



تحلیل الگوی مکانی و اثرات متقابل بلوط ایرانی و بنه در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه با استفاده از تابع K2

مهسا کریمی^۱ و اصغر فلاح^۲

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسئول: karimi.mahsa99@gmail.com)

۲- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۱۳

چکیده

بلوط ایرانی و بنه مهم‌ترین گونه‌های درختی جنگل‌های زاگرس هستند، استفاده بی‌رویه ساکنین منطقه از این درختان باعث کاهش سطح کمی و کیفی این گونه‌های ارزشمند و همچنین ایجاد توده‌های ناهمگن شده است. شناخت الگوی مکانی و اثرات متقابل درختان می‌تواند کلید راهنمایی برای دخالت‌های مدیریتی به منظور حفظ، احیاء و توسعه جنگل‌ها باشد، از طرفی دیگر دخالت مداوم ساکنین منطقه زاگرس در عرصه‌های جنگلی باعث ایجاد مناطق ناهمگن زیادی شده است که شناخت این عرصه‌ها را به منظور مدیریت آنها در راستای کاهش اثر دخالت انسان‌ها امری ضروری می‌سازد. بنابراین هدف این پژوهش تعیین الگوی مکانی و اثرات متقابل بلوط ایرانی و بنه در عرصه‌های ناهمگن جنگل‌های زاگرس می‌باشد. بدین منظور عرصه‌ای ناهمگن به مساحت ۳۰ هکتار در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه انتخاب و مورد آماربرداری صددرصد قرار گرفت و نقشه‌ی نقطه‌ای درختان بلوط ایرانی و بنه در منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از روش فاصله-آزیموت تهیه شد. برای تحلیل الگوی مکانی گونه‌ها از شکل تک‌متغیره تابع K2 و برای بررسی اثرات متقابل گونه‌ها از شکل دومتغیره این تابع استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که درختان بلوط ایرانی و بنه به ترتیب ۸۵/۶ و ۹/۷٪ از درختان عرصه‌ی مورد بررسی را به خود اختصاص داده‌اند و دارای الگوی مختلط هستند، بطوریکه با افزایش فاصله از درختان الگوی مکانی برای بلوط ایرانی از کپه‌ای به تصادفی و برای بنه از تصادفی به یکنواخت تغییر می‌کند. تحلیل شکل دومتغیره تابع K2 بیانگر وجود جاذبه در فواصل کمتر از ۸ متر و عدم کنش متقابل گونه‌ها در سایر فواصل است.

واژه‌های کلیدی: نقشه نقطه‌ای، توده ناهمگن، روش فاصله-آزیموت، حدود مونت کارلو، الگوی کپه‌ای

مقدمه

افزایش فاصله الگوی مکانی گونه‌ها از کپه‌ای به تصادفی تغییر می‌کند. در پژوهش زو و همکاران (۴۵) الگوی مکانی و کنش متقابل گونه‌ها در چین با استفاده از تابع K2 مورد بررسی قرار گرفت. گونه‌های مورد مطالعه بر اساس کلاسه‌های قطری به سه دسته نهال، میانسال و کهنسال تقسیم شدند. نتایج نشان داد که الگوی مکانی گونه‌ها با افزایش فاصله از کپه‌ای به تصادفی تغییر می‌کند. همچنین تحلیل‌های مکانی دومتغیره در بین کلاسه‌های قطری حاکی از وجود جاذبه بین آنها در فواصل کم است که با افزایش فاصله از شدت آن کاسته شد به‌طوری‌که در برخی فواصل بزرگ دافعه نیز دیده شد. در تحقیقات دیگری از جمله بولیباک و گیل (۵)، شیفر و همکاران (۳۴) و ویگان و مولونی (۴۱) با بررسی توده‌های شبیه‌سازی شده مشخص شد که تابع K2 نسبت به توابع K رایلی و $g(r)$ عملکرد بهتری در توده‌های ناهمگن دارد. لی و زانگ (۲۰) در پژوهشی الگوی مکانی انجیلی را در ۳ منطقه جنگلی در چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که الگوی گونه‌ی مورد مطالعه در یکی از مناطق در همه فواصل به شکل کپه‌ای و در دو منطقه‌ی دیگر با افزایش فاصله از کپه‌ای به شکل تصادفی تغییر پیدا می‌کند. آنها ناهمگنی ایجاد شده در محیط به واسطه‌ی حضور و دخالت انسان را یکی از علت‌های ایجاد الگوی مشاهده شده در این مناطق بیان کردند. جانیک و همکاران (۱۵) به بررسی الگوی مکانی و اثرات متقابل کلاسه‌های مختلف قطری راش در جنگل‌های جمهوری چک پرداختند. بر اساس نتایج بدست آمده الگوی گونه‌ی مورد

الگوی مکانی به آرایش مکانی گونه‌ها در یک جمعیت اشاره می‌کند. الگوی مکانی گیاهان به صورت تصادفی یا غیرتصادفی است، الگوی غیرتصادفی خود به دو شکل یکنواخت و کپه‌ای می‌باشد (۷،۳).

عوامل مختلفی از قبیل مشخصه‌های مورفولوژیکی، محیطی، جامعه‌شناختی و جمعیتی و آشفستگی‌های رخ داده در بوم‌سازگان سبب شکل‌گیری الگوهای مختلف می‌شوند (۷). الگوهای مکانی می‌تواند در ارزیابی اثر دخالت‌های جنگل‌شناسی بر توده، تعیین اثرات متقابل درختان مختلف (۳۶)، طراحی برنامه‌های مدیریتی مناسب و اقدامات احیایی (۲۶) مورد استفاده قرار بگیرد.

