

ارزیابی الگوی پراکنش مکانی گونه‌های درختی و درختچه‌ای در جنگل‌های زاگرس مرکزی (پژوهش موردی: ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق)

یوسف عسکری^{۱*}، علی سلطانی^۲ و هرمز سهرابی^۳

*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

پست الکترونیک: askari.yousef@yahoo.com

۲- استادیار گروه علوم جنگل دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۳- استادیار گروه علوم جنگل دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۰

چکیده

موقعیت مکانی و اندازه ارتفاع و تاج تمام درختان و درختچه‌های متعلق به پنج گونه ارس، برودار، زبان‌گنجشک، کیکم و زالزالک روییده در کنار یکدیگر در وسعتی برابر ۵۳ هکتار از ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق در زاگرس مرکزی اندازه‌گیری شدند. الگوهای پراکنش پایه‌های هر گونه توسط چهار شاخص C، هینز، ابرهات، پیلو و جانسون- زیمر محاسبه شدند. در کنار این شاخص‌ها، تخمین بصری و شاخص رشد آزاد (نسبت اندازه مساحت تاج به ارتفاع گیاه) نیز برای تفسیر نتایج و تعیین صحت نتایج بکار گرفته شدند. نتایج نشان داد که پراکنش پایه‌های زبان‌گنجشک کاملاً از الگوی تصادفی پیروی می‌کند و افراد دو گونه بلوط ایرانی (برودار) و زالزالک کاملاً کپه‌ای پخش شده‌اند. تفاوت الگوی پراکنش پیش‌بینی شده برای دو گونه دیگر توسط شاخص‌های مختلف، متفاوت بود. عامل‌هایی چون تراکم کم کیکم و کنترل اپی‌نستیک زیاد ارس به‌عنوان عامل‌های عدم قطعیت تعیین نوع پراکنش این دو گونه ارائه شدند. در بین شاخص‌های مورد مطالعه، شاخص الگوی پراکنش C مناسب‌ترین شاخص توضیح‌دهنده پخشیدگی درختان برای منطقه مذکور بود.

واژه‌های کلیدی: ارس، الگوی پراکنش، برودار، جنگل زاگرس، مربع تی، نزدیکترین فرد.

مقدمه

این‌ها از مهمترین عامل‌هایی هستند که سبب شده است مطالعه پراکنش درختان یک جنگل در سطوح بزرگ مانند چشم‌انداز مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد. مثلاً Christensen (۱۹۷۷) نشان داد که در کنار تعداد بیشتر درختان گردوی آمریکایی (*Carya illinoensis*) در جنگل‌های کارولینای شمالی، پراکنش تصادفی این گونه نشانه پیشرفت تکاملی جنگل می‌باشد. این دسته مطالعات کاملاً جنبه کاربردی داشته و ابزاری عالی برای تفسیر

مطالعات تنوع زیستی بخش جدایی‌ناپذیر شناخت اکوسیستم جنگل محسوب می‌شوند و صدور گواهی‌نامه‌های بین‌المللی برای طبقه‌بندی این اکوسیستم‌های زمینی بدون احصاء تنوع زیستی ممکن نیست. با این حال حتی با تعیین گونه‌های نشان‌گر مناسب، به‌علت پیچیده، بسته و ناهمگن بودن اغلب جنگل‌ها، تخمین تنوع زیستی و جایگاه تکاملی آن‌ها در سطح گونه معمولاً به‌سادگی امکان‌پذیر نیست.

برای گونه‌های درختی محدود شوند، تمایل پراکنش پایه‌های درختی (به‌ویژه گونه‌های حساس به زیستگاه) به سمت کپه‌ای و یا یکنواخت شدن پیش می‌رود و از الگوهای پراکنش تصادفی فاصله می‌گیرد (Fangliang *et al.*, 1997). درختانی که بذرها سنگین دارند و یا از طریق ریشه‌جوش و پاجوش تکثیر می‌شوند نیز گرایش به کپه‌ای شدن دارند (Schulze *et al.*, 2005). البته نباید نتیجه هر مطالعه‌ای را با الگوهای از پیش تعیین شده مقایسه کرد. ممکن است درختان یک گونه، محدودیت رشدی در یک زیستگاه نداشته باشند، اما به علت محدود بودن محتوای ژنتیکی شان الگوی پراکنش تصادفی که از آنها انتظار می‌رود را نشان نمی‌دهند. این مورد در خصوص درختان در معرض خطر نشان داده شده است؛ به این صورت که پراکنش این درختان بیشتر تابع محدودیت‌های خودگشایی و زوال ژرم‌پلاست است تا شرایط محیط اطرافشان (Chefaoui & Lobo, 2008). تحقیق پیش‌رو تنوع زیاد درختان و درختچه‌ها در توده‌ای از جنگل‌های زاگرس مرکزی را مبنا قرار داده است و نحوه توزیع استقرار پنج گونه اصلی آن‌ها را در کنار یکدیگر بررسی می‌کند. پژوهش قبلی که برای بررسی روش‌های مختلف نمونه‌برداری در جنگل مورد این تحقیق انجام شد، نشان داد که بدون تفکیک گونه، تمام درختان و درختچه‌ها در این جنگل از الگوی پراکنش کپه‌ای تبعیت می‌کنند (Askari *et al.*, 2013). هدف این تحقیق بررسی الگوی پراکنش هر گونه درختی به‌طور مجزاست. نحوه پراکنش درختان هر گونه می‌تواند منعکس‌کننده جایگاه اکولوژیک و تکاملی آن گونه در این جنگل باشد. غنای گونه‌ای نسبی زیاد جنگل‌ها و فراوانی پایه‌ها سبب می‌شود تا محدودیتی را برای محتوای ژنی درختان در نظر نگرفت و الگوی پراکنش را فقط تابع شرایط محیطی فرض کرد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق با مساحتی حدود ۴۰۰ هکتار در ۴۰ کیلومتری شهر اردل و مجاورت روستای چهارطاق،

