فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۵ شماره ۳، صفحه ۴۷۳-۴۶۳، (۱۳۹۶)
شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ijfpr.2017.112880

الگوی پراکنش مکانی وی‌ول (*Quercus libani* Oliv.) در جنگل‌های بانه، استان کردستان

ستار سلطانیان [۱*]، مازیار حیدری [۲] و اسماعیل خسروپور [۳]

۱*- نویسنده مسئول، مربی گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
پست الکترونیک: satarsoltanian@gmail.com
۲- دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳- دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۳

چکیده

الگوی پراکنش مکانی یکی از جنبه‌های مهم بوم‌شناسی جامعه‌های گیاهی است. درختان وی‌ول (*Quercus libani* Oliv.) حدود ۲۴ درصد جنگل‌های زاگرس شمالی را تشکیل می‌دهند و در سایر مناطق زاگرس مشاهده نمی‌شوند. به‌دلیل اهمیت اجتماعی و اکولوژیک این گونه و همچنین به‌منظور مدیریت و پایش بهتر آن، بررسی الگوی مکانی این گونه با روش نمونه‌برداری فاصله‌ای مربع تی، هدف این مطالعه درنظر گرفته شد. برای جمع‌آوری اطلاعات لازم، منطقه‌ای ۴۰ هکتاری از جنگل‌های بلکه شهرستان بانه، استان کردستان انتخاب شد. عرصه مطالعاتی ابتدا به قطعه‌های ۲۵ × ۲۵ متر مربع شبکه‌بندی شد و آماربرداری در قالب یک شبکه منظم و نمونه‌برداری‌ها به‌صورت منظم- تصادفی انجام شد. در مجموع، ۴۳ نقطه با فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر اندازه‌گیری شدند. برای بررسی الگوی پراکنش مکانی از شاخص‌های ابرهات، هینز، هاپکینز، شاخص C و شاخص پراکنش استفاده شد. شاخص‌های ابرهات، هینز، هاپکینز و شاخص پراکنش، الگو را پراکنده و شاخص C الگو را کپه‌ای نشان داد، اما فقط نتیجه شاخص ابرهات معنی‌دار شد. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌های مدیریتی توسعه، جنگل‌کاری و برنامه‌های احیای جنگل به‌منظور حفاظت بهتر از این بوم‌سازگان در معرض خطر، مفید واقع شود.

واژه‌های کلیدی: زاگرس شمالی، روش مربع تی، روش‌های فاصله‌ای، شاخص ابرهات.

مقدمه

در سال‌های اخیر جنگل‌داری نوین با هدف پایداری اکولوژیکی توسعه یافته و در حال حاضر نیز به‌سرعت در حال تکامل است. در همین راستا، توصیف کمی ساختار و توزیع مکانی درختان به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین ابزارهای کاری در مدیریت نوین جنگل درنظر گرفته می‌شود (Kint, 2005). الگوی مکانی درختان در توده‌های جنگلی، ناشی از تغییرات عامل‌های محیطی در یک مقیاس خرد است و پیچیدگی‌های محیط را نشان می‌دهد (Moeur, 1993)، بدین معنی که الگوی مکانی یک گونه در زیستگاه‌های مختلف ممکن است تحت تأثیر شرایط محیطی مانند خاک و رطوبت و واکنش‌های ناشی از رقابت درون‌گونه‌ای و بین گونه‌ای تغییر کند (Perfecto & Vandermeer, 2008). این ویژگی نقش بسیار مهمی در ارزیابی یکنواختی و عدم یکنواختی، نوع تکثیر و تولید مثل، انتشار، رقابت و تعیین روش‌های مناسب و دقیق اندازه‌گیری ویژگی‌های کمی گیاهان مانند

پوشش و تراکم دارد. به‌علاوه، قادر است شانس استقرار نهال‌ها و ظرفیت تجدید حیات یک توده را تعیین کند (Linares-Palomino, 2005)، بنابراین آگاهی از الگوی پراکنش مکانی جوامع گیاهی در هر منطقه گامی ضروری برای درک پویایی آن‌ها است (Camarero *et al.*, 2000). پراکنش مکانی افراد جانوری یا گیاهی در یک جمعیت از سه نوع الگوی تصادفی (Random)، پراکنده (Dispersed) و کپه‌ای (Clumped) پیروی می‌کند (Jayaraman, 1999). در پراکنش تصادفی افراد مستقل از هم بوده و حضور یک فرد در پراکنش افراد دیگر تأثیری ندارد و به‌طور معمول در زیستگاه‌هایی که شرایط محیطی و منابع پایدار هستند، اتفاق می‌افتد (Avila, 1995). در پراکنش پراکنده افراد با فاصله‌های منظم قرار می‌گیرند که دلالت بر تأثیر منفی بین افراد نظیر رقابت برای کسب منابع مشترک دارد و در پراکنش کپه‌ای افراد به‌صورت گروهی در کنار هم قرار می‌گیرند.

شاخص‌های مختلفی برای کمی کردن الگوهای پراکنش گیاهان وجود دارد که می‌توان آن‌ها را در دو دسته کلی شاخص‌های الگوی پراکنش با استفاده از کوادرات و شاخص‌های فاصله‌ای قرار داد. شاخص‌های پراکنش با استفاده از کوادرات به‌دلیل مشکلات ناشی از تعداد، سطح و شکل کوادرات‌ها، کارایی کمتری نسبت به شاخص‌های فاصله‌ای دارند (Musaei Sanjarei & Basiri, 2007). از سویی، تعیین و شمارش درختان در داخل قطعات نمونه مشکل، زمان‌بر و پرهزینه است. در مقابل، روش‌های فاصله‌ای در اجرا ساده‌ترند و خطای قرار گرفتن درختان در مرز قطعات در آن‌ها وجود ندارد. در این روش‌ها برای برآورد الگوهای مکانی از دو نوع اندازه‌گیری و یا ترکیبی از آن‌ها می‌توان استفاده کرد: الف) فاصله از نقاط تصادفی تا نزدیک‌ترین موجود زنده، ب) فاصله از موجود زنده تصادفی تا نزدیک‌ترین همسایه.

