دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

# تحلیل الگوی نقطه ای پراکنش گونه‌های چوبی در جنگل چهلتن دهبکری، استان کرمان

میعاد پاکزاد[۱]، تیمور رستمی شاهراجی[۲] و رضا ابراهیمی آتانی[۳]

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشگاه گیلان، (نویسنده مسوول: miadpak@yahoo.com)
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان
۳- دانشیار دانشکده فنی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۰۹
صفحه: ۱۵۲ تا ۱۶۲

## چکیده

**الگوی پراکنش مکانی یکی از خصوصیات مهم جوامع جنگلی است. درک فرآیندهای نهفته در الگوی مکانی جوامع درختی یک هدف مهم در بوم‌شناسی جنگل است. الگوی پراکنش مکانی گونه‌های مختلف جنگل بر فرآیندهای اکولوژیک اکوسیستم‌های جنگلی تأثیر می‌گذارد و در شناخت پویایی بوم‌سازگان جنگل اهمیت دارد. این پژوهش باهدف تعیین الگوی پراکنش مکانی گونه‌های درختی و درختچه‌ای بنه، کیکم، بادام‌کوهی، دافنه، زرشک، شیرخشت و کیش در رویشگاه جنگلی چهل‌تن دهبکری شهرستان بم در استان کرمان انجام شد. برای این منظور موقعیت مکانی و نوع گونه تمامی درختان و درختچه‌ها در یک قطعه ۱۵ هکتاری ثبت شد. سپس الگوی پراکنش مکانی هر یک از گونه‌ها به تفکیک و نیز کل درختان و درختچه‌ها با سه روش نزدیک‌ترین همسایه، تابع k رایپلی و تابع O-ring تعیین شد. نتایج نشان داد الگوی پراکنش مکانی گونه‌های چوبی در این ناحیه کپه‌ای است، اگرچه شدت کپه‌ای بودن پراکنش گونه‌ها متفاوت بود. بر اساس نتایج نزدیک‌ترین همسایه، از بین گونه‌های مورد بررسی، الگوی پراکنش گونه زرشک تصادفی و الگوی پراکنش سایر گونه‌ها کپه‌ای بود. نتایج این پژوهش بیانگر توانمندی شاخص‌های بررسی‌شده در تعیین الگوی مکانی گونه‌های چوبی در منطقه مورد مطالعه است و می‌تواند اطلاعات مفیدی به‌منظور تشریح پایداری این اکوسیستم با ارزش و پایش اقدامات حفاظتی و احیایی ارائه دهد. با توجه به هدف و امکانات قابل‌دسترس، از هرکدام از شاخص‌ها می‌توان در مطالعات آینده استفاده کرد.**

**واژه‌های کلیدی: الگوی پراکنش مکانی، تابع O-ring، تابع k رایپلی، دهبکری، نزدیک‌ترین همسایه**

## مقدمه

یکی از آشکارترین جنبه‌های ساختاری یک توده جنگلی، الگوی پراکنش مکانی یا نحوه توزیع درختان در آن است (۲۰). الگوی پراکنش بر نحوه اختصاص مکان یا توزیع افراد دلالت دارد که گویای نحوه قرارگیری افراد در فضای افقی است (۳۰). گیاهان در هر منطقه جغرافیایی یا در هر رویشگاه به‌صورت تصادفی یا غیر تصادفی پراکنده‌شده‌اند که پراکنش غیر تصادفی به دو شکل یکنواخت (منظم) و تجمعی (کپه‌ای، خوشه‌ای) تقسیم می‌شوند (۱۳). الگوهای تصادفی به همگنی محیطی و یا به الگوهای رفتاری گزینش نشده اشاره می‌کند. از طرف دیگر، الگوهای غیر تصادفی (کپه‌ای و منظم) بیانگر وجود برخی محدودیت‌ها در جمعیت است (۷). الگوی کپه‌ای بیان می‌کند که افراد در قسمت‌های مساعدتر رویشگاه جمع می‌شوند، درحالی‌که الگوی منظم از کنش‌های متقابل منفی مانند رقابت برای غذا یا فضا بین افراد به‌دست می‌آید (۷). بررسی الگوی پراکنش از نخستین مشاهده‌هایی است که در بررسی هر جامعه‌ای صورت می‌گیرد و نقش مهمی در تعیین روش‌های مناسب برای اندازه‌گیری خصوصیات کمی مانند پراکنش و تراکم دارد. همچنین در ارزیابی یکنواختی و نبود یکنواختی محیطی، نوع تکثیر و تولیدمثل و الگوهای رفتاری گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کند (۱۶). الگوی پراکنش مکانی یک‌گونه توسط فرآیندهای متعددی تعیین می‌شود و فرآیندهای کلیدی تعیین‌کننده برحسب گونه متفاوت‌اند (۱۴). لو و همکاران (۲۳) اشاره می‌نماید که نحوه زادآوری، موقعیت مکانی یک‌گونه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. داله (۶) بیان می‌دارد عوامل مورفولوژیکی، عوامل جامعه‌شناسی گیاهی (اثر متقابل بین‌گونه‌ای) و عوامل محیطی ازجمله عوامل مؤثر در ایجاد الگوی یک گونه می‌باشند. وجود اجتماعات گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ناشی از فرآیندهای مختلفی چون اثر تسهیل‌کنندگی یک گیاه بر استقرار گیاه دیگر، نوع پراکنش بذر و یا ناهمگنی‌های محیطی است. ممکن است تشکیل اجتماعات به‌وجود آمده از گیاهان یک‌گونه به کنش‌های متقابل درون‌گونه‌ای مربوط باشد که باعث ایفای نقش پرستار در گیاهان بزرگ‌تر برای گیاهان کوچک‌تر از همان‌گونه می‌شود. در زیر تاج گیاه پرستار شرایط برای استقرار و رشد گیاهان کوچک‌تر فراهم است و بدین ترتیب اجتماعاتی از گیاهان شکل می‌گیرند (۳۲). روش‌ها و شاخص‌های متعددی برای تفسیر توزیع‌های مکانی ارائه‌شده است که این روش‌ها بر اساس نوع داده موردنیاز به سه گروه عمده روش کوادرات، روش نزدیک‌ترین فاصله و روش داده‌های نقشه‌برداری شده طبقه‌بندی می‌گردند (۲). در بین روش‌های برداشت داده، روش نقشه‌کش تمامی افراد مورد مطالعه کامل‌تر است و تحلیل داده‌ها با استفاده از شاخص‌هایی مانند تابع k رایپلی است (۳۰). برای مطالعه نحوه پراکنش گیاهان در یک عرصه و همچنین بررسی کنش‌های متقابل درون‌گونه‌ای آن‌ها تنها استفاده از یک آماره اختصاری کافی نیست و باید مجموعه‌ای مناسب از آن‌ها را بکار برد (۱۵). در این مطالعه از روش داده‌های نقشه‌برداری شده، استفاده‌شده است. به‌این صورت که مختصات هر نقطه (درخت و درختچه) ثبت شد. این اطلاعات برای تعیین الگوی

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]