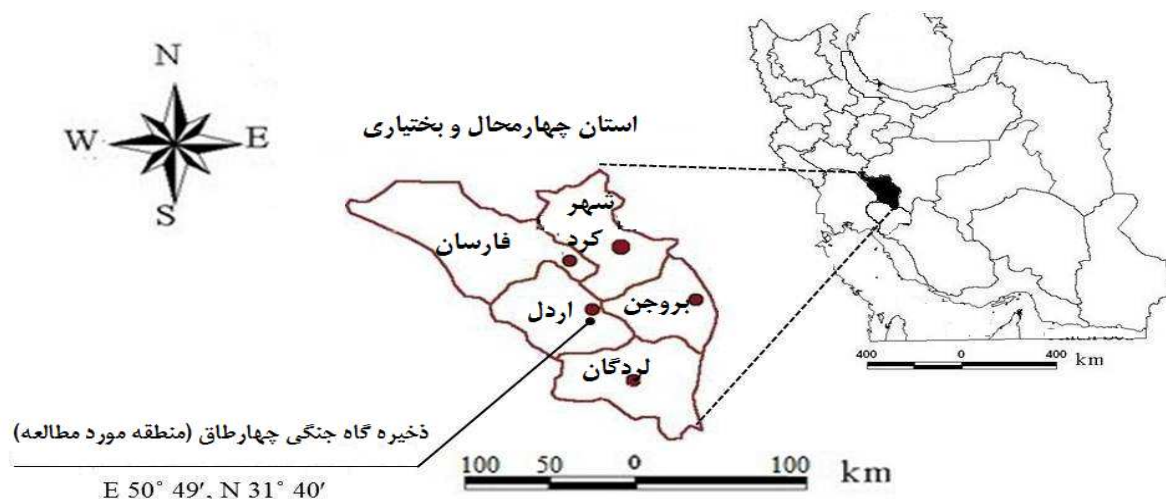
چشم‌اندازهای مختلف محسوب می‌شوند. با این حال به علت پیچیده بودن اکوسیستم جنگل ممکن است نتایج الگوی پراکنش متفاوتی در جنگل‌های مختلف به دست آید.

Moer (۱۹۹۳) مشخص کرد که درختان جوان‌تر پهن‌برگ مدیترانه‌ای بیشتر گرایش به استقرار تصادفی دارند، اما Lei و همکاران (۲۰۰۹) تمایل الگوی پراکنش درختان جوان‌تر جنگل‌های مخلوط در کشور چین و نزدیک شبه‌جزیره کره را کپه‌ای شناسایی کردند. مطالعاتی از این دست در سطح جنگل‌های غرب ایران کمیابند. برای مثال هرچند Shabaniyan و همکاران (۲۰۱۳) الگوی پراکنش درختان را در یک توده آمیخته در کردستان مطالعه کردند، ولی در نهایت این الگو به تفکیک گونه بیان نشد. در تنها مطالعه به تفکیک گونه که Habashi و همکاران (۲۰۰۷) انجام دادند، الگوی پراکنش شش گونه درختی جنگل شصت‌کلا در گرگان به تفکیک اشکوب قرارگیری تاجشان مشخص شد و معلوم شد پایه‌های گونه توسکای بیلاقی الگوی توزیعی بیشتر یکنواخت دارند و یا با کاهش ارتفاع اشکوب، کپه‌ای شدن استقرار پایه‌های تمام گونه‌ها افزایش می‌یابد. به جز این موارد معدود، معمولاً مطالعات پراکنش درختان جنگلی ایران یا محدود به یک یا دو گونه درختی جنگلی خاص می‌شوند و یا بدون در نظر گرفتن گونه و یا سن، پراکنش تمام درختان جنگل مورد بررسی قرار می‌گیرند. نتایج مورد اخیر در مورد اغلب جنگل‌های زاگرس که از یک گونه اصلی (برودار) پوشیده شده‌اند، ممکن است کاربرد داشته باشند، اما برای بخشی از این جنگل‌ها که به واسطه عملیات حفاظت و حمایت، تنوع درختی خود را حفظ کرده‌اند، چندان کاربردی نیستند، زیرا نمی‌توانند پراکنش درختان را به تفکیک گونه توضیح دهند.

به‌طور کلی می‌توان گفت که نتایج تحقیقاتی که پراکنش درختان را از نقطه نظر اکولوژیک بررسی کرده‌اند، نشان داده‌اند که دو عامل اصلی تعیین‌کننده الگوی پراکنش درختان یک جنگل، تأمین فضای رشد مناسب و استراتژی تولیدمثلی هر گیاه می‌باشند (Fujimori, 2001). در شرایطی که فضاهای رشد (از کمبدهای زیستی گرفته تا انواع رقابت)

۲۰ درصد که در مجاورت رودخانه سبزکوه قرار داشت، انتخاب شد. با وجود عدم آشکوب‌بندی و تراکم نیمه‌سبک در کنار پوشش علفی متراکم، تنوع گونه‌ای زیاد گیاهان چوبی در ذخیره‌گاه به چشم می‌خورد. نتایج جامعه‌شناسی گیاهی در تحقیق پیشین (Askari et al., 2013) نشان داد که ارس و زبان‌گنجشک از نظر تاج‌پوشش و زالزالک از نظر تعداد پایه، چهره اصلی این جنگل را می‌سازند. در کنار این سه گونه، فراوانی درختان و درختچه‌های برودار، بنه، کیکم، محلب، گز و همین‌طور انواع درختچه‌های بادام‌وحشی، راناس، پلاخور و شیرخشت، نشانه مؤثر بودن عملیات قرق کامل ذخیره‌گاه از اوایل دهه شصت خورشیدی است.

در حد فاصل ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع از سطح دریای رویشگاه از حداقل ۲۱۰۰ متر از کنار رودخانه سبزکوه تا ۳۱۰۰ متر در ارتفاعات کوه کلار متغیر است. میانگین بارندگی سالانه ۵۳۰ میلی‌متر، حداقل درجه‌حرارت مطلق ۱۹/۵- درجه سانتی‌گراد و حداکثر درجه‌حرارت مطلق ۳۵ درجه سانتی‌گراد است. براساس روش دومارتن منطقه مورد مطالعه جزو اقلیم نیمه‌مرطوب محسوب می‌شود (Jahanbazi et al., 1999). قطعه‌ای از این ذخیره‌گاه به وسعت ۵۳ هکتار در جهت جنوب‌غربی و با شیب عمومی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نسبت به نقشه کشوری و نقشه استانی

ارتفاع گیاه و دو قطر بزرگ و کوچک تاج (تا دقت دسی‌متر) به وسیله دستگاه سونتو و متر نواری اندازه‌گیری شدند. سپس با دایره فرض کردن تاج گیاه، با محاسبه مساحت دایره، اندازه تاج‌پوشش هر درخت محاسبه شد. از آنجاکه محاسبه شاخص‌های مورد نظر بدون نمونه‌برداری محقق نمی‌شد، برای دوری از اثر حاشیه، در مرکز توده یک شبکه آماربرداری منظم ۳۲ نقطه‌ای به ابعاد ۱۵۰×۱۰۰ متر و با شروع یک نقطه تصادفی در فاصله ۱۰۰ متری از مرکز جغرافیایی توده، بر روی نقشه منطقه پیاده شد. پایه‌های درختی که مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند، توسط دو روش

روش پژوهش

پراکنش درختان و درختچه‌های پنج گونه برودار (*Quercus brantii* Lindl.)، زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) ارس (*Juniperus polycarpus* C. Koch)، زالزالک (*Crataegus azarolus* L.) و کیکم (*Acer monspessulanum* L.)، به تفکیک در این تحقیق مورد نظر قرار گرفتند. ابتدا محل دقیق استقرار تک‌تک درختان و درختچه‌ها در طبیعت (مختصات X و Y) به وسیله نقاط پایه مشخص شده توسط دستگاه موقعیت‌سنج جغرافیایی دو فرکانسه و روش متر و آزیموت و اندازه‌های

در این آزمون اگر مقدار z بین دو عدد $+۱/۹۶$ و $-۱/۹۶$ قرار گیرد، فرضیه تصادفی بودن الگوی پراکنش با ۹۵ درصد اطمینان مورد پذیرش قرار می‌گیرد، در غیراین صورت مقدار I درجه کپه‌ای و یا یکنواخت بودن پراکنش را تعیین می‌کند. اگر I کمتر و یا بیشتر از مقدار مبنای دو باشد، پراکنش به ترتیب یکنواخت و کپه‌ای خواهد بود.

