

بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان و ساختار در راشستان‌های طبیعی شمال ایران (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)

زهرا نوری^۱، محمود زبیری^{۲*}، جهانگیر فقهی^۳، محمدرضا مروی مهاجر^۲

۱. دانش‌آموخته دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

۲. استاد گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

۳. دانشیار گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۱

چکیده

راشستان‌ها، در حد ارتفاعی میان‌بند، مهم‌ترین جنگل‌های طبیعی و صنعتی رویش‌گاه‌های خزری را تشکیل می‌دهند و منبع مهم تولید چوب و سایر خدمات جنگلی‌اند. یکی از خصوصیات مهم جوامع جنگلی الگوی مکانی درختان است. فرایندهای اکولوژیک در اکوسیستم‌های جنگلی به‌طور مستقیم از الگوی مکانی درختان تأثیر می‌پذیرد. هدف از این مطالعه بررسی ساختار و الگوی مکانی درختان در راشستان‌های طبیعی راش است. به این منظور، پارسی به مساحت ۴۸ هکتار در بخش گرازبن جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد و گونه و قطر برابرسینه تمام پایه‌های درختی با قطر برابرسینه بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر ثبت شد. همچنین، به‌منظور تهیه نقشه موقعیت مکانی درختان، موقعیت هر یک از پایه‌های درختی با روش آزمون و فاصله به‌دست آمد. سپس با استفاده از تابع K-Ripely الگوی مکانی گونه‌های راش، مرز، پلت و توسکا بررسی شد و نتایج حاصل از این تابع با شاخص نزدیک‌ترین همسایه مقایسه شد که در این مطالعه در نقش شاهد مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این تحقیق الگوی مکانی گونه‌های مذکور را کپه‌ای نشان داد. درواقع این مطالعه کاربرد آمار مکانی را در بررسی الگوی پراکنش درختان نشان می‌دهد. به‌منظور آگاهی از فرایندهای طبیعی در اکوسیستم‌های جنگلی، بررسی ساختار توده‌های جنگلی طبیعی ضروری است. درواقع، مقدار این شاخص‌ها می‌تواند برای مدیریت هماهنگ و درخور جنگل‌ها، به‌مثابه مرجع، مورد استفاده قرار گیرد تا هرچه بیشتر به مدیریت پایدار و هم‌گام با طبیعت در مناطق جنگلی تحت مدیریت نزدیک شویم.

واژه‌های کلیدی: الگوی مکانی درختان، تابع K-Ripely، جنگل‌های خزری ایران، راشستان‌های طبیعی، ساختار جنگل.

۱. مقدمه

یکی از آشکارترین جنبه‌های ساختاری یک توده جنگلی، الگوی مکانی یا نحوه توزیع درختان در آن است. فرایندهای اکولوژیک در اکوسیستم‌های جنگلی به‌طور مستقیم از الگوی مکانی درختان و محدودیت‌های محیطی‌ای مانند توپوگرافی و اقلیم تأثیر می‌پذیرند. مطالعه در زمینه روابط متقابل تراکم درختان و شرایط محیطی می‌تواند آگاهی مدیران جنگل را درباره فرایندهای تشکیل دهنده این الگوها افزایش دهد و در نتیجه، درک بهتری از اینکه این اکوسیستم‌ها چگونه توسعه می‌یابند و حفظ می‌شوند فراهم کند (Hope et al., 2006). در واقع، الگوی مکانی درختان در جنگل مشخصه مهمی در درک پویایی اکوسیستم جنگل است (Veblen et al., 1979) که بر استقرار، رویش، رقابت، تجدید حیات و مرگ و میر، استفاده از منابع، ایجاد روشنه و در نهایت توسعه زیراشکوب جنگل تأثیرگذار است.

سه نوع اصلی از الگوهای مکانی در جامعه‌های گیاهی وجود دارند که عبارت‌اند از: ۱- کپه‌ای^۲، ۲- منظم^۳ و ۳- تصادفی^۴ (Goreaud, et al., 1997) (شکل ۱).

الگوهای تصادفی به همگنی محیطی یا الگوهای رفتاری گزینش‌نشده اشاره می‌کند. الگوهای غیرتصادفی (کپه‌ای و منظم) بیان‌کننده وجود برخی محدودیت‌ها در جمعیت است؛ به این صورت که الگوی کپه‌ای بیان‌کننده جمع شدن افراد در قسمت‌های مساعدتر رویش‌گاه است و الگوی منظم کنش‌های متقابل منفی مانند رقابت افراد برای غذا یا فضا را نشان می‌دهد (Jayaraman, 2000).

بهره‌وری پایدار از منابع جنگلی، بعد از کنفرانس توسعه و محیط‌زیست سازمان ملل متحد^۱ در سال ۱۹۹۲ در ریو، یکی از اساسی‌ترین مباحث جنگلداری در سطح دنیا شده و تغییر الگویی از تمرکز بر پایداری تولید چوب به مدیریت پایدار جنگل پدیدار شده است که دربرگیرنده کلیه مسائل اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی باشد (Rawat et al., 2008). از دیگر هدف‌های جنگلداری نوین بهبود زیستگاه حیات وحش وابسته به اکوسیستم‌های جنگلی و همچنین حفظ تنوع توده‌های جنگلی است (Pommerening, 2002). اکوسیستم‌های جنگلی و به‌ویژه گونه‌های گیاهی و جانوری موجود در آن پیوسته در اثر فعالیت‌های مدیریت جنگل از جمله بهره‌برداری و عملیات پرورشی در حال تغییرند. به همین دلیل برای رسیدن به هدف‌های جنگلداری نوین به ابزاری نیاز است که با استفاده از آن بتوان به تفاوت بین توده‌های گوناگون و همچنین تغییرات آن طی زمان پی برد (Alijani, 2011).

