جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷
ص ۱۴۹-۱۵۹
DOI: 10.22059/jfwp.2018.253844.901

الگوی پراکنش و رقابت بین‌گونه‌ای سه گونهٔ بلوط در توده‌های جنگلی بانهٔ کردستان

رضا اخوان[۱]، معصومه خان‌حسنی[۲*]، یحیی خداکرمی[۲]

۱. دانشیار پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲. مربی پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۱۲/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۳۱

چکیده

بررسی الگوی مکانی افراد یک گونه و نیز کنش‌های متقابل آنها به‌منظور درک پویایی مکانی و زمانی جوامع ضروری است. این تحقیق با هدف تعیین الگوی مکانی سه گونهٔ عمدهٔ بلوط شامل بروادر، مازودار و وی‌ول در جنگل‌های زاگرس شمالی و همچنین بررسی رقابت بین‌گونه‌ای آنها در جنگل‌های اطراف بانهٔ کردستان انجام گرفت. جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از شش قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر که به‌صورت تصادفی انتخاب شدند، انجام گرفت. در داخل این قطعه نمونه‌ها، نوع گونه‌ها و مختصات مکانی درختان بلوط به‌روش فاصله- آزیموت تعیین شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از حالت‌های تک‌متغیره و دومتغیرهٔ آمارهٔ او-رینگ به‌ترتیب به‌منظور بررسی الگوی مکانی و کنش متقابل گونه‌های مختلف جنس بلوط انجام گرفت. نتایج نشان داد که الگوی کلی پراکنش پایه‌های بلوط در مقیاس مکانی کوچک یعنی حداکثر تا فاصلهٔ ۱۵ متری کپه‌ای است، ولی با بزرگ شدن مقیاس بررسی به‌سمت الگوی تصادفی میل می‌کند. بررسی رقابت بین‌گونه‌ای و کنش متقابل گونه‌های مختلف جنس بلوط نیز نشان داد که رقابت معنی‌داری بین آنها وجود ندارد و در بیشتر موارد اثر متقابل از نوع مستقل یا در نهایت جاذبه است. دانه‌زاد بودن اغلب توده‌ها، همگنی رویشگاه و نبود رقابت بین‌گونه‌ای از عوامل مؤثر در شکل دادن الگوی پراکنش بینابینی کپه‌ای- تصادفی بلوط‌ها تعیین شد. با توجه به نبود رقابت معنادار بین پایه‌های این سه گونهٔ بلوط، هر گونه دخالت با هدف احیا و غنی‌سازی این توده‌ها باید با رعایت آمیختگی فردی و حفظ الگوی پراکنش کپه ای- تصادفی انجام گیرد و از تک‌کِشتی پرهیز شود.

واژه‌های کلیدی: الگوی مکانی، آمارهٔ او-رینگ، بانه، بلوط‌های زاگرس، کنش متقابل.

مقدمه

جنگل‌های منطقهٔ زاگرس بخشی از عرصه‌های جنگلی کشورند که از نظر تولید چوب صنعتی مدنظر نیستند، اما از جنبهٔ حفظ آب و جلوگیری از فرسایش خاک بسیار اهمیت دارند. با وجود تنوع چشمگیر گونه‌های درختی و درختچه‌ای در جنگل‌های زاگرس، درصد زیادی از ترکیب گونه‌ای این جنگل‌ها به گونه‌های مختلف جنس بلوط اختصاص دارد. گونه‌های مختلف جنس بلوط در بیشتر نقاط به‌صورت گونهٔ غالب است و می‌توان گفت که جنس بلوط مشخص‌کنندهٔ سیمای ظاهری این جنگل‌هاست.

سه گونه از جنس بلوط به‌طور عمده در جنگل‌های زاگرس شمالی حضور دارند که عبارت‌اند از بروادر[۱]، مازودار[۲] و وی‌ول[۳]. بروادر را می‌توان از معدود گونه‌های بلوط دانست که در سرتاسر زاگرس از آذربایجان غربی تا

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۸۵۷۴۰۵۴
Email: mkhanhasani@gmail.com

1. *Quercus brantii* Lindl.
2. *Quercus infectoria* Oliv.
3. *Quercus libani* Oliv.

فارس گسترش دارد. این گونه کم‌توقع و بردبار است و به همین دلیل از ارتفاع حداقل (به‌تناسب مناطق مختلف ۶۰۰ تا ۷۵۰ متر از سطح دریا) تا بالاترین ارتفاع (حداکثر ۲۴۰۰ متر)، از اقلیم‌های به‌نسبت خشک، نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب و مرطوب و در انواع خاک‌ها از قهوه‌ای، لیتوسل تا واریزه‌ای و در خاک‌های سطحی تا عمیق، از دره‌ها گرفته تا دامنه‌ها و در همهٔ جهت‌های جغرافیایی دیده می‌شود. این گونه در مقابل تخریب بسیار مقاوم است و قدرت جست‌دهی زیادی دارد. مازودار از برودار پرتوقع‌تر است و اغلب روی دامنه‌های شمالی و خاک‌های حاصلخیز مستقر می‌شود و از نظر ارتفاعی در قسمت‌های میان‌بند تشکیل تیپ می‌دهد. این گونه پس از برودار از پراکنش بیشتری برخوردار است. مرز پایین و بالای این گونه به‌ترتیب با برودار و وی‌ول ادغام می‌شود و تشکیل تیپ‌های آمیخته می‌دهد. تیپ‌های خالص وی‌ول اغلب در ارتفاعات فوقانی و تیپ‌های آمیختهٔ آن در بیشتر مواقع همراه مازودار یا برودار دیده می‌شوند [۱].

به‌طور کلی الگوی مکانی گیاهان در هر رویشگاه به دو صورت تصادفی[1] یا غیرتصادفی است که پراکنش غیرتصادفی به دو شکل پراکنده[2] و کپه‌ای[3] تقسیم می‌شود. الگوی تصادفی به طور معمول به همگنی محیط اشاره دارد و الگوی غیرتصادفی بیانگر برخی محدودیت‌ها (آب، نور و غذا) و شرایط محیطی نامساعد در جامعه است که سبب می‌شود گیاهان در مکان‌های مساعد تجمع یابند. الگوی پراکنش کپه‌ای عمومی‌ترین الگوی پراکنش مشاهده‌شده در طبیعت است [۲] که ناشی از دو عامل اصلی است: ناهمگنی محیطی و محدودیت پراکنش بذر [۳].