دیگر شاخص محاسبه شده، شاخص C بود (رابطه ۳):

$$C = (\sum (X_i^2 / X_i^2 + \frac{1}{2} Y_i^2)) / N \quad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه C شاخص پراکنش مکانی، X_i فاصله نقطه تصادفی تا فرد و Y_i فاصله فرد تا نزدیکترین همسایه است. این شاخص همانند شاخص هینز براساس فاصله‌های اندازه‌گیری شده در روش مربع تی پیشنهاد شده است. اگر مقدار شاخص C برابر مقدار مبنای $۰/۵$ باشد، پراکنش مکانی درختان تصادفی خواهد بود. به منظور تعیین معنی دار بودن تفاوت از مقدار مبنای، همانند شاخص جانسون و زیمر عمل می‌شود، با این تفاوت که مقدار z در این شاخص پیش‌بینی شده است (Ludwig & Reynolds, 1988) (رابطه ۴):

$$z = (C - 0/5) / \sqrt{1/12N} \quad \text{رابطه ۴}$$

بر مبنای نمونه‌گیری نزدیکترین فرد، شاخص پیلو به صورت $P = \pi D (\sum X_i / n)^2$ نیز محاسبه شد که در آن π ، عدد پی، $\sum X_i$ مجموع فاصله‌های اندازه‌گیری شده تا نزدیکترین فرد، n تعداد نقاط نمونه و D تراکم واقعی درختان در مترمربع است. در این شاخص، مقدار مبنای (P) برابر یک، نشان‌دهنده الگوی پراکنش تصادفی و مقادیر P بزرگتر و کوچکتر از یک به ترتیب نشان‌دهنده الگوهای پراکنش کپه‌ای و یکنواخت هستند.

شاخص ابرهارت (Eberhart)، یکی دیگر از شاخص‌های پراکنش است که مقدار آن محاسبه شد. در این شاخص فقط از فاصله بین نقطه تصادفی تا نزدیکترین فرد

نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیکترین فرد (Pielou, 1969) و مربع تی (Gleaves & Besag, 1973) انتخاب شدند. روش نمونه‌برداری نزدیکترین فرد از روش‌های فاصله‌ای است که در آن فاصله نقطه‌ای تصادفی تا نزدیکترین درخت مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. در روش مربع تی، فاصله بین نزدیکترین درخت به نقطه نمونه‌برداری اندازه‌گیری می‌شود. سپس از مرکز درخت انتخاب شده خطی فرضی عمود بر امتداد فاصله درخت تا نقطه نمونه‌برداری رسم می‌شود. پیرو آن، در سمت دیگر این خط فرضی (سمت مقابل نقطه نمونه‌برداری)، فاصله نزدیکترین درخت به درخت اول اندازه‌گیری می‌شود. برای بررسی اینکه آیا در روش نزدیکترین فرد و مربع تی با دفعات مختلف اجرای نمونه‌برداری پی‌درپی می‌تواند به نتایج یکسانی دست پیدا کرد، پنج بار نمونه‌برداری برای دستیابی به تکرار کافی با تغییر تصادفی محل شبکه نمونه‌برداری انجام شد. در مجموع برای هر گونه ۵×۳۲ نمونه تصادفی انتخاب شد. براساس نمونه‌های انتخاب شده، پنج شاخص اندازه‌گیری پراکنش به روش زیر محاسبه شدند.

شاخص جانسون و زیمر (Johnson - Zimmer) (I)، بر مبنای فاصله نقطه نمونه‌برداری تا فرد استوار است و مقدار آن به صورت رابطه ۱ می‌باشد:

$$I = \left[(n+1) \sum_{i=1}^n (r_{pi}^4) \right] / \left[\sum_{i=1}^n (r_{pi}^2) \right]^2 \quad \text{رابطه ۱}$$

محاسبه می‌شود که در آن، n تعداد نقاط نمونه‌برداری و r_{pi} فاصله بین فرد اول (نزدیکترین درخت) به نقطه نمونه‌برداری (i) است (Johnson & Zimmer, 1985). اگر مقدار شاخص I برابر مقدار مبنای دو باشد، پراکنش مکانی درختان تصادفی خواهد بود. به منظور تعیین معنی دار بودن تفاوت از مقدار مبنای، آزمون تصادفی بودن z پیش‌بینی شده است (رابطه ۲):

$$z = (I - 2) / \sqrt{4(n-1) / ((n+2)(n+3))} \quad \text{رابطه ۲}$$

استفاده می‌شود (رابطه ۵):

$$I_E = (S/\bar{x})^2 + 1 \quad \text{رابطه ۵}$$

در نظر قراردادن دو فاصله شمالی و جنوبی (در مسیر محور yها) و شرقی و غربی (در مسیر محور xها) نیز با استفاده از نرم‌افزار PAST (Harper & Ryan, 2001) محاسبه شد. ابر نقاط پایه‌های درختی به تفکیک گونه با در نظرگیری شاخص رشد آزاد هر پایه به‌عنوان اندازه وابسته و متوسط فاصله درخت تا نزدیک‌ترین درخت از همان گونه به‌عنوان اندازه مستقل، ترسیم و رگرسیون خطی برازش‌کننده نقاط برای هر گونه محاسبه شد.

نتایج

در مجموع ۳۶۹۶ درخت و درختچه از پنج گونه اندازه‌گیری شدند. در بین آن‌ها زالک (اغلب درختچه) با ۴۰ درصد، بیشترین و کیکم با ۲/۵ درصد کمترین تعداد پایه‌ها را به‌خود اختصاص دادند (شکل ۲). شکل ۲ همچنین به‌صورت بصری نشان می‌دهد که تمایل الگوی پراکنش پایه‌های دو گونه زبان‌گنجشک و ارس به سمت تصادفی بودن و پایه‌های زالک به سمت کپه‌ای بودن است. به نظر می‌رسد دو گونه برودار و کیکم نیز با وضوح کمتر از الگوی پراکنش بینابینی پیروی می‌کنند.

