جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹
ص ۱۸۹-۲۰۰
DOI: 10.22059/jfwp.2020.295907.1066

تحلیل رقابت بین‌گونه‌ای اُرس در ذخیره‌گاه جنگلی کَندیرق به‌وسیلهٔ آماره او-رینگ و تابع همبستگی نشان‌دار

رضا اخوان[1*] و یونس رستمی‌کیا[2]

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۲

چکیده

ذخیره‌گاه‌های جنگلی الگوی کوچک‌شده ذخیره‌گاه‌های بیوسفر هستند که در آنها گونه‌های منحصربه‌فرد و کمیاب یا رو به انقراض به‌صورت طبیعی می‌رویند. جنس اُرس از معدود سوزنی‌برگان بومی ایران است که با وجود اهمیت زیاد روندی رو به انهدام دارد که این موضوع به‌ویژه در مناطق حفاظت‌نشده بحرانی‌تر است. در این پژوهش رقابت بین‌گونه‌ای اُرس با گونه‌های همراه در ذخیره‌گاه جنگلی کَندیرق خلخال در استان اردبیل بررسی شد. بدین منظور یک قطعهٔ جنگلی به مساحت ۱۳/۲ هکتار آماربرداری صددرصد شده و متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج و مختصات مکانی همهٔ گونه‌های درختی ثبت شد. سپس از آمارهٔ دومتغیرهٔ او- رینگ و تابع همبستگی نشان‌دار برای بررسی رقابت بین‌گونه‌ای اُرس با دو گونهٔ اصلی همراه یعنی بَنه و کیکُم استفاده شد. نمودارهای آمارهٔ دومتغیرهٔ او- رینگ نشان داد که کُنش متقابل این سه گونه بیشتر از نوع استقلال یا در نهایت در مقیاس‌های کوچک از نوع جاذبه است. نمودارهای توابع تک‌متغیره و دومتغیره همبستگی نشان‌دار نیز نشان داد که متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج در ارتباط متقابل و دوبه‌دوی این سه گونه عمدتاً مستقل از یکدیگرند و درختان مجاور این سه گونه از نظر متغیرهای یادشده همبستگی مکانی معنی‌داری را نشان نمی‌دهند که همهٔ این موارد دلیل بر نبود رقابت معنی‌دار بین اُرس و گونه‌های همراه آن در این ذخیره‌گاه است. بنابراین به‌منظور احیا و غنی‌سازی در دیگر رویشگاه‌های اُرس با شرایط مشابه می‌توان بَنه و کیکُم را به‌عنوان گونه‌های همراه وارد رویشگاه اُرس کرد.

واژه‌های کلیدی: بَنه، کُنش متقابل، کیکُم، نمودار MCF.

مقدمه

ذخیره‌گاه‌های جنگلی الگوی کوچک‌شدهٔ ذخیره‌گاه‌های بیوسفر هستند که در آنها گونه‌های منحصربه‌فرد و کمیاب یا رو به انقراض به‌صورت طبیعی می‌رویند. ذخیره‌گاه‌ها مانند مخازن ژنتیکی از فون و فلور بومی یک منطقهٔ جغرافیایی هستند که نواحی بسیار مطلوبی را برای نظارت پیوسته، مشاهده و ثبت جریان‌های زیست‌محیطی و کنترل تغییرات بیولوژیکی و فیزیکی فراهم می‌کنند. بررسی کمی و کیفی ذخیره‌گاه‌های جنگلی، ابزاری ضروری به‌منظور اعمال مدیریت صحیح (تلفیق حفاظت و توسعه) در این مناطق است [۱].