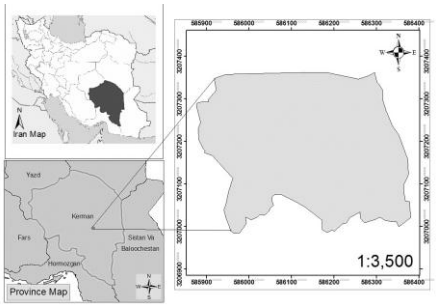
مکانی با استفاده از روش‌های نزدیک‌ترین همسایه، تابع k رایپلی و تابع O-ring مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات متعددی در کشور ایران در رابطه با تحلیل الگوی مکانی گونه‌های گیاهی با استفاده از روش‌های بالا صورت گرفته است که به تعدادی از آن‌ها که در راستای این پژوهش است، می‌توان اشاره داشت. اخوان و همکاران (۲) الگوی مکانی درختان را طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش با استفاده از تابع k رایپلی بررسی نمودند نتایج این پژوهش نشان داد در مراحل تحولی توده‌ها از مراحل اولیه به‌سمت پوسیدگی در مقطعی، الگوی پراکنش از به‌شدت کپه‌ای به‌سمت تصادفی میل می‌کند. اخوان و همکاران (۱) الگوی پراکنش ارس در مراحل رویشی مختلف با استفاده از آماره اورینگ در جنگل‌های لاین استان خراسان رضوی بررسی نمودند که نتایج نشان‌داد الگوی پراکنش پایه‌های ارس در بیشتر موارد تا فاصله ۲۵ متری کپه‌ای است و پس‌ازآن با بزرگ شدن مقیاس بررسی، به سمت تصادفی میل می‌کند. فلاح چای و خوش‌منظر (۹) الگوی پراکنش گونه افرا پلت را در سری دو ناو اسالم بررسی کردند، نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌های مختلف پراکنش، الگوی مکانی برای این‌گونه را در دو توده بالا و پایین ۸۰۰ متر از سطح دریا به شکل یکنواخت، حداکثر یکنواختی تا تصادفی نشان‌داد. علی‌جانی و فقهی (۳) با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه به بررسی ساختار مکانی گونه ملج در جنگل خیرود نوشهر پرداختند و به این نتیجه رسیدند که گونه ملج دارای الگوی مکانی تصادفی متمایل به کپه‌ای است. نوری و همکاران (۲۵) با استفاده از تابع k رایپلی و مقایسه آن با شاخص نزدیک‌ترین همسایه نشان دادند که الگوی مکانی گونه‌های راش، ممرز، پلت و توسکا در جنگل خیرود از نوع کپه‌ای است. در تحقیق دیگری، الگوی پراکنش مکانی گونه برودار در زاگرس با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه بررسی و یکنواخت تعیین شد (۷). الگوی مکانی سه گونه بلوط (ایرانی، وی‌ول و دارمازو) در جنگل‌های چناره مریوان توسط پوربابایی و همکاران (۲۷) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد هر سه گونه الگوی تصادفی دارند. در پژوهشی دیگر الگوی پراکنش درختی برودار یا بلوط ایرانی، مازودار، وی‌ول و زالزالک در جنگل‌های قامیشه مریوان توسط بصیری و همکاران (۴) بررسی‌شده است. در این تحلیل الگوی پراکنش مکانی کپه‌ای برای گونه‌های مورد بررسی گزارش شد. کریمی و فلاح (۱۷) با استفاده از تابع K2 گونه‌های بلوط ایرانی و بنه در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه را بررسی کردند، نتایج نشان داد که این گونه‌ها دارای الگوی مختلط هستند به این‌صورت که گونه بلوط ایرانی با افزایش فاصله از درختان الگوی مکانی از کپه‌ای به تصادفی و گونه بنه از تصادفی به یکنواخت تغییر می‌کند. مطالعات صورت گرفته در خارج از کشور بسیار زیاد بوده و می‌توان به تعدادی از آن‌ها اشاره داشت. الگوهای پراکنش درختان نوئل و نراد در شمال شرق ایالات متحده آمریکا با استفاده از روش‌های نزدیک‌ترین همسایه، تابع k رایپلی و تابع همبستگی جفتی بررسی‌شده‌اند (۲۲). ونگ و همکاران (۳۱) با استفاده از تابع همبستگی زوجی الگوی مکانی و اجتماع‌پذیری ۱۵ گونه درختی را در جنگل‌های پیش رسته معتدله در شمال شرقی چین، مورد مطالعه قراردادند و به این نتیجه رسیدند که تمامی گونه‌های مورد مطالعه دارای الگوی کپه‌ای می‌باشند. پژوهش‌های انجام شده در مورد تعیین الگوی پراکنش مکانی گونه‌های چوبی در استان کرمان بسیار محدود است. آگاهی از الگوی پراکنش مکانی و اثرات متقابل گونه‌های جنگلی می‌تواند یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های دستیابی به توان رویشگاه، نحوه بازسازی و احیاء و همچنین انتخاب روش‌های مناسب آماربرداری و مدیریتی باشد. تحلیل الگوی پراکنش مکانی عناصر جنگل موجب می‌شود که شناخت عمیق‌تری از ساختار و رشد افراد به‌دست‌آمده و مشکلات نحوه تخصیص مکان به جنگل‌کاری و بهره‌برداری از جنگل حل شود (۱۲). بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی الگوی پراکنش مکانی گونه‌های چوبی در جنگل طبیعی و کمتر دست‌خورده منطقه چهل‌تن دهبکری در استان کرمان است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه جنگلی چهل‌تن دهبکری در ۱۸۰ کیلومتری جنوب شرقی مرکز استان کرمان و در ۶۰ کیلومتری غرب شهرستان بم در مسیر جیرفت در رشته‌کوه جبال بارز و در مجاورت روستای دهبکری قرارگرفته است. این منطقه حدفاصل ۱۶/۹۳ ´ ۵۹ °۲۸ تا ۲۹/۳۵ ´ ۵۹ °۲۸ عرض شمالی و ۵۳/۶۶ ´ ۵۲ °۵۷ تا ۱۲/۲۸ ´ ۵۳ °۵۷ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). بررسی‌های انجام گرفته و مطابق آمار بلندمدت نزدیک‌ترین ایستگاه کلیماتولوژی، میزان بارش ۱۷۶/۲ میلی‌متر در سال است. منطقه مورد مطالعه بر اساس روش دومارتن جزو اقلیم خشک محسوب می‌شود. این منطقه از نظر تنوع یک رویشگاه منحصربه‌فرد در استان کرمان است، به‌طوری‌که درختان سوزنی و پهن‌برگ و درختچه‌های متعدد (مانند ارس، بنه، کیکم، دافنه، بادام، زرشک، تمشک، کیش، شیرخشت) مجموعه‌ای از پوشش گیاهی را فراهم کرده است.