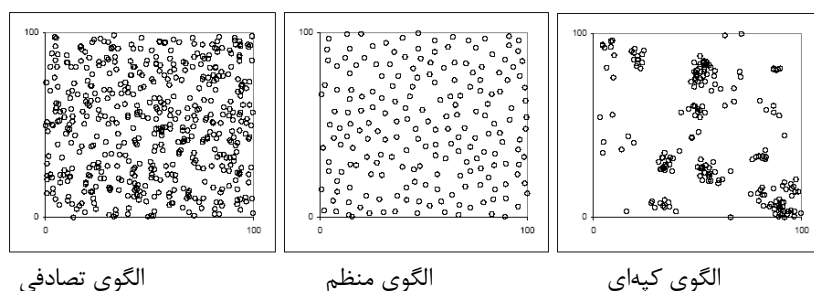
در همین راستا توصیف کمی ساختار جنگل یکی از مناسب‌ترین ابزارها در مدیریت نوین جنگل در نظر گرفته می‌شود (Kint, 2005). درحقیقت ساختار توده جنگلی مؤلفه‌ای مهم در شناخت و توصیف اکوسیستم جنگلی است (Kint et al., 2004) و کمیت و پراکنش مکانی درختان و همچنین ترکیب گونه‌ای آن‌ها اغلب با پایداری کارکردهای اکوسیستم مرتبط است (Spies, 1998; Naumburg, 1999). نظم مکانی موقعیت درختان، الگوی پراکنش گونه‌های مختلف و تفاوت اندازه درختان، برخی از مؤلفه‌های مهم درباره ساختار توده‌های جنگلیاند (Kint et al., 2004).

² Cluster

³ Regular

⁴ Random

¹ UNCED



شکل ۱. انواع گوناگون الگوی مکانی در طبیعت (Goreaud et al., 1997)

پژوهشی خیرود در شمال ایران انجام گرفته است. جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود در ۷ کیلومتری شرق نوشهر بین $36^{\circ}27'$ تا $36^{\circ}40'$ عرض شمالی و $51^{\circ}32'$ تا $51^{\circ}43'$ طول شرقی واقع شده است. از شمال به نوار ساحلی و روستای نجارده و از جنوب به بیلاق‌ها و روستای کلیک محدود می‌شود. گستره کل جنگل خیرود حدود ۸۰۰۰ هکتار است که رودخانه خیرود، آبریز اصلی این حوزه به‌شمار می‌آید. جنگل خیرود شامل هفت بخش است که بخش گرازبن سومین بخش مدیریتی این جنگل است.

همان‌طور که گفته شد، باتوجه به اینکه راش یکی از گونه‌های مهم جنگل‌های خزری است و تیپ‌های خالص و آمیخته این گونه از رایج‌ترین تیپ‌های این جنگل‌ها هستند، پارسلی با تیپ راش و به مساحت ۴۸ هکتار در بخش گرازبن منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. این منطقه دست نخورده بود؛ تا زمان آماربرداری در آن هیچ‌گونه عملیات پرورشی، تجدید حیات و بهره‌برداری برنامه‌ریزی شده (در قالب طرح‌های جنگلداری) انجام نگرفته بود و ساختار طبیعی و ناهم‌سال داشت (شکل ۲).

۲.۲. جمع‌آوری داده

الگوی مکانی درختان را می‌توان بر پایه نقشه وضعیت استقرار درختان در عرصه بررسی کرد. موقعیت

جنگل‌های شمال کشور مهم‌ترین و ارزش‌مندترین اکوسیستم جنگلی کشور (Marvie, 2005) و منبع مهم تولید چوب و سایر خدمات جنگلی است. در این جنگل‌ها، گونه راش یکی از ارزش‌مندترین گونه‌های تولیدکننده چوب است که ۱۷/۶ درصد سطح و ۳۰ درصد حجم سرپای این جنگل‌ها را تشکیل می‌دهد و ارتفاع آن به بیش از ۴۰ متر و قطر برابرسینه آن به بیش از ۱/۵ متر هم می‌رسد (Resaneh, 2001).

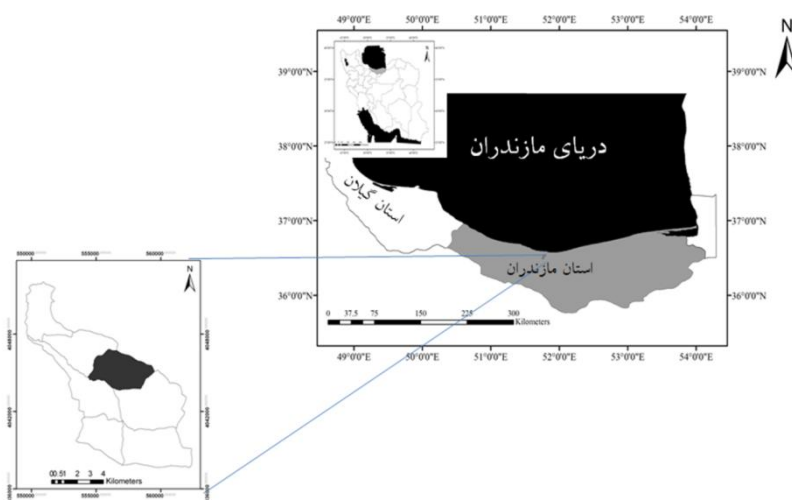
از آنجاکه الگوی پراکنش و تأثیر آن در پویایی جمعیت و اکوسیستم دو موضوع اساسی در علم بوم‌شناسی است و باتوجه به وسعت پراکنش راشستان‌ها در مناطق گوناگون جنگل‌های خزری، بررسی تنوع الگوی پراکنش، ساختار و کمی کردن الگوها در راشستان‌ها مسئله مهمی است.

باتوجه به اهمیت راشستان‌های شمال ایران از یک‌سو و اهمیت مطالعه الگوی مکانی به‌مثابه معیاری برای مدیریت و پایش جنگل از سوی دیگر، هدف از انجام این تحقیق بررسی الگوی مکانی درختان در راشستان‌های طبیعی و کمتر دست‌خورده با استفاده از فرایندهای مکانی نقطه‌ای است.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. منطقه مورد مطالعه

این بررسی در بخش گرازبن از جنگل آموزشی و



شکل ۲. منطقه مورد مطالعه

برابرسینه بیش از ۷/۵ سانتی متر بودند ثبت شد.