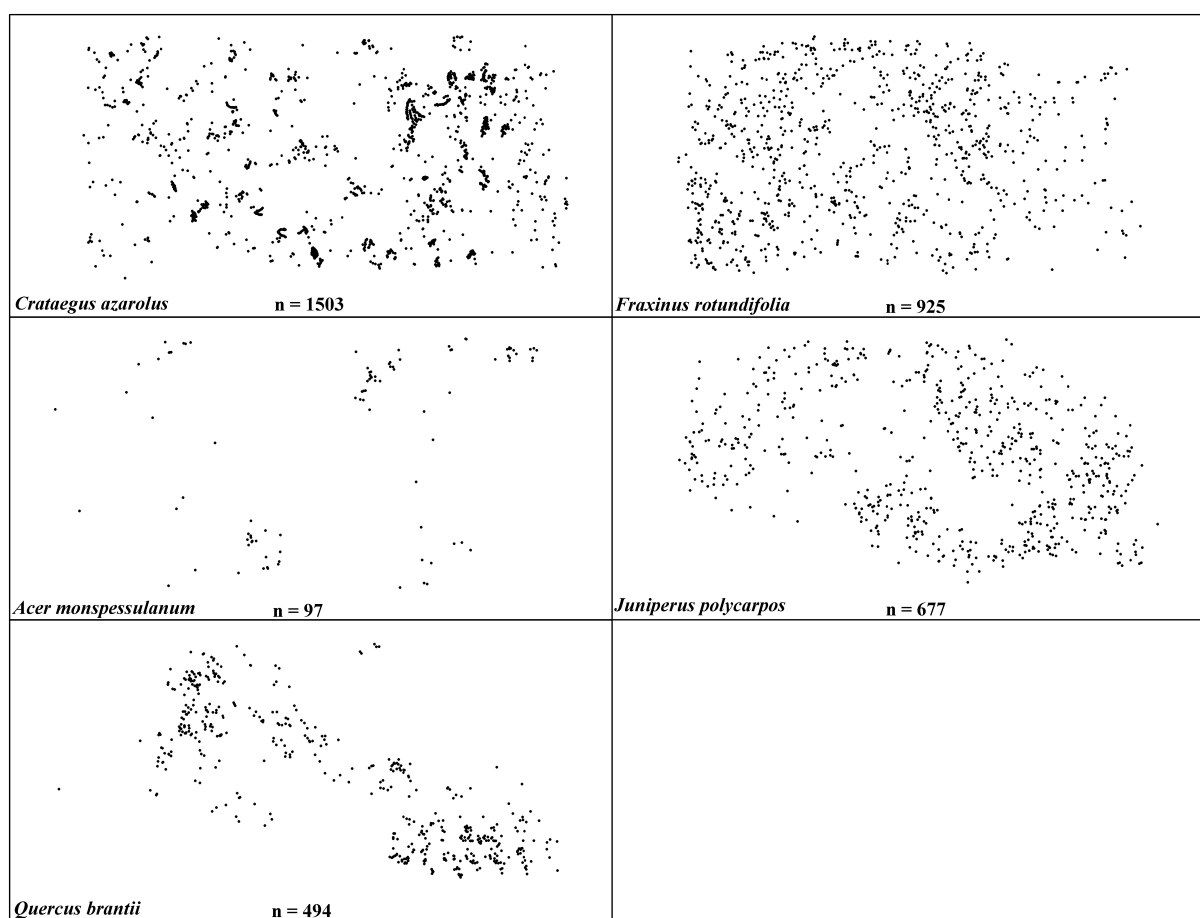
ترتیب قرارگیری درختان و درختچه‌های گونه‌ها براساس مقدار شاخص، برای هر چهار شاخص پراکنش محاسبه‌شده در این تحقیق یکسان است. به این صورت که بیشترین مقدار (کپه‌ای بودن) به زالک و کمترین مقدار (تصادفی بودن) به زبان‌گنجشک تعلق گرفت. با این حال شاخص‌های مختلف در تفکیک گونه‌ها براساس الگوی پراکنششان متمایز عمل کردند. شاخص ابرهات و جانسون - زیمر تفاوتی بین الگوی پراکنش پایه‌های گونه‌ها قائل نشدند. اولی همه را کپه‌ای و دومی همه را تصادفی تشخیص داد. بیشترین تمایز توسط شاخص C به دست آمد که براساس آن، پایه‌های سه گونه ارس، کیکم و زبان‌گنجشک به صورت تصادفی و پایه‌های دو گونه زالک و بلوط به صورت کپه‌ای پراکنده شده‌اند (جدول ۱).

در این رابطه I_E شاخص پراکنش ابرهات، S انحراف معیار فاصله‌های مشاهده‌شده و \bar{x} متوسط فاصله‌های نقاط تصادفی تا نزدیک‌ترین فرد است (Krebs, 1999; Heidari, 2008). برای تعیین الگوی پراکنش درختان در قالب روش مربع تی از شاخص هینز (Hiens) نیز بصورت رابطه ۶ استفاده شد (Krebs, 1999; Heidari, 2008):

$$h_T = 2n \left[\frac{2\sum(r_{pi}^2) + \sum(r_{ni}^2)}{(\sqrt{2}\sum r_{pi}) + \sum r_{ni}} \right]^2 \quad \text{رابطه ۶}$$

در رابطه فوق، h_T مقدار شاخص هینز، r_{pi} فاصله نزدیک‌ترین فرد به نقطه نمونه برداری i و r_{ni} فاصله از گیاه تصادفی تا نزدیک‌ترین پایه دیگر از آن در نقطه نمونه برداری i می‌باشد. مقدار عدد مبنا برای تصادفی شدن پراکنش در دو شاخص ابرهات و هینز، ۱/۲۷ معین شده است (Krebs, 1999). معنی دار بودن تفاوت مقدار شاخص‌های محاسبه‌شده از مقادیر مبنا در سه شاخص پیلو، ابرهات و هینز، در سطح اطمینان ۹۵٪ توسط آزمون t محاسبه می‌شود.

نسبت اندازه مساحت تاج پوشش به ارتفاع درخت (متر) محاسبه و به‌عنوان شاخص رشد آزاد (Free growth index) (تصحیح‌شده Blozan (۲۰۰۶)) در نظر گرفته شد. به این معنا که هرچه این شاخص کمتر باشد، درخت فرم جنگلی بیشتری (تاج پوشش نسبی کوچکتر و ارتفاع نسبی بیشتر) پیدا کرده است. یعنی با در نظر داشتن کشیدگی و جایگاه درخت در آشکوب‌بندی (ارتفاع)، احتمالاً تاج آن بیشتر تحت تأثیر شرایط رقابت نوری و یا سایش بادی بوده است. دامنه این شاخص بسته به گونه و رویشگاه کاملاً متفاوت است. متوسط فاصله جغرافیایی تک تک پایه‌های درختان تا نزدیک‌ترین درخت همسایه از همان گونه، با



شکل ۲- تعداد و پراکنش پایه‌های پنج گونه درختی و درختچه‌ای در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- مقایسه معنی‌دار بودن میانگین مقادیر بدست آمده از شاخص‌های مختلف پراکنش با مقدار مبنای هر شاخص در سطح اطمینان ۹۵٪ (t-test)