جنس اُرس (*Juniperus*) از معدود سوزنی‌برگان بومی

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۳۱۹۸۰۹۲
Email: akhavan@rifr-ac.ir

ایران است که رویشگاه‌های آن در مناطق وسیعی از کشور وجود دارد. این گونه در مناطق کوهستانی و سنگلاخی ایران پراکنش دارد. از بین گونه‌های مختلف این جنس، گونهٔ اُرس (*Juniperus excels* M. Bieb) از نظر وسعتِ انتشار از اهمیت بیشتری برخوردار است. اما متأسفانه در حال حاضر جنگل‌های اُرس با وجود اهمیت بسیار از جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی و ژنتیکی روندی رو به انهدام دارند که این موضوع به‌ویژه در مناطقی که تحت کنترل و مدیریت نیستند، وضعیت بحرانی‌تری دارد [۲].

رقابت به روش‌های مختلف بر رشد و پویایی جنگل تأثیرگذار است. درختان برای منابع گوناگونی همچون نور، آب، مواد غذایی و فضای زیست با یکدیگر رقابت می‌کنند. رقابت به صورت‌های مختلف شامل روی زمین و زیر زمین، درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای و یکطرفه و دوطرفه تعریف می‌شود [۳]. اصولاً رقابت روی زمین برای به‌دست آوردن نور است، درحالی که رقابت در زیر زمین بیشتر برای به‌دست آوردن آب و مواد غذایی خاک است. رقابت درون‌گونه‌ای رقابت بین درختان یک گونه است، درحالی که رقابت بین‌گونه‌ای، رقابت بین درختان گونه‌های مختلف است. در رقابت یکطرفه، درختان بزرگ تحت تأثیر درختان کوچک مجاور قرار نمی‌گیرند، درحالی که در رقابت دوطرفه منابع بین همهٔ درختان براساس ابعاد و بزرگی آنها تقسیم می‌شود. شاخص‌های اندازه‌گیری رقابت را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: الف) شاخص‌های رقابت مستقل از فاصله که در آنها فواصل و موقعیت درختان نسبت به هم مطرح نیست و فقط توابع ساده‌ای از ابعاد درخت مانند قطر یا سطح مقطع برابرسینه درخت هستند؛ ب) شاخص‌های رقابت وابسته به فاصله که نیازمند موقعیت مکانی همهٔ درختان و گاهی حتی ابعاد آنهاست. شاخص‌های دستهٔ دوم به‌دلیل اینکه محیط اطراف یک درخت و همسایگان آن را ارزیابی و بررسی می‌کنند، تشریح بهتری از رقابت ارائه می‌دهند [۳].

به‌طور کلی یک شاخص رقابتی باید این سه مورد مهم را در نظر بگیرد: الف) تراکم و فراوانی درختان؛ ب) ابعاد و اندازهٔ درختان و ج) الگوی پراکنش مکانی درختان [۳]. از میان شاخص‌های گوناگون و فراوانی که برای اندازه‌گیری و تعیین رقابت در جنگل استفاده می‌شوند، آمارهٔ دومتغیرهٔ او- رینگ (*O*-ring statistic) شاخص رقابت وابسته به فاصله بدون در نظر گرفتن ابعاد درخت و تابع همبستگی نشان‌دار (Mark Correlation Function: MCF) شاخص رقابت وابسته به فاصله با در نظر گرفتن ابعاد درخت است که در این پژوهش به‌منظور بررسی و کمّی کردن رقابت بین‌گونه‌ای اُرس در ذخیره‌گاه جنگلی کَندیرق خلخال در استان اردبیل از آنها استفاده شده است.

از جمله پژوهش‌های داخلی که رقابت در جنگل را با استفاده از آمارهٔ دومتغیره او- رینگ بررسی کرده‌اند می‌توان به تحقیقات Omidvar Hosseini و همکاران (۲۰۱۵) در تعیین رقابت درون‌گونه‌ای بلندمازو در جنگل‌های نکای مازندران [۴]، Biabani و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی کُنش متقابل درمازو و وی‌ول در جنگل‌های سردشت آذربایجان غربی [۵]، Akhavan و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی رقابت درون‌گونه‌ای اُرس در جنگل‌های لاین استان خراسان رضوی [۲] و Akhavan و همکاران (a -۲۰۱۸) در بررسی رقابت بین‌گونه‌ای سه گونهٔ اصلی جنس بلوط در توده‌های جنگلی بانه کردستان [۶] اشاره کرد.