۳.۲. تجزیه و تحلیل داده

روش‌های آماری به منظور کمی کردن الگوهای نقطه‌ای از سوی Greig Smith (1964)، (1981) Ripely، Diggle (1983)، Upton (1985) و Fingleton Cressie (1993) پیشنهاد و بررسی شده‌اند. این روش‌ها را می‌توان به دو دسته کلی روش‌های کوادرات و روش‌های فاصله‌ای تقسیم کرد. در روش کوادرات، پراکنش نقطه‌ها که نشان‌دهنده موقعیت مکانی درختان است بر پایه تغییرات تراکم در سطح ارزیابی می‌شود و نتایج با الگوی تصادفی مقایسه شده و الگوی مکانی نقاط مورد بررسی تعیین می‌شود. روش‌های فاصله‌ای درجه تصادفی بودن پراکنش فاصله‌های بین درختان را کمی می‌کنند. از جمله توابعی که بر این اساس عمل می‌کنند، آنالیزهای نزدیک‌ترین همسایه، تابع K-Ripely و تابع خودهمبستگی I است.

مکانی درختان را می‌توان به دو صورت ارائه کرد: ۱- ثبت موقعیت مکانی درختان به صورت نقطه با طول و عرض جغرافیایی مشخص بر روی نقشه ۲- مجموعه‌ای از چندضلعی‌های نامنظم بدون پوشش مشترک (Dale, 1999). برای درختان یک جنگل می‌توان مرکز تنه آن‌ها را مکان درخت در نظر گرفت و از الگوی مکانی نقطه‌ای استفاده کرد. در این بررسی از روش اول یعنی ثبت مکان درختان به صورت نقطه با طول و عرض جغرافیایی مشخص استفاده شد. فعالیت‌های مکان‌یابی و نقشه‌برداری درختان در گذشته با استفاده از تکنیک‌های اندازه‌گیری دستی (استفاده از قطب‌نما و متر) با درجه‌های مختلف دقت انجام می‌شده است. امروزه ابزارهای نقشه‌برداری موقعیت درختان معمولاً دیجیتالی‌اند. فاصله‌یاب‌های لیزری و GPS دو نمونه از رایج‌ترین این ابزارها هستند. از آنجاکه روش دستی کند است و استفاده از GPS مستلزم تاج‌پوشش نسبتاً باز درختان به منظور دریافت سیگنال‌های ماهواره است، در این تحقیق از دستگاه فاصله‌یاب لیزری (TP 360) استفاده شد. به این ترتیب که در پارسل مورد نظر در بخش گرازبن با استفاده از دستگاه مذکور فاصله هر پایه درختی و آزمون آن از دستگاه ثبت شد. همچنین گونه و قطر برابرسینه تمام پایه‌های درختی که دارای قطر

۲.۴. تابع K-Ripley

با آنکه روش‌های آماری گوناگونی برای هر دو روش کوادرات و فاصله‌ای معرفی شده است، در منابع گوناگون تابع K-Ripely بسیار توصیه شده، زیرا این تابع از اطلاعات زیادی (که مبتنی بر واریانس تمامی فواصل درخت تا درخت است) استفاده می‌کند و این نوع آنالیز می‌تواند مقیاس‌های گوناگون الگوی مکانی و وجود حالت تجمعی یا یکنواختی را تشخیص دهد. هدف از این نوع آنالیز این است که تعیین کند آیا توزیع درختان تصادفی است یا خیر و نیز نوع الگوی پراکنش چگونه است (Camarero et al., 2000).

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N K(i, j)}{\pi N(N-1)}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این فرمول:

A: مساحت منطقه مورد مطالعه (مترمربع)

N: تعداد نقاط (درختان)

D: فاصله (متر)

K(I, J): فاکتور وزن است که اگر فاصله بین دو درخت I و J کوچک‌تر یا مساوی d باشد، برابر ۱ و اگر بیشتر باشد، برابر صفر است (Hou et al., 2004).

۲.۵. شاخص نزدیک‌ترین همسایه

Clark & Evans (1954) برای توصیف الگوی مکانی درختان در توده‌های جنگلی مقادیر عددی ارائه دادند. این شاخص با استفاده از اندازه‌گیری فاصله بین هر درخت تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش و محاسبه میانگین این فاصله‌ها عمل می‌کند (رابطه ۲). فرمول شاخص نزدیک‌ترین همسایه به صورت زیر است:

$$CE = \frac{r_A}{r_E} = \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$CE \in \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i}{0.5 \sqrt{\left(\frac{A}{N} + 0.0514 \frac{P}{N} + 0.041 \frac{P}{N^{3/2}}\right)}} \quad (0, 2.1491)$$

در این فرمول:

r_A : میانگین فاصله‌های بین درختان تا نزدیک‌ترین همسایه‌های آن‌ها در یک توده جنگلی معین (متر)

r_E : میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه در یک توده جنگلی کاملاً تصادفی (متر)

r_i : فاصله بین درخت i و نزدیک‌ترین همسایه‌اش (متر)

N: تعداد کل درختان در توده جنگلی

P: محیط توده جنگلی (متر)

A: سطح توده جنگلی (مترمربع)

اگر مقدار R بزرگ‌تر، مساوی یا کوچک‌تر از یک باشد، الگوی درختان در منطقه مورد مطالعه به ترتیب منظم، تصادفی و کپه‌ای است.

علاوه بر این روابط، برای بررسی الگوی مکانی شاخص نزدیک‌ترین همسایه، از آزمون Z نیز استفاده می‌شود (رابطه ۳). فرض صفر آزمون، تصادفی بودن الگوی مکانی درختان مورد بررسی است. مقدار آماره Z به صورت زیر تفسیر می‌شود:

$$Z = \frac{r_A - r_E}{S_r} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن مقادیر r_A و r_E همانند فرمول شاخص نزدیک‌ترین همسایه‌اند و S_r انحراف معیار فواصل مشاهده شده است.

تفسیر مقدار آماره Z محاسبه‌شده به شرح زیر است:

$-1.96 < Z < +1.96$: الگوی مکانی تصادفی

$Z > +1.96$: الگوی مکانی منظم

$Z < -1.96$: الگوی مکانی کپه‌ای

در این مطالعه الگوی مکانی درختان با استفاده

آزمون آماری، دستیابی به یک نتیجه قطعی امکان پذیر است، نتایج به دست آمده از تابع K-Ripely با نتایج حاصل از شاخص نزدیک ترین همسایه، به مثابه شاهد، مقایسه شدند. در این تحقیق برای محاسبه شاخص های مورد نظر از نرم افزار ArcGIS 9.3 استفاده شد.