کنش متقابل درختان اهمیت زیادی در الگوهای مکانی آنها در جوامع گیاهی دارند. این کنش‌ها بر فرایندهای اکولوژیکی پویایی گونه‌ها شامل رشد، تجدید حیات و مرگ تأثیر دارند [۴]. الگوهای پراکنش درختان از عوامل زیستی و شرایط محیطی مختلفی در جوامع گیاهی متأثر می‌شوند. این الگوها از باد، جریان آب، شدت نور، جانوران، خصوصیات گونه‌ها مانند نوع زادآوری و پراکنش بذر، رقابت درون و بین‌گونه‌ای، آشفتگی‌ها یا ناهمگنی‌های محیطی تأثیر می‌پذیرند [۵]. تحلیل الگوهای مکانی در مقیاس‌های مختلف به شناخت بهتر فرایندهای جاری کمک می‌کند. بنابراین به‌منظور شناخت الگوها و فرایندهای تغییر جنگل، تحلیل الگوهای مکانی درختان ضروری است.

در سال‌های اخیر روش‌های زیادی به‌منظور بررسی الگوهای مکانی گیاهان ایجاد شده که یکی از جدیدترین آنها که مبتنی بر ثبت و جایابی همهٔ پایه‌ها و مشتق از تابع K رایپلی است، آمارهٔ او–رینگ[4] است. جایگزینی حلقه‌ها در او–رینگ به‌جای دوایر در تابع K رایپلی، این آماره را در کشف الگو در فواصل مختلف توانمندتر می‌سازد [۶]. از جمله تحقیقات انجام‌گرفته توسط آمارهٔ او–رینگ در داخل کشور می‌توان به تحقیقات Karimi و همکاران (۲۰۱۲) در تعیین کنش متقابل و الگوی مکانی درختان در جنگل‌های باینگان کرمانشاه [۷]، Omidvar و همکاران (۲۰۱۵) در تعیین الگوی مکانی و رقابت درون‌گونه‌ای بلندمازو در جنگل‌های نکای مازندران [۸]، Biabani و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی الگوی مکانی و کنش متقابل دارمازو و وی‌ول در جنگل‌های سردشت آذربایجان غربی [۹]، Erfanifard و Naziri (۲۰۱۷) در بررسی الگوی مکانی درختان کنار در فارس [۱۰] و Akhavan و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی الگوی پراکنش و رقابت درون‌گونه‌ای اُرس در جنگل‌های لاین استان خراسان [۱۱] اشاره کرد.

از تحقیقات خارجی در زمینهٔ استفاده از آمارهٔ او–رینگ می‌توان تحقیقات Hao (۲۰۰۷) در جنگل‌های آمیختهٔ معتدله کاج[5] در چین در تعیین الگوی پراکنش مکانی درختان و رقابت طبقات ارتفاعی آنها [۲]، Luis و همکاران (۲۰۰۸) در

1. Random
2. Disperse
3. Clump

4. O- ring statistic
5. *Pinus Koraiensis*

جنگل‌های مدیترانه‌ای اسپانیا [۱۲]، Marin (۲۰۱۱) در یک جنگل حفاظت‌شده واقع در شرق رشته‌کوه آلپ ایتالیا [۱۳]، Cheng و همکاران (۲۰۱۳) در تعیین الگوی مکانی و رقابت درون‌گونه‌ای بلوط[1] در چهار مرحلهٔ رویشی مختلف در چین [۱۴]، Ning و همکاران (۲۰۱۴) در جنگل‌های نراد- توس در بررسی رقابت بین طبقات مختلف قطری در ناحیهٔ سیچوان چین [۱۵] و Kang و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی الگوی پراکنش و رقابت بین‌گونه‌ای کاج و بلوط در یک جنگل آمیخته در ناحیهٔ کوهستانی Qinling چین [۱۶] را نام برد.

با توجه به اهمیت جنس بلوط و گونه‌های آن در تشکیل پوشش جنگلی در ناحیهٔ رویشی زاگرس در غرب ایران و تأثیر این جنگل‌ها در حفظ خاک، تولید آب و تأمین معاش ساکنان این ناحیه و نیز با عنایت به اینکه تاکنون تحقیق جامعی در زمینهٔ بررسی همزمان الگوی پراکنش و کنش متقابل هر سه گونهٔ عمدهٔ جنس بلوط در ناحیهٔ زاگرس شمالی با استفاده از روش‌های آمار مکانی انجام نگرفته است، هدف اصلی این پژوهش، بررسی و تعیین الگوی پراکنش مکانی این سه گونه شامل برودار، مازودار و وی‌ول و هدف دیگر، تعیین نوع کنش متقابل (جاذبه، مستقل و دافعه) و رقابت بین گونه‌ای آنها در جنگل‌های کمتر دست‌خورده در اطراف شهرستان بانهٔ کردستان است؛ با تعیین و شناخت آنها، دخالت‌های مدیریتی در این توده‌ها را می‌توان بهتر و منطبق‌تر بر واقعیت‌های موجود اعمال کرد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

منطقهٔ تحقیق، جنگل‌های اطراف شهرستان بانه در استان کردستان است. برای این پژوهش، شش تودهٔ جنگلی کمتردست‌خورده و تقریباً خالص از جنس بلوط با توجه به شرایط توپوگرافی و ترکیب گونه‌ای به‌صورت تصادفی انتخاب شدند (شکل ۱، جدول ۱). پوشش جنگلی منطقه بیشتر از سه گونه جنس بلوط شامل برودار، مازودار و وی‌ول تشکیل شده و گونه‌های همراه آنها زالزالک[2] و گلابی وحشی[3] است.