از تحقیقات خارجی در این زمینه می‌توان به تحقیقات Cheng و همکاران (۲۰۱۳) در تعیین رقابت درون‌گونه‌ای بلوط (*Quercus liatungensis*) در چهار مرحلهٔ رویشی مختلف در چین [۷]، Kang و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی رقابت بین‌گونه‌ای کاج و بلوط در یک جنگل آمیخته در ناحیهٔ کوهستانی Qinling چین [۸] و Miao و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثرهای متقابل درختان در طبقات مختلف قطری و سنی در جنگل‌های حاره‌ای جزیرهٔ هانیان چین [۹] اشاره کرد.

از جمله پژوهش‌هایی که با استفاده از تابع همبستگی نشان‌دار (MCF) به بررسی رقابت در جنگل پرداخته‌اند می‌توان به تحقیقات Getzin و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی رقابت در دو تودهٔ پهن‌برگ و دو تودهٔ سوزنی‌برگ در جنگل‌های مرکز آلمان [۱۰]، Gray و He (۲۰۰۹) در بررسی رقابت در چهار قطعهٔ آمیخته یک‌هکتاری با فراوانی‌های مختلف دو گونه صنوبر لرزان و نوئل در آلبرتای کانادا [۱۱]، Martinez و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی رقابت بین نهال‌ها و درختان بالغ در یک تودهٔ آمیخته راش، سرخدار و فندق در اسپانیا [۱۲]، Erfanifard و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی همبستگی مکانی متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل و سطح تاج توده‌های پسته وحشی در جنگل تحقیقاتی بَنه استان فارس [۱۳] و Akhavan و همکاران (۲۰۱۸- b) در بررسی رقابت درون‌گونه‌ای راش در مراحل تحولی مختلف در توده‌های شاهد راش خالص در جنگل‌های هیرکانی شمال کشور [۱۴] اشاره کرد.

تاکنون دو تحقیق در توده‌های اُرس ذخیره‌گاه جنگلی کندیرق خلخال انجام گرفته است: اولین تحقیق مربوط به مطالعهٔ ساختار توده‌های اُرس منطقه توسط Rostamikia و Zobeiri (۲۰۱۳) است که در آن در ۴۹/۵ هکتار از توده‌های کمتر دست‌خورده منطقه آماربرداری صددرصد انجام گرفت و متغیرهای آمیختگی توده، تراکم، ارتفاع، قطر برابرسینه و قطر تاج درختان اندازه‌گیری شد [۱۵]. دومین مورد مربوط به تحقیق Sefidi و همکاران (۲۰۱۸) است که در آن سه قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری را با هدف کمّی‌سازی ساختار مکانی توده‌های اُرس منطقه، مشخص و اندازه‌گیری کردند [۱۶].

با توجه به سوابق پژوهش‌شده و اهمیت گونهٔ سوزنی‌برگ بومی اُرس در جنگل‌های کشور، هدف این پژوهش، بررسی و کمّی کردن رقابت بین‌گونه‌ای اُرس با گونه‌های اصلی همراه آن یعنی بَنه و کیکُم در ذخیره‌گاه جنگلی کَندیرق خلخال در استان اردبیل با استفاده از آمارهٔ او- رینگ دومتغیره و توابع تک‌متغیره و دومتغیره همبستگی نشان‌دار (MCF) است. به‌عبارت دیگر پژوهش پیش رو در پی پاسخ به این پرسش است که آیا در این ذخیره‌گاه جنگلی بین گونه اُرس و گونه‌های همراه آن رقابت و روابط متقابل معنی‌داری وجود دارد؟