در مورد الگوی پراکنش گیاهی با استفاده از روش‌های فاصله‌ای، پژوهش‌های مختلفی در داخل و خارج از کشور انجام شده است، از جمله Nouri و همکاران (۲۰۱۳) با بهره‌گیری از روش‌های فاصله‌ای، الگوی مکانی درختان بخش گرازبن جنگل خیرود را مورد مطالعه قرار دادند. Erfanifard و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای و عکس‌های هوایی به بررسی الگوی مکانی بلوط ایرانی پرداختند. Mirjalili و همکاران (۲۰۰۸) نیز از شاخص‌های هاپکینز و ابرهارت برای بررسی الگوی پراکنش درمنه‌زارهای استان یزد استفاده کردند. در پژوهشی دیگر، Erfanifard و همکاران (۲۰۱۲) کارایی شاخص‌های فاصله‌ای و تراکمی را در تعیین الگوی مکانی درختان بنه مورد مقایسه قرار دادند و عنوان کردند که در بین شاخص‌های فاصله‌ای، شاخص‌های ابرهات و هینز به‌خوبی قادر به تعیین الگوی واقعی مکانی درختان هستند. در پژوهش انجام شده توسط Safari و همکاران (۲۰۱۰) در جنگل‌های باینگان، دقت شاخص‌های فاصله‌ای در تعیین الگوی پراکنش گیاهی بیشتر از شاخص‌های کوادراتی برآورد شد و الگوی پراکنش کپه‌ای اعلام شد. در تحقیقی مشابه برای تعیین الگوی مکانی جنگل‌های بلوط زاگرس با استفاده از روش‌های فاصله‌ای، از سه رویکرد نزدیک‌ترین همسایه، روش مربع تی و شاخص پراکنش استفاده شد و نتایج نشان داد که روش مربع تی، روشی مناسب‌تر و قابل اطمینان‌تر نسبت به دو رویکرد دیگر بود (Erfanifard *et al.*, 2008b). Pourbabaei و همکاران (۲۰۱۲) نیز از همین روش و بر اساس رویکرد مربع تی به تعیین الگوی مکانی سه گونه بلوط در جنگل‌های مریوان پرداختند.

جنگل‌های زاگرس از نظر وسعت، اهمیت مسائل محیط زیستی، حفظ خاک و توسعه منابع آبی از اهمیت خاصی برخوردارند، اما در دهه‌های اخیر به‌دلیل مشکلات اجتماعی و عدم مدیریت جامع و کارآمد دچار تخریب شده‌اند و در معرض خطر قرار گرفته‌اند. این جنگل‌ها به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم شده‌اند (Maroufi *et al.*, 2006). وی‌ول (*Quercus libani* Oliv.) خاص زاگرس شمالی است و به‌دلیل سازگاری با خاک‌های سنگین و نیمه‌سنگین اسیدی، دامنه ارتفاعی و شیب محدودتری نسبت به سایر گونه‌های بلوط دارد (Khanhasani *et al.*, 2015). این گونه تنها در

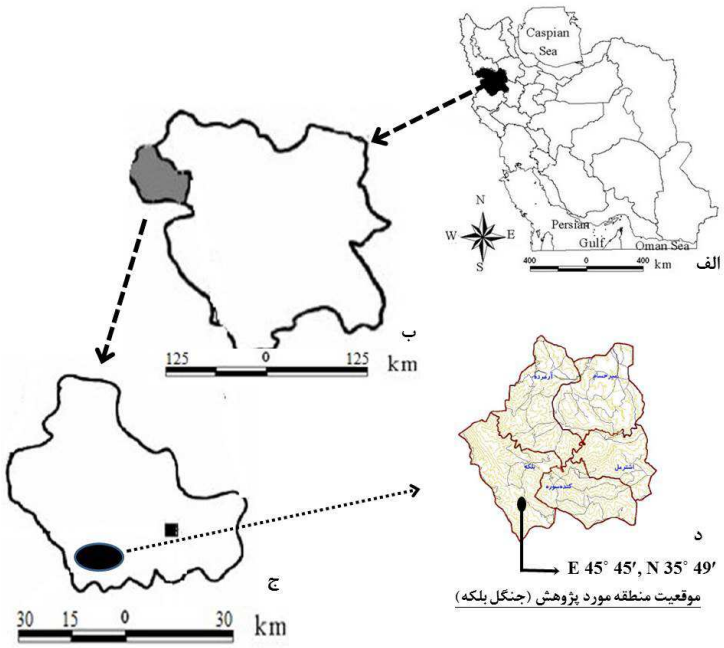
شهرستان‌های سردشت، بانه و مریوان یافت می‌شود (Sagheb Talebi *et al*., 2014) و در صورت دخل و تصرف در رویشگاه آن، سایر گونه‌های بلوط و زالزالک جایگزین این گونه می‌شوند. این گونه به‌دلیل خوشخوراکی به‌نسبت بیشتر آن نسبت به سایر بلوط‌ها، به‌ویژه در شهرستان بانه، به‌شدت سرشاخه‌زنی شده و شاخ و برگ آن به مصرف دام‌ها می‌رسد (Sagheb Talebi *et al*., 2014).