کنش‌های متقابل درختان به دو دسته مثبت (جذب) و منفی (دفع) تقسیم می‌شود. در حالت جذب گیاهان با تحمل یکدیگر در کنار هم رشد می‌کنند، اما در حالت دفع گیاهان نمی‌توانند همدیگر را تحمل کنند و از هم دور می‌شوند (۱). در حقیقت الگوهای مکانی یکی از تبعات اثرات متقابل گیاهان است (۱۳) و درک ارتباط اثرات متقابل گیاهان با الگوهای مکانی یک چالش در بوم‌شناسی است (۳۹).

با توجه به اهمیت بررسی الگوهای مکانی و اثرات متقابل درختان جنگلی تاکنون مطالعات متعددی با استفاده از روش‌های مختلف در سراسر دنیا انجام شده است که برخی از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه عبارتند از: در پژوهش ریین و همکاران (۳۱) الگوی مکانی ۵ گونه‌ی درختچه‌ای در آمریکا با استفاده از تابع K2 بررسی شد. نتایج نشان داد که با

صحیح و بهره‌برداری بهینه از این جنگل‌ها به منظور تولید پایدار و حفظ حیات ساکنین منطقه امری ضروری است و این موضوع عملی نخواهد شد جز با مطالعه و شناخت کافی از وضعیت جنگل‌ها و پتانسیل بالقوه‌ی آنها، تا با این دانش نسبت به برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب در مورد آن اقدام شود. بنابراین از آنجا که آگاهی از الگوی 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، این تحقیق سعی دارد با بررسی الگوی مکانی و اثرات متقابل دو گونه‌ی بلوط ایرانی و بنه گامی در جهت شناخت خصوصیات توده‌های جنگلی منطقه‌ی مورد مطالعه و کسب اطلاعات مورد نیاز به منظور مدیریت آنها بردارد.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های قلاجه بخشی از جنگل‌های زاگرس محسوب می‌شود که در استان کرمانشاه واقع شده است. منطقه جنگلی قلاجه در عرض جغرافیایی $33^{\circ}58'42''$ تا $34^{\circ}01'26''$ شمالی و طول جغرافیایی $46^{\circ}18'05''$ تا $46^{\circ}22'18''$ شرقی با دامنه ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است (۲۸). در این تحقیق عرصه‌ای به مساحت ۳۰ هکتار در جنگل‌های قلاجه انتخاب و مختصات دکارتی تمامی درختان بلوط ایرانی و بنه موجود در عرصه‌ی مورد بررسی با استفاده از روش فاصله-آزیموت (۱) تعیین و در نهایت نقشه‌ی نقطه‌ای درختان در منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه شد.

تحلیل داده‌ها

در آماربرداری جنگل به منظور مطالعه الگوی مکانی درختان از دو روش کلی نمونه‌برداری و آماربرداری صددرصد استفاده می‌شود (۳۵). در صورتیکه از آماربرداری صددرصد استفاده کنیم با دو روش شاخص نزدیکترین همسایه (۱۷)، تابع K رایلی و مشتقات آن مانند توابع $g(r)$ و $O-ring$ (۳۲) می‌توان الگوی مکانی درختان را تحلیل کرد. برخلاف شاخص نزدیکترین همسایه که فقط از فواصل درخت تا نزدیکترین همسایه استفاده می‌کند، در تابع K رایلی و مشتقات آن از همه فواصل بین تمامی نقاط داخل پلات مورد بررسی استفاده می‌شود. بنابراین، می‌تواند اطلاعات بیشتری از الگو در فواصل مختلف ارائه دهد و قادر به کشف الگوهای مختلط می‌شود. این توانایی یک مزیت بزرگ برای این توابع است زیرا همه فرآیندهای بوم‌شناختی به فاصله‌ی درختان از یکدیگر وابسته بوده و ویژگی‌های آنها نیز ممکن است در فواصل مختلف تغییر کند (۴۰).

تابع K رایلی

ایده اصلی تابع K رایلی تعداد نقاط موجود در داخل دایره با شعاع مشخص r در اطراف درختان است که توسط تراکم الگو (λ) تقسیم‌بندی می‌شود (رابطه ۱).

$$\hat{K}(r) = A \sum_i^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij} I_r(i, j) / n^2 \quad (1)$$

مطالعه در همه‌ی کلاسه‌های قطری تا فاصله‌ی ۵ متری از درختان تمایل به کپه‌ای شدن را نشان می‌دهد. همچنین نتایج تحلیل اثرات متقابل کلاسه‌های قطری مختلف راش نشان داد که تا کلاسه‌ی قطری ۴ سانتی‌متری اثرات متقابل به صورت مثبت و در کلاسه‌های قطورتر به صورت منفی است.