مواد و روش‌ها

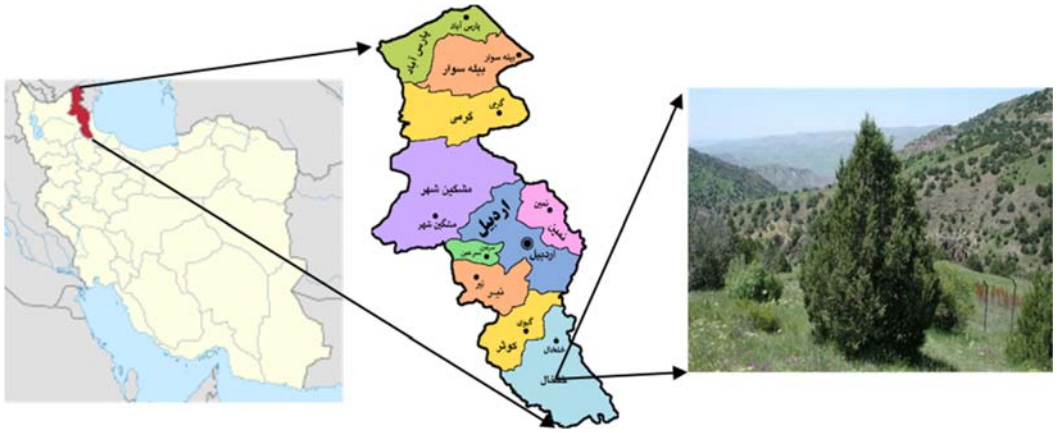
عرصهٔ پژوهش

منطقهٔ تحقیق در ذخیره‌گاه جنگلی اُرس- بَنه واقع در حوضه آبخیز کندیرق شهرستان خلخال در جنوب استان اردبیل قرار دارد (شکل ۱). این عرصه با مساحت حدود ۳۸۵۰۰ هکتار از سال ۱۳۵۱ به‌عنوان ذخیره‌گاه جنگلی حفاظت شده است. عرصهٔ این پژوهش ۱۳/۲ هکتار از بکرترین و غنی‌ترین مناطق (از نظر تنوع گونه‌ای) در ۵۴ هکتار از این ذخیره‌گاه جنگلی است که برای اجرای تحقیقات منابع طبیعی در اختیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل قرار دارد. این عرصه روی دامنه‌ای رو به غرب با ارتفاع ۱۵۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارندگی سالانه در طی دورهٔ ده‌ساله (۱۳۹۴-۱۳۸۵) در ایستگاه هواشناسی شهرستان خلخال ۳۴۲/۲ میلی‌متر است. میانگین دمای سالیانه ۱۱/۱ درجهٔ سانتی‌گراد، بیشینهٔ مطلق دما در گرم‌ترین ماه سال ۳۷/۱ درجهٔ سانتی‌گراد و کمینهٔ مطلق آن در سردترین ماه سال ۲۱/۶- درجهٔ سانتی‌گراد است. این منطقه دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک است [۱۷].

روش پژوهش

جمع‌آوری داده‌ها

جمع‌آوری داده‌ها در یک قطعهٔ جنگلی ۱۳/۲ هکتاری مستطیل‌شکل به ابعاد ۴۰۰×۳۳۰ متر انجام گرفت. در داخل این قطعه همهٔ درختان با قطر برابرسینهٔ ۵ سانتی‌متر و بیشتر پایه به پایه بررسی و آماربرداری صددرصد شدند.



شکل ۱. موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه

بیشتر درختان در عرصهٔ پژوهش دانه‌زاد و تک‌ساقه بودند، ولی برای پایه‌های شاخه‌زاد، هر پایهٔ با قطر بیش از ۵ سانتی‌متر در ارتفاع برابرسینه جداگانه اندازه‌گیری و یک پایهٔ مستقل در نظر گرفته شد. متغیرهای مورد نظر برای هر درخت شامل نوع گونه، قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج (با اندازه‌گیری دو قطر بزرگ و کوچک تاج) بود. مختصات مکانی همهٔ پایه‌ها نیز تعیین شد. به‌منظور ثبت مختصات درختان موجود در قطعه از روش فاصله- آزیموت استفاده شد. با توجه به درصد حضور کم (کمتر ۱۰ درصد) گونه‌های زرشک (*Berberis integerrima*)، دغدغک (*Colutea gifani*)، زالزالک (*Crateagus azarolus*)، سنجد (*Eleagnus* sp.)، گلابی وحشی (*Pyrus glabra*) و بید (*Salix* sp.) در قطعهٔ تحت بررسی (جدول ۱)، فقط از داده‌های مربوط به درختان اُرس (*Juniperus excelsa*)، بَنه (*Pistacia atlantica*) و کیکُم (*Acer monspessulanum*) در تجزیه‌وتحلیل‌ها استفاده شد.