محدود شدن پراکنش درختان وی‌ول به چند شهرستان در کشور و همچنین نقش آن در تأمین نیازهای سوختی بومیان و استفاده از شاخ و برگ‌های آن در چرای دام باعث شده است تا این گونه، در معرض خطر تهدید و نابودی قرار گیرد، بنابراین اطلاع از نحوه پراکنش این جامعه درختی و تعیین الگوی مکانی افراد آن ضروری است تا در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مورد توجه قرار گیرد. از آنجا که در پژوهش‌های مختلف، روش فاصله‌ای مربع تی یک روش مناسب در تعیین الگوی پراکنش معرفی شده است، بر همین اساس، هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی الگوی مکانی وی‌ول در بخشی از جنگل‌های شهرستان بانه، استان کردستان با استفاده از روش فاصله‌ای مربع تی تعیین شد تا نتایج تحقیق در آینده در برنامه‌های مدیریتی توسعه و احیای جنگل و به‌منظور حفاظت بهتر از این بوم‌سازگان در معرض خطر، مورد استفاده مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

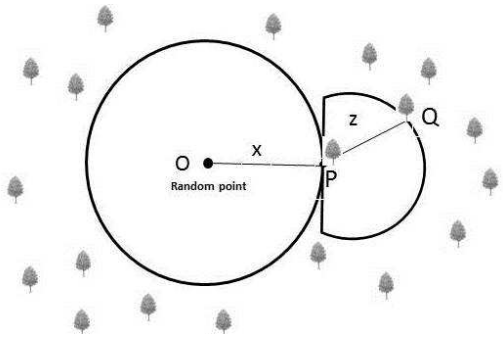
به‌منظور بررسی الگوی مکانی پراکنش وی‌ول، جنگل‌های روستای بلکه واقع در بخش آلوت شهرستان بانه استان کردستان انتخاب شدند (شکل ۱). میانگین بارندگی سالانه در این منطقه ۷۶۰ میلی‌متر و به‌صورت برف و باران است که بیشترین مقدار آن در فصل زمستان رخ می‌دهد. زمستان‌های سرد و طولانی و تابستان‌های معتدل از خصوصیات این منطقه است. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه، اقلیم نیمه‌مرطوب سرد بوده و چهار ماه از سال خشک می‌باشد (Maroufi *et al*., 2006).



شکل ۱- محدوده مورد بررسی در کشور (الف)، استان کردستان (ب)، شهرستان بانه (ج) و محدوده آماربرداری (د)

روش پژوهش

به‌منظور شناخت منطقه مورد مطالعه، یک روز جنگل‌گردشی انجام شد و پس از آشنایی با منطقه، بخشی از این جنگل به مساحت ۴۰ هکتار (ابعاد ۶۷۵ ×۶۰۰ متر) انتخاب شد. در گام بعدی نقشه منطقه مورد مطالعه تهیه شده و به سلول‌های ۲۵ × ۲۵ متر شبکه‌بندی شد. سپس برای اینکه اندازه‌گیری‌ها از توزیع مناسبی در کل منطقه برخوردار باشند، آماربرداری به روش منظم- تصادفی انجام شد. بدین منظور، نمونه‌برداری از یک سلول تصادفی شروع شد و نقاط بعدی به‌طور منظم در ۱۰۰ متری سلول آغازین مشخص (یعنی از هر پنج سلول یک سلول انتخاب شد) و در مجموع ۴۳ سلول انتخاب شد. برای اجرای روش فاصله‌ای بر اساس روش مربع تی (شکل ۲)، در هر سلول یک نقطه کاملاً تصادفی انتخاب شد و سپس فاصله هر یک از این نقاط تا نزدیک‌ترین درخت (x_i) و فاصله درخت تا نزدیک‌ترین همسایه (z_i) در فرم‌های آماربرداری ثبت شد که در مجموع ۴۳ نقطه تصادفی برداشت شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی مربوط به نحوه پراکنش وی‌ول از شاخص ابرهارت، هینز و هاپکینز، شاخص C و شاخص پراکنش استفاده شد. سپس مقادیر عددی به‌دست‌آمده از هر یک از این شاخص‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از آزمون آماری مربوط به همان شاخص مورد آزمون قرار گرفت.



شکل ۲- نمای شماتیک نمونه‌گیری مربع T : فاصله X بین نقطه تصادفی O و نزدیکترین موجود زنده (P) و فاصله (z) بین فرد (P) و نزدیک‌ترین همسایه یعنی Q. در انتخاب Q افرادی که در همان طرف نیم‌صفحه قرار می‌گیرند (مثل O)، درنظر گرفته نمی‌شوند (Krebs, 1999).

مقدار عددی هر یک از شاخص‌های مذکور با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد.

- شاخص ابرهات

این شاخص فقط بر اساس فاصله‌های نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین فرد مورد استفاده قرار می‌گیرد (Heidari, 2008; Krebs, 1999) و وابسته به تراکم جمعیت نیست، بنابراین محاسبه آن ساده‌تر است (رابطه ۱).

$$I_E = \left(\frac{S}{\bar{X}}\right)^2 + 1 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: I_E نمایه پراکنش ابرهارت برای فاصله‌های نقطه تا فرد، S انحراف معیار مشاهده شده فاصله‌ها و $\bar{X}$ میانگین فاصله‌های است.

- شاخص هینز

قوی‌ترین آزمون آماری برای تعیین الگوی پراکنش افراد در روش مربع تی توسط هینز ارائه شده است (رابطه ۲؛ Krebs, 1999).

$$H_T = \frac{2n\left[2\sum(x_i^2)+\sum(z_i^2)\right]}{\left[(\sqrt{2}\sum x_i)+\sum z_i\right]^2} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن: x_i آزمون آماری هینز، n اندازه نمونه، x_i فاصله نقطه تا نزدیک‌ترین فرد و z_i فاصله فرد مربع تی تا نزدیک‌ترین همسایه است.