در پژوهش عرفانی‌فرد و همکاران (۹) الگوی مکانی بلوط ایرانی در جنگل سروک شهرستان یاسوج با استفاده از شاخص نزدیکترین همسایه به شکل پراکنده تعیین شد. در تحقیق صفری (۳۳) الگوی مکانی بلوط ایرانی و بنه در جنگل‌های باینگان کرمانشاه با استفاده از شاخص‌های قطعه نمونه و فاصله‌ای مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق الگوی مکانی بلوط ایرانی و بنه را به شکل کپه‌ای معرفی کردند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در بین شاخص‌های فاصله‌ای شاخص C برای بلوط، شاخص هینز برای بنه و شاخص‌های T_F و T_N برای هر دو گونه مناسب هستند. کریمی و همکاران (۱۶) الگوی مکانی و اثرات متقابل بلوط ایرانی و بنه را در جنگل‌های باینگان کرمانشاه با استفاده از تابع $O-ring$ بررسی کردند. بر اساس نتایج این پژوهش الگوی بلوط ایرانی کپه‌ای متمایل به تصادفی و الگوی بنه به شکل تصادفی متمایل به یکنواخت معرفی شد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که اثرات متقابل دو گونه بر هم در فواصل نزدیک مثبت و در فواصل دور منفی است. در پژوهش میرزایی و همکاران (۲۴) الگوی مکانی بلوط ایرانی در جنگل‌های چغاسبز ایلام با استفاده از شاخص‌های رایلی و فاصله‌ای به ترتیب تصادفی و کپه‌ای معرفی شد. ایشان علت تفاوت در تعیین الگوی مکانی گونه‌ی مورد مطالعه توسط شاخص‌های مورد استفاده را اختلاف در ماهیت شاخص‌ها و نحوه‌ی عملکرد آنها بیان کردند. در تحقیق مدبری و همکاران (۲۵) الگوی مکانی بلوط ایرانی در مناطقی از جنگل‌های ناحیه زاگرس میانی (زرآیین ایلام، شوراب و قلعه‌گل در استان لرستان) در جنوب غربی ایران با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه بررسی شد. نتایج شاخص کلارک و ایوانز، الگوی کپه‌ای را برای مناطق شوراب و قلعه‌گل و الگوی یکنواخت را برای منطقه زرآیین نشان دادند.

درختان بلوط ایرانی سهم زیادی در جنگل‌های زاگرس دارند، در مقابل تخریب منطقه بسیار مقاوم هستند و نقش مؤثر و قابل‌توجهی در حفاظت خاک رویشگاه‌های جنگلی دارند. درخت بنه به عنوان یکی از درختان سازگار به مناطق مختلف آب و هوایی همواره دارای ارزش زیاد بوم‌شناختی و اقتصادی بوده است و پس از بلوط ایرانی مهم‌ترین گونه درختی جنگل‌های زاگرس است که دارای محصولات فرعی متعددی می‌باشد. از آنجایی که جنگل‌های زاگرس از نظر تولید چوب، ارزش اقتصادی کمتری دارند و سرمایه‌گذاری در راستای این هدف دارای بیابان مثبت نمی‌باشد، پیوسته مورد بی‌مهری قرار گرفته به نوعی که می‌توان گفت به حال خود رها شده است (۳۳، ۴). با توجه به اهمیت اقتصادی-اجتماعی و بوم‌شناختی دو گونه‌ی ارزشمند بلوط ایرانی و بنه، مدیریت

$$K2(r) = \frac{\hat{g}(r + \Delta r) - \hat{g}(r - \Delta r)}{2\Delta r} \quad (2)$$

برای بررسی کنش متقابل درختان از شکل دومتغیره تابع K2 استفاده می‌شود. در این حالت نقاط موجود در نقشه‌ی نقطه‌ای درختان علاوه بر نشان دادن چگونگی توزیع گونه‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه بیانگر نوع گونه نیز می‌باشد (۳۶). تحلیل الگوی مکانی و کنش متقابل گونه‌ها توسط تابع K2 برخلاف تابع K رابیلی و مشتقات آن است. بطوریکه در آنالیزهای تک متغیره مقادیر مثبت تابع K2 الگوی یکنواخت، مقادیر منفی الگوی کپه‌ای و مقادیر صفر الگوی تصادفی گونه‌ها را نشان می‌دهد. در تحلیل‌های دومتغیره نیز مقادیر مثبت تابع K2 دافعه بین گونه‌ها، مقادیر منفی جاذبه و مقادیر صفر استقلال گونه‌ها را بیان می‌کند (جدول ۱).

A: سطح پلات مورد بررسی، n: تعداد کل درختان، r: فاصله یا شعاع مورد بررسی از درختان، I_r: متغیر شمارشگر است، در صورتی که فاصله درخت مرکزی (i) تا درخت همسایه (j) کمتر از r باشد مقدار آن برابر عدد یک، و اگر فاصله i تا j بیشتر از r باشد مقدار آن برابر صفر خواهد بود، و W_{ij}: عامل وزنی تصحیح اثر حاشیه‌ای (۱۴).

گرچه تابع K رابیلی و مشتقات آن به طور عمومی در تحلیل الگوهای مکانی استفاده می‌شوند، اما این توابع در تحلیل الگو در توده‌های ناهمگن ناتوان هستند بنابراین برای رفع این مشکل تابع K2 پیشنهاد شد (۳۴). تابع K2 مشتق دوم تابع K رابیلی است (مشتق اول تابع g(r) که بر اساس رابطه (۲) محاسبه می‌شود. این تابع غیرتجمعی بوده و قادر به معرفی الگوی مکانی در فواصل مختلف است (۳۰). بولیباک و و گیل (۵) نیز کارایی مثبت تابع K2 را تأیید کردند.

جدول ۱- تعیین الگوی مکانی و کنش متقابل درختان با استفاده از تابع K2
Table 1. Determination of spatial pattern and interaction of trees using the K2 function

کنش متقابل	الگوی مکانی	K2
جاذبه بین دو گروه	کپه‌ای	K2 < ۰
استقلال بین دو گروه	تصادفی	K2 = ۰
دافعه بین دو گروه	یکنواخت	K2 > ۰

نرم‌افزار (©Thorsten Wiegand 2014) Programita انجام شده است.