گونه / شاخص	C	هینز (h_T)	ابرهارت (I_E)	پیلو (P)	جانسون و زیمر (J)
زالزالک	۰/۸۶ ^A	۲/۱۲ ^A	۲/۰۰ ^A	۲/۱۵ ^A	۲/۵۸۲ ^R
برودار	۰/۷۳ ^A	۱/۸۹ ^A	۲/۰۱ ^A	۱/۴۹ ^A	۲/۳۱۶ ^R
ارس	۰/۷۱ ^R	۲/۰۷ ^A	۱/۷۴ ^A	۲/۰۹ ^A	۲/۴۶۲ ^R
کیکم	۰/۵۶ ^R	۱/۵۲ ^A	۱/۵۱ ^A	۱/۳۷ ^A	۲/۰۸۱ ^R
زبان‌گنجشک	۰/۴۶ ^R	۱/۴۱ ^R	۱/۴۷ ^A	۱/۱۵ ^R	۲/۰۵۵ ^R

R (Random): پراکنش تصادفی؛ A (Aggregated): پراکنش کپه‌ای

با ارتفاع $۲/۴ \pm ۰/۸$ و $۲/۸ \pm ۱/۲$ ، $۵/۴ \pm ۱/۵$ ، $۵/۴ \pm ۲/۲$ متر و مساحت‌های تاج $۱۵/۹ \pm ۱۴/۳$ ، $۸/۳ \pm ۵/۵$ ، $۳/۳ \pm ۲/۸$ و $۵/۰ \pm ۳/۸$ مترمربع قرار داشتند (اعداد دامنه انحراف معیار هستند). همان‌طور که مشخص است، وسیع‌ترین

از نظر ابعاد، درختان برودار با متوسط ارتفاع $۶/۲ \pm ۱/۵$ متر و مساحت تاج $۱۱/۴ \pm ۸/۴$ مترمربع، بزرگترین پایه‌های این تحقیق بودند. پس از آنها به ترتیب درختان و درختچه‌های ارس، زبان‌گنجشک، زالزالک و کیکم به ترتیب

تاج‌ها متعلق به پایه‌هایی از درختان ارس و زبان‌گنجشک بودند. با این وجود، این دو گونه واکنش ریختی متفاوتی در برابر الگوهای پراکنش گسترده‌شان نشان می‌دهند (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر (متر) ربع اول، میانگین و ربع چهارم شاخص رشد آزاد برای پنج گونه درختی و درختچه‌ای مورد مطالعه

گونه	ربع اول	میانگین	ربع سوم
زالزالک	۰/۷۴	۱/۰۹	۱/۳۰
برودار	۰/۹۸	۱/۸۰	۲/۳۳
ارس	۱/۱۸	۲/۵۶	۳/۵۰
کیکم	۱/۲۹	۲/۰۱	۲/۴۸
زبان‌گنجشک	۰/۹۱	۱/۵۱	۱/۹۵

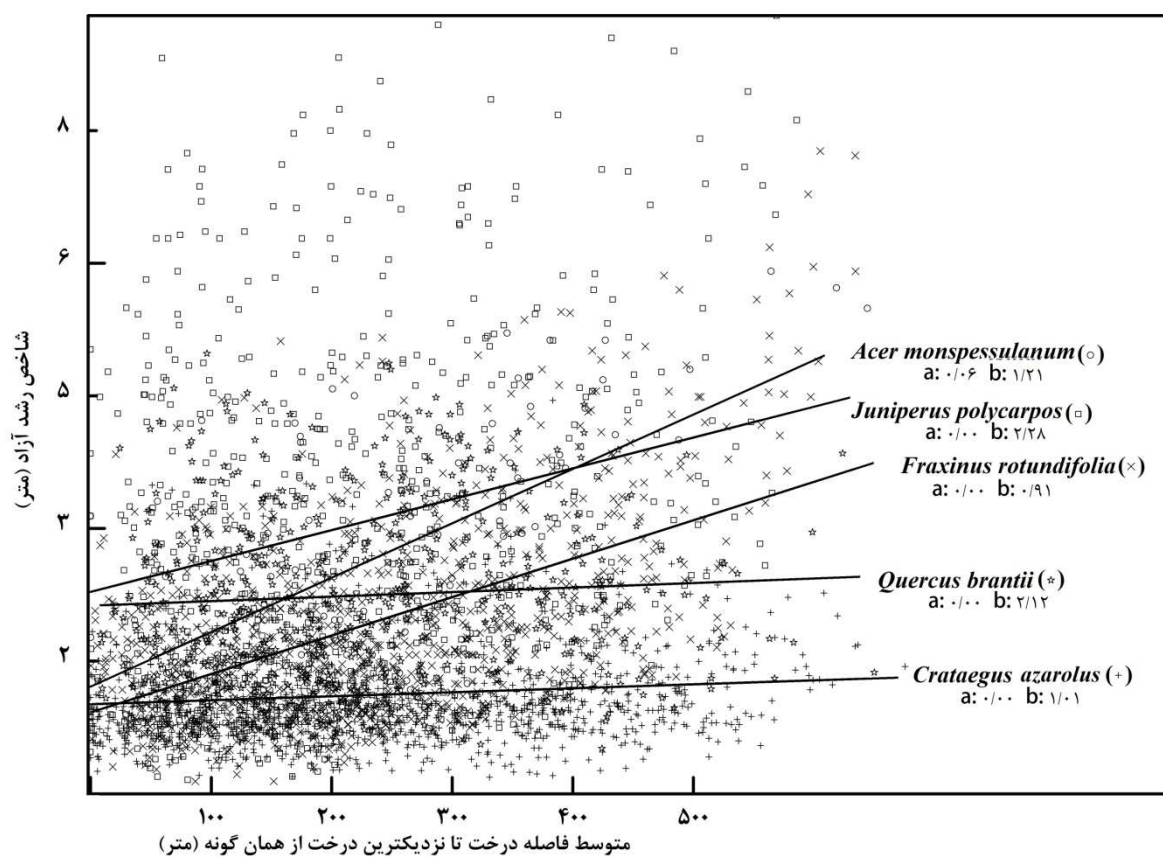
دیده نشد (به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۰۱۳ و ۰/۰۰۴)، اما درختان و درختچه‌های سه گونه دیگر با افزایش فاصله تا درختان هم‌گونه‌شان، واکنش نشان داده و به ضریب شاخص رشد آزاد آن‌ها افزوده می‌شود. ضریب تبیین خط رگرسیون برازنده ابر نقاط زبان‌گنجشک، ۰/۲۷، کیکم ۰/۳۵ و ارس ۰/۰۶ بودند (شکل ۳).