– شاخص هاپکینز

برای تعیین الگوی پراکنش با استفاده از این شاخص، فاصله هر نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین درخت و سپس فاصله این فرد تا نزدیک‌ترین درخت همسایه‌اش اندازه‌گیری می‌شود (رابطه ۳).

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i^2)}{\sum_{i=1}^{N}(x_i^2)+\sum_{i=1}^{N}(r_i^2)}$$ رابطه (۳)

که در آن: H آزمون آماری هاپکینز، x_i فاصله از نقاط تصادفی تا نزدیکترین فرد و r_i فاصله از فرد تا نزدیک‌ترین همسایه است. برای تست معنی‌دار بودن آزمون (اختلاف معنی‌دار از حالت تصادفی) از رابطه (۴) استفاده می‌شود.

$$h = \frac{\Sigma(x_i^2)}{\Sigma(r_i^2)}$$ رابطه (۴)

پس از تعیین دو مقدار $F_{(۰/۰۵\ ،۲n،۲n)}$ و $F_{(۰/۹۵\ ،۲n،۲n)}$ از جدول F، در صورتی‌که $F_{(۰/۹۵\ ،۲n،۲n)} \le h \le F_{(۰/۰۵\ ،۲n،۲n)}$ باشد، توده دارای پراکنش تصادفی است. اگر مقدار محاسبه شده از $F_{(۰/۹۵\ ،۲n،۲n)}$ جدول کمتر باشد، الگوی پراکنش پراکنده و در صورتی‌که بیشتر از $F_{(۰/۰۵\ ،۲n،۲n)}$ جدول باشد، توده دارای پراکنش کپه‌ای است (Heidari, 2008).

– شاخص C

این شاخص نیز همانند شاخص هینز از هر دو فاصله اندازه‌گیری در روش مربع تی استفاده می‌کند (رابطه ۵).

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[\frac{x_i^2}{x_i^2+\frac{1}{2}y_i^2}\right]}{N}$$ رابطه (۵)

که در آن: N تعداد نقاط نمونه‌گیری، x_i فاصله از نقاط تصادفی تا نزدیکترین درخت و y_i فاصله از نزدیک‌ترین فرد تا درخت نزدیک‌ترین همسایه است. برای آزمون معنی‌دار بودن اختلاف C از حالت تصادفی مقدار Z محاسبه می‌شود (رابطه ۶).

$$Z = \frac{C-0.5}{\sqrt{\frac{1}{(12N)}}}$$ رابطه (۶)

که در آن: N تعداد نقاط تصادفی و C عدد محاسبه شده در مرحله پیش است.

در صورتی که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، Z محاسبه شده بزرگتر از Z جدول باشد، اختلاف از حالت تصادفی معنی‌دار است (Krebs, 1999).

– شاخص پراکنش

این شاخص نیز همانند شاخص ابرهات تنها بر اساس فاصله نقطه تا فرد است (رابطه ۷) و با مقدار z مورد آزمون قرار می‌گیرد (رابطه ۸) و نتایج با الگوی تصادفی مقایسه می‌شود (Ludwig & Reynolds, 1988).

$$I = (N+1)\frac{\Sigma(x_i^2)^2}{[\Sigma(x_i^2)]^2}$$ رابطه (۷)

$$z = \frac{I-2}{\sqrt{4(N-1)/(N+2)(N+3)}}$$ رابطه (۸)

در جدول ۱ مقادیر عددی هر یک از شاخص‌های ابرهارت، هینز، C و هاپکینز برای تعیین الگوی پراکنش نشان داده شده است.

جدول ۱– تعیین الگوی پراکنش با استفاده از شاخص ابرهارت، هینز، هاپکینز، C و شاخص پراکنش

الگوی پراکنش	ابرهارت	هینز	هاپکیز	C	شاخص پراکنش
کپه‌ای	$I_E > ۱/۲۷$	$h_T > ۱/۲۷$	$I_h > ۰/۵$	$C > ۰/۵$	$I > ۲$
تصادفی	$I_E = ۱/۲۷$	$h_T = ۱/۲۷$	$I_h = ۰/۵$	$C = ۰/۵$	$I = ۲$
پراکنده	$I_E < ۱/۲۷$	$h_T < ۱/۲۷$	$I_h < ۰/۵$	$C < ۰/۵$	$I < ۲$

نتایج

مقادیر توصیفی فاصله‌های اندازه‌گیری شده بر اساس روش نمونه‌گیری مربع تی در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد (جدول ۲). نتایج استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای برای کمی کردن الگوی پراکنش نیز در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲- مقادیر توصیفی فاصله‌های اندازه‌گیری شده بر اساس روش نمونه‌گیری مربع تی در منطقه مورد مطالعه

انحراف معیار	میانگین ± اشتباه معیار	بیشینه	کمینه	تعداد	پارامتر مورد نظر
۱/۷۹	۳/۵۵ ±۰/۲۷۲	۸/۷	۰/۴	۴۳	فاصله از نقطه تصادفی تا درخت
۱/۷۷	۳/۶۷ ±۰/۲۶۹	۷	۱	۴۳	فاصله از درخت تا نزدیک‌ترین همسایه

جدول ۳- نتایج استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای الگوی پراکنش درختان وی‌ول به روش مربع تی