بررسی رقابت با استفاده از آمارهٔ دومتغیرهٔ او- رینگ

از آمارهٔ تک‌متغیرهٔ او-رینگ (*O*-ring statistic) برای بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان (کپه‌ای، تصادفی و یکنواخت) استفاده می‌شود، اما حالت دومتغیرهٔ این آماره برای بررسی کُنش متقابل درختان یا الگوی اجتماع‌پذیری آنها (دو گروه مختلف) کاربرد دارد که می‌توان آن را به سه دستهٔ اثر متقابل یا اجتماع‌پذیری مثبت (جاذبه؛ Attraction)، بدون اثر متقابل (استقلال؛ Independence) و منفی (دافعه؛ Repulsion) تقسیم کرد. در آمارهٔ او-رینگ دومتغیره، $O_{12}(r)$ تعداد مورد انتظار گروه دو در فاصلهٔ r از نقطهٔ دلخواه گروه یک است (رابطهٔ ۱). اگر $O_{12}(r)=\lambda_2$ باشد، دو الگو یا دو گروه از درختان مستقل از هم و بدون اثر متقابل معنی‌دارند که به‌عنوان فرض صفر در نظر گرفته می‌شود. اگر $O_{12}(r)>\lambda_2$ باشد، حالت جاذبه (نبود رقابت) و اگر $O_{12}(r)<\lambda_2$ باشد، حالت دافعه (وجود رقابت یا بازدارندگی) بین دو گروه وجود دارد.

$$O_{12}(r)=\lambda_2 g_{12}(r) \qquad (۱)$$

$O_{12}(r)$ آمارهٔ دومتغیرهٔ او- رینگ، λ_2 تراکم (تعداد در واحد سطح) گروه دوم و $g_{12}(r)$ مشتق تابع $K_{12}(r)$ است.

برای آزمون فرض صفر و بررسی اختلاف معنی‌دار، نتایج حاصل از $O_{12}(r)$ در سطح احتمال مشخص با تکرارهای شبیه‌سازی تصادفی روش مونت‌کارلو مقایسه می‌شود. در صورتی که مقادیر $O_{12}(r)$ در داخل محدودهٔ مونت‌کارلو قرار گیرند، فرض صفر در آن فاصله تأیید و در صورتی که این مقادیر خارج از محدودهٔ مونت‌کارلو قرار گیرند فرض صفر رد می‌شود. همچنین اگر نمودار او-

رینگ دومتغیره بالاتر از حد بالای محدودهٔ مونت‌کارلو یا پایین‌تر از حد پایین آن قرار گیرد، اثر متقابل مشاهده‌شده به‌ترتیب از نوع جذب (تسهیل‌کنندگی) و دفع (بازدارندگی) خواهد بود [۶].

در این تحقیق ۱۹۹ بار شبیه‌سازی الگوی تصادفی با داده‌های موجود به‌روش مونت‌کارلو انجام گرفت تا حد بالا و پایین محدودهٔ الگوی تصادفی مشخص شود. همچنین فاصلهٔ اعمال‌شده در بررسی آمارهٔ دومتغیره او–رینگ تا ۵۰ متری بود، زیرا اثر متقابل درختان در فواصل بیش از ۵۰ متر به کمترین حد خود می‌رسد [۶]. پیش از استفاده از آمارهٔ او– رینگ، توزیع آماری درختان در قطعهٔ تحت 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* انجام گرفت.