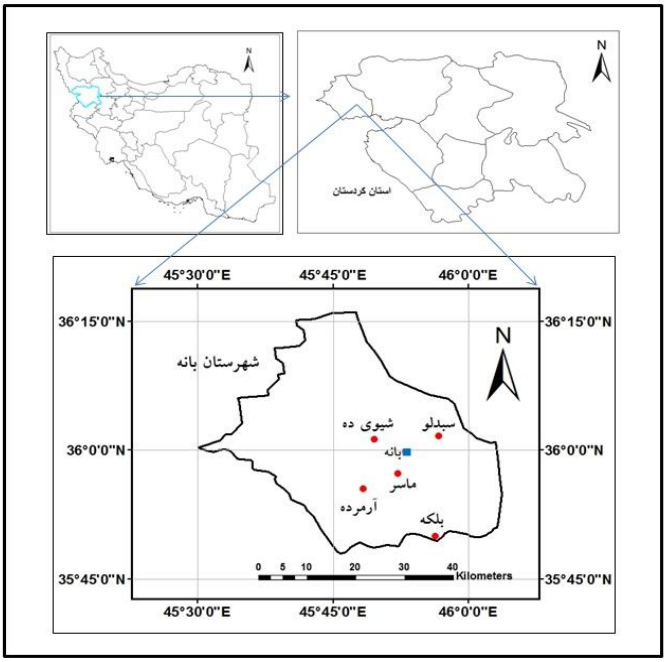
براساس آمار هشت‌سالهٔ (۱۳۸۶-۱۳۷۹) ایستگاه هواشناسی شهرستان بانه، متوسط دمای سالیانهٔ هوا ۱۳/۶ درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۷۱۴ میلی‌متر است. بیشترین بارندگی در بهمن با ۱۵۳/۱ میلی‌متر و کمترین آن در مرداد با ۱/۲ میلی‌متر رخ می‌دهد. الگوی بارش مدیترانه‌ای است و بیشتر بارندگی در فصل‌های سرد سال اتفاق می‌افتد.

روش پژوهش

جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از شش قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری مربع‌شکل به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر که در توده‌های کمتر دست‌خورده تقریباً خالص از جنس بلوط به‌صورت تصادفی انتخاب شدند، انجام گرفت. در داخل این قطعه نمونه‌ها مختصات مکانی همهٔ درختان بلوط و نوع گونهٔ آنها تعیین شد. بدین ترتیب که پس از تعیین محدودهٔ قطعه نمونه‌ها در عرصه، مختصات گوشهٔ جنوب غربی آنها با دستگاه GPS در سیستم مختصات UTM برداشت و ثبت شد. سپس به‌منظور ثبت مختصات درختان موجود در قطعه نمونه‌های یک‌هکتاری از روش فاصله- آزیموت استفاده شد. به این صورت که فاصله و آزیموت درخت اول نسبت به گوشهٔ جنوب غربی قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری (نقطهٔ مبنا) با دستگاه ورتکس و قطب‌نمای سونتو اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی (x,y) تبدیل شد. سپس این مختصات به مختصات نقطهٔ مبنا اضافه شد و در نتیجه مختصات اولین درخت به‌دست آمد. به‌همین ترتیب فاصله و آزیموت هر درخت نسبت به درخت قبلی سنجیده و به مختصات UTM تبدیل شد. با توجه به حضور بسیار کم گونه‌های همراه بلوط (زالزالک و گلابی وحشی) در قطعه نمونه‌های مورد بررسی (کمتر از ۵ درصد)، فقط از داده‌های مربوط به درختان بلوط در تجزیه‌وتحلیل‌ها استفاده شد.

1. *Quercus liatungensis*

2. *Crateagus azarolus*
3. *Pyrus glabra*



شکل ۱. منطقهٔ تحقیق و وضعیت پراکنش قطعات نمونهٔ بررسی‌شده

جدول ۱. مشخصات قطعات نمونهٔ یک‌هکتاری انتخاب‌شده

نام قطعه	آرمرده	بلکه	سبدلو	شیوی‌ده	ماسر ۱	ماسر ۲
مبدأ	دانه‌زاد	دانه‌زاد	دانه‌زاد	شاخه و دانه‌زاد	دانه‌زاد	شاخه و دانه‌زاد
جهت جغرافیایی	غربی	جنوبی	شرقی	جنوبی	جنوب شرقی	جنوبی
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۶۷۰	۱۳۱۰	۱۷۵۸	۱۶۱۰	۱۵۶۰	۱۶۱۰
شیب (درصد)	۳۰	۲۰	۳۰	۳۵	۲۵	۲۷

آمارهٔ او-رینگ

استفاده از آمارهٔ او-رینگ ($O_{(r)}$) در بررسی الگوی مکانی مفیدتر از تابع K رایپلی و شکل خطی آن یعنی تابع L است. قرارگیری حلقه‌ها در او-رینگ به‌جای دوایر در تابع K، این آماره را در کشف الگو در فواصل مختلف توانمندتر می‌سازد [۶]. توابع K و L براساس تعداد نقاط (درختان) موجود در داخل دوایر با شعاع r در اطراف نقاط مرکزی محاسبه می‌شوند و ماهیت تجمعی دارند؛ به‌طوری که با افزایش شعاع دایره، الگوی مکانی شامل ترکیبی از اطلاعات مکانی نقاط در مقیاس‌های کوچک و بزرگ خواهد بود. اساس آمارهٔ او-رینگ، متوسط تعداد نقاط (درختان) قرارگرفته بر روی حلقه‌ها با شعاع r از نقاط مرکزی در داخل قطعهٔ بررسی‌شده است [۱۲].

همانند تابع K رایپلی، از آمارهٔ او-رینگ تک‌متغیره برای نشان دادن الگوی پراکنش گونه‌ها (تصادفی، کپه‌ای و یکنواخت) و از حالت دومتغیرهٔ آن به‌منظور بررسی کنش متقابل درختان یا الگوی اجتماع‌پذیری آنها استفاده می‌شود که می‌توان آن را به سه دسته اثر متقابل یا اجتماع‌پذیری مثبت (جاذبه[1])، بدون اثر متقابل (استقلال[2]) و منفی (دافعه[3]) تقسیم کرد. آمارهٔ او-رینگ با تابع K رایپلی و تابع همبستگی جفتی $g_{(r)}$ ارتباط دارد که به‌صورت رابطهٔ ۱ محاسبه می‌شود.

$$O_{(r)} = \lambda g_{(r)} \qquad (۱)$$

در این رابطه، $O_{(r)}$ آمارهٔ تک‌متغیرهٔ او-رینگ، λ تراکم (تعداد در واحد سطح) و $g_{(r)}$ تابع همبستگی جفتی (مشتق

1. Attraction
2. Independence
3. Repulsion

تابع K رایپلی) است. در الگوی کاملاً تصادفی $O_{(r)} = \lambda$ است، $O_{(r)} > \lambda$ نشان‌دهندهٔ الگوی کپه‌ای در فاصلهٔ r و $O_{(r)} < \lambda$ نشان‌دهندهٔ الگوی منظم یا یکنواخت است.