	ابرهارت	هینز	هاپکیز	C	شاخص پراکنش
مقدار عددی شاخص	۱/۲۴<۱/۲۷	۰/۸۶ < ۱/۲۷	۰/۴۹<۰/۵	۰/۶۰ >۰/۵	۱/۹۱<۲
آزمون شاخص	۱/۲۴>۱/۲۰	۰/۸۶<۱/۲۰	h = ۰/۹۵	z = ۱/۹۱	z = -۰/۳۲
نتیجه شاخص	پراکنده	پراکنده	پراکنده	کپه‌ای	پراکنده
معنی‌داری نتیجه	معنی‌دار	غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار	غیرمعنی‌دار

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، مقدار عددی شاخص ابرهات و شاخص هینز به‌ترتیب ۱/۲۴ و ۰/۸۶ به‌دست آمد. از آنجایی‌که مقدار هر یک از این دو شاخص کمتر از مقدار مبنا برای حالت تصادفی (یعنی ۱/۲۷) بود، هر دو شاخص بیانگر الگوی پراکنده وی‌ول بودند، اما باید معنی‌داری الگوی مکانی تعیین شده از طریق این دو شاخص مورد آزمون قرار گیرد. برای آزمون نتایج مقدار عددی شاخص هینز و شاخص ابرهات از جدول هینز استفاده شد. مقدار این جدول به ازای ۴۳ نمونه در سطح اطمینان ۹۵ درصد،۱/۲۰ بود. از آنجایی‌که مقدار محاسبه شده شاخص هینز از مقدار جدول کمتر بود (۱/۲۰ > ۰/۸۶)، از نظر آماری نیز معنی‌داری نتیجه این شاخص تأیید نشد. مقدار عددی شاخص ابرهات بیشتر از مقدار جدول بود (۱/۲۴ > ۱/۲۰) و نشان داد که مقدار محاسبه شده، می‌توانست ملاک ارزیابی قرار گیرد. از آنجایی‌که طبق این شاخص، مقادیر کمتر از ۱/۲۷ نشان‌دهنده الگوی پراکنده است، بنابراین نتایج این شاخص بیانگر الگوی پراکنش پراکنده برای وی‌ول در منطقه بود.

مقدار شاخص هاپکینز نیز ۰/۴۹ برآورد شد که بیانگر الگوی پراکنش پراکنده برای درختان وی‌ول بود. به‌منظور آزمون نتیجه به‌دست‌آمده از این شاخص از آزمون F استفاده شد. بدین منظور ابتدا مقدار h از طریق رابطه (۴) محاسبه شد تا با مقادیر F به‌دست آمده از جدول مورد مقایسه قرار گیرد، که این مقدار برابر ۰/۹۵ شد. از آنجایی‌که $F_{(۰/۰۵ ،۲n,۲n)}$=۱/۴۳ ≤ h =۰ /۹۵ ≤ $F_{(۰/۹۵ ،۲n,۲n)}$=۰/۷۰ بود، نتیجه به‌دست‌آمده از شاخص هاپکینز مبنی بر الگوی پراکنده وی‌ول در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید نشد.

مقدار شاخص پراکنش نیز ۱/۹۱ به‌دست آمد که نشان‌دهنده الگوی پراکنش پراکنده برای وی‌ول در منطقه بود. معنی‌داری نتیجه این شاخص نیز از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید نشد، زیرا قدر مطلق مقدار آن (۰/۳۲) کمتر از مقدار جدول (۱/۹۶) بود. برخلاف چهار

شاخص پیشین، مقدار شاخص C بیانگر آرایش کپه‌ای برای وی‌ول بود (۰/۶۰ > ۰/۵)، اما آزمون آماری این شاخص نیز نتیجه را در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید نکرد، زیرا مقدار z به‌دست‌آمده (۱/۹۱) از مقدار z جدول (۱/۹۶) کمتر بود.

بحث

به‌طور کلی جنگل‌داری با الگوی مکانی درختان در جنگل رابطه مستقیم دارد و هدف نهایی از کشف الگوهای مکانی، تشکیل و ارایه فرضیه‌های مربوط به ساختار جوامع بوم‌شناختی است (Erfanifard *et al*., 2008a)، در نتیجه تجزیه و تحلیل این الگوها یک راهکار مناسب برای تشخیص فاکتورهای تأثیرگذار بر اکوسیستم‌های جنگلی به‌شمار می‌رود (Wolf, 2005). براساس نتایج به‌دست‌آمده، شاخص C الگوی پراکنش را کپه‌ای نشان داد و سایر شاخص‌های پراکندگی، بیانگر الگوی پراکنده درختان وی‌ول در منطقه مورد مطالعه بودند، اما آزمون آماری این شاخص‌ها تنها نتیجه شاخص ابرهات را تأیید کرد. اینکه آزمون آماری نتیجه شاخص‌ها را تأیید نکرد، ممکن است به‌دلیل تعداد نمونه‌ها باشد، بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی برای تعین الگوی پراکنش با استفاده از روش مربع تی از تعداد نمونه بیشتری استفاده شود.

در این پژوهش، با توجه به مرور مطالعات پیشین از شاخص پراکنش نیز در تشخیص الگوی مکانی درختان وی‌ول منطقه مورد مطالعه استفاده شد. گرچه آزمون آماری این شاخص در سطح اطمینان ۹۵ درصد، همانند شاخص‌های هینز و هاپکینز معنی‌دار نشد، اما نتایج این شاخص نیز بیانگر الگوی پراکنده بود که تأییدی بر نتیجه شاخص‌های ابرهات، هینز و هاپکینز بود. از سویی، اگرچه شاخص C شاخص مناسبی در تعیین الگوی پراکنش به‌شمار می‌رود و در این تحقیق گویای الگوی غیرپراکنده برای درختان وی‌ول بود، اما Krebs (۱۹۹۹) شاخص هینز را قوی‌ترین آزمون آماری برای تعیین الگوی پراکنش افراد به روش مربع تی می‌داند. از آنجایی‌که این شاخص نیز الگو را پراکنده نشان داد، بنابراین نتیجه این شاخص و شاخص‌های ابرهات و هاپکینز و شاخص پراکنش مبنی بر پراکنده بودن وی‌ول، به‌عنوان الگوی پراکنش این گونه در منطقه "بلکه" درنظر گرفته شد.