۳. نتایج

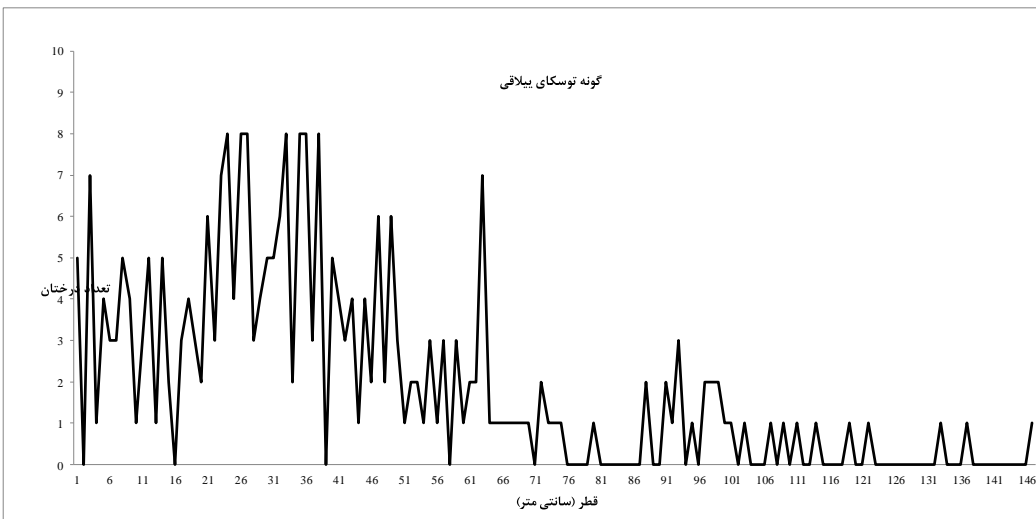
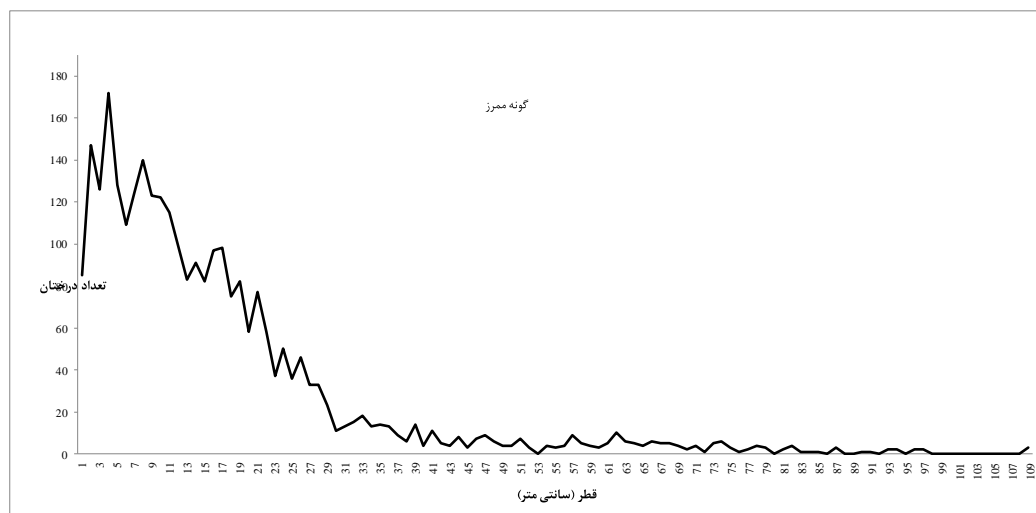
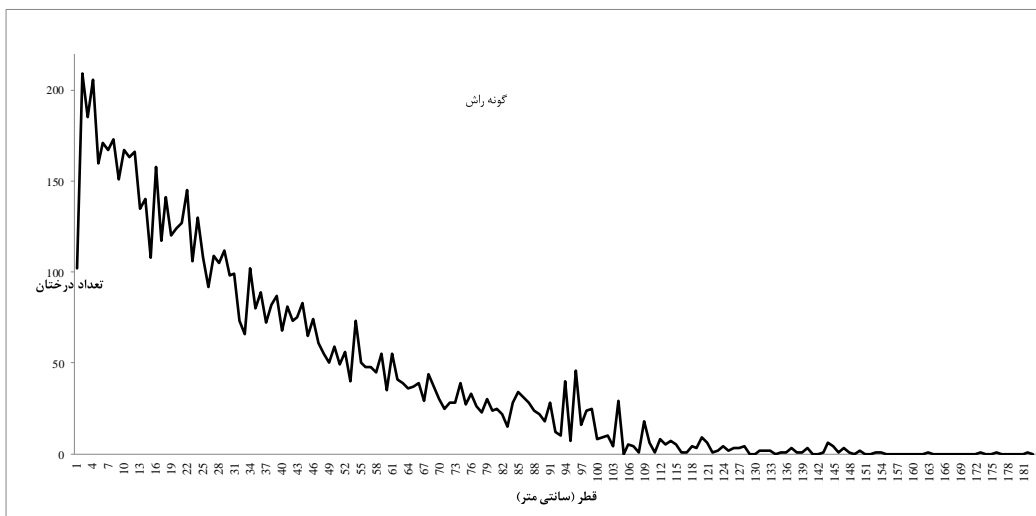
در منطقه مورد مطالعه در مجموع ۱۱۳۳۲ پایه ثبت شد که شامل گونه های راش، پلت، بلوط، توسکای بیلاقی، خرمندی، شیردار، گیلاس وحشی، ملج، ممرز و نمدار است. چهار گونه اصلی (راش، ممرز، پلت و توسکای بیلاقی) انتخاب شدند که بیش از ۹۷ درصد تراکم پایه ها را تشکیل می دادند و الگوی مکانی آن ها بررسی شد. مشخصات کمی این گونه ها در جدول ۱ ارائه شده است. همان طور که در شکل ۳ ملاحظه می شود، توزیع پراکنش قطری گونه های راش و ممرز در پارسل مورد مطالعه به صورت کم شونده است، در حالی که پراکنش قطری گونه های پلت و توسکای بیلاقی نامنظم است.