در آمارهٔ او–رینگ دومتغیره، $O_{۱۲(r)}$ تعداد مورد انتظار گروه دو در فاصلهٔ r از نقطهٔ دلخواه گروه یک است (رابطهٔ ۲). اگر $O_{۱۲(r)} = \lambda_۲$ باشد، دو الگو یا دو گروه از درختان از هم مستقل‌اند و بدون اثر متقابل معنی‌دارند که به‌عنوان فرض صفر در نظر گرفته می‌شود. اگر $O_{۱۲(r)} > \lambda_۲$ باشد، نشان‌دهندهٔ حالت جاذبه (نبود رقابت) است و اگر $O_{۱۲(r)} < \lambda_۲$ باشد، حالت دافعه (وجود رقابت) بین دو گروه را نشان می‌دهد.

$$O_{۱۲(r)} = \lambda_۲ g_{۱۲(r)} \qquad (۲)$$

در این رابطه، $O_{۱۲(r)}$ آمارهٔ دومتغیره او– رینگ، $\lambda_۲$ تراکم (تعداد در واحد سطح) گروه دوم و $g_{۱۲(r)}$ مشتق تابع $K_{۱۲(r)}$ است.

برای آزمون فرض صفر و بررسی اختلاف معنی‌داری، نتایج حاصل از $O_{(r)}$ و $O_{۱۲(r)}$ در سطح احتمال مشخص با شبیه‌سازی مونت‌کارلو مقایسه می‌شود. در صورتی که مقادیر $O_{(r)}$ و $O_{۱۲(r)}$ در داخل محدودهٔ مونت‌کارلو قرار گیرند، فرض صفر در آن فاصله تأیید می‌شود و در صورتی که این مقادیر خارج از محدودهٔ مونت‌کارلو قرار گیرند فرض صفر رد می‌شود. در این تحقیق ۹۹ بار شبیه‌سازی الگوی تصادفی با داده‌های موجود در هر قطعه نمونه به‌روش مونت‌کارلو انجام گرفت تا حد بالا و پایین محدودهٔ الگوی تصادفی مشخص شود. فاصلهٔ مورد عمل برای محاسبه آمارهٔ او–رینگ تک‌متغیره، ۵۰ متر در نظر گرفته شد. این فاصله، به‌طور معمول برابر با نصف طول ضلع کوچک قطعهٔ مورد بررسی است [۱۱]. فاصلهٔ مورد عمل در بررسی آمارهٔ دومتغیره او–رینگ نیز تا ۵۰ متر بود، زیرا اثر متقابل درختان در فواصل بیش از ۵۰ متر به کمترین خود می‌رسد [۱۱]. ازآنجا که به‌طور معمول درختان گونهٔ غالب بر رویش درختان گونهٔ مغلوب اثرگذارند، ولی درختان گونهٔ مغلوب بر رویش درختان غالب تأثیر چندانی ندارند [۱۱]، در محاسبات، مکان درختان گونهٔ بلوط با فراوانی بیشتر در هر قطعه نمونه ثابت و مکان درختان گونهٔ بلوط با فراوانی کمتر (جدول ۱) متغیر در نظر گرفته شد [۲]. پیش از استفاده از آمارهٔ او–رینگ، توزیع آماری درختان بلوط در قطعه نمونه‌های مورد بررسی، ارزیابی و نیکویی برازش توزیع پواسون همگن بر توزیع آنها با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف بررسی شد. همهٔ محاسبات مربوط به تعیین مقادیر آمارهٔ او–رینگ با استفاده از نرم‌افزار *Programita* نسخهٔ ۲۰۱۰ انجام گرفت.

نتایج و بحث

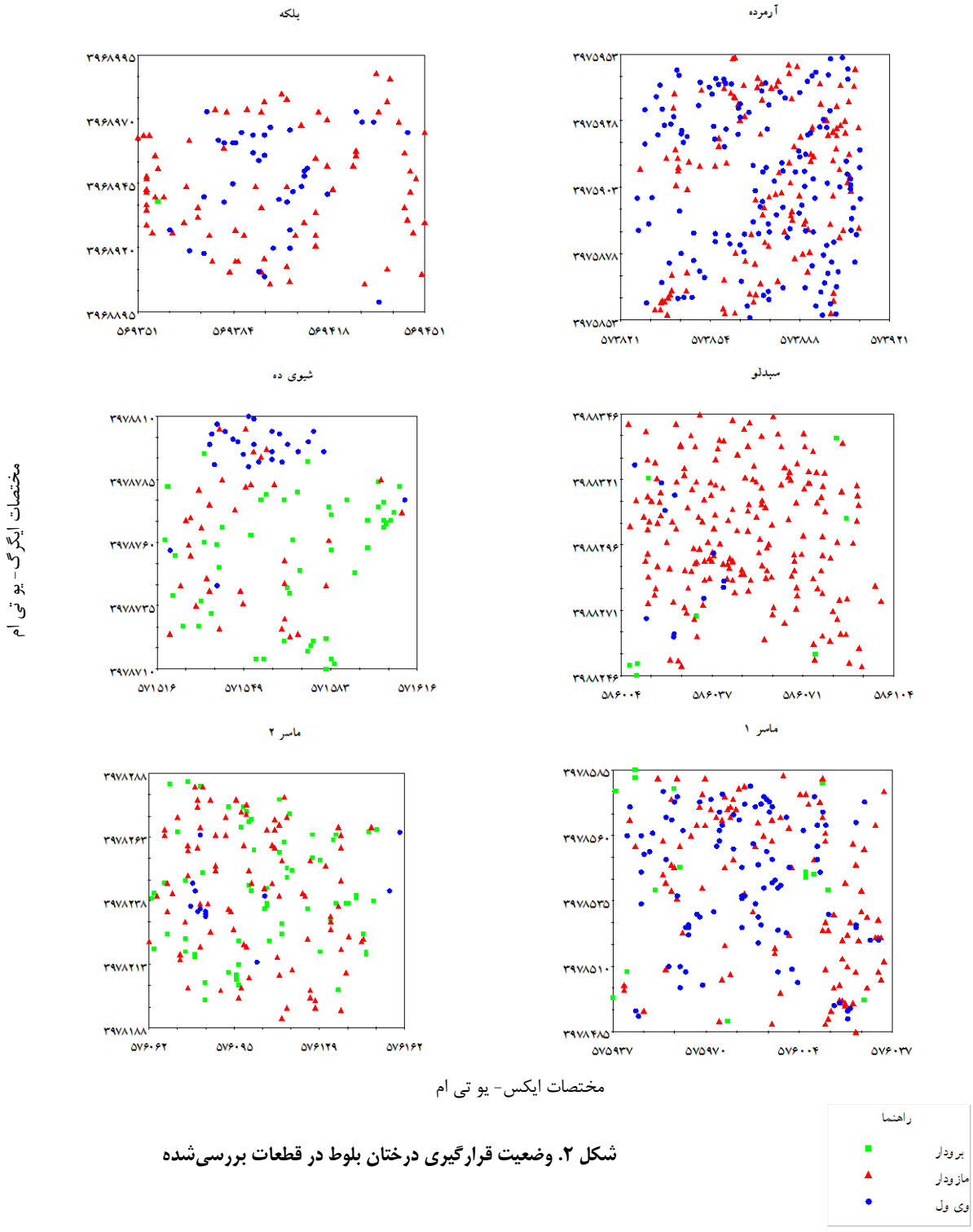
با آماربرداری در شش قطعهٔ تصادفی در عرصهٔ تحت پژوهش، ترکیب گونه‌ای این قطعات مشخص شد (جدول ۲). بیشینه و کمینهٔ تعداد پایه‌ها در این قطعات به‌ترتیب ۲۸۲ و ۱۱۷ پایه در هکتار بود. گونه‌های اصلی تشکیل‌دهندهٔ قطعات سه گونهٔ برودار، مازودار و وی‌ول از جنس بلوط بودند که در محاسبات فقط از آنها استفاده شد؛ زیرا دو گونهٔ همراه زالزالک و گلابی وحشی با تراکم کمتر از ۵ درصد در قطعات یادشده حضور داشتند که به‌علت کمی تراکم در محاسبات دخالت داده نشدند (جدول ۲).