یکی از دلایل پراکنده بودن وی‌ول در منطقه ممکن است ناشی از رقابت بین آن‌ها باشد. در جوامع گیاهی، عامل‌های درونی نظیر رقابت درون‌گونه‌ای برای کسب مواد غذایی، آب و نور بر شکل‌گیری الگوی پراکنش پراکنده مؤثر است (Getzin *et al*., 2006)، بنابراین وجود رقابت بین این درختان ممکن است باعث ایجاد چنین الگویی در منطقه باشد. از دیگر دلایلی که می‌تواند در شکل‌گیری الگوی پراکنده درختان وی‌ول در منطقه مورد مطالعه حایز اهمیت باشد، رسیدن به بلوغ و عدم نیاز به پایه‌های مادری است. درختان این حوزه به‌طور عموم درختانی قطور و کهنسال هستند (Heidari *et al*., 2014). نونهال‌ها و نهال‌های درختان به‌علت نیازهای خود، در پناه درختان مادری به رشد خود ادامه می‌دهند و دارای الگوی کپه‌ای هستند، اما با افزایش رشد و بر اساس رقابتی که با پایه‌های مجاور بر سر منابع دارند، باعث استقرار پایه‌ها بر اساس الگوی پراکنده می‌شوند (Hegazy & Kabiel, 2007). نتیجه این پژوهش هم‌سو با نتایج Erfanifard و همکاران (۲۰۰۸b؛ ۲۰۰۹) است، اما با نتایج Basiri و همکاران (۲۰۰۶)، Heidari و همکاران (۲۰۰۸)، Kunsler و همکاران (۲۰۰۴) و Mouro و همکاران (۲۰۰۷) که همگی بیان‌کننده الگوی پراکنش کپه‌ای برای گونه‌های خاصی از درختان بلوط بودند، مغایرت دارد. از جمله دلایل مغایرت می‌توان به سطح و مقیاس مطالعه، بهره‌برداری سنتی توسط جوامع محلی و حضور سایر درختان مانند مازودار به‌صورت پراکنده و مختلط با درختان وی‌ول در منطقه مورد مطالعه اشاره کرد. تحقیق Pourbabaei و همکاران (۲۰۱۲) نیز که الگوی پراکنش را برای وی‌ول در جنگل‌های مریوان، تصادفی اعلام کردند، هم‌سو با نتیجه پژوهش پیش‌رو نیست. این امر بیانگر این موضوع است که افراد گونه وی‌ول در منطقه بلکه برخلاف منطقه چناره در مریوان با هم رقابت

دارند و به‌طور اتفاقی پراکنده نشده‌اند. همان‌طور که پیشتر ذکر شد، یکی از دلایل الگوی تصادفی این است که شرایط محیطی و منابع پایدار باشند و یا اینکه دخالت‌های انسانی در آن منطقه شدید باشد. با توجه به اینکه پایداری محیطی همیشگی نیست و نیز به‌دلیل الگوی برداشت متفاوت از جنگل‌ها در منطقه بلکه، ساختار جنگل‌های این منطقه نسبت به جنگل‌های چناره به مقدار کمتری تحت تأثیر دخالت‌های انسانی قرار گرفته‌اند، بنابراین شرایط موجود این جنگل‌ها در شکل‌گیری این نوع از الگوی پراکنش مکانی تأثیرگذار است؛ اما این مسئله قابل تعمیم به کل جنگل‌های زاگرس نیست و امکان دارد در حوضه‌های مختلف بسته به ساختار جنگل، نتایج متفاوتی به‌دست آید.

از دیگر دلایلی که می‌تواند در پراکنده بودن الگوی وی‌ول در جنگل‌های بلکه حایز اهمیت باشد، اقلیم منطقه و ساختار کلی جنگل است. Heidari و همکاران (۲۰۱۴) ساختار جنگل‌های بلکه را شاخه‌زاد ناهمسال و مسن معرفی کردند که از تراکم کمی (۲۸۷ درخت در هکتار) برخوردار بود. به‌دلیل شاخه‌زاد بودن این جنگل‌ها و تراکم کم آن‌ها، در فصل رشد مقدار زیادی نور آفتاب به زمین می‌رسد، بنابراین مقدار تبخیر افزایش یافته و پیرو آن عمق لایه‌های خشک خاک افزایش می‌یابد. در این شرایط، گونه‌های درختی مانند وی‌ول که در مقایسه با سایر گونه‌های بلوط موجود در منطقه از نیاز رطوبتی بیشتری برخوردارند، تحمل کمتری نسبت به این شرایط دارند. بنابراین، ب خلاف سایر گونه‌ها که در عمده تحقیقات از الگوی کپه‌ای پیروی می‌کردند، وی‌ول نمی‌تواند به‌صورت کپه‌ای در منطقه حضور پیدا کند. از سوی دیگر، گونه‌های با ساختار شاخه‌زاد مقدار زیادی از مواد مغذی خاک را مورد استفاده قرار می‌دهند و حاصلخیزی خاک را در منطقه کاهش می‌دهند، بنابراین تنها گونه‌هایی مانند وی‌ول که قدرت جست‌زنی زیادی دارند، این شرایط را تحمل می‌کنند. این دلایل، غالبیت درختان وی‌ول در منطقه بلکه (۷۲ درصد)، (Heidari *et al*., 2014) و الگوی پراکنش پراکنده را برای آن توجیه می‌کنند.