نتایج و بحث

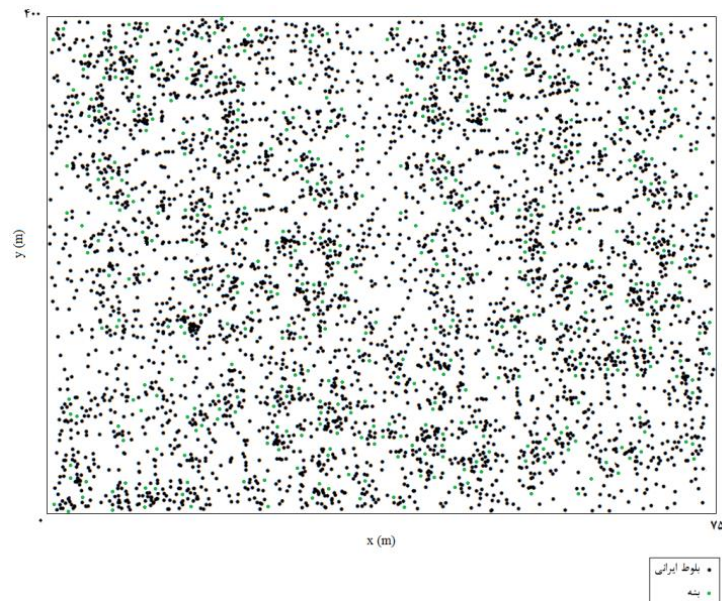
نتایج نشان می‌دهد که گونه بلوط ایرانی با ۹۲/۱ اصله در هکتار (۸۵/۶٪) بیشترین تعداد درختان عرصه مورد بررسی را به خود اختصاص داده است، این در حالی است که گونه بنه با ۱۰/۴ اصله در هکتار (۹/۷٪) سهم کمتری را شامل می‌شود. تعداد کل درختان بلوط ایرانی در عرصه مورد بررسی ۲۷۶۳ اصله و تعداد کل درختان بنه ۳۱۲ اصله بود (جدول ۲). شکل ۱ نقشه‌ی نقطه‌ای درختان بلوط ایرانی و بنه در عرصه‌ی مورد بررسی را نمایش می‌دهد. نتایج بدست آمده از آزمون همگنی توده در محیط نرم‌افزار Programita، بیانگر ناهمگنی توده‌ی مورد مطالعه است (شکل ۲).

الگوی مکانی کاملاً تصادفی (۱۴) و استقلال گونه‌ها (۴۲) بعنوان فرض صفر در آنالیزهای تک متغیره و دو متغیره تابع K2 در نظر گرفته شد. به منظور آزمون فرض صفر از شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده شد. در صورتی که تابع K2 در داخل محدوده‌ی مونت‌کارلو قرار گیرد در آن فاصله فرض صفر تأیید و در صورتی که خارج از محدوده قرار بگیرد فرض صفر رد می‌شود. حدود مونت‌کارلو در سطح ۹۹ درصد با استفاده از ۴۹۹ مرتبه شبیه‌سازی الگوی تصادفی و استقلال گونه‌ها بر اساس مقدار تابع مورد نظر محاسبه شد (۲۷).

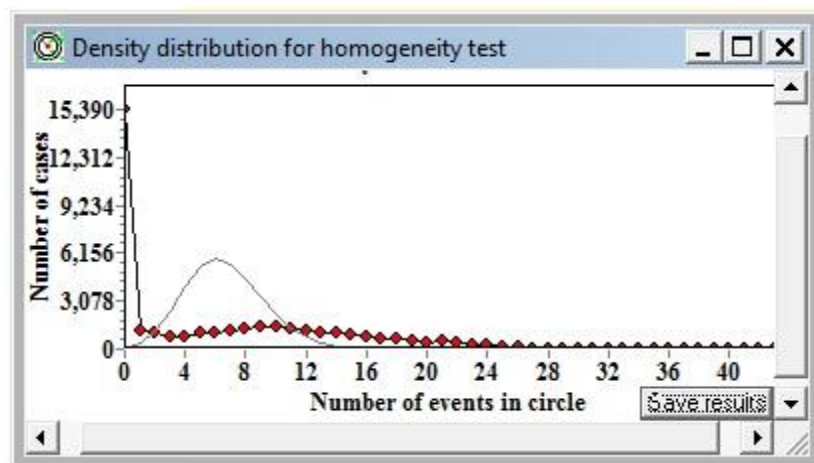
یکی از مشکلات موجود در آنالیز الگوهای مکانی و اثرات متقابل درختان با استفاده از تابع K رابیلی و مشتقات آن، اثر حاشیه‌ای است. روش‌های مختلفی برای تصحیح اثر حاشیه‌ای وجود دارد، در این تحقیق از روش تصحیح حاشیه‌ای حلقوی (۴۰) که مناسب مناطق آماربرداری شده به شکل چهارگوش است استفاده شد. تحلیل‌های این پژوهش با استفاده از

جدول ۲- فراوانی و تعداد در هکتار گونه‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه
Table 2. Frequency and density of species in the study area

گونه	فراوانی مطلق	درصد فراوانی	تعداد در هکتار
بلوط ایرانی	۳۷۶۳	۸۵/۶	۹۲/۱
بنه	۳۱۲	۹/۷	۱۰/۴
سایر	۱۵۴	۴/۷	۵/۱



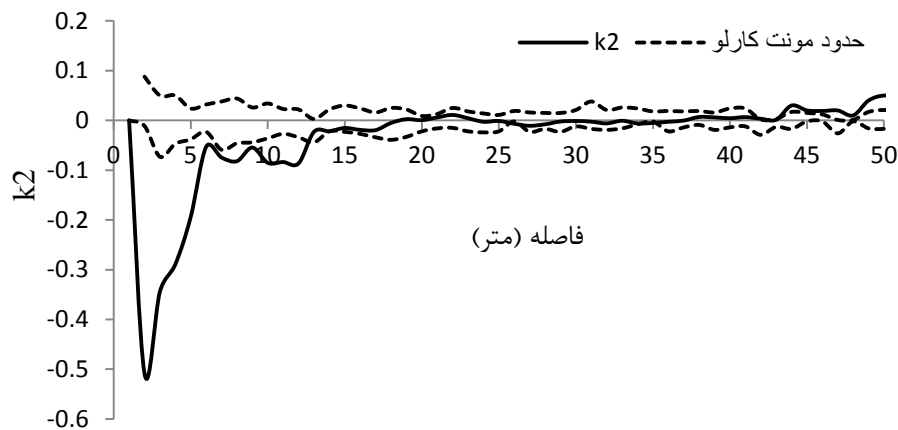
شکل ۱- نقشه‌ی نقطه‌ای درختان بلوط ایرانی و بنه در منطقه‌ی مورد مطالعه
Figure 1. Point map of *Q. brantii* and *P. atlantica* trees in the study area