جدول ۲. ترکیب گونه‌ای قطعات نمونهٔ یک‌هکتاری برداشت‌شده

نام قطعه	تعداد برودار	تعداد مازودار	تعداد وی‌ول	دیگر گونه‌ها*	تعداد کل	ترکیب گونه‌ای
آرمرده	–	۱۲۷	۱۴۴	۱۱	۲۸۲	وی‌ول– مازودار
بلکه	۱	۷۵	۳۷	۴	۱۱۷	مازودار– وی‌ول
سبدلو	۸	۱۸۸	۱۱	۱۰	۲۱۷	خالص مازودار
شیوی‌ده	۵۲	۳۴	۲۷	۵	۱۱۸	برودار– مازودار
ماسر ۱	۱۶	۱۰۹	۹۶	۹	۲۳۰	مازودار– وی‌ول
ماسر ۲	۶۸	۸۹	۱۵	۷	۱۷۹	مازودار– برودار

*: شامل زالزالک و گلابی وحشی

موقعیت قرارگیری درختان سه گونهٔ مختلف جنس بلوط در قطعات بررسی‌شده براساس مختصات محاسبه‌شدهٔ آنها نسبت به هم، به تفکیک گونه در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. وضعیت قرارگیری درختان بلوط در قطعات بررسی‌شده

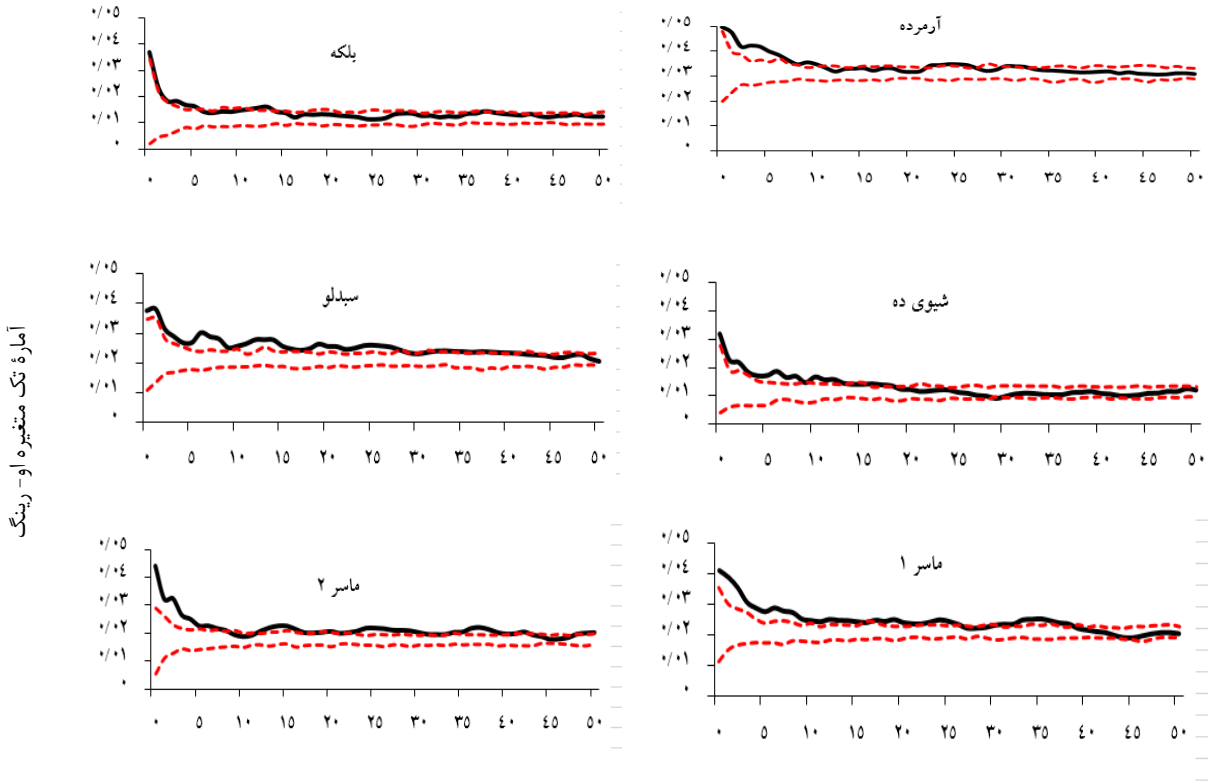
نتایج آمارهٔ تک‌متغیرهٔ او-رینگ

نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنوف نشان داد که توزیع پواسون همگن با توزیع درختان بلوط در قطعه نمونه‌های بررسی‌شده مطابقت ندارد ($P<۰/۰۵$)؛ بنابراین، در این تحقیق از روش او-رینگ ناهمگن استفاده شد. شکل ۳ الگوی مکانی درختان بلوط در قطعات بررسی‌شده را نشان می‌دهد.