اگرچه شاخص‌های فاصله‌ای در اکثر موارد نتایج یکسانی را ارایه دادند، همواره این احتمال وجود دارد که در تحقیقات مختلف، هر یک از شاخص‌ها نتایج متفاوتی به‌همراه داشته باشند. به‌طور مثال، شاخص ابرهات و هینز که نحوه پراکنش مکانی بنه در جنگل‌های باینگان کرمانشاه (Safari *et al*., 2010) را مشابه و به‌صورت کپه‌ای معرفی کردند، در پژوهش پیش‌رو نیز نتایج یکسان اما پراکنده از الگوی پراکنش وی‌ول ارایه دادند، ولی همین شاخص‌ها در مطالعه Kiani و همکاران (۲۰۱۳)، نتایج متفاوتی از الگوی پراکنش ارایه دادند. بنابراین، بهتر است به‌رغم نظر برخی پژوهشگران، در هر پژوهش از شاخص‌های مختلف استفاده شده و پس از مقایسه و ارزیابی نتایج با یکدیگر، مناسب‌ترین تصمیم در تعیین الگوی پراکنش جوامع گیاهی اتخاذ شود.

در بررسی‌های مربوط به تعیین الگوی پراکنش همواره باید به این نکته توجه کرد که الگوی پراکنش موجودات در یک منطقه به‌طور قطع یکی از الگوهای کپه‌ای، تصادفی و یا پراکنده نیست، بلکه ممکن است درجات مختلفی از کپه‌ای، تصادفی و پراکنده بودن در یک جامعه گیاهی یا جانوری حکمفرما باشد. از آنجایی‌که آزمون‌های آماری نتایج شاخص‌ها را در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید نکردند، الگوی پراکنده برآورد شده ممکن است با درجه‌ای از تصادفی بودن و یا حتی کپه‌ای بودن با توجه به نتیجه شاخص C همراه باشد که می‌تواند در اثر عامل‌هایی نظیر بهره‌برداری‌های سنتی به‌منظور تأمین نیازهای معیشتی جوامع محلی (Ghazanfari *et al*., 2005) و سیستم زادآوری این درختان (که به‌طور عموم غیرجنسی است) ایجاد شود (Pourhashemi *et al*., 2004).

پژوهش پیش‌رو نشان داد که روش‌های فاصله‌ای از جمله روش مربع تی در کنار دیگر روش‌های ارزیابی الگوی مکانی گیاهان می‌توانند روش مناسبی برای تعیین الگوهای پراکنش درختان باشند. به‌دلیل اهمیت آگاهی از الگوی مکانی درختان در جوامع درختی، اطلاعات به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌های مدیریتی توسعه، جنگل‌کاری و احیای جنگل به‌منظور حفاظت بهتر از این

بوم‌سازگان در معرض خطر مفید واقع شود.

References

- Avila, V.L., 1995. Biology: Investigating Life on Earth. Jones & Bartlett Publishers, Massachusetts, 855p.
- Basiri, R., Sohrabi, H. and Mozayen, M., 2006. A statistical analysis of the spatial pattern of trees species in Ghamisheleh Marivan region, Iran. Iranian Journal of Natural Resources, 59: 579-588 (In Persian).
- Camarero, J.J., Gutierrrez, E. and Fortin, M.J., 2000. Spatial pattern of sub-alpine grassland ecotones in the Spanish central Pyrenees. Forest Ecology and Management, 134: 1-16.
- Erfanifard, Y., Feghhi, J., Zobeiri, M. and Namiranian, M., 2008a. Investigation on the spatial pattern of trees in Zagros forests. Iranian Journal of Natural Resources, 60(4): 1319-1328 (In Persian).
- Erfanifard, Y., Feghhi, J., Zobeiri, M. and Namiranian, M., 2008b. Comparison of two distance methods for forest spatial analysis (Case study: Zagros forests of Iran). Journal of Applied Sciences, (8)1: 152-157.
- Erfanifard, Y., Feghhi, J., Zobeiri, M. and Namiranian, M., 2009. Spatial pattern analysis in Persian oak (*Quercus brantii* var. *persica*) forests on B & W aerial photographs. Environmental Monitoring Assessment, 150: 251-259.
- Erfanifard, Y., Mahdian, F., Fallah shamsi, R. and Bordbar, K., 2012. The efficiency of distance-and density-based indices in estimating the spatial pattern of tree in forests (Case study: Wild Pistachio research forest, Fars province, Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(3): 379-392 (In Persian).
- Getzin, S.C., Dean, F., He, J., Trofymow, K. and Wiegend, T., 2006. Spatial patterns and competition of tree species in a Douglas-fir chronosequence on Vancouver Island. Ecography, 29: 671-682.
- Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., Marvi Mohajer, M.R. and Pourtahmasi, K., 2005. An estimation of tree diameter growth of Lebanon oak (*Quercus libani*) in Northern Zagros forests (Case study: Havarehkhol). Journal of Forest and Wood Product (Iranian Journal of Natural Resources), 57(4): 649-662 (In Persian).
- Hegazy, A.K. and Kabiel, H.F., 2007. Significance of microhabitat heterogeneity in the spatial pattern and size class structure of Anastatica hierochuntical. Acta Oecologica, 31: 332-342.
- Heidari, M., Namiranian, M., Zobeiri, M. and Gahramany, L., 2014. Investigation on appropriate inventory method for determining structure of Northern Zagros forests (Case study: Blake forests, Baneh). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(3): 467-480 (In Persian).
- Heidari, R., 2008. Distance Sampling in Forest Inventory Methods. Razi University Press, Kermanshah, 122p (In Persian).
- Heidari, R.H., Namiranian, M., Zobeiri, M. and Sobhani, H., 2008. Sampling study of applicability of point-center quarter method in Zagros forests (Case study: Kermanshah province). Journal of Forest and Wood Product (Iranian Journal of Natural Resources), 61(1): 85-97 (In Persian).
- Jayaraman, K., 1999. A Statistical Manual for Forestry Research. Published by FAO, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, 231p.
- Khanhasani, M., Akhavan, R., Sagheb Talebi, Kh. and Vardanyan, Z.H., 2015. The effect of environmental factors on distribution of three oak species (*Q. brantii* Lindl., *Q. libani* Oliv. and *Q. infectoria* Oliv.) in Northern Zagros forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(3): 549-561 (In Persian).
- Kiani, B., Fallah, A., Tabari, M., Hosseini, S.M. and Iran-Nejad Parizi, M.H., 2013. Comparing Distance-based and Quadrate-based methods to identify spatial pattern of Saxaul (*Haloxylon ammodenderon* C. A. Mey.) (Siah-Kooh region, Yazd province). Journal of Forest and Wood Product (Iranian Journal of Natural Resources), 65(4): 475-486 (In Persian).
- Kint, V., 2005. Structural development in ageing temperate Scots pine stands. Forest Ecology and Management, 214: 237-250.
- Krebs, C.J., 1999. Ecological Methodology. 2th Edition, Addison-Welsey Educational Publishers, Inc., Menlo Park, California, 620p.
- Kunstler, G., Curt, T. and Lepart J., 2004. Spatial pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus pubescens* Mill.) seedling in