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]




شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه از جنگل چهل‌تن دهبکری در استان کرمان
Figure 1. Geographical location of the study area of Chel-tan Dehbakri forest in Kerman province

## روش پژوهش

در این منطقه مساحتی به وسعت ۱۵ هکتار تعیین شد و مختصات مکان همهٔ گونه‌های چوبی موجود در این منطقه آماربرداری صد درصد شدند. برای تعیین محل پایه‌ها مختصات جغرافیایی (X,Y) پایه‌های درختی با قطر برابرسینه بزرگ‌تر از پنج سانتی‌متر و همچنین نقطه وسط تاج درختچه‌ها و درختان چند شاخه یا جست‌گروه به‌عنوان مکان درخت ثبت شد. مختصات جغرافیایی در سیستم مختصات UTM به‌وسیلهٔ دستگاه موقعیت‌یاب جهانی GPS تعیین شد. کلیه اطلاعات در محیط نرم‌افزار ArcGIS وارد شد و درنهایت اطلاعات ثبت‌شده به یک‌لایه‌ی نقطه‌ای تبدیل شد. در مورد جست گروه‌ها مرکز جست گروه (و نه هر یک از جست‌ها) به‌عنوان مکان و کل جست گروه یک فرد در نظر گرفته شد. همچنین درختان شاخه‌زاد که مانند درخت دانه‌زاد به‌صورت تک‌پایه بودند، به‌عنوان یک فرد در نظر گرفته شد. برای بررسی الگوی پراکنش در این تحقیق از سه روش نزدیک‌ترین همسایه، تابع k رایپلی و تابع O-ring استفاده گردید.

شاخص نزدیک‌ترین همسایه: این روش مبتنی بر اندازه‌گیری فاصله تک‌تک درختان تا نزدیک‌ترین همسایه‌شان بوده و در تعیین هم‌گرایی و واگرایی گونه‌های مختلف نیز کاربرد دارد. در این روش شاخص نزدیک‌ترین همسایه بر اساس میانگین فاصله هر درخت تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش محاسبه می‌شود. فرض صفر این است که درختان به‌صورت تصادفی پراکنده‌شده‌اند. شاخص نزدیک‌ترین همسایه به‌صورت نسبت میانگین فاصله مشاهده‌شده به فاصله مورد انتظار بیان می‌شود. فاصله مورد انتظار درواقع میانگین فواصل درختان در حالت پراکنش کاملاً تصادفی است. اگر شاخص محاسبه‌شده کمتر از یک باشد الگو کپه‌ای است، اگر بیشتر از یک باشد یکنواخت و اگر برابر یک باشد الگو تصادفی است. در این روش درنتیجه تجزیه‌وتحلیل کمیت Z به‌دست می‌آید که اگر مقدار آن بین ۱/۹۶+ و ۱/۹۶- باشد، اختلاف معنی‌داری بین توزیع مشاهده شده و توزیع تصادفی وجود ندارد. در غیر این‌صورت توزیع تجمعی یا یکنواخت خواهد بود (۲۱).

تابع k رایپلی: این تابع بر اساس تعداد نقاط موجود در یک شعاع مشخص (r) به بررسی الگوهای مکانی می‌پردازد. برخلاف روش نزدیک‌ترین همسایه که فقط فاصله از یک نقطه معین تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش را در نظر می‌گیرد، در روش رایپلی فاصله‌های بین تمام جفت نقاط موجود در سطح مورد بررسی در نظر گرفته می‌شود (۲۴). این تابع برای یک الگوی نقطه‌ای مشخص به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱).

$$k_{(r)} = \frac{\bar{n}_{(r)}}{\rho} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

به‌طوری‌که $\bar{n}(r)$: میانگین تعداد درختان همسایه‌ای است که به شعاع r از یک درخت قرارگرفته‌اند 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 که در آن تعداد همسایه‌ها بیش‌تر از حالت تصادفی است، $k_r > \pi r^2$. امروزه به‌جای تابع k رایپلی از شکل اصلاح‌شده آن یعنی تابع L که توسط بساگ (۵) ارائه شد استفاده می‌شود که حالت خطی تابع k بوده و نیز واریانس k را تثبیت می‌نماید. همچنین نمایش و تفسیر تابع L نسبت به k ساده‌تر است (رابطه ۲). رابطه این تابع به‌صورت زیر است:

$$L(d) = \sqrt{\frac{A\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1,j\neq 1}^{N} K(i,j)}{\pi N(N-1)}} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن، A: مساحت منطقه مورد مطالعه (مترمربع). N: تعداد نقاط (درختان)، d: فاصله (متر) و K (I, j): فاکتور وزن است که اگر فاصله بین دو درخت I و J کوچک‌تر یا مساوی d باشد برابر یک و اگر بیشتر باشد برابر صفر است. در روش k 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، به‌طوری‌که 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 کپه‌ای و اگر پایین‌تر از این محدوده واقع شود، نشان‌دهنده الگوی منظم است (۲۳).

تابع O-ring: این تابع با تابع k رایپلی و تابع روابط جفتی g ارتباط دارد که به‌جای اندازه‌گیری تعداد نقاط در دایره‌های با شعاع r نقاط داخل حلقه‌ای با عرض معین، شعاع r و مرکز تصادفی شمارش می‌شوند (رابطه ۳).

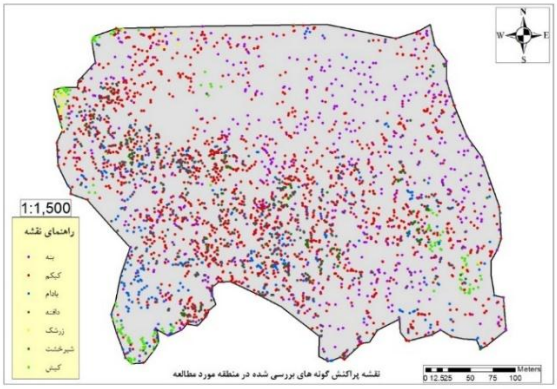
$$O(r) = \lambda g(r) \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]

در این رابطه $\lambda$: تراکم نقاط در الگوی مورد بررسی است. مقدار این تابع برای یک الگوی تصادفی برابر تراکم نقاط $\lambda$ است. بیشتر بودن این تابع از تراکم بیانگر الگوی مکانی کپه‌ای و کمتر بودن آن نشان‌دهنده الگوی مکانی یکنواخت است. تحلیل الگوی پراکنش مکانی برای هر یک از گونه‌های درختی و درختچه‌ای و همچنین کل گونه‌ها با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه و تابع k راپیلی در نرم‌افزار PAST و تابع O-ring در نرم‌افزار Programmita 2010 انجام شد.

پس از بررسی محدوده ۱۵ هکتاری منطقه پژوهش در مجموع ۹ گونه چوبی مشاهده شد، گونه ارس و تمشک به‌دلیل فراوانی کم از تحلیل‌ها کنار گذاشته شدند. در مجموع ۳۴۴۰ پایه شامل گونه‌های بنه، کیکم، بادام‌کوهی، دافنه، زرشک، کیش و شیرخشت برداشت و الگوی مکانی آن‌ها بررسی شد (شکل ۲). در بین گونه‌های درختی، بیشترین تراکم در هکتار مربوط به کیکم بود. در بین گونه‌های درختچه‌ای، دافنه بیشترین و زرشک کمترین فراوانی را داشتند (جدول ۱).

