش مکانی گونه ملج در جنگلهای شمال ایران، خیرودکنار نوشهر. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۴): ۸۰۴-۷۹۳.
- عرفانی‌فرد، س.ی.، فقهی، ج.، زبیری، م. و نمیرانیان، م.، ۱۳۸۶. بررسی الگوی مکانی درختان در جنگلهای زاگرس. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰ (۴): ۱۳۲۸-۱۳۱۹.
- 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 ثاقب‌طالبی، خ.، ۱۳۸۶. بررسی مراحل تحولی و بویایی دو جامعه گیاهی راش شرقی در جنگلهای طبیعی منطقه خیرودکنار نوشهر. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۴): ۴۱۶-۳۹۸.
- متاجی، ا.، بابایی کفاکی، س.، صفایی، ح. کیادلیری، ه.، ۱۳۸۷. الگوی مکانی حفره‌های تجدیدحیات در توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده در جنگلهای طبیعی راش شرقی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶ (۱): ۱۵۷-۱۴۹.
- Aakala, T., Kuuluvainen, T., De Grandpre, L. and Gauthier, S., 2007. Trees dying standing in the northeastern boreal old-growth forests of Quebec: spatial patterns, rates and temporal variation. Canadian journal of forest research, 37:50-61.
- Arevalo, J.R. and Fernandez- Palacios, J.M., 2003. Spatial patterns of trees and juveniles in a Laurel forest of Tenerife, Canary Islands. Plant ecology, 165: 1-10.
- Besag, J., 1977. Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper. J. R. Stat. Soc, B (39): 193-195.
- Bonnicksen, T.M. and Stone, E.C., 1981. The giant seduoia- mixed conifer forest community characterized through pattern analysis as a mosaic of aggregations. Forest ecology and management, 3: 307-328.
- 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.
- Clark, P. and Evans, E., 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. Ecology, 35 (4): 445-453.
- Cressie, N.A.C., 1993. Statistics for spatial data. Wiley, New York, 900 p.
- Dale, M.R.T., 1999. Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge university press, 326 p.
- Dimov, L.D., Chambers, J.L., Lockhart, B.R., 2005. Spatial continuity of tree attributes in bottomland hardwood forests in the southeastern United States. Forest science, 51 (6): 532-540.
- Fisher, R.A., Thornton, H.G., Mackenzie, W.A., 1922. The accuracy of the platting method for estimating the density of bacterial populations with particular reference to the use of Thorenton's agar medium with soil samples. Ann. Appl. Biol., 9: 325-359.
- 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.

- nearest neighbor summary statistics measured in small subwindows. Canadian journal of forest research, 38: 1110-1122.
- Ripley, B.D., 1977. Modeling spatial patterns. J. R. Stat. Soc., B 39 (2): 172-212.
 - Ripley, B.D., 1979. Test of randomness for spatial point patterns. J. R. Stat. Soc., B 41 (3): 368-374.
 - Ripley, B.D., 1981. Spatial statistics. John Wiley and Sons, 252 p.
 - 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* oblique forest in south-central Chile. Forest ecology and management, 231: 38-46.
 - Tomppo, E., 1986. Models and methods for analyzing spatial patterns of trees. In: Communications Institute Forestalis Fenniae, vol. 138, The Finnish forest research institute, Helsinki, Finland, 65 p.
 - van Laar, A. and Akca, A., 1997. Forest mensuration. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany, 418 p.
 - Veblen, T.T., Ashton, D.H., Schlegel, F.M., 1979. Tree regeneration strategies in a lowland *Nothofagus*-dominated forest in south-central Chile. J. Biogeogr., 6 (4): 329-340.
 - Veblen, T.T., Schlegel, F.M. and Escobar, B., 1980. Structure and dynamics of old growth *Nothofagus* forests in the Valdivian Andes, Chile. J. Ecol., 68 (1): 1-31.
 - Watt, A.S., 1947. Pattern and process in the plant community. J. Ecol., 35: 1-22.
 - 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.
 - Greig-Smith, P., 1952-a. The use of random and contiguous quadrates in the study of structure in plant communities. Ann. Bot., 16 (2): 293-316.
 - Greig-Smith, P., 1952-b. Ecological observations on degraded and secondary forest in Trinidad, British West Indies: El Structure of the communities. Journal of ecology, 40: 316- 330.
 - Goreaud, F., Courbaud, B. and Collinet, F., 1997. Spatial structure analysis applied to modeling of forest dynamics: a few examples. IUFRO workshop: Empirical and process-based models for forest tree and stand growth simulation. Novas Tecnologias, Oeiras, Portugal: 155-172.
 - Hanewinkel, M., 2004. Spatial patterns in mixed coniferous even-aged, uneven-aged and conversion stands. European journal of forest research, 123: 139-155.
 - Korpel, S., 1995. Die Urwälder der Westkarpaten. Gustav Fischer, Berlin. 310 p.
 - Leibundgut, H., 1993. Europäische Urwälder der Bergstufe. Paul Haupt, Bern. 260 p.
 - Liebhold, A.M. and Gurevitch, J., 2002. Integrating the statistical analysis of spatial data in ecology. Ecography, 25 (5): 553-557.
 - Longuetaud, F., Seifert, T., Leban, J.M. and Pretzsch, H., 2008. Analysis of long-term dynamics of crowns of sessile oak at the stand level by means of spatial statistics. Forest ecology and management, 255: 2007-2019.
 - 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.
 - Morisita, M., 1957. A new method for the estimation of the spacing method applicable to non-randomly distributed population. Physiol. Ecol., 7 (4): 215-235.
 - Mosandl, R. and Kleinert, A., 1998. Development of oaks emerged from birds dispersed seeds under old growth pine stands. Forest ecology and management, 106: 35-44.
 - Nathan, R. and Muller-Landau, H.C., 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. Trends Ecol. Evol., 15: 278-285.
 - Peet, R.K. and Christensen, N.L., 1987. Competition and tree death. Bioscience, 37: 586-595.
 - Pielou, E.C., 1959. The use of point to plant distances in the study of the pattern of plant populations. J. Ecol., 47 (3): 607-613.
 - Pommerening, A. and Stoyan, D., 2008. Reconstructing spatial tree point patterns from

Spatial patterns in untouched beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran

R. Akhavan^{1*}, Kh. Sagheb-Talebi², M. Hassani³ and P. Parhizkar³

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.

3- Senior research expert., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

Abstract

Determination of trees spatial patterns in each development stage illustrates the dynamic of stands during the time and can provide valuable information on the underlying processes, particularly in case of uneven-aged forests. For this purpose, three one- hectare (100m×100m) plots were closely selected at three development stages of initial, optimal and decay in an untouched, unmanaged and uneven-aged beech (*Fagus orientalis* Lipsky) dominated forest in the Kelardasht region. Diameter of all trees with dbh greater than 7.5cm together with their coordinates, using azimuth-distance method, were recorded and fully mapped. Spatial point pattern analyses by Ripley's *K*- function showed that, while the number of stems decreases from initial stage toward decay stage, the spatial pattern of trees in initial, optimal and decay stages are highly aggregated, random and slightly aggregated, respectively. This research emphasizes the application of spatial statistics for investigating tree spatial patterns. It's believed that forest managers for any insight of natural processes, need to such information from untouched stands as a key reference for any close to nature intervention in under managing forests and for sustainable management of forest ecosystems, as well.

Key words: development stages, Ripley's *K*- function, spatial pattern, untouched stand, beech.