شکل ۲- آزمون همگنی برای درختان بلوط ایرانی و بنه
Figure 2. Homogeneity test for *Q. brantii* and *P. atlantica* trees

در اکثر فواصل تابع K_2 در داخل محدوده‌ی مونت کارلو قرار گرفته که بیانگر الگوی تصادفی است. اما در کلاسه‌های فاصله‌ای کمتر از ۱۳ متر الگو به طور معنی‌داری ($p < 0.01$) کپه‌ای تعیین می‌شود. در ضمن حداکثر شدت کپه‌ای در فاصله‌ی ۲ متری از درختان مشاهده می‌شود. تابع تک متغیره k_2 در فواصل ۱۳ تا ۴۳ متری در داخل محدوده‌ی مونت کارلو قرار گرفته که بیانگر الگوی تصادفی درختان در این فواصل است. اما در فواصل بزرگتر از ۴۳ متر الگو به طور معنی‌داری ($p < 0.01$) یکنواخت تعیین می‌شود (شکل ۳).

نموداری که با خطوط ممتد سیاه‌رنگ ترسیم شده و دارای توزیع نرمال است توسط نرم‌افزار برای یک توده همگن فرضی که تراکمی برابر با منطقه مورد مطالعه دارد ترسیم شده است. اما نمودار منقطع که دارای خطوط سیاه‌رنگ همراه با نقاط قرمز رنگ می‌باشد نموداری است که نرم‌افزار با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از عرصه، در مورد چگونگی توزیع تراکم در توده مورد مطالعه ارائه می‌دهد. با توجه به اختلاف نمودار منقطع از نمودار ممتد که دارای توزیع نرمال است ناهمگنی توده مورد مطالعه تایید می‌گردد. تحلیل تابع تک متغیره K_2 برای درختان بلوط ایرانی و بنه نشان داد که



شکل ۳- تابع تک متغیره K2 در فواصل مختلف برای درختان بلوط ایرانی و بنه
Figure 3. K2 univariate function at different distances for *Q. brantii* and *P. atlantica* trees

متر اثرات متقابل دو گونه به طور معنی‌داری ($p < 0.01$) به شکل جاذبه تعیین می‌شود. بالاترین میزان جاذبه بین دو گونه در کلاسه‌ی فاصله‌ای ۳ متری از درختان مشاهده می‌شود (شکل ۴).

تحلیل تابع دومتغیره K2 نشان داد که در اکثر فواصل تابع K2 در داخل محدوده‌ی مونت‌کارلو قرار گرفته که بیانگر این است که اثر متقابل معنی‌داری ($p < 0.01$) بین دو گونه در این فواصل وجود ندارد. اما در کلاسه‌های فاصله‌ای کمتر از ۸



شکل ۴- تابع دومتغیره K2 در فواصل مختلف برای بلوط ایرانی و بنه
Figure 4. K2 bivariate function at different distances for *Q. brantii* and *P. atlantica* trees

۳). تحلیل تابع دومتغیره K2 در فواصل کوچک جاذبه و با افزایش فاصله عدم برهم‌کنش دو گونه را نمایش می‌دهد (شکل ۴). نتایج بدست آمده از این پژوهش مبنی بر تغییر الگوی مکانی و کنش متقابل بلوط ایرانی و بنه با افزایش فاصله، وابستگی الگو و اثرات متقابل درختان را به فاصله‌ی درختان از یکدیگر بیان می‌کند. کریمی و همکاران (۱۶) نیز در پژوهش خود این وابستگی را تأیید کردند. الگوی کپه‌ای در نتیجه‌ی ناهمگنی محیطی و رویشگاهی، آشفته‌گی‌های طبیعی رخ داده در درون بوم‌سازگان و روش‌های زادآوری گونه‌ها است (۳۸). بهره‌برداری بی‌رویه و

دستیابی به اطلاعات موجود در الگوی مکانی درختان امکان تشریح ساختار مکانی آنها را فراهم می‌کند (۸). از طرفی بررسی اثرات متقابل درختان در جنگل به منظور درک پویایی، پایداری، رشد، همزیستی و ساختار گونه‌های یک جمعیت امری ضروری است (۱۲). هدف از این پژوهش تعیین الگوی مکانی و اثرات متقابل درختان بلوط ایرانی و بنه در یک توده‌ی ناهمگن در منطقه‌ی جنگلی قلاجه بوده است. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش تابع K2 الگوی بلوط ایرانی و بنه را در فواصل کوچک کپه‌ای و در سایر فاصله‌ها به صورت تصادفی و یکنواخت معرفی می‌کند (شکل