نتایج همچنین نشان داد که بدون در نظر گرفتن ابعاد، درختان و درختچه‌های منطقه مورد مطالعه، تغییرات شکلی متفاوتی نسبت به تغییرات فاصله تا نزدیک‌ترین درخت هم‌گونه‌شان نشان می‌دهند. تحلیل واریانس (جدول ۳) نشان داد که تغییری در نسبت مساحت تاج به ارتفاع پایه‌های دو گونه زالزالک و برودار با تغییر فاصله تا نزدیک‌ترین درخت

جدول ۳- تحلیل واریانس معادلات رگرسیون تغییر شاخص رشد آزاد پنج گونه درختی و درختچه‌ای به واسطه تغییر متوسط فاصله از نزدیک‌ترین

پایه هم‌گونه‌شان (درجه آزادی برای هر گونه یک می‌باشد)

گونه	میانگین مربعات	F	P
زالزالک	۶/۳۷	۲۰/۱۲	۰/۱۱
برودار	۲/۱۷	۲/۳۶	۰/۳۲
ارس	۱۴۷/۵۵	۴۷/۱۳	۰/۰۰
کیکم	۵۸/۷۸	۵۴/۶۸	۰/۰۰
زبان‌گنجشک	۳۳۴/۰۱	۳۴۳/۳۱	۰/۰۰



شکل ۳- پراکنش مقادیر شاخص رشد آزاد (نسبت مساحت تاج به ارتفاع گیاه) برای پایه‌های پنج گونه درختی و درختچه‌ای با تغییر متوسط فاصله از نزدیک‌ترین پایه هم‌گونه‌شان. مقادیر ضرایب فرمول رگرسیون خطی ($y = ax + b$) در کنار هر گونه آمده‌اند.

بحث

اولاً از زیست‌شناسی (نیازهای اکولوژیک و معماری رشدی) تک‌تک گونه‌های درختی و درختچه‌ای اطلاعات درختان در دست داشت و ثانیاً از طبیعی بودن شرایط رشد درختان جنگل مطمئن بود (Hughes & Fahey, 1988; Mou *et al.*, 2005; Thebaud & Debussche, 1991). شرایط مورد اخیر در اغلب جنگل‌های غرب (زاگرس) مهیا نیست. اغلب این جنگل‌ها به‌شدت در معرض انتخاب‌گزینی درختان و درختچه‌ها توسط انسان‌ها بوده‌اند و در بدترین شرایط، زادآوری طبیعی کاملاً به‌واسطه چرای مفرط و فرسایش شدید خاک متوقف شده است (Jaziraehi & Ebrahimi Rostaghi, 2003).

ذخیره‌گاه جنگلی (ارس) چهارطاق از معدود مناطق زاگرس است که نه‌تنها مدت‌هاست که دخالت بشر در ترکیب

نحوه پراکنش پایه‌های درختی و درختچه‌ای یک جنگل و نحوه قرارگیری‌شان نسبت به درختان همان گونه و پایه‌های سایر گونه‌ها اطلاعات فراوانی در اختیار جنگلداران و اکولوژیست‌های جنگل قرار می‌دهد. مثلاً برای یک گونه، الگوی قرارگیری پایه‌های درختان در کنار یکدیگر می‌تواند از یک طرف به‌معنی تمرکز منطقه‌ای زادآوری باشد و از سوی دیگر ممکن است محدودیت رشدی برای آن گونه تلقی شود، بنابراین آشیان اکولوژیک حضور یک گونه گیاهی به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر راهبرد الگوی پراکنش افراد جمعیت‌های آن گونه قرار می‌گیرد. در هر صورت هنگامی به یقین می‌توان انعکاس رفتار رویشی درختان در الگوی پراکنششان را مورد ارزیابی قرار داد که

است که الگوی پراکنش درختان کل جنگل نیز کپه‌ای محاسبه شود (Askari et al, 2013). گزارشی از الگوی پراکنش زالزالک در زاگرس در اختیار نیست، اما پراکنش برودار در جنگل‌های خالص بلوط قبلاً کپه‌ای تشخیص داده شده است (Basiri et al, 2006؛ Heidari et al, 2008؛ Mouro et al., 2007؛ Kunstler et al., 2004؛ Erfanifard et al., 2009). حال این تحقیق نشان می‌دهد که برودار حتی در یک سیستم جنگلی پیچیده و شرایط زیست مناسب نیز از همین الگو پیروی می‌کند. شاخص پیشنهادی رشد آزاد نشان داد که دو گونه برودار و زالزالک در دامنه فاصله بین درختان در یک جنگل پارک‌مانند، تغییری در شکل تاجشان نشان نمی‌دهند (شکل ۲). یعنی متوسط فاصله پایه‌ها در یک جنگل قرق‌شده در زاگرس برای جنگلی‌کردن فرم درختان و درختچه‌های این دو گونه کافی نیست. در حقیقت با توجه به اینکه از اوایل دهه ۶۰ این جنگل دستخوش تغییر انسان نشده است، پس می‌توان گفت شکل واقعی این گونه‌ها همین شکل فعلی می‌باشد و در واقع با فرم درختان جنگلی شمال کشور کاملاً متفاوت است. حتی می‌توان گفت فرم جنگلی شبیه جنگل‌های شمال برای جنگل‌های زاگرس نامناسب می‌باشد. این دو گونه از سطح مقاومت زیادی نیز برخوردارند و معمولاً پس از تخریب جنگل، پایه‌های لطمه‌دیده این دو گونه باقی می‌مانند (Alijanpour et al., 2010). اکولوژیست‌های جنگل برای این دسته از درختان که الزاماً پیشگام نیستند، اما فضای رشد زیادی دارند، الگوی پراکنش کپه‌ای را پیش‌بینی نموده‌اند و آن‌ها را در زمره گونه‌های همراه کلیماکس قرار داده‌اند (Fujimori, 2001).

هرچند در نگاه اول، تصادفی بودن پراکنش درختچه‌های کیکم کاملاً مشهود نیست، اما با نگاه دوباره به شکل ۲ مشاهده می‌شود که قضاوت اولیه احتمالاً تحت تأثیر تعداد کم پایه‌های این گونه رخ داده است (شکل ۲). تصادفی بودن پراکنش پایه‌های کیکم نه تنها توسط دو شاخص مبتنی بر فاصله از مرکز پلات (C و جانسون و زیمر) تأیید می‌شود، بلکه بیشترین تفاوت فرم تاج درخت با توجه به تغییر فاصله