## نتایج و بحث




شکل ۲- نقشه موقعیت مکانی گونه‌های بررسی‌شده در منطقه مورد مطالعه
Figure 2. Location map of investigated species in the study area

جدول ۱- فراوانی و تعداد پایه در هکتار گونه‌های چوبی منطقه مورد مطالعه
Table 1. Frequency per hectare of woody species in in the study area

| | کل عناصر چوبی | کل درختان | کل درختچه‌ها | بنه *Pistacia mutica* | کیکم *Acer monspes sulanum* | بادام‌کوهی *Amygdal us scoparia* | دافنه *Daphne mucrona ta* | زرشک *Berberis integerri ma* | کیش *Nerium oleander* | شیرخشت *Cotoneaster Kotschyi* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| فراوانی مطلق | ۳۴۴۰ | ۲۰۹۷ | ۱۳۴۳ | ۷۲۳ | ۱۳۷۴ | ۲۸۰ | ۷۵۲ | ۴۷ | ۱۴۴ | ۱۲۰ |
| درصد فراوانی | ۱۰۰ | ۶۰/۹۶ | ۳۹/۰۴ | ۲۱/۰۲ | ۳۹/۹۴ | ۸/۱۴ | ۲۱/۸۶ | ۱/۳۷ | ۴/۱۹ | ۳/۴۹ |
| تعداد پایه در هکتار | ۲۲۹/۳۳ | ۱۳۹/۸ | ۸۹/۵۳ | ۴۸/۲ | ۹۱/۰۶ | ۱۸/۶۷ | ۵۰/۱۳ | ۳/۱۳ | ۹/۶ | ۸ |

شاخص نزدیک‌ترین همسایه: مقادیر r برای همه گونه‌های چوبی به دست آمد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این شاخص همه گونه‌های موردمطالعه الگوی پراکنش کپه‌ای دارند به‌جز گونه زرشک که دارای الگوی پراکنش تصادفی است (جدول ۲). عرفانی فرد و مهدیان (۸) در جنگل‌های بنه استان فارس بیان کردند که الگوی پراکنش درختان بنه بر اساس شاخص مذکور، کپه‌ای بوده که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. فرهادی و همکاران (۱۰) در منطقه پرک قلعه گل استان لرستان نشان دادند که بر اساس شاخص نزدیک‌ترین همسایه، الگوی پراکنش همه گونه‌های موجود در منطقه (بلوط، کیکم، زالزالک، گلابی، شن و بادام‌کوهی) از الگوی کپه‌ای برخوردار بوده که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در پژوهشی دیگر، پیله‌ور و همکاران (۲۶) با استفاده از شاخص نزدیک‌ترین همسایه نشان دادند که الگوی پراکنش گونه‌های زالزالک و کیکم به‌صورت کپه‌ای است که همسو با نتایج پژوهش حاضر است.

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]

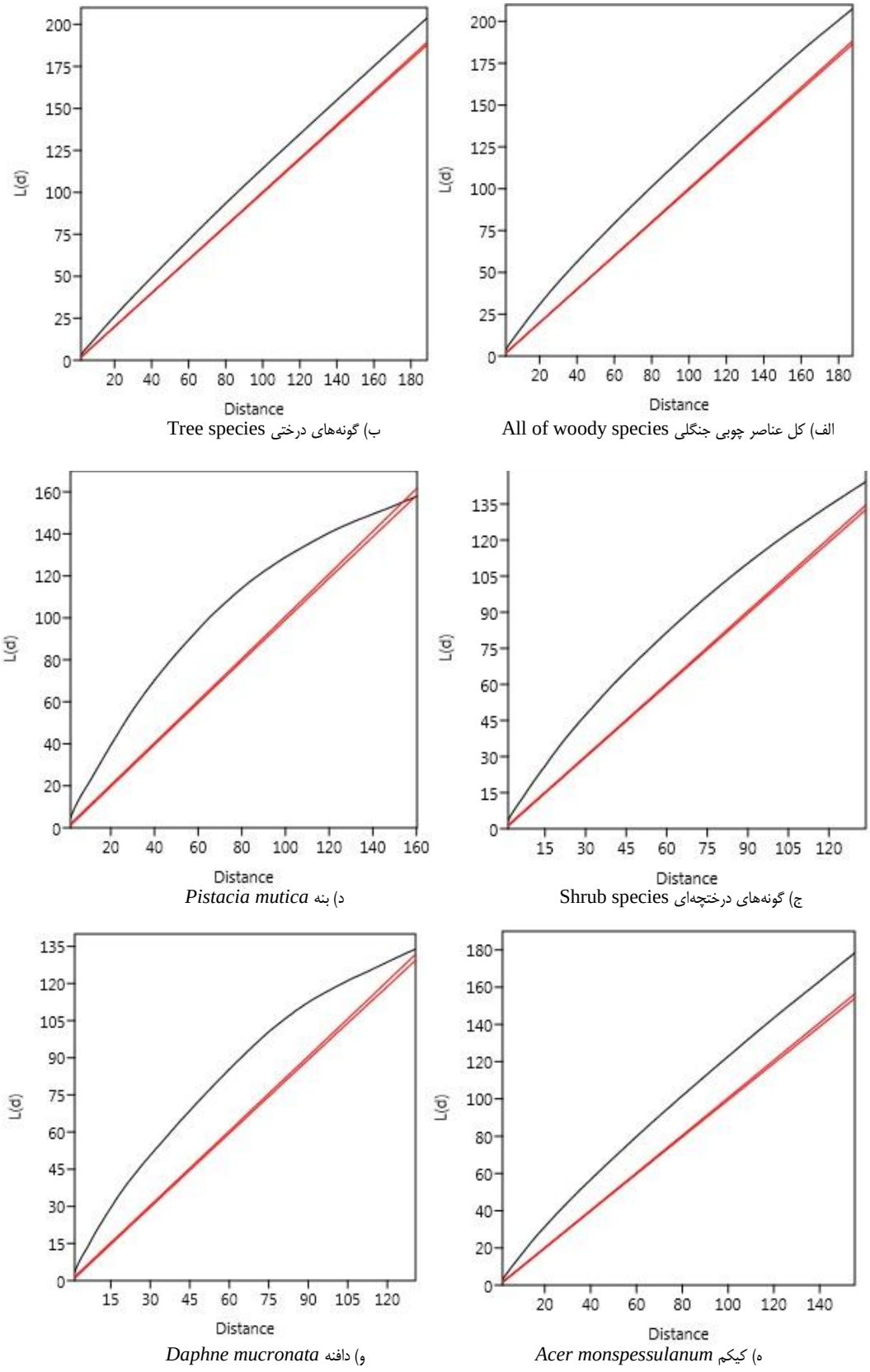
جدول ۲- نتایج حاصل از شاخص نزدیک‌ترین همسایه برای گونه‌های موردنظر در منطقه مورد مطالعه