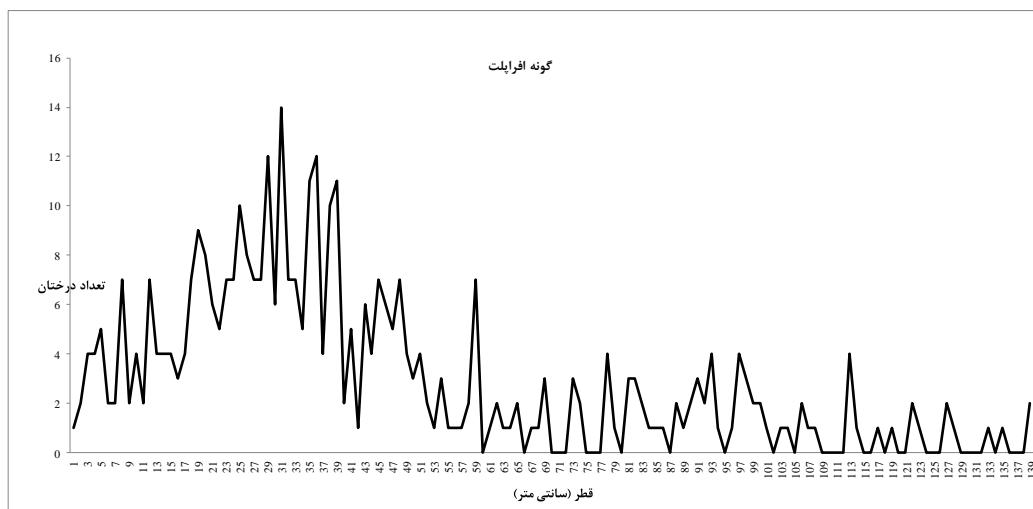
از تابع K-Ripley بررسی شد (Ripely, 1977; Diggle, 1983; Szwozrzyk, 1990). هنگام محاسبه شاخص های ساختاری، تأثیرات حاشیه ای نقش مهمی ایفا می کنند. نادیده گرفتن این تأثیرات معمولاً به برآوردهای آماری اربب منجر می شود. این مسئله به این علت است که بعضی از همسایه های درختان نزدیک مرز خارج از منطقه مورد نظر قرار گرفته اند و بنابراین برداشت نمی شوند. چنین برآوردهای ارببی از شاخص های ساختاری ممکن است به نتیجه گیری و تفسیر نادرست از تنوع مکانی جنگل منجر شود. در این تحقیق برای حذف اثرات حاشیه ای از فرمول Ripely استفاده شد (El-Sharawi & Piegorsch, 2004). همچنین جهت تعیین حدود اطمینان از آزمون مونت کارلو استفاده شد و مقدار تابع رایپلی با مقدار مورد انتظار مقایسه شد. مقدار مورد انتظار حاصل توزیع تصادفی گروه هایی از نقاط است. اگر مقدار تابع محاسبه شده از مقادیر اطمینان بزرگ تر، مساوی یا کوچک تر باشد، الگوی مکانی درختان به ترتیب کپه ای، تصادفی یا یکنواخت خواهد بود (Camarero et al., 2000).

در مرحله بعد، از آنجایی که در شاخص نزدیک ترین همسایه Clark و Evans، با استفاده از

جدول ۱. خصوصیات کمی درختان منطقه مورد مطالعه

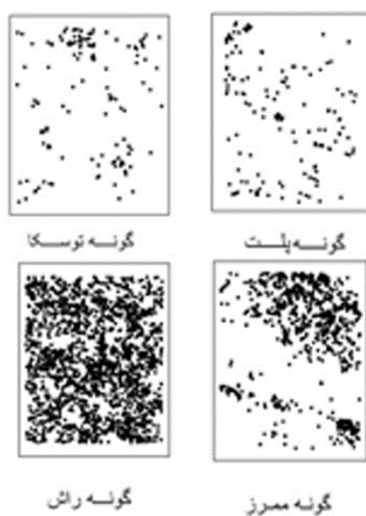
میانگین سطح مقطع برابرسینه (مترمربع در هکتار)	قطر برابرسینه (سانتی متر)			تعداد در هکتار	گونه	
	بیشینه	کمینه	درصد ضریب تغییرات			
۲۹/۸	۱۸۸	۷	۷۱	۴۰/۲۲±۰/۳۳	۱۵۷	راش
۳/۵۳	۱۱۵	۷	۷۰	۲۲/۳۷±۰/۲۹	۶۰	ممرز
۱/۳۲	۱۵۴	۸	۵۹	۴۶/۷۲±۱/۶۹	۶	توسکای بیلاقی
۲/۲۷	۱۸۶	۸	۶۱	۵۰/۴۹±۱/۵۵	۸	پلت





شکل ۳. پراکنش قطری گونه‌های راش، ممرز، پلت و توسکای بیلاقی در منطقه مورد مطالعه

قرار گرفته که نشان‌دهنده الگوی پراکنش کپه‌ای مایل به تصادفی است (شکل ۸).



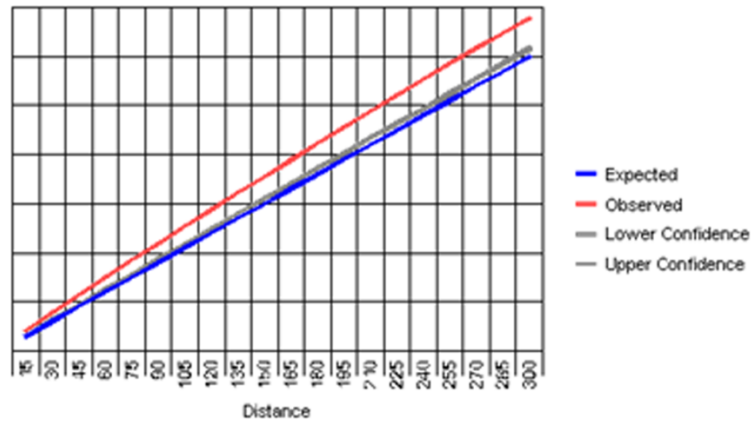
شکل ۴. موقعیت مکانی گونه‌های مورد بررسی در بخشی از منطقه مورد مطالعه