forest structure and trees spatial pattern in *Fagus orientalis* stands of Hyrcanian forests of Iran (Case study: Gorazbon district of Kheyrud Forest). Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources), 66(1): 113-125 (In Persian).
- Perfecto, I. and Vandermeer, J., 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. Annals of the New York Academy of Sciences, 1134: 173-200.
- Pourbabaei, H., Zandi Navgaran, Sh. and Adel, M.N., 2012. Spatial pattern of three oak species in Chenare forest of Marivan, Kurdistan. Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources), 65(3): 329-339 (In Persian).
- Pourhashemi, M., Marvi Mohajer, M.R., Zobeiri, M., Zahedi Amiri, Gh. and Panahi, P., 2004. Identification of forest vegetation units in support of government management objectives in Zagros forests, Iran. Scandinavian Journal of Forest Research, 19(4): 72-77.
- Safari, A., Shabanian, N., Erfanifard, S.Y., Heidari, R.H. and Purreza, M., 2010. Investigation of spatial pattern of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) (Case study: Bayangan forests, Kermanshah). Iranian Journal of Forest, 2(2): 177-185 (In Persian).
- Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future. Springer, Netherland, 152p.
- Wolf, A., 2005. Fifty year record of change in tree spatial patterns within a mixed deciduous forest. Forest Ecology and Managent, 21: 212-223.
natural pine (*Pinus sylvestris* L.) woodland. European Journal of Forest Research, 123: 331-337.
- Linares-Palomino, R., 2005. Spatial distribution patterns of trees in a seasonally dry forest in the Cerros de Amotape National Park, northwestern Peru. Biology, 12(2): 317-326.
- Ludwig, J.A. and Reynolds, J.F., 1988. Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing. 1th Edition, Wiley-Interscience Publication, New York, 368p.
- Maroufi, H., Talebi, S., Fattahi, M. and Sadri, M., 2006. Determination of the habitat requirements and yield as libani in Kurdistan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 13(4): 417-445 (In Persian).
- Mirjalili, A.B., Dianati Tilaki, G.H. and Baghestani, N., 2008. Comparison of five distance methods to measuring density of bush-lands of Tang-e-Laybod region, Yazd province. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, 15(3): 295-303 (In Persian).
- Moeur, M., 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data. Forest Science, 39: 756-775.
- Mouro, S.M., García, L.V., Marañón,T. and Freitas, H., 2007. Recruitment patterns in a Mediterranean oak forest: a case study showing the importance of the spatial component. Forest Science, 53(6): 645-652.
- Musaei Sanjarei, M. and Basiri, M., 2007. Comparison and evaluation of indices of dispersion patterns of plants on *Artemisia sieberi* shrublands in Yazd province. Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 11(40): 483-495 (In Persian).
- Nouri, Z., Zobeiri, M., Feghhi, J. and Marvi Mohajer, M., 2013. An investigation on the

Spatial pattern of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) in Baneh forests, Kurdistan province

S. Soltanian [1*], M. Heydari [2] and E. Khosropour [3]

1*- Corresponding author, Senior Expert, Department of Environmental Science, Faculty of Environment and Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran. E-mail: satarsoltanian@gmail.com

2- Ph.D. Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3- Ph.D. Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 31.08.2016 Accepted: 12.01.2017

Abstract

Spatial pattern is an important parameter in ecology of forest communities. Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) as a native species, covers 24% of northern Zagros forests. *Quercus libani* plays a significant role in ecological and social conditions of local people. Hence, the present study was conducted to investigate the spatial pattern of this oak species based on T-square sampling in Belake forests, northern Zagros. For this purpose, a 40-ha area was inventoried based on distance method. Systematic- random method with 25×25 m^2 plots was used for inventory. A total of 43 random points with 100m distance were determined. Eberhardt, Hines, Hopkines, C index and Index of dispersion were used for dispersion pattern and the results were tested at 5% level. Eberhardt's index, Hines, Hopkines and Index of dispersion showed disperse pattern, while C index indicated clump pattern. But only Eberhardt's index result was significant. Our results can be applied as a useful tool in developing the management programs, afforestation and reforestation programs in order to protect the endangered ecosystems.

Keywords: Distance methods, Eberhardt's index, Northern Zagros forests, T-square sampling.