گرفتن تعداد بیشتر درختان در واحد سطح در فواصل کوچک باعث حاصلخیزی بیشتر خاک در این فواصل شده است. با وجود رقابت شدید بین درختان در فواصل نزدیک، اما به دلیل وجود شرایط مناسب رویشگاهی درختان توانسته‌اند فشار رقابت را تحمل کرده و همچنان در عرصه باقی بمانند. فاجاردو و همکاران (۱۱)، مارتینز و همکاران (۲۲)، واتسون و همکاران (۳۷)، ویگاند و همکاران (۴۲) و زانگ و همکاران (۴۳) نیز در مطالعه خود اثرات متقابل بین درختان در فواصل کوچک را از نوع جاذبه معرفی کردند. اخوان و ثاقب طالبی (۱) و مارتینز و همکاران (۲۲) کنش‌های مثبت درختان را ناشی از محدودیت پراکنش بذر دانستند. بر اساس نتایج این پژوهش در فواصل متوسط و بزرگ دو گونه از هم مستقل بوده و تأثیری بر نحوه‌ی استقرار یکدیگر ندارند. نوع پراکنش مکانی درختان بلوط ایرانی و بنه در این فواصل نیز با توجه به نحوه‌ی عملکرد تابع مورد استفاده بیانگر حضور تعداد کم درختان بلوط اطراف درختان بنه و فاصله‌ی زیاد درختان و نهایتاً مستقل بودن آنها از یکدیگر در این فواصل است. عرفانی‌فرد و همکاران (۱۰) نیز الگوی یکنواخت درختان بلوط ایرانی و فاصله‌ی زیاد آنها را دلیلی بر مستقل بودن درختان از یکدیگر بیان کردند. همچنین وجود تعداد کم درختان در این فواصل و به دنبال آن مطلوب نبودن شرایط رویشگاهی باعث شده درختان قادر به تحمل فشار ناشی از رقابت نبوده و در نتیجه حذف شده، فاصله‌ی درختان باقی‌مانده نیز به دنبال حذف آنها زیاد شده به طوریکه دیگر اثری برهم نداشته و به همین دلیل تابع استقلال درختان از یکدیگر را در این فواصل نشان می‌دهد. کریمی و همکاران (۱۶) نیز حذف درختان در اثر رقابت و شرایط نامساعد رویشگاهی را در تعیین اثرات متقابل درختان در فواصل متوسط و بزرگ موثر دانستند. به‌طور کلی بر اساس نتایج این پژوهش شکل‌گیری الگوی کپه‌ای شدید بلوط ایرانی و بنه در فواصل نزدیک و همچنین وجود جاذبه بین دو گونه در این فواصل حاکی از این نکته است، که فضای اطراف درختان بنه به دلیل رویش مناسب بذر و قدرت جست‌دهی بالای گونه‌ی بلوط توسط درختان بلوط اشغال گردیده است. این موضوع می‌تواند راهنمایی مناسب برای دخالت‌های جنگل‌شناسی در این توده در راستای ایجاد فضای لازم برای استقرار زادآوری بنه به منظور حفظ و احیای این گونه ارزشمند باشد.

غیراصولی ساکنین منطقه از جنگل‌های قلاجه باعث از بین رفتن برخی از درختان شده است که این امر منجر به ناهمگنی محیطی در عرصه‌ی مورد مطالعه گردیده است، در این شرایط گیاهان در مناطقی که دارای شرایط زیست مناسب‌تر هستند به‌صورت کپه‌ای مستقر می‌شوند بنابراین الگوی کپه‌ای بلوط ایرانی و بنه در فواصل کم به دلیل وجود شرایط مساعد رویشگاهی در این فواصل است. میرآزادی و پیلهور (۲۳) نیز شرایط مناسب رویشگاهی را در پراکنش گونه‌ی مورد مطالعه‌ی خود موثر دانستند. از طرف دیگر ریزش بذر بلوط ایرانی و بنه به زیر درختان و قدرت جست‌دهی زیاد بلوط ایرانی نیز، سبب ایجاد الگوی کپه‌ای با شدت بالا در فواصل نزدیک درختان شده است. اخوان و همکاران (۲)، صفری (۳۳)، لی و همکاران (۱۹)، مورو و همکاران (۲۶) و زانگ و همکاران (۴۴) نیز الگوی کپه‌ای گونه‌ی مورد مطالعه خود را به دلیل نحوه‌ی زادآوری آنها معرفی کردند.

الگوی تصادفی و یکنواخت برای بلوط ایرانی و بنه در فواصل متوسط و بزرگ ناشی از عدم استقرار زادآوری است. فشارها و دخالت‌های مختلف موجود در جنگل‌های زاگرس و عرصه‌ی مورد بررسی مانند چرای دام، بهره‌برداری غیراصولی از محصولات فرعی و جمع‌آوری میوه درختان توسط ساکنین منطقه سبب شده تا یکسری از درختان از بین رفته و به‌دلیل عدم استقرار زادآوری ناشی از دلایل فوق شکل کپه‌ها به هم خورده و نهایتاً این فشارها سبب ایجاد الگوی تصادفی و یکنواخت برای درختان در منطقه مورد مطالعه شده است. نتایج پژوهش پوررضا و همکاران (۲۹) در منطقه‌ی جنگلی قلاجه نیز بیانگر عدم استقرار زادآوری درختان بنه در منطقه مورد مطالعه است، آنها همچنین دلیل آن را بهره‌برداری بی‌رویه روستاییان از منطقه مطرح کردند. لوئیس و همکاران (۲۲) نیز در پژوهش خود علت الگوی مشاهده شده را عدم استقرار زادآوری معرفی کردند.