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقدار شاخص نزدیک‌ترین همسایه برای همه گونه‌ها کوچک‌تر از یک بود که الگوی کپه‌ای را تایید می‌کند. همچنین مقدار $P\text{-value} = 0.000$ نیز ردکننده فرض صفر (تصادفی بودن الگوی درختان) است. همان‌طور که

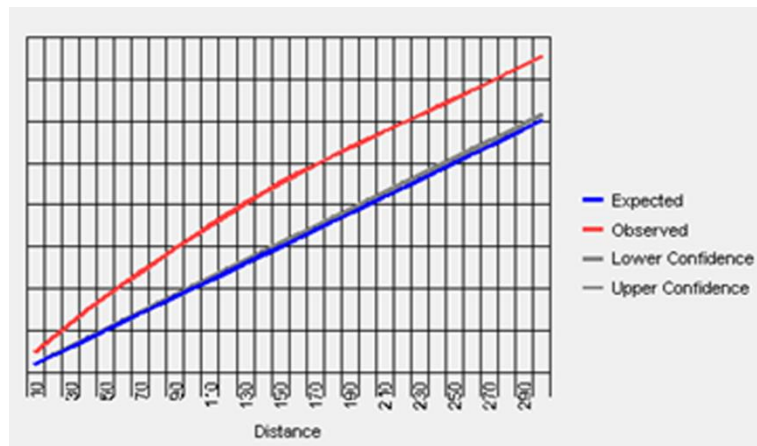
۳.۱. الگوی مکانی پراکنش گونه‌ها

پس از تهیه نقشه از موقعیت مکانی درختان، محل هر یک از پایه‌ها در پارسل مورد مطالعه معلوم شد. نمونه‌ای از موقعیت مکانی گونه‌های مورد نظر در منطقه مورد مطالعه در شکل ۴ ارائه شده است. همان‌طور که ذکر شد موقعیت مکانی درختان ابتدا با استفاده از تابع $K\text{-Ripely}$ تجزیه و تحلیل شد. اگر مقدار تابع محاسبه‌شده از مقادیر اطمینان مونت‌کارلو بزرگ‌تر، مساوی یا کوچک‌تر باشد، الگوی مکانی درختان به ترتیب کپه‌ای، تصادفی یا یکنواخت خواهد بود (Camarero *et al.*, 2000).

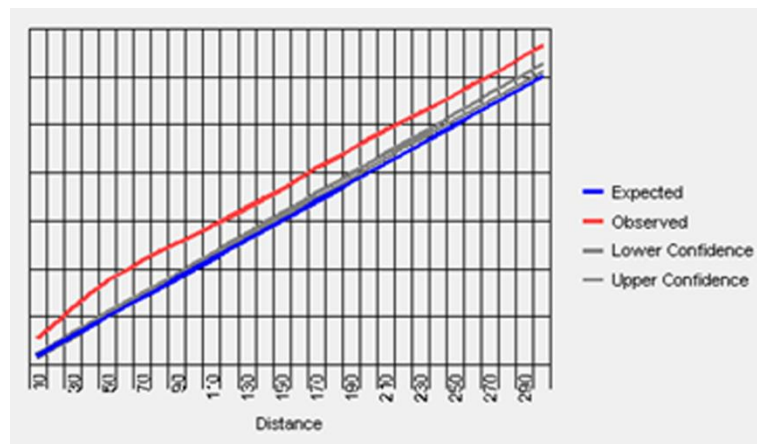
استفاده از تابع $K\text{-Ripely}$ نشان داد در مورد گونه‌های راش، ممرز و توسکا در هر شعاعی از پایه‌ها خط مقادیر $L(d)$ بالاتر از حدود مونت‌کارلو قرار دارد (شکل‌های ۵، ۶ و ۷)، بنابراین می‌توان گفت که الگوی پراکنش این گونه‌ها کپه‌ای است. در مورد گونه پلت، همان‌طور که در شکل ۸ ملاحظه می‌شود، این گونه ابتدا تا شعاع حدود ۲۰۰ متر از پایه‌ها الگوی کپه‌ای را نشان می‌دهد و بعد با افزایش فاصله خط مقادیر $L(d)$ تقریباً مماس بر حد بالای مونت‌کارلو



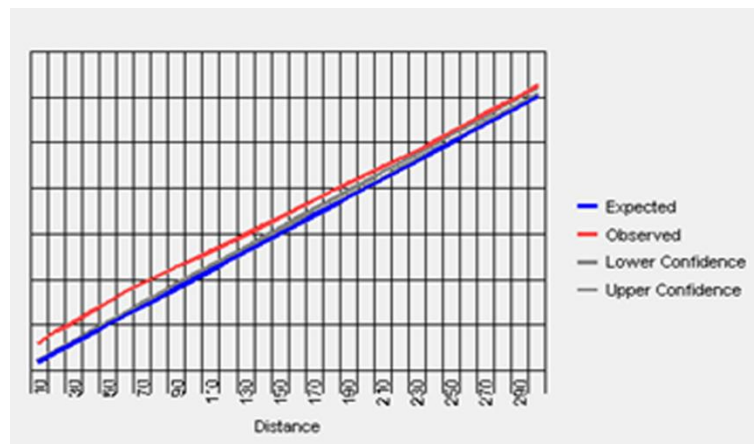
شکل ۵. مقدار تابع $L(d)$ و حدود اطمینان مونت کارلو برای گونه راش



شکل ۶. مقدار تابع $L(d)$ و حدود اطمینان مونت کارلو برای گونه ممرز



شکل ۷. مقدار تابع $L(d)$ و حدود اطمینان مونت کارلو برای گونه توسکای بیلاقی



شکل ۸. مقدار تابع $L(d)$ و حدود اطمینان مونت کارلو برای گونه پلت

جدول ۲. نتایج حاصل از شاخص نزدیک‌ترین همسایه برای گونه‌های مورد نظر در منطقه مورد مطالعه