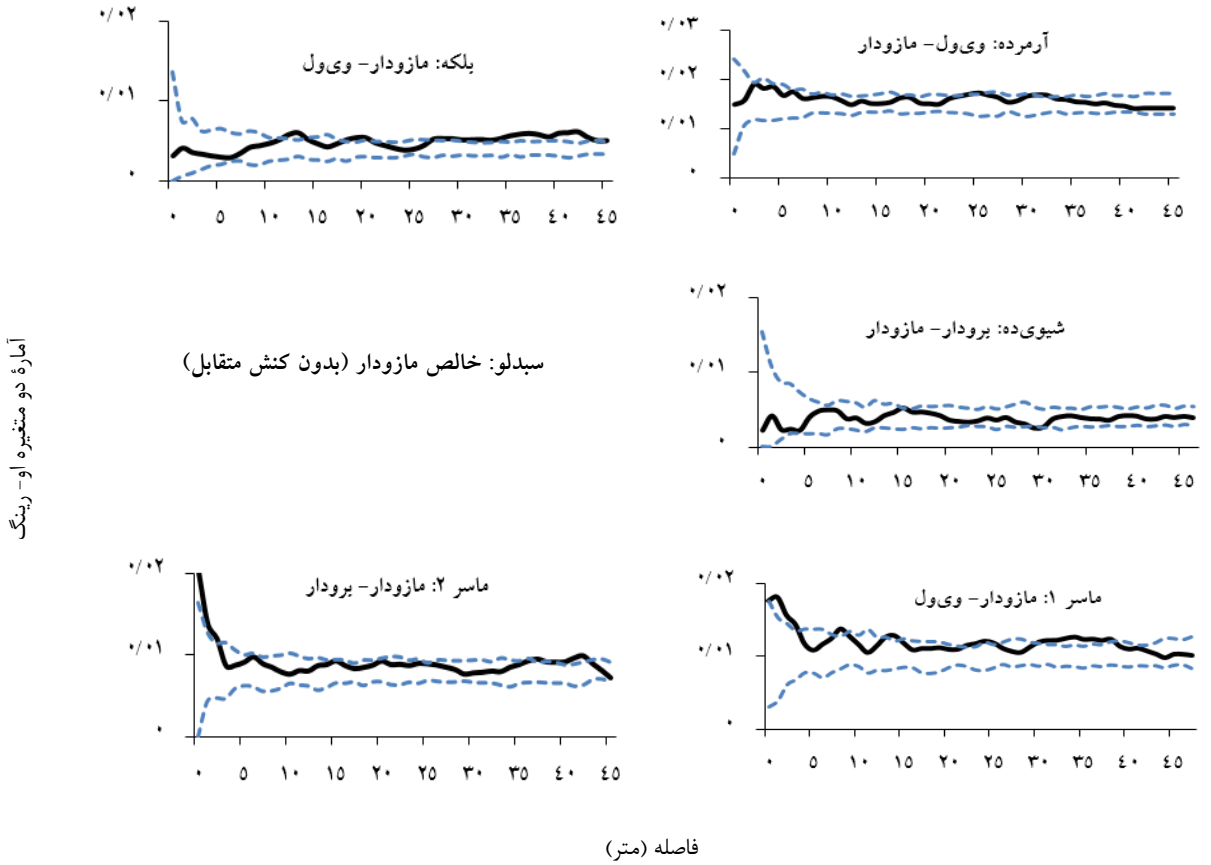
با توجه به شکل ۳ و ازآنجا که نمودار تک‌متغیرهٔ آمارهٔ او-رینگ در بیشتر مقیاس‌های بررسی در داخل محدودهٔ مونت‌کارلو واقع شده است، پراکنش مکانی درختان بلوط در هر شش قطعهٔ بررسی‌شده از الگوی تقریباً یکسانی پیروی می‌کند، به‌طوری که در مقیاس مکانی کوچک یعنی حداکثر تا فاصلهٔ ۱۵ متری الگوی مشاهده‌شده از نوع کپه‌ای و پس از آن الگوی پراکنش درختان از نوع تصادفی است.

نتایج آمارهٔ دومتغیره او-رینگ

شکل ۴ کنش متقابل و رقابت بین‌گونه‌ای بلوط‌ها را با استفاده از آمارهٔ دومتغیرهٔ او-رینگ که به بررسی رقابت‌ها در قطعات تحت بررسی می‌پردازد، نشان می‌دهد.



شکل ۳. الگوی مکانی درختان بلوط در قطعات بررسی‌شده
(خط ممتد نمودار آمارهٔ او-رینگ و خطچین محدودهٔ مونت‌کارلو را نشان می‌دهد؛ اگر آمارهٔ او-رینگ بالاتر، در میان یا پایین‌تر از محدودهٔ مونت‌کارلو قرار گیرد، الگوی مکانی به‌ترتیب کپه‌ای، تصادفی و یکنواخت خواهد بود)



شکل ۴. کنش متقابل و رقابت بین‌گونه‌ای بلوط‌ها در قطعات بررسی‌شده
(خط ممتد نمودار آمارهٔ او– رینگ و خط‌چین محدوده مونت‌کارلو را نشان می‌دهد؛ اگر آمارهٔ او–رینگ بالاتر، در میان یا پایین‌تر از محدوده مونت‌کارلو قرار گیرد، کنش متقابل از نوع جاذبه، مستقل و دافعه خواهد بود)

با توجه به شکل ۴ و ازآنجا که نمودار دومتغیرهٔ آمارهٔ او–رینگ در بیشتر مقیاس‌های بررسی در داخل محدودهٔ مونت‌کارلو واقع شده است، الگوی کلی رقابت و کنش متقابل بین سه گونهٔ بلوط بررسی‌شده از نوع مستقل یا بدون کنش متقابل معنادار است؛ به‌عبارت دیگر رقابت معناداری بین پایه‌های درختی در این قطعات دیده نمی‌شود. فقط در دو قطعهٔ ماسر ۱ و ۲ در مقیاس مکانی کوچک یعنی تا فاصلهٔ ۵ متری کنش متقابل مثبت و از نوع جاذبه است.