وجود جاذبه بین دو گونه مورد مطالعه در فواصل کوچک به دلیل نیازهای مشابه دو گونه (۲۲) و وجود شرایط رویشگاهی مناسب (۶) می‌باشد. از طرفی با توجه به نحوه عملکرد این تابع که بر اساس شمارش تعداد درختان بر روی حلقه‌هاست، بنابراین الگوی کپه‌ای برای درختان بلوط ایرانی و بنه در فواصل کوچک که نشان‌دهنده وجود تعداد زیاد درختان بلوط اطراف درختان بنه است، باعث شده که اثرات متقابل درختان در این فواصل به شکل جاذبه بیان شود. قرار

منابع

1. Akhavan, R. and Kh. Sagheb-Talebi. 2012. Application of bivariate Ripley's K- function for studying competition and spatial association of trees (Case study: intact Oriental beech stands in Kelardasht). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(4): 632-644 (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. Baddeley, A. 2008. Analysing spatial point patterns in R. Workshop Notes, 171 pp.
4. Bagheri, J., A. Salehi and K. Taheri Abkenar. 2014. Effective Factors on Regeneration Establishment and Quantitative and Qualitative Characteristics of *Pistacia atlantica* in Different Physiographic Conditions (Case Study: Khojir National Park). Iranian Forests Ecology, 2(3): 1-12 (In Persian).
5. Bolibok, L. and W. Gil. 2013. Selected methods for spatial structure analysis of tree stands with heterogeneous tree density. Sylwan, 157(8): 618-629.
6. Chesson, P. 2000. Mechanisms of maintenance of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 31: 343-366.
7. Dale, M.R.T. 1999. Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology. Cambridge University Press, 327 pp.
8. Erfanifard, Y. and F. Naziri. 2017. Comparison of Ripley's K-, pair correlation, and O-ring functions in spatial pattern analysis of Christ's thorn jujube trees (*Ziziphus spina-christi*) in Fars province. Forest and Wood Products, 70(1): 1-9 (In Persian).
9. Erfanifard, Y., J. Fegghi, M. Zobeiri and M. Namiranian. 2008. Investigation on the Spatial Pattern of Trees in Zagros Forests. Journal of the Iranian Natural Resource, 60(4): 1319-1343 (In Persian).
10. Erfanifard, Y., L. Zare and J. Fegghi. 2013. Application of Indicators of the nearest neighbor in Iranian oak branches Zagros forests (*Quercus brantii* var. *persica*). Journal of Applied Ecology, 2(5): 15-24 (In Persian).
11. Fajardo, A., J. Goodburn and J. Graham. 2006. Spatial patterns of regeneration in managed uneven-aged Ponderosa pine/Douglas-fir forests of Western Montana, USA. Forest Ecology and Management, 223: 255-266.
12. Gray, H. and L. He. 2009. Spatial point pattern analysis for detecting density dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. Forest Ecology and Management, 259: 98-106.
13. Harvey, B.D., A. Leduc, S. Gauthier and Y. Bergeron. 2002. Stand- landscape integration in natural disturbance- based management of the southern boreal forest. Forest Ecology and Management, 155: 369-385.
14. Illian, J., A. Penttinen, H. Stoyan and D. Stoyan. 2008. Statistical Analysis and Modelling of Spatial point patterns. John & whiley Sons, Ltd, 560 pp.
15. Janík, D., K. Král, D. Adam, L. Hort, P. Samonil, P. Unar, T. Vrska and S. McMahon. 2016. Tree spatial patterns of *Fagus sylvatica* expansion over 37 years. Forest Ecology and Management, 375: 134-145.
16. 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).
17. Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. 2nd edn, Benjamin/Cummings, 620 pp.
18. Letcher, B.H., J.A. Priddly, J.R. Walter and L.B. Crowder. 1998. An individual-based, spatially-explicit simulation model of the population dynamic of the endangered red-cockaded wood-pecker, *Picoides borealis*. Biological Conservation, 86: 1-14.
19. Li, L., Zh. Huang, W. Ye, H. Cao, Sh. Wei, Zh. Wang, L. Lian, I.F. Sun, K. Ma and F. He. 2009. Spatial distribution of tree species in a subtropical forest of China. Oikos, 118: 495-502.
20. Li, W. and G. Zhang. 2015. Population structure and spatial pattern of the endemic and endangered subtropical tree *Parrotia subaequalis* (Hamamelidaceae). Flora, 212: 10-18.
21. Luis, M.D., J. Raventos, T. Wiegand and C.H. Hidalgo. 2008. Temporal and spatial differentiation in seedling emergence may promote species coexistence in Mediterranean fire-prone ecosystems. Ecography, 31: 620-629.
22. Martinez, I., T. Weigand, F. Gonzalez and J.R. Obeso. 2010. Spatial associations among tree species in a temperate forest community in North-western Spain. Forest Ecology and Management, 260: 456-465.
23. Mirazadi, Z. and B. Pilehvar. 2013. The Effects of Some Ecological Factors on *Myrtus Communis* Distribution in Lorestan Province. Iranian Forests Ecology, 1(2): 1-11 (In Persian).
24. Mirzaei, M., A.E. Bonyad and J. Aziz. 2016. Investigation comparison of K-Ripley and distance indices in order to determinate of spatial pattern of *Quercus Brantii* Lind l in Zagros forests. Forest Research and Development, 1(3): 231-240 (In Persian).
25. Modaberi, A., J. Soosani, K. Abrari Vajari, Sh. Khosravi and P. Farhadi. 2016. The Survey of the Structure of the Central Zagros Forests. Forest Strategical Approachment Journal. 1(3): 34-45 (In Persian).