گونه	میانگین فاصله مشاهده شده	میانگین فاصله مورد انتظار	مقدار شاخص	Z-score	P-value
راش	۱۱/۶۴	۱۹/۷۸	۰/۵۸	-۱۵/۷۸	۰/۰۰۰
ممرز	۳/۷۱	۷/۷۲	۰/۴۸	-۵۳/۳۹	۰/۰۰۰
پلت	۳/۶۳	۴/۹	۰/۷۴	-۴۳/۱۴	۰/۰۰۰
توسکا	۱۳/۶۳	۲۳/۱۷	۰/۵۹	-۱۳/۰۱	۰/۰۰۰

در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، مقدار آماره Z نیز برای همه گونه‌ها کوچک‌تر از $-1/96$ محاسبه شد که نتیجه به دست آمده را تأیید می‌کند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق ساختار دو گونه راش و ممرز، که بالاترین تراکم را در منطقه مورد مطالعه داشتند، به شکل نمودار کم‌شونده به دست آمد. (Marvie 2005) و Mohadjer و Oheimb و همکاران (2005) نیز ساختار توده‌های راش را به این صورت اعلام کردند. در واقع منحنی پراکنش توده‌های جنگلی ناهمسال تابع منحنی زنگوله‌ای شکل (پراکنش نرمال) نیست، بلکه حالت کم‌شونده دارد؛ به این ترتیب که تعداد درختان کم‌قطر به مراتب از تعداد درختان قطور بیشتر

است. درحقیقت ساختار جنگل‌های طبیعی از جمله منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در سطوح وسیع همیشه حالت ناهمسالی دارند.

Taylor و Quin (1988) و Manabe و همکاران (2000) به این نتیجه دست یافتند که الگوی پراکنش بسیاری از گونه‌ها در جوامع جنگلی به صورت کپه‌ای یا منظم است. همچنین، تحقیقات دیگری که در این زمینه انجام شده نشان داده است که توزیع تصادفی در جنگل به ندرت اتفاق می‌افتد، زیرا درختان در جنگل روابط متقابل دارند و این رابطه متقابل در ساختار مکانی جنگل تأثیر می‌گذارد. به علاوه، عملیات مدیریتی مانند تنک کردن نیز بر توزیع درختان اثرگذار است (Kint et al., 2000). نتایج آنالیز الگوی مکانی گونه‌های درختی در این تحقیق نیز نشان داد

محیطی گوناگون از جمله اقلیم و رویش‌گاه است. تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی درختان با ابعاد و شرایط رقابتی متفاوت می‌تواند در بازسازی ساختار گذشته توده و تفسیر مراحل تحولی که الگوی پراکنش کنونی درختان را به وجود آورده‌اند، مفید باشد. همچنین مقادیر کمی حاصل از توصیف ساختار جنگل در انواع خاصی از جنگل‌ها، به مثابه مثال توده‌های طبیعی در ذخیره‌گاه‌های جنگلی، می‌تواند مرجعی برای ارزیابی روش‌های مدیریتی در بلندمدت باشد (Kint, 2005).

الگوی مکانی درختان بر موجودی در هکتار توده و رشد تک‌درختان نیز تأثیر مستقیم دارد و بنابراین در نحوه مدیریت جنگل تأثیر دارد. الگوی مکانی منظم در توده‌هایی که در تولید مدنظر است، مطلوب‌ترین مدل است، در حالی که برای بهبود زیستگاه حیات‌وحش، پراکنش تصادفی یا کپه‌ای مناسب و مطلوب است (Erfanifard et al., 2008).

مسئله دیگری که باید به آن توجه کرد، اهمیت ساختار توده جنگلی در شناخت و توصیف اکوسیستم‌های جنگلی است. درحقیقت، در مدیریت جنگل و تحقیقات مرتبط با توسعه و تحول جنگل و همچنین در تحقیقات مربوط به تنوع زیستی مناطق جنگلی، ساختار جنگل در سطح توده مهم است، زیرا تنوع گونه‌های جانوری مانند پرندگان و حشرات که در یک توده زندگی می‌کنند با پیچیدگی ساختاری توده مرتبط است. همچنین ساختار مکانی، طبقه‌بندی افقی و عمودی درختان و الگوی مکانی درختان، خصوصیات زیست‌گاه را برای پرندگان، حشرات، پستانداران، اپی‌فیت‌های درختی و میکروارگانیسم‌های خاکی تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طوری که افزایش ناهمگنی در ساختار عمودی و افقی توده به تعداد

الگوی پراکنش گونه‌های راش، ممرز، توسکا به صورت ای است. Habashi و همکاران (2007) نیز در مطالعه‌ای الگوی پراکنش گونه راش را در جنگل راش آمیخته شصت کلاگران به صورت کپه‌ای گزارش کردند. تجدید حیات این گونه در طبیعت در یک جنگل دست‌نخورده به صورت لکه‌ای و گروهی است. به نظر می‌رسد این نوع الگوی تجدید حیات عامل اصلی پراکنش کپه‌ای برای این گونه باشد (Habashi et al., 2007).

درباره شاخص نزدیک‌ترین همسایه Clark و Evans، همان‌طور که اشاره شد، نتیجه به دست آمده باید از طریق آزمون Z نیز بررسی شود. مقدار این آماره در این بررسی برای همه گونه‌ها کوچک‌تر از ۱/۹۶- به دست آمد که تأییدکننده الگوی کپه‌ای درختان مورد بررسی است. درباره گونه پلت، تابع K-Ripely نشان داد که با افزایش فاصله مقدار تابع به سمت تصادفی بودن میل می‌کند. همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، مقدار شاخص نزدیک‌ترین همسایه برای این گونه از سایر گونه‌های مورد بررسی بیشتر است (۰/۷۴). در واقع، هرچه مقدار این شاخص به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده تمایل شدن الگو از کپه‌ای به تصادفی است. به نظر می‌رسد علت اینکه در مورد گونه پلت، با افزایش فاصله از پایه‌ها، الگوی پراکنش به سمت تصادفی تمایل پیدا می‌کند، سبک و بالدار بودن بذر این گونه و قدرت انتقال بذر آن به نقاط دوردست است.