بررسی رقابت با استفاده از تابع همبستگی نشان‌دار (MCF)

در این پژوهش به‌منظور بررسی دقیق‌تر رقابت، افزون‌بر آمارهٔ دومتغیرهٔ او–رینگ از تابع همبستگی نشان‌دار نیز استفاده شد که در آن گذشته از فاصلهٔ بین پایه‌های درختی، اندازه و ابعاد درختان نیز در بررسی رقابت دخیل است. این تابع می‌تواند همبستگی مکانی متغیرهای زیست‌سنجی درختان را در عرصهٔ پژوهش نشان دهد و مشخص کند که آیا این متغیرها در درختان مجاور هم شباهت دارند یا متفاوت‌اند.

در تابع همبستگی نشان‌دار یا $k_{mm}(d)$ هر نقطهٔ مختصات‌داری که در مبحث تحلیل الگوی نقطه‌ای استفاده می‌شود، افزون‌بر دو بعد X و Y دارای بُعد سومی (Z) است که از آن به‌عنوان مارک یا نشان یاد می‌شود. هدف از تحلیل توابع همبستگی نشان‌دار، ارزیابی همبستگی مکانی مارک‌ها یا نشان‌ها به‌عنوان تابعی از فاصله است. در این تابع وجود یا نبود تشابه یا بین یک متغیر کمّی و دو درخت که به فاصلهٔ d از یکدیگر قرار گرفته‌اند از طریق رابطهٔ ۲ محاسبه می‌شود:

$$f(m_1,m_2)=m_1\times m_2 \qquad (۲)$$

m_1 و m_2 یک متغیر کمّی (مانند قطر) از دو درخت مجاور به فاصلهٔ d هستند.

$k_{mm}(d)$ میانگین نرمال‌شدهٔ تابع $f(m_1,m_2)$ برای همهٔ نشان‌هایی (مثلاً قطرهایی) است که به فاصلهٔ d از یکدیگر قرار گرفته‌اند، به‌طوری که اگر $k_{mm}(d)>1$ باشد، مارک‌ها (مانند قطرها) همبستگی مثبت دارند، یعنی مشابه هم هستند، اگر $k_{mm}(d)<1$ باشد، مارک‌ها همبستگی منفی دارند، یعنی با هم متفاوت‌اند و در نهایت اگر $k_{mm}(d)=1$ باشد، مارک‌ها مستقل از هم و بدون همبستگی در نظر گرفته می‌شوند. تفاوت معنی‌دار این همبستگی از توزیع مستقل (بدون همبستگی) به‌وسیلهٔ آزمون مونت‌کارلو تعیین می‌شود، به‌طوری که اگر نمودار MCF بالاتر از حد بالایی مونت‌کارلو قرار گیرد، همبستگی بین نشان‌ها مثبت است، یعنی نشان‌ها در فواصل نزدیک به هم شباهت دارند که نشان‌دهندهٔ حالت حمایت پایه‌ها از یکدیگر (تسهیل‌کنندگی) و نبود رقابت است. اگر نمودار MCF پایین‌تر از حد پایین مونت‌کارلو قرار گیرد، همبستگی بین نشان‌ها منفی است، یعنی نشان‌ها در فواصل نزدیک تفاوت دارند که نشان‌دهندهٔ رقابت (بازدارندگی) بین پایه‌هاست. در صورتی که نمودار MCF بین دو حد مونت‌کارلو قرار گیرد، مارک‌ها یا نشان‌ها بدون همبستگی و مستقل از هم هستند [۶].

در حالت دومتغیرهٔ تابع همبستگی نشان‌دار، یک مارک یا نشان یکسان (مثلاً قطر برابرسینه) دو گونهٔ درختی متفاوت همزمان بررسی می‌شود که تفسیر تابع آن نیز همانند حالت تک‌متغیرهٔ این تابع است.

مارک‌ها یا نشان‌های به‌کاررفته در این پژوهش قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج درختان مورد نظر بود و

حدود مونت‌کارلو با ۱۹۹ بار شبیه‌سازی در نرم‌افزار *Programita* تا فاصلهٔ ۵۰ متر محاسبه شد.