درختانش متوقف شده است، بلکه تنوع زیادی از انواع فانروفیت‌های زاگرس مرکزی را می‌توان در آن یافت. مشاهدات عینی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که درختان ارس در اندازه‌های مختلف، به واسطه اندازه‌های تاج نسبتاً بزرگشان، چشم‌انداز اصلی جنگل را تشکیل می‌دهند. این درختان کمابیش با قریب هزار پایه، در تمام پهنه جنگل دیده می‌شوند (شکل ۲). با این وجود به همراه کیکم، یک عدم قطعیت در نتیجه‌گیری الگوی پراکنش این گونه دیده می‌شود، به این صورت که از بین پنج شاخص، دو شاخص الگوی پراکنش C و جانسون و زیمر که بر پایه فاصله مرکز نمونه تا نزدیک‌ترین فرد هستند، پراکنش این گونه را تصادفی پیشنهاد کردند و سه شاخص دیگر (هینز، ابرهات و پیلو) پراکنش پایه‌های این گونه را کپه‌ای دانستند (جدول ۱). واقعیت این است که تنها گونه سوزنی‌برگ جنگل چهارطاق، نه تنها مانند پراکنش پایه‌های سایر جنگل‌های گونه‌های دیگر ارس که از الگوی پراکنش تصادفی تا یکنواخت پیروی می‌کنند (Houle & Duchesne, 1999؛ Holthuijzen & Sharik, 1985)، بلکه اندازه‌های تاجشان نیز تحت تأثیر نزدیکی یا دوری از یکدیگر قرار گرفته است (جدول ۲ و شکل ۳). نتایج Fujimori (۲۰۰۱) نشان دادند که حتی با وجود کنترل اپینستیک (Epinastic control) زیاد سوزنی‌برگان، درختان ارس به مقادیر کمی از تصادفی شدن واکنش نشان می‌دهند، بنابراین به نظر می‌رسد شاخص «رشد آزاد» برای توضیح پراکنش پایه‌های درختان بالواقع تصادفی در جنگل‌های پارک‌مانند می‌تواند گمراه‌کننده باشد. به جز گونه ارس، سنجش صحت قدرت پیش‌بینی شاخص‌های الگوی پراکنش، به وسیله ارزیابی بصری و شاخص رشد آزاد ساده است. با مستثنی کردن شاخص جانسون و زیمر، پراکنش زالزالک که به صورت درختچه‌های کوچک و بوفور سطح جنگل را پوشانده‌اند و برودار که به صورت درختان بزرگ و در تعداد متوسط در رگه‌هایی از جنگل دیده می‌شوند، توسط شاخص‌های دیگر از الگوی کپه‌ای پیروی می‌کردند (جدول ۱). برتری تعداد پایه‌های این دو گونه (بیش از نیمی از پایه‌ها) سبب شده

شاخص‌های الگوی پراکنش استفاده شده در این تحقیق، نتایج به دست آمده از شاخص C با صحت بیشتری توانست پراکنش پایه‌های هر پنج گونه اصلی زاگرس را پیش‌بینی کند، زیرا نه تنها تمایز بیشتری را بین گونه‌های مختلف نشان داد، بلکه نتایج به دست آمده از این شاخص سازگاری بیشتری با نتایج شاخص رشد آزاد داشت (جدول‌های ۲ و ۳). در تحقیقات مختلف نیز این نکته به اثبات رسیده است که شاخص C، ضمن توانایی سنجش کپه‌ای بودن درختان جنگل‌های معتدله، در کشف الگوهای یکنواختی پراکنش نیز قوی عمل می‌کند (Ludwig & Reynolds, 1988; Erfanifard *et al.*, 2009). بنابراین از بین پنج شاخص استفاده شده در این تحقیق، شاخص C گزینه مناسبی برای بررسی الگوی پراکنش مهمترین درختان در جنگل‌های زاگرس مرکزی پیشنهاد می‌شود. همان‌طور که انتظار می‌رفت شاخص رشد آزاد همبستگی ناچیزی با الگوی پراکنش اکثر درختان موردنظر در این تحقیق داشت، ضمن اینکه با استثنای درختان ارس که کنترل اپی‌نستیک زیادی دارند، تنها دو گونه زبان‌گنجشک و کیکم با تغییر الگوی پراکنش پایه‌هایشان، تغییر فرم رشد آزاد و یا فرم جنگلی می‌گیرند.

سیاسگزاری

نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را نسبت به آقایان اردلان دریایی و علی‌اکبر مختاری که در جمع‌آوری اطلاعات این تحقیق یاری‌رسان بودند، ابراز می‌دارند.

References

- Alijanpour, A., Banj Shafiei, A. and Eshaghi Rad, J. 2010. Investigation of natural regeneration characteristics in west oak forests within different levels of site factors (Case study: Piranshahr region). *Iranian Journal of Forest*, 2(3): 209-219 (In Persian).
- Askari, Y., Zobeiri, M. and Sohrabi, H. 2013. Comparison of five distance sampling methods for estimation of quantitative characteristics at Zagros Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 316 - 328 (In Persian).
- Basiri, R., Sohrabi, H. and Mozayen, M. 2006. A statistical analysis of the spatial pattern of tree

تا درختان، در پایه‌های این گونه دیده شد. مشاهدات نگارندگان از جنگل‌های زاگرس نشان می‌دهد که جنگل چهارطاق یکی از بیشترین تراکم‌های کیکم را داراست، با این حال مطالعه در جنگل‌های با تراکم بیشتری از کیکم می‌تواند در تعیین نهایی الگوی پراکنش این گونه در زاگرس مفید باشد. پراکنش تصادفی این گونه را نه تنها می‌توان مدیون محدودیت فضای رشد این گونه دانست، بلکه بالدار بودن بذر این گونه نیز می‌تواند سبب پراکنش تصادفی زادآوری آن باشند. محققان پیشین نیز پیشنهاد کرده‌اند که بذرهای سامار علت اصلی پراکنش تصادفی پایه‌های گونه‌های افرا در آمریکای شمالی و مدیترانه هستند (Debussche & Lepart, 1992; Tremblay *et al.*, 2002). بالدار بودن بذر را می‌توان مسئول پراکنش تصادفی پایه‌های زبان‌گنجشک نیز در جنگل دانست (Johnson, 1988). به جز شاخص ابرهات که برای تمام گونه‌ها الگوی پراکنش کپه‌ای را محاسبه کرد، پراکنش پایه‌های زبان‌گنجشک براساس چهار شاخص دیگر تصادفی بود. شاخص رشد آزاد نیز گویای واکنش شکل تاج این گونه به تغییر تراکم درون‌گونه‌ای است (شکل ۲). برخی از گزارشات قبلی نیز درباره گونه‌های جنس زبان‌گنجشک نشان‌دهنده تمایل به تصادفی شدن پایه‌های این گونه‌هاست (Williamson, 1975; Christensen, 1977). عامل‌هایی چون محدودیت فضای رشد، حریص بودن به استقرار در رویشگاه‌های مستعد، خصوصاً غنای خاک (Thebaud & Debussche, 1991) را نیز می‌توان از عامل‌های تصادفی بودن الگوی پراکنش پایه‌های زبان‌گنجشک در این تحقیق در نظر گرفت.