با توجه به دانه‌زاد بودن بیشتر قطعات بررسی‌شده، می‌توان تصادفی بودن الگوی پراکنش پایه‌ها را این‌گونه توجیه کرد که بیشتر پایه‌ها در مرحلهٔ بلوغ‌اند و به حمایت درختان مادری نیاز ندارند. همچنین تصادفی بودن الگو به همگنی رویشگاه، نبود رقابت و تراکم متوسط توده‌های بررسی‌شده هم بستگی دارد. هنگامی که شرایط محیطی و منابع پایدار باشند یا دخالت‌های انسانی شدید باشد، الگوی پراکنش درختان به‌سمت تصادفی شدن میل می‌کند [۱۷]؛ اما کپه‌ای بودن الگو در مقیاس‌های کوچک به‌سبب سنگینی بذر بلوط و محدودیت پراکنش آن است که بیشتر بذرها در پای درختان مادری ریخته شده و در زیر سایه و پناه آنها سبز می‌شوند. اما با گذشت زمان و در مقیاس‌های مکانی بزرگ‌تر، تعدادی از این نهال‌ها از بین می‌روند و فاصلهٔ بین آنها زیاد می‌شود تا به الگوی تصادفی برسند. به تأثیر سنگینی بذر در ایجاد الگوی کپه‌ای در تحقیقات Petritan و همکاران (۲۰۱۴)، Biabani و همکاران (۲۰۱۶) و Akhavan و همکاران (۲۰۱۷) نیز اشاره شده است [۹، ۱۱، ۱۸]. البته شاخه‌زاد بودن بخشی از قطعات بررسی‌شده

(جدول ۱) نیز ممکن است دلیل دیگری بر کپه‌ای بودن الگوی پراکنش درختان در مقیاس‌های کوچک باشد [۹].

همان‌گونه که در شکل ۳ مشخص است، با تغییر مقیاس، بررسی نوع الگو تغییر می‌کند. پیشتر محققان دیگری تأثیر مقیاس بررسی در تغییر نوع الگو را اثبات کرده‌اند [۳، ۱۴]، به‌طوری که با بزرگ شدن مقیاس بررسی، الگو به‌طور معمول از کپه‌ای به تصادفی تغییر می‌یابد. Biabani و همکاران (۲۰۱۶) در جنگل‌های سردشت آذربایجان غربی نیز الگوی مکانی درختان مازودار و وی‌ول را در مقیاس‌های کوچک (حداکثر تا ۱۰ متر) کپه‌ای، و در مقیاس‌های بزرگ‌تر، تصادفی تعیین کردند [۹]. همچنین Karimi و همکاران (۲۰۱۲) در یک تودهٔ آمیخته بلوط- بنه در باینگان کرمانشاه برای گونهٔ بلوط ایرانی در مقیاس‌های کوچک (حداکثر تا ۶ متر) به الگوی کپه‌ای و در فواصل زیاد به الگوی تصادفی رسیدند [۷] که نتایج هر دو تحقیق با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در پژوهش Lan و همکاران (۲۰۱۲) در جنگل‌های چین، با تحلیل پراکنش مکانی ۲۰ گونهٔ درختی غالب مشخص شد که بیشتر نهال‌ها دارای پراکنش کپه‌ای در مقیاس کوچک‌اند که در مقیاس‌های بزرگ‌تر مشاهده نمی‌شود [۱۹].

از سوی دیگر نتایج تحلیل‌های دومتغیرهٔ آمارهٔ او- رینگ نشان داد که بیشتر کنش متقابل این سه گونه بلوط از نوع استقلال یا در نهایت در مقیاس‌های کوچک (حداکثر تا ۵ متر) از نوع جاذبه است (شکل ۴). به‌عبارت دیگر، رقابت معنی‌داری بین پایه‌های جنس بلوط از گونه‌های مختلف وجود ندارد و این درختان بدون مشکل رقابتی خاصی در کنار یکدیگر زندگی می‌کنند و حتی در در دو قطعهٔ ماسر ۱ و ۲، این کنش متقابل از نوع حمایتی (مثبت) و جاذبه است. کنش متقابل استقلال یا جاذبه نشان می‌دهد که سه گونه بلوط بررسی‌شده نیازهای رویشی مشابهی داشته یا لایه‌های متفاوتی از جنگل را اشغال کرده‌اند [۲۰]. همچنین استقلال گونه‌ها ممکن است به‌دلیل سن توده و فرم دانه‌زاد آنها هم باشد که نیازی به حمایت درختان مادری ندارند و از هم مستقل‌اند [۹].

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که الگوی پراکنش کلی درختان بلوط در قطعات نمونهٔ بررسی‌شده در مقیاس‌های کوچک (حداکثر تا فاصلهٔ ۱۵ متر) کپه‌ای و سپس تصادفی است. همچنین نتایج نشان داد که الگوی کلی رقابت و کنش متقابل بین سه گونه بلوط بررسی‌شده از نوع مستقل یا بدون کنش متقابل معنی‌دار است؛ به‌عبارت دیگر رقابت معنی‌داری بین پایه‌های درختی در این قطعات نمونه دیده نمی‌شود.

با توجه به الگوی پراکنش بینابینی کپه‌ای- تصادفی سه گونه بلوط در توده‌های بررسی‌شده به‌نظر می‌رسد که هر گونه دخالت در این توده‌ها اعم از برش یا درختکاری باید با حفظ الگوی کپه‌ای- تصادفی موجود همراه باشد و با توجه به نبود رقابت معنی‌دار بین پایه‌های این سه گونه بلوط در عرصهٔ تحقیق، هر گونه درختکاری با هدف احیا و غنی‌سازی این جنگل‌ها باید با رعایت آمیختگی فردی انجام گیرد و از تک‌کِشتی پرهیز شود تا هم پایداری توده تضمین شود و هم تنوع زیستی افزایش یابد.