Table 2. Results of the nearest neighbor index for the species in the study area

| گونه specie | میانگین فاصله مشاهده‌شده Average observed distance | میانگین فاصله مورد انتظار Average expected distance | مقدار r r amount | مقدار z z amount | نوع الگوی مکانی Spatial pattern |
|---|---|---|---|---|---|
| کل گونه‌های چوبی All of woody species | ۲/۵۶ | ۳/۴۶ | ۰/۷۳ | -۲۹/۲۱ | کپه‌ای Clumped |
| گونه‌های درختی Tree species | ۲/۷ | ۴ | ۰/۶۷ | -۲۸/۴۰ | کپه‌ای Clumped |
| گونه‌های درختچه‌ای Shrub species | ۲/۳۷ | ۴/۴۲ | ۰/۵۳ | -۳۲/۴۱ | کپه‌ای Clumped |
| کیکم *Acer monspessulanum* | ۲/۷۵ | ۳/۸ | ۰/۷۵ | -۱۹/۵۱ | کپه‌ای Clumped |
| بنه *Pistacia mutica* | ۲/۶۱ | ۵/۲۸ | ۰/۴۹ | -۲۵/۹۵ | کپه‌ای Clumped |
| بادام‌کوهی *Amygdalus scoparia* | ۲/۳۹ | ۳/۴۲ | ۰/۶۹ | -۹/۶۱ | کپه‌ای Clumped |
| دافنه *Daphne mucronata* | ۲/۳۵ | ۴/۸۱ | ۰/۴۸ | -۲۶/۸۲ | کپه‌ای Clumped |
| زرشک *Berberis integerrima* | ۱/۸۲ | ۱/۷۵ | ۱/۰۴ | ۰/۵۲ | تصادفی Random |
| کیش *Nerium oleander* | ۱/۹۳ | ۲/۳ | ۰/۸۴ | -۳/۶۴ | کپه‌ای Clumped |
| شیرخشت *Cotoneaster Kotschyi* | ۳/۳ | ۴/۱۴ | ۰/۷۹ | -۴/۲۶ | کپه‌ای Clumped |

تابع k رایپلی: در گونه‌های چوبی مورد مطالعه مقدار L(d) محاسبه شد. با توجه به حدود مونت‌کارلو نوع الگوی پراکنش مشخص شد (شکل ۳). گونه زرشک در فاصله کمتر از دو متر بر اساس حدود مونت‌کارلو، اختلافی بین الگوی تصادفی و الگوی پراکنش زرشک وجود ندارد، اما با افزایش فاصله الگو به کپه‌ای شدن میل می‌کند (شکل ۳-ز). در مورد گونه بنه ابتدا با افزایش فاصله، پراکنش کپه‌ای‌تر می‌شود، در فاصله ۷۰ متری به بیشترین مقدار خود می‌رسد، اما این روند کاملاً معکوس شده و با افزایش فاصله، الگو به‌سمت تصادفی شدن میل می‌کند و در فاصله بالاتر از ۱۵۰ متر بر اساس حدود مونت‌کارلو، اختلافی بین الگوی تصادفی و الگوی پراکنش بنه وجود ندارد (شکل ۳ د). تحلیل الگوی پراکنش گونه دافنه در فواصل زیاد به الگوی کپه‌ای نزدیک می‌شود (شکل ۳- و). عرفانی‌فرد و مهدیان (۸) به‌منظور تعیین الگوی پراکنش گونه بنه در جنگل‌های استان فارس از شاخص k رایپلی استفاده کردند و نشان دادند که الگوی گونه بنه، کپه‌ای است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. پوررضا و همکاران (۲۸) الگوی پراکنش گونه بنه در جنگل‌های کرمانشاه را بر اساس شاخص مذکور از نوع کپه‌ای بیان می‌کنند که همسو با نتایج پژوهش حاضر است. سهرابی (۳۰) از تابع k رایپلی به‌منظور بررسی الگوی پراکنش ۱۲ گونه درختی و درختچه‌ای (برودار، بنه، زالزالک، ارس، محلب، کیکم، زبان‌گنجشک، بادام، شن، شیرخشت، راناس و دافنه) در جنگل‌های چهارطاق اردل استفاده کردند و نشان دادند که الگوی همه گونه‌های درختی و درختچه‌ای از الگوی کپه‌ای برخوردار بوده که همسو با نتایج این پژوهش است. کریمی و فلاح (۱۷) با استفاده از تابع K2 به بررسی الگوی پراکنش گونه بنه در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه پرداختند و بیان کردند الگوی پراکنش این‌گونه از تصادفی به یکنواخت تغییر می‌کند که به‌دلیل متفاوت بودن نوع شاخص‌های مورد استفاده با نتایج پژوهش پیشرو همخوانی ندارد. همچنین از دیگر دلایل تفاوت نتایج، تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای و تراکم گونه بنه در دو منطقه است؛ به‌طوری‌که در پژوهش حاضر فراوانی گونه بنه ۷۲۳ اصله (۳۴/۴۷ درصد گونه‌های درختی) بود درحالی‌که در پژوهش کریمی و فلاح (۱۷) فراوانی گونه بنه برابر ۳۱۳ اصله (۹/۷ درصد گونه‌های درختی) بود.

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]