مطالعه هم‌زمان پراکنش پایه‌های درختان و درختچه‌های یک جنگل به تفکیک گونه در زاگرس کمتر انجام شده است. این تحقیق نشان داد که در انتخاب روش بررسی توزیع درختان در یک جنگل باید محتاط بود و نتایج به دست آمده را در یک قالب منطقی مورد بررسی قرار داد. در مرحله بعدی، این تحقیق اثر متقابل قرارگیری پایه‌های گونه‌های مختلف را در کنار یکدیگر مطالعه خواهد کرد. از میان

- Province). Iranian Journal of Natural Resource, 61(1): 85-97 (In Persian).
- Holthuijzen, A.M.A. and Sharik, T.L. 1985. Colonization of abandoned pastures by eastern red cedar (*Juniperus virginiana* L.). Canadian Journal of Forest Research, 15(6): 1065-1068.
 - Houle, G. and Duchesne, M. 1999. The spatial pattern of a *Juniperus communis* var. *depressa* population on a continental dune in subarctic Québec, Canada. Canadian Journal of Forest Research, 29(4): 446-450.
 - Hughes, J.W. and Fahey, T.J. 1988. Seed dispersal and colonization in a disturbed northern hardwood forest. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 115(2): 89-99.
 - Jahanbazi Gojani, H., Ali Ahmad Korori, S., Talebi, M. and Khoshnevis, M. 1999. Study of Ecophysiology of *Juniperus polycarpus* in Chaharmahal and Bakhtyari. Research plan, Published by Research Institute of Forests and Rangelands. 87p (In Persian).
 - Jaziraehi, M.H. and Ebrahimi Rostaghi, M. 2003. Silviculture in Zagros. Tehran University Press, 560p (In Persian).
 - Johnson, W.C. 1988. Estimating dispersibility of *Acer*, *Fraxinus* and *Tilia* in fragmented landscapes from patterns of seedling establishment. Landscape Ecology, 1(3): 175-187.
 - Johnson, R.B. and Zimmer, W.J. 1985. A more powerful test for dispersion using distance measurements. Ecology, 66(5): 1669-1675.
 - Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. Second Edition, Addison-Welsey Educational Publisher, Inc. Benjamin/Cummings imprint, 581p.
 - Kunstler, G., Curt, T. and Lepart, J. 2004. Spatial pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus pubescens* Mill.) seedling in natural pine (*Pinus sylvestris* L.) woodland. European Journal of Forest Research, 123: 331-337.
 - Lei, X.D., Tang, M.P., Lu, Y.C., Hong, L.X. and Tian, D.L. 2009. Forest inventory in China: status and challenges. International Forestry Review, 11(1): 52-63.
 - Ludwig, J.A. and Reynolds, J.F. 1988. Statistical Ecology: A Primer in Methods and Computing. John Wiley & Sons, 362p.
 - Moer, M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data. Forest Science, 39(4): 756-775.
 - species in Ghamisheleh, Marivan region, Iran. Journal of Iranian Natural Resources, 59(2): 579-588 (In Persian).
 - Besag, J. and Gleaves, J.T. 1973. On the detection of spatial pattern in plant communities. Bulletin of the International Statistical Institute, 45(1): 153-158.
 - Blozan, W. 2006. Tree measuring guidelines of the eastern native tree society. Bulletin of the Eastern Native Tree Society, 1(1): 3-10.
 - Chefaoui, R.M. and Lobo, J.M. 2008. Assessing the effects of pseudo-absences on predictive distribution model performance. Ecological Modeling, 210(4): 478-486.
 - Christensen, N.L. 1977. Changes in structure, pattern and diversity associated with climax forest maturation in piedmont, North Carolina. American Midland Naturalist, 97(1): 176-188.
 - Debussche, M. and Lepart, J. 1992. Establishment of woody plants in Mediterranean old fields: opportunity in space and time. Landscape Ecology, 6(3): 133-145.
 - Erfanifard, Y., Fegghi, 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 and Assessment, 150(1-4): 251-259.
 - Fangliang, H., Legendre, P. and LaFrankie, J.V. 1997. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. Journal of Vegetation Science, 8(1): 105-114.
 - Fujimori, T. 2001. Ecological & Silvicultural Strategies for Sustainable Forest Management. Elsevier, 414p.
 - Habashi, H., Hoseini, S.M. Mohammadi, J. and Rahmani, R. 2007. Stand structure and spatial pattern of trees in mixed Hyrcanian Beech forests of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(1): 55-64 (In Persian).
 - Harper, D.A.T. and Ryan, P.D. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontol. Electronica, 4(1): 1-9.
 - Heidari, R.H. 2008. Distance Sampling Methods in Forest Inventory. Published by Razi University, 121p (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

- Iran). *European Journal of Experimental Biology*, 3(3): 121-125 (In Persian).
- Thebaud, C. and Debussche, M. 1991. Rapid invasion of *Fraxinus ornus* L. along the Herault River system in southern France: The importance of seed dispersal by water. *Journal of Biogeography*, 18(1): 7-12.
 - Tremblay, M.F., Bergeron, Y., Lalonde, D. and Mauffette, Y. 2002. The potential effects of sexual reproduction and seedling recruitment on the maintenance of red maple (*Acer rubrum* L.) populations at the northern limit of the species range. *Journal of Biogeography*, 29(3): 365-373.
 - Williamson, G.B. 1975. Pattern and seral composition in an old-growth beech-maple forest. *Ecology*, 56(3): 727-731.
 - Mou, P., Jones, R.H., Guo, D. and Lister, A., 2005. Regeneration Strategies, Disturbance and Plant Interactions as Organizers of Vegetation Spatial Patterns in a Pine Forest. *Landscape Ecology*, 20(8): 971-987.
 - 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.
 - Pielou, E.C. 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience, New York, 286p.
 - Schulze, E.D., Beck, E. and Müller-Hohenstein, K. 2005. *Plant Ecology*. Springer, 716p.
 - Shabanian, N., Esfahani, S.S. and Haidari, M. 2013. Tree spatial patterns in the Zagros Forests (Case study: Kurdistan Forests; western part of

Evaluation of Spatial distribution pattern of tree and shrub species in a central Zagros (Case study: Chahartagh forest reserve)

Y. Askari^{*1}, A. Soltani² and H. Sohrabi³

1*- Corresponding author, Ph.D. Student, Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Earth Science, University of Shahrekord, Shahrekord, I.R. Iran. E-mail: askari.yousef@yahoo.com

2- Assistant Prof., Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Earth Science, University of Shahrekord, Shahrekord, I.R. Iran.

3- Assistant Prof., Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor, I.R. Iran.

Received: 06.10.2013

Accepted: 11.26.2013

Abstract

To provide the initial database of this study, a 53-ha forest reserve in central Zagros was 100% surveyed by recording the location, height and crown coverage of the entire trees and shrubs including Brant's oak (*Quercus brantii*), Syrian ash (*Fraxinus rotundifolia*), Persian juniper (*Juniperus polycarpos*), hawthorn (*Crataegus* Spp.) and Montpellier maple (*Acer monspessulanum*). The data was used to calculate species-specific values of five distribution pattern indices including C, Johnson-Zimmer, Pielou, Eberhart and Hiens indices. In addition, visual estimation and a so called Free Growth Index (crown area to height ratio) were applied for accuracy assessment of the calculated pattern indices. Results revealed a random pattern distribution for ash, as well as a clumpy distribution of oak and hawthorn trees. Distribution patterns of the remainder of species could not be fully described by majority of indices, which is attributed to the existing low density of maple and high epinastic control for juniper communities. The C index exceeded the other indices in describing the overall tree distribution patterns, and is therefore suggested to be used for highly diverse Zagros tree species.

Key words: Distribution pattern, Persian juniper, Brant's oak, Zagros forest, T square, nearest neighborhood.