داده‌های آماری مطلوب و مناسب از یک جنگل باید توصیف کامل الگوی مکانی درختان و چگونگی پراکنش اندازه‌های آن‌ها را در برداشته باشند (Scheuder et al., 1993). ساختار کنونی جنگل‌های مدیریتی نشده نتیجه تعامل پیچیده درختان و عوامل

برای جنگل‌های شمال تعیین ساختار و برنامه‌ریزی براساس وضع موجود آن‌ها ضروری است (Eslami & SaghebTaleb, 2008). همچنین، به‌منظور آگاهی از فرایندهای طبیعی در اکوسیستم‌های جنگلی لازم است ساختار توده‌های دست‌نخورده بررسی شود و مقادیر آن به‌مثابه مرجعی برای مدیریت هماهنگ و درخور جنگل‌ها مورد استفاده قرار گیرد تا هرچه بیشتر به مدیریت پایدار و هم‌گام با طبیعت در مناطق جنگلی تحت مدیریت نزدیک شویم.

بیشتر گونه‌ها و توده‌هایی با پایداری اکولوژیک بالاتر منجر می‌شود و نقش بالقوه مهمی در پایداری اکولوژیک مناطق جنگلی ایفا می‌کند (Pommerening, 2002). توجه به این موارد اهمیت مطالعات بیشتر در زمینه ساختار و الگوی مکانی گونه‌های درختی در توده‌های جنگلی و دخالت دادن آن در مطالعات بوم‌شناختی مرتبط با مناطق جنگلی را بیش از پیش آشکار می‌کند.

باتوجه به این موارد، بدیهی است برای رسیدن به یک الگوی مدیریت و شیوه جنگل‌شناسی مناسب

منابع

- Alijani, V (2011) "Quantifying the spatial structure (case study: Gorazbon district of Kheyroud forest)," Msc. Thesis, Forestry and forest economics group. University of Tehran, Iran, Tehran. (In Persian)
- Camarero, J.J., Gutierrez E. Fortin M.J (2000) "Spatial pattern of sub-alpine grassland ecotones in the Spanish central Pyrenees," *Forest Ecology and Management* 134:1-16.
- Clark, P., Evans, E (1954) "Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations," *Ecology* 35(4): 445-453.
- Dale, M.R.T (1999) *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*, Cambridge, Cambridge University Press, 326.
- Diggle, P.J (1983) *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*, London, Academic Press, 195.
- El-Sharawi, A.H., Piegorsch, W.E (2002) *Ripelys K Function*, Chichester, John Wiley & Sons, 9.
- Erfanfard, Y., Fegghi, J., Zobeiri, M., Namiranian, M (2008) "Investigation on spatial pattern of trees in Zagros forest," *Journal of the Iranian Natural resources* 60(4): 1319-1328. (In Persian)
- Eslami, A., sagheb Talebi, K.H (2008) "Investigation on the spatial pattern of pure and mixed beech stands in North of Iran," *Pajouhesh and Sazandegi* 77: 39-46. (In Persian)
- Goreaud, F., Courbaud, B. Collinet, F (1997) "Spatial structure analysis applied to modeling forest dynamics," *IUFRO workshop: Empirical and process based models for forest tree and stand growth simulation*, Novas Technologies, Portugal, Oerias., 155-172.
- Habashi, H., Hosseini, S.M., Mohammadi, J., Rahmani, R (2007) "Stand structure and spatial patterns of trees in mixed Hyrcanian beech forests of Iran," *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 15 (1): 55-64. (In Persian)
- Humphrise, H.C., Bourgeon, P.S., Mujica-Crapanzano L.R (2008) "Tree spatial patterns and environmental relationships in the forest – alpine Tundra ecotone at Niwot Ridge, Colorado, USA," *Ecological Research* 23: 589-605.
- Jayaraman, K (2000) *a Statistical Manual for Forestry Research*, Bangkok, FORSPA-FAO Publication, No.25, 242.
- Kint, V., Lust, N., Ferris, R., Olsthoorn, A.F.M (2000) "Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Forests," *Investigation on Agricultural System* 1: 147-163.
- Kint, V., Robert, D.W., Noel, L (2004) "Evaluation of sampling methods for estimation of structural indices in forest stands," *Ecological Modeling* 180: 461-476.
- Manabe, T., Nishimura, N., Miura, M., Yamamoto, S (2000) "Population structure and spatial patterns for trees in temperate old-growth evergreen broad-leaved forests in Japan," *Plant Ecology* 151: 181-197.
- Marvie Mohadjer, M.R (2005) *Silviculture*, Tehran, University of Tehran Press. 387. (In Persian)
- Naumberg, E., Dewald, L.E (1999) "Relationship between *Pinus ponderosa* forest structure, light characteristics, and understory graminoid species presence and abundance," *Forest Ecology and Management* 124: 205 – 215.
- Oheimb, G., Westphal, FC., Tempel, H., Haerdtle, W (2005) "Structural pattern of a near-natural beech forest (*Fagus sylvatica*)," *forest Ecology and Management* 212: 253-263.
- Pommerening, A (2002) "Approaches to quantifying forest structures," *Forestry* 75(3): 305-324.

- Rawat, S., Menaria, B.L Dugaya, D.C., Kotwal, A (2008) "Sustainable forest management in India," *Current Science*: 94(8): 996 - 1002.
- Resaneh, Y., Moshtagh, M.H., Salehi, P (2001) "Quantitative study of North forests," In: *National Seminar of Management and Sustainable Development of North forests*, Iran, Ramsar, Forest and Range Organization Press, 55-79.
- Ripely, B. D (1977) "Modelling spatial patterns. Journal of the Royal statistical," *Society* 39(2): 172-212.
- Scheuder, H.T., Gregorie, T.G. Wood, G.B (1993) *Sampling Methods for Multiresources Forest Inventory*, USA, John Wiley & Sons, 446.
- Spies, T.A (1998) "Forest structure: a key to the ecosystem," *Northwest Forest Science* 72(2): 34-39.
- Szwagrzyk, J., Czerwczak, M., 1993 Spatial pattern of trees in natural forests of East-Central Europe. *Journal of Vegetation Science* 4, 469-476.
- Taylor, A.H., Quin, Z (1988) "Regeneration patterns in old-growth *Abies-Betula* forests in the Wolong natural reserve, Sichuan, China," *Journal of Ecology* 76: 1204-1218.
- Veblen, T., Schlegal, T., Escobar, B (1980) "Structure and Dynamics of old growth *Nothofagus* forests in the Valdivian Andes," *Chilian Journal of Ecology* 68(1): 1-31.