الف) کل عناصر چوبی جنگلی All of woody species

ب) گونه‌های درختی Tree species

ج) گونه‌های درختچه‌ای Shrub species

د) بنه *Pistacia mutica*

ه) کیکم *Acer monspessulanum*

و) دافنه *Daphne mucronata*

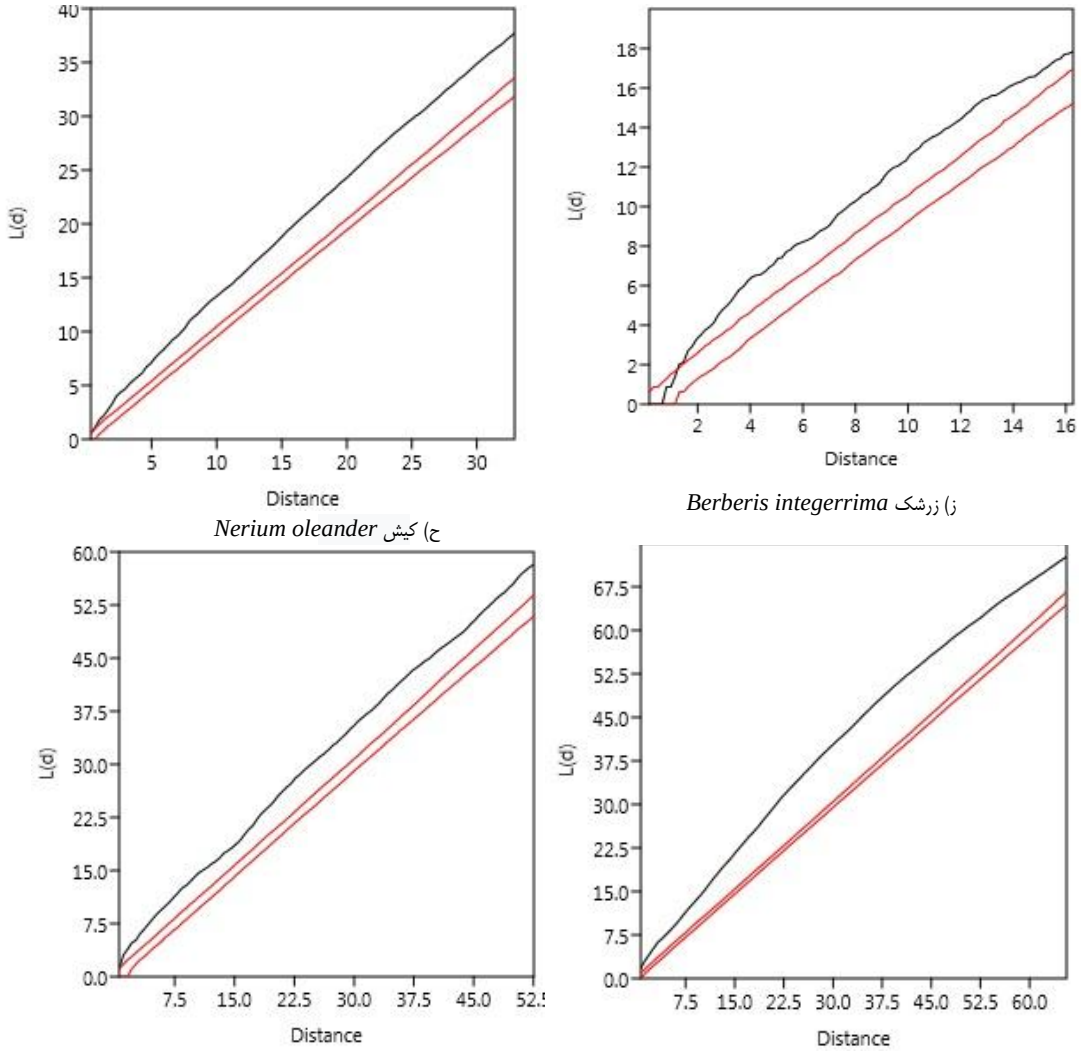
شکل ۳- مقدار تابع L(d) و حدود اطمینان مونت‌کارلو

Figure 3. Amount of function L(d) and Monte Carlo confidence limits

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]

[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]




ز) زرشک *Berberis integerrima*

ح) کیش *Nerium oleander*

ط) بادام‌کوهی *Amygdalus scoparia*

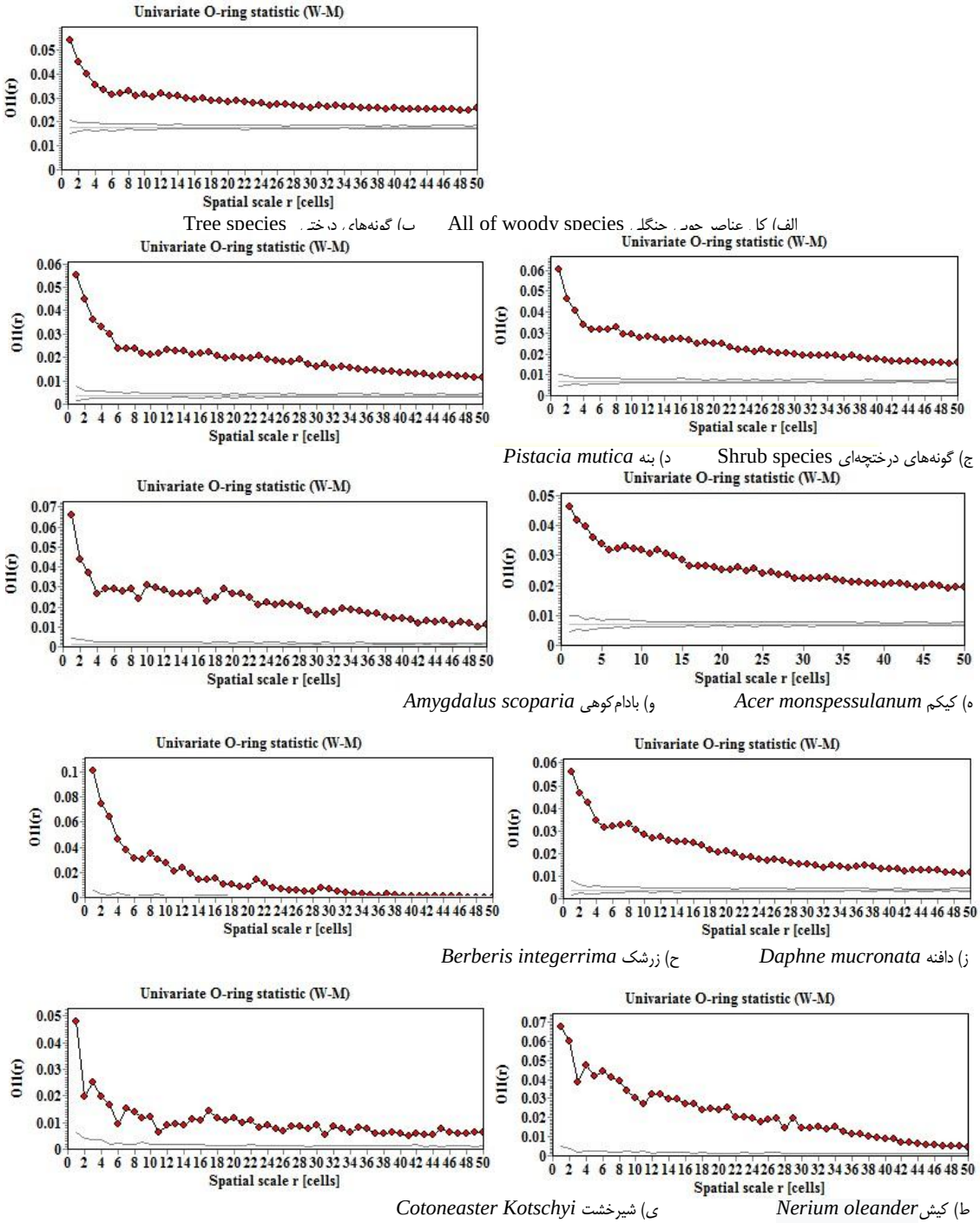
ی) شیرخشت *Cotoneaster Kotschyi*

ادامه شکل ۳- مقدار تابع L(d) و حدود اطمینان مونت‌کارلو

Continued Figure 3. Amount of function L(d) and Monte Carlo confidence limits

آمارهٔ تک متغیرهٔ O-ring: در گونه‌های چوبی مورد مطالعه مقدار تابع O-ring محاسبه شد و با توجه به حدود مونت‌کارلو با ۹۹ شبیه‌سازی نوع الگوی پراکنش مشخص شد (شکل ۴). نتایج نشان داد در گونه زرشک با افزایش فاصله الگوی پراکنش به‌سمت تصادفی شدن میل می‌کند (شکل ۴-ح). در مورد سایر گونه‌های موردبررسی با توجه به بالاتر قرار گرفتن آماره محاسبه‌شده O-ring از حدود مونت‌کارلو الگوی پراکنش آن‌ها به‌صورت کپه‌ای است. کریمی و همکاران (۱۸) بر اساس تابع O-ring، الگوی پراکنش درختان بنه در جنگل‌های باینگان کرمانشاه را الگوی تصادفی متمایل به یکنواخت معرفی می‌کنند که با نتایج پژوهش پیشرو همخوانی ندارد. از دلایل تفاوت نتایج علاوه بر تراکم متفاوت گونه بنه در دو پژوهش، می‌توان به دخالت‌های انجام‌شده در سطح دو منطقه و همچنین میزان تخریب مناطق مورد مطالعه اشاره کرد؛ به‌طوری‌که منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، جنگلی طبیعی بوده که فاقد طرح جنگلداری و دارای کمترین میزان تخریب است در حالی‌که درختان بنه در جنگل‌های زاگرس برای مصارف مختلفی توسط روستائیان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]