26. Mouro, S.M., L.V. García, T. Marañón and H. Freitas. 2007. Recruitment Patterns in a Mediterranean Oak Forest: A Case Study Showing the Importance of the Spatial Component. *Forest Science*, 53(6): 645-652.
27. Palmino, R.L. 2005. Spatial distribution patterns of trees in a seasonally dry forest in the cerros de Amotape National Park, northwestern Peru. *Revista Peruana de Biología*, 12(2): 317-326.
28. Porma, R., Sh. Shataee Joybari, Y. Khodakarami, H. Habashi. 2010. Evaluation of Landsat-ETM+ and IRS-LISS III satellite data for forest type mapping in Zagros forest (Case study: Ghalajeh forest, Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(4): 594-606 (In Persian).
29. Pourreza, M., J.D. Shaw, H. Zangeneh. 2008. Sustainability of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in Zagros forests, Iran. *Forest Ecology and Management*, 225: 3667-3671.
30. Rayburn, A.P. 2011. Causes and Consequences of Plant Spatial Patterns in Natural and Experimental Great Basin (USA) Plant Communities. PhD thesis, Utah State University, 162 pp.
31. Rayburn, A.P., K. Schiffrers and E.W. Schupp. 2011. Use of precise spatial data for describing spatial patterns and plant interactions in a diverse Great Basin shrub community. *Plant Ecology*, 212: 585-594.
32. Ripley, B.D. 1977. Modeling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, 39(2): 172-212.
33. Safari, A. 2009. The Study of Spatial Pattern of Oak manna tree (*Quercus brantii* Lindl.) and Wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in Zagross Forests. (Case Study: Bayangan, Kermanshah province). M.Sc. Thesis, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. 154 pp (In Persian).
34. Schiffrers, K., F.M. Schurr, K. Tielbörger, C. Urbach, K. Moloney and F. Jeltsch. 2008. Dealing with virtual aggregation— a new index for analyzing heterogeneous point patterns. *Ecography*, 31: 545-555.
35. Stamatellos, G. and G. Panourgias. 2005. Simulating spatial distributions of forest trees by using data from fixed area plots. *Forestry*, 78(3): 305-312.
36. Tsitsoni, T., D. Karamanolis, G. Stamatellos and P. Ganatsas. 2003. Spatial pattern and connection of tree diameter classes in *Pinus halepensis* M. Stands after wildfire. 8th International conference on environmental science and technology Lemons Island, Greece, 904-910.
37. Watson, D.M., D.A. Rosheir and T. Wiegand. 2007. Spatial ecology of a root parasite— from pattern to process. *Austral Ecology*, 32: 359-369.
38. Wei-dong, H., G. Xiu-mei and L. Lin-feng. 2001. Spatial pattern of dominant species of the secondary monsoon rain forest in Lianjiang, Guangdong Province. *Journal of Forestry Research*, 12(2): 101-104.
39. Wiegand, K., F. Jeltsch and D. Ward. 2000. Do spatial effects play a role in the spatial distribution of desert-dwelling *Acacia raddiana*?, *Journal of Vegetation Science*, 11: 473-484.
40. Wiegand, T. and K.A. Moloney. 2004. Rings, circles and null-models for point pattern analysis in ecology. *Oikos*, 104: 209-229.
41. Wiegand, T. and K.A. Moloney. 2014. *Handbook of Spatial Point-Pattern Analysis in Ecology*. Taylor and Francis Group, CRC Press, 538 pp.
42. Wiegand, T., S. Gunatilleke, N. Gunatilleke and T. Okuda. 2007. Analysing the syructure of a Sri lankan trees Species with multiple scales of clustering. *Ecology*, 88(12): 3088-3102.
43. Zhang, Q., Y. Zhang, S. Peng, E. Yirdaw and N. Wu. 2009. Spatial structure of Alpine trees in mountain Baima Xueshan on the southeast Tibetan plateau. *Silva Fennica*, 43(2): 197-208.
44. Zhang, Y., J. Li, Sh. Chang, X. Li and J. Lu. 2012. Spatial distribution pattern of *Picea schrenkiana* population in the Middle Tianshan Mountains and the relationship with topographic attributes. *Journal of Arid Land*, 4(4): 457-468.
45. Zhu, Y., S. Getzin, T. Wiegand, H. Ren and K. Ma. 2013. The Relative Importance of Janzen-Connell Effects in Influencing the Spatial Patterns at the Gutianshan Subtropical Forest. *Plos One*, 8(9): e74560. doi:10.1371/journal.pone.0074560.

Spatial Pattern and Interaction Analysis of *Quercus Brantii* Lindl. and *Pistacia Atlantica* Desf. in Qalajeh Forests of Kermanshah using K2 Function

Mahsa Karimi¹ and Asghar Fallah²

1- Ph.D. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,
(Corresponding author: karimi.mahsa99@gmail.com)

2- Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
Received: June 27, 2017 Accepted: December 4, 2017

Abstract

Quercus brantii Lindl. and *Pistacia atlantica* Desf. are the most important tree species in Zagros forests, The abundant use of these trees by the inhabitants of the area has led to a reduction in the quality and quantity of these valuable species, as well as the creation of heterogeneous masses. Recognizing the spatial pattern and the interactions of trees can be a key to managerial interventions for the conservation, restoration and development of forests. On the other hand, the continued involvement of Zagros inhabitants in forest areas has created many heterogeneous areas that make it necessary to recognize these areas in order to manage them in order to reduce the impact of human intervention. Therefore, the aim of this study is to determine the spatial pattern and interactions of *Quercus brantii* Lindl. and *Pistacia atlantica* Desf. in heterogeneous masses of Zagros forests. For this purpose, an heterogeneous area of 30 hectares was selected in Kermanshah Qalajeh forests and fully was inventoried, A point map of *Quercus brantii* Lindl. trees and *Pistacia atlantica* Desf. in the study area was prepared using a distance-azimuth method. In this study, the spatial pattern and interaction of trees was analyzed using univariate and bivariate K2 function. The results of this study showed that *Quercus brantii* Lindl. trees and *Pistacia atlantica* Desf. are 85.6% and 9.7% of the trees in the studied area and have a mixed pattern. Spatial pattern of *Quercus brantii* Lindl. and *Pistacia atlantica* Desf. changes from clumped to random and from random to uniform with increasing of distance, respectively. Analysis of K2 bivariate function showed attraction in distances of less than 8 meters and the non-interaction of species in other distances.

Keywords: Point map, Heterogeneous mass, Distance-azimuth method, Monte-Carlo range, Clumped pattern