References

[1]. Fattahi, M. (1994). Study of western Iranian Oak forests and their main degradation causes. Research Institute of Forest and Rangeland Press, No. 101. Tehran.

[2]. Hao, Z., Zhang, J., Song, B., Ye, J., and, Li, B. (2007). Vertical structure and spatial associations of dominant tree species in an old-growth temperate forest. Forest Ecology and Management, 252(1-3): 1-11.

[3]. Wang, X., Ye, J., Li, B., Zhang, J., Lin, F., and Hao, Z. (2010). Spatial distributions of species in an old-growth temperate forest, northeastern China. Canadian Journal of Forest Research, 40(6):1011-1019.

[4]. Bieng M.A.N, Perot, T, De Coligny, F., and Goreaud, F. (2013). Spatial pattern of trees influences species productivity in a mature oak–pine mixed forest. European Journal of Forest Research. 132 (5-6): 841-850.

[5]. Duman, T., Trakhtenbrot, A., Poggi, D., Cassiani, M., and Katul, G.G. (2016). Dissipation intermittency increases long-distance dispersal of heavy particles in the canopy sublayer. Boundary-Layer Meteorology 159 (1): 41–68.

[6]. Wiegend, T., and Moloney, K.A. (2004). Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. OIKOS, 104(2): 209-229.

[7]. Karimi, M., Pormajidian, M.R., Jalilvand, H., and Safari, A. (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.

[8]. Omidvar Hosseini, F., Akhavan, R., Kia- Daliri, H., and Mataji, A. (2015). Spatial patterns and intra-specific competition of Chestnut Leaf Oak (*Quercus castaneifolia*) using *O*- ring statistic (Case study: Neka Forest, Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(2): 295-302.

[9]. Biabani, K., Pilehvar, B., and Safari, A. (2016). Comparison of spatial patterns and interspecific association of Gall oak (*Quercus infectoria* Oliv.) and Lebanon oak (*Q. libani* Oliv.) in two less degraded and degraded oak stands in northern Zagros (case study: Khedr Abad, Sardasht). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24 (1): 77-88.

[10]. Erfanifard, Y., and Naziri, F. (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.

[11]. Akhavan, R., Momeni Moghaddam, T., Akbarinia, M., and Hoseini, S.M. (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): 111-125.

[12]. De Luis, M., Raventos, J., Wiegand, T., and Hidalgo, C.H. (2008). Temporal and spatial differentiation in seedling emergence may promote species coexistence in Mediterranean fire-prone ecosystems. Ecography, 31(5): 620-629.

[13]. Marin, A. (2011). Spatial analysis of a mixed beech, spruce and fir stand in the eastern Alps. Master thesis of forest and environmental sciences, College of Agricultural Sciences University of Padua.

[14]. Cheng, X., Han, H., Kang, F., Song, Y., and Liu, K. (2014). Point pattern analysis of different life stages of *Quercus liaotungensis* in Lingkong Mountain, Shanxi Province, China. Journal of Plant Interactions, 9(1):233-240.

[15]. Miao, N., Liu, S., Yu, H., Shi, Z., Moermond, T., and Liu, Y. (2014). Spatial analysis of remnant tree effects in a secondary *Abies- Betula* forest on the eastern edge of the Qinghai-Tibetan Plateau, China. Forest Ecology and Management, 313: 104-111.

[16]. Kang, H., Zheng, Y., Liu, S., Chai, Z., Chang, M., Hu, Y., Li. G., and Wang, D. (2017). Population structure and spatial pattern of predominant tree species in a pine–oak mosaic mixed forest in the Qinling Mountains, China. Journal of Plant Interactions, 12(1): 78–86.

[17]. Soltanian, S. Heydari, M., and Khosropour, E. (2017). Spatial pattern of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) in Baneh forests, Kurdistan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(3): 463-473.

[18]. Petritan, I.C., Marzano, R., Petritan, A.M., and Lingua, E. (2014). Overstory succession in a mixed *Quercus petraea- Fagus sylvatica* old growth forest revealed through the spatial pattern of competition and mortality. Forest Ecology and Management, 326: 9-17.

[19]. Lan, G., Getzin, S., Wiegand, T., Hu, Y., Xie, G., Zhu, H., and Cao, M. (2012). Spatial distribution and interspecific associations of tree species in a tropical seasonal rain forest of China. Journal of PLOS ONE,7(9): e46074, 1-9.

[20]. Hai, N.H., Wiegand, K., and Getzin, S. (2014). Spatial distributions of tropical tree species in northern Vietnam under environmentally variable site conditions. Journal of Forestry Research, 25(2): 257–268.

Spatial patterns and inter-specific competition of three oak species in the Baneh forests of western Iran

R. Akhavan; Assoc. Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran

M. Khanhasani*; Senior Research Expert, Forests and Rangelands Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

Y. Khodakarami; Senior Research Expert, Forests and Rangelands Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

(Received: 05 March 2018 , Accepted: 20 June 2018)

ABSTRACT

Analyzing the spatial patterns of individuals and the interaction between them are essential for understanding the spatial and temporal dynamics of plant populations. This research was conducted to study the spatial patterns and interaction of three oak species (*Quercus brantii* Lindl., *Q. infectoria* Oliv. and *Q. libani* Oliv.) in Baneh forests of northern Zagros region of Iran. Data collection was done using six one- hectare square sample plots which randomly selected and fully mapped. Spatial patterns and spatial association of different oak species were then analyzed using *O*- ring univariate and bivariate statistics, respectively. Results showed that the general spatial patterns of the trees in total and at larger scales were random, while at small scales was clumped at least up to 15 m. Spatial association analyses revealed that there was no significant inter-specific competition among the three oak species, where the spatial association was positive (attraction) at small scales (up to 5 m) or independence at larger scales. It is concluded that clustered- random pattern is due to high forest origin of the most studied stands, homogeneity of the habitat, and lack of interspecific competition among the three oak species in the study area. Whereas there is no significant interspecific competition among the three oak species, every intervention in order to enrichment and restoration of these stands should be based on keeping clustered- random spatial pattern and making individual species mixture.

Keywords: *O*- ring statistic, spatial patterns, interaction, Oak tree, Zagros forests.

* Corresponding Author, Email: mkhanhasani@gmail.com, Tel: +989188574054