الف) کل عناصر چوبی جنگل All of woody species  ب) گونه‌های درختی Tree species

ج) گونه‌های درختچه‌ای Shrub species  د) بنه *Pistacia mutica*

ه) کیکم *Acer monspessulanum*  و) بادام‌کوهی *Amygdalus scoparia*

ز) دافنه *Daphne mucronata*  ح) زرشک *Berberis integerrima*

ط) کیش *Nerium oleander*  ی) شیرخشت *Cotoneaster Kotschyi*

شکل ۴- مقدار تابع O-ring و حدود اطمینان مونت‌کارلو

Figure 4. Amount of function O-ring and Monte Carlo confidence limits

در این پژوهش الگوی پراکنش مکانی درختان و درختچه‌های منطقه جنگلی چهل‌تن دهبکری با استفاده از سه روش مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج می‌توان بیان نمود که پراکنش کپه‌ای، الگوی غالب در این منطقه است. هی و همکاران (۱۴) بیان می‌کنند که در یک مقیاس معین، الگوی کپه‌ای بسیار عمومی‌تر از الگوهای یکنواخت و تصادفی است. این قاعده کلی در این پژوهش نیز صادق بود؛ زیرا هیچ الگویی منظم نبود و الگوی تصادفی نیز به‌ندرت و تنها در فاصله‌های معینی رخ می‌داد. کینت و همکاران (۱۹) بیان می‌دارند توزیع تصادفی در جنگل به‌ندرت اتفاق می‌افتد. در تحقیق حاضر نیز به‌جز گونه زرشک در سایر گونه‌ها توزیع تصادفی مشاهده نشد. توزیع بذر در برخی گیاهان ممکن است اجتماعات گیاهی را تشکیل دهند. به‌عنوان‌مثال، درختان بنه به‌علت سنگینی بذر و افتادن آن در پای درختان تشکیل

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]

کپه‌هایی را در درخت‌زارهای خشک و نیمه‌خشک زاگرس می‌دهند (۲۹). از طرفی دیگر، ناهمگنی‌های محیطی ناشی از عامل‌های خارجی نیز ممکن است منجر به توزیع ناهمگن گیاهان در مناطق خشک شود. اگر عامل‌های محیطی (به‌عنوان‌مثال رطوبت و یا مواد مغذی خاک) در برخی نقاط منطقه برای گیاه موردنظر مطلوب باشد، گیاهان تمایل به تشکیل گروه‌هایی پیدا می‌کنند که نتیجه آن، الگوی مکانی کپه‌ای می‌شود (۱۲). لو و همکاران (۲۳) نیز بیان می‌کنند که الگوی کپه‌ای عمومی‌ترین الگوی پراکنش در جوامع گیاهی است. در مجموع می‌توان چنین نتیجه گرفت که عموماً الگوی پراکنش مکانی در جنگل‌های مناطق نیمه‌خشک و خشک کپه‌ای است.

## نتیجه‌گیری کلی

درختان در جنگل روابط متقابل دارند و این رابطه متقابل در ساختار مکانی جنگل تأثیر می‌گذارد. الگوی مکانی درختان جنگل ویژگی مهمی در درک پویایی اکوسیستم جنگل است که بر استقرار، رویش، رقابت، تجدید حیات، مرگ‌ومیر، استفاده از منابع، ایجاد روشنه و درنهایت توسعه زیراشکوب جنگل تأثیرگذار است. در این پژوهش از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه، تابع k رایپلی و تابع O-ring به‌منظور بررسی الگوی پراکنش مکانی گونه‌های درختی و درختچه‌ای رویشگاه جنگلی چهل‌تن دهبکری استفاده شد که نتایج همه شاخص‌ها نشان داد الگوی پراکنش همه گونه‌های درختی و درختچه‌ای به‌استثنای گونه زرشک (الگوی تصادفی) از الگوی پراکنش کپه‌ای برخوردار هستند. نتایج این تحقیق حاوی نکته‌ای مهم برای مدیران بخش احیای جنگل در سازمان‌های اجرایی است. این پژوهش تأکید می‌کند که طرح‌های موفق احیا یا جنگل‌کاری از الگوهای طبیعی که عموماً کپه‌ای است پیروی کنند. به‌طورکلی نتایج نشان داد که شاخص‌های بررسی‌شده در این پژوهش به‌منظور تعیین الگوی مکانی گونه‌های چوبی، از کارایی لازم برخوردار هستند و نتایج یکسانی را ارائه کردند.

## منابع


1. Akhavan, R., T. Momeni Moghaddam, M. Akbarinia and S.M. Hoseini. 2017. Spatial patterns and intra-specific competition of Juniper tree in different life stages using O-ring statistic in Layen Forests, Iran. Forest and Wood Products, 70(1): 303-314 (In Persian).
2. Akhavan, R., Kh. Sagheb Talebi, M. Hassani and P. Parhizkar. 2010. Spatial patterns in untouched beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(2): 322-336 (In Persian).
3. Alijani, V. and J. Feghhi. 2011. Investigation on the Elm (*Ulmus glabra* Hudson) Spatial Structure to Apply for Sustainable Management (Case Study: Gorazbon district, Kheirud Forest). Journal of Environmental Studied, 60: 35-44 (In Persian).
4. Basiri, R., H. Sohrabi and M. Mozayan. 2006. A statistical analysis of the spatial pattern of trees species in Ghamisheleh Marivan Region, Iran. Journal of the Iranian Natural Resources, 59(3): 579-588 (In Persian).
5. Besag, J. 1977. Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper. Journals of the Royal Statistical Society, 39(2): 193-195.
6. Dale, M.R.T. 1998. Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge University Press, UK, 326 pp.
7. Erfani fard, S.Y., J. Feghhi, M. Zobeiri and M. Namiranian. 2008. Comparison of two distance methods for forest spatial analysis (case study: Zagros forests of Iran). Journal of Applied Sciences, 8(1): 152-157.
8. Erfanifard, Y. and F. Mahdian. 2012. Comparative investigation on the methods of true spatial pattern analysis of trees in forests, Case study: Wild pistachio research forest, Fars province, Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(1): 62-73.
9. FallahChai, M. and S. Khoshmanzar. 2019. Determination of Spatial Distribution Pattern Analysis of *Acer Velutinum* Species in two Elevation Classes using Distance Sampling Methods (Case Study: Asalem Nav Forests, Series No.2) Ecology of Iranian Forests, 7(13): 83-90 (In Persian).
10. Farhadi, P., J. Soosani, K. Adeli and V. Alijani. 2014. Analysis of Zagros forest structure using neighborhood-based indices (Case study: Ghalehgol forest, Khorramabad). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(2): 294-306.
11. Ferrante, D., G.E. Oliva and R.J. Fernandez. 2014. Soil water dynamics, root systems, and plant responses in a semiarid grassland of Southern Patagonia. Journal of Arid Environments, 104: 52-58.
12. Gangying, H, L.I. Li, Z.H.A.O. Zhonghua and D. Puxing. 2007. Comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. Acta Ecologica Sinica, 27(11): 4717-4728.
13. Goreaud, F., B. Courbaud and F. Collinet. 1997. Spatial structure analysis applied to modeling forest dynamics: a few examples. Novas Technologies, 1: 155-172.
14. He, F., P. Legendre and J.V. LaFrankie. 1997. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. Journal of Vegetation Science, 8(1): 105-114.
15. Illian, J., A. Penttinen, H. Stoyan and D. Stoyan. 2008. Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns. John Wiley & Sons Inc., England, 534 pp.


[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]

16. Jannat Rostami, M., M.A. Zare Chahoki, H. Azarnivand and Kh. Ebrahimi Dorcheh. 2009. Survey and analysis of spatial pattern of plant species in marginal rangelands Hoz-e-Soltan Qom. Watershed Management Researches (Pajouhesh and Sazandegi), 84(3): 72-80 (In Persian).
17. Karimi, M. and A. Fallah. 2017. Spatial Pattern and Interaction Analysis of *Quercus Brantii Lindl*.and *Pistacia Atlantica* Desf. In Qalajeh Forests of Kermanshah using K2 Function. Ecology of Iranian Forests, 5(9): 9-16 (In Persian).
18. Karimi, M., M.R. PorMajidian, H. Jalilvand and A. Safari. 2012. Preliminary study for application of *O-ring* function in determination of small-scale spatial pattern and interaction species (Case study: Bayangan forests, Kermanshah). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4): 608-621 (In Persian).
19. Kint, V., N. Lust, R. Ferris and A.F.M. Olsthoorn. 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Forests. Forest system, 1: 147-163.
20. Kint, V., D.W. Robert and L. Noel. 2004. Evaluation of sampling methods for estimation of structural indices in forest stands. Ecological Modeling, 180(4): 461-476.
21. Lee, J and D.W.S. Wong. 2001. Statistical Analysis with ArcView GIS. John Wiley and Sons, Inc., USA, 192 pp.
22. Li, F. and L. Zhang. 2007. Comparison of point pattern analysis methods for classifying the spatial distributions of spruce-fir stands in the north-east USA. Forestry, 80(3): 337-349.
23. Lou, Zh., B. Ding, X. Mi, J. Yu, and Y. Wu. 2009. Distribution patterns of tree species in an evergreen broadleaved forest in eastern china. Frontiers of Biology in China, 4(1): 531-538.
24. Moeur, M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem- mapped data. Forest science, 39(4): 756-775.
25. Nouri, Z., M. Zobeiri, J. Feghhi and M.R. Marvi Mohajer. 2012. Investigation on the 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, 66(1): 113-125 (In Persian).
26. Pilehvar, B., Z. Mirazadi, V. Alijani, H. Jafari Sarabi. 2015. Investigation of Hawthorn and Maple's Stands Structures of Zagros Forest Using Nearest Neighbors Indices. Journal of Zagros Forests Research, 1(2): 1-14.
27. Pourbabaei, H., Sh. Zandi Navgaran and M.N. Adel. 2012. Spatial pattern of three oak species in Chenareforest of Marivan, Kordestan. Journal of Natural Environment, 65(3): 329-339.
28. Pourreza, M., S.M. Hosseini, A.A. Zohrevandi. 2012. Spatial variations of diameter of Pistacia atlantica (Desf.) trees in Zagros area (Case Study: Pirkashan, Kermanshah). Journal of Wood & Forest Science and Technology, 19(3): 1-19.
29. Safari, A., N. Shabanian, R.H. Heidari, S.Y. Erfanifard and M. Pourreza. 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).
30. Sohrabi, H. 2014. Spatial pattern of woody species in Chartagh forest reserve, Ardal. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(1): 27-38 (In Persian).
31. Wang, X., J. Ye, B. Li, J. Zhang, F. Lin and Z. Hao. 2010. Spatial distributions of species in an old-growth temperate forest, northeastern China. Canadian Journal of Forest Research, 40(6): 1011-1019.
32. Xu, G., D. Yu, J. Xie, L. Tang and Y. Li. 2014. What makes *Haloxylon persicum* grow on sand dunes while *H. ammodendron* grows on interdune lowlands: a proof from reciprocal transplant experiments. Journal of Arid Land, 6(5): 581-591.

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]

# Determination of Spatial Pattern of Woody Species using Point Pattern Analysis (Case Study: Chehel-tan Dehbakri Forest, Kerman Province)

**Miad Pakzad[1], Timur Rostami Shahraji[2] and Reza Ebrahimi Atani[3]**

1- PhD student in forestry, Guilan University, (Corresponding author: miadpak@yahoo.com)
2- Professor of the Faculty of Natural Resources, University of Guilan
3- Associate Professor, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Guilan University
Received: October 12, 2019 Accepted: December 29, 2020

## Abstract

The spatial distribution pattern is an important attribute of forest communities. Comprehending latent processes in the spatial pattern of tree communities is an important aim in forest ecology. Ecological processes in forest ecosystems directly affect the spatial pattern of various forest species. The spatial distribution pattern of species of different forest species affects ecological processes of forest ecosystems and plays an important role in comprehending forest ecosystem dynamics. This study aims to determine the spatial pattern of trees and shrubs, *Pistacia mutica, Acer monspessulanum, Amygdalus scoparia, Cotoneaster Kotschyi* Klotz, *Daphne mucronata, Berberis integerrima, Nerium oleander* in forest habitat of Cheltan Dehbakri in Bam county, Kerman province. The attributes recorded in the field includes: species type and geographic position for individual trees and shrubs within a 15 ha area. We used three methods, Nearest Neighbor, Ripley's K function and O-ring function for determination of species-specific spatial distribution pattern as well as the spatial pattern of total woody species across the study. Despite existing differences in the intensity of aggregation, the results showed that all woody species are distributed in an aggregated pattern. According to the results of the nearest neighbor method, the distribution pattern of *Berberis integerrima* species is random, but other species are aggregated Results of this study proved the ability of mentioned indices to determine the true spatial pattern of woody species in the study area and can provide useful information for describing the sustainability of this valuable ecosystem and monitoring conservation and restoration activities. Regarding the goal and available circumstances, can be applied from each one of indices in future studies.

**Keywords:** Dehbakri, Nearest Neighbor, *O-ring* function, Ripley's *K* function, Spatial distribution pattern

[ Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.15.9 ]
[ DOI: 10.52547/ifej.9.17.152 ]