نتایج و بحث

پس از آماربرداری صددرصد در عرصهٔ پژوهش در مجموع ۲۱۳۷ پایه از گونه‌های مختلف در محدودهٔ ۱۳/۲ هکتاری اندازه‌گیری و ثبت شد که تقریباً تراکمی برابر ۱۶۲ پایه در هکتار را ایجاد کرد. بیشترین فراوانی مربوط به گونهٔ اُرس بود و پس از آن گونه‌های بَنه و کیکُم فراوانی بیشتری داشتند (جدول ۱).

بیشترین مقدار متغیرهای زیست‌سنجی اندازه‌گیری‌شده شامل قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج مربوط به گونهٔ اُرس و بیشترین و کمترین مقدار ضریب تغییرات به‌ترتیب مربوط به قطر برابرسینه و قطر تاج بود (جدول ۲).

نتایج آزمون نیکویی برازش کولموگروف- اسمیرنوف بیانگر تفاوت معنی‌دار توزیع درختان در قطعهٔ مورد بررسی با توزیع پواسون همگن بود (p <۰/۰۱)، در نتیجه برای تحلیل‌ها از شکل ناهمگن آمارهٔ دومتغیرهٔ او-رینگ و تابع همبستگی نشان‌دار استفاده شد. شکل ۲ وضعیت پراکنش گونه‌های مختلف درختی در عرصهٔ پژوهش را نشان می‌دهد.

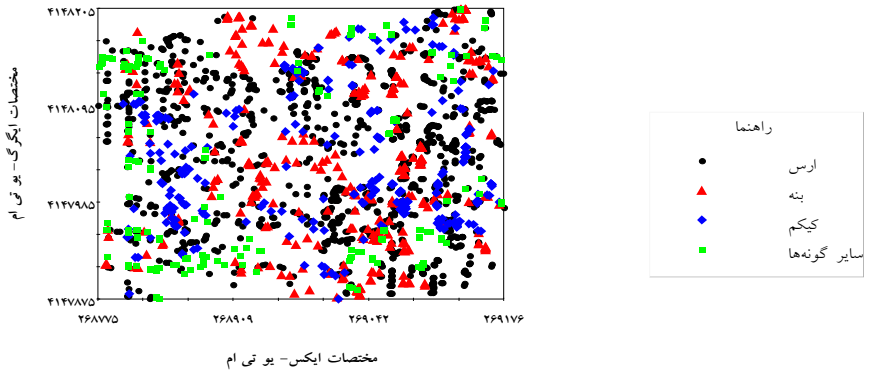
جدول ۱. فراوانی گونه‌های مختلف در عرصهٔ پژوهش

گونه	اُرس	بَنه	کیکُم	سایر گونه‌ها	جمع
فراوانی مطلق	۱۲۱۷	۳۸۰	۳۵۶	۱۸۴	۲۱۳۷
فراوانی نسبی	۵۷	۱۸	۱۶	۹	۱۰۰
تعداد در هکتار	۹۲/۲	۲۸/۸	۲۶/۸	۱۳/۹	۱۶۱/۹

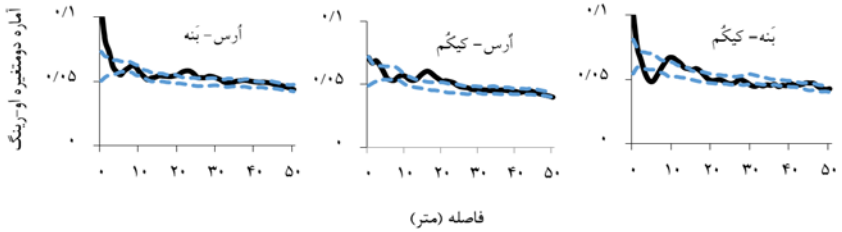
گونه‌های دیگر: زرشک، دغدغک، زالزالک، سنجد، گلابی وحشی و بید

جدول ۲. متغیرهای کمّی گونه‌های موجود در عرصهٔ پژوهش

گونه	متغیر	میانگین	کمینه	بیشینه	ضریب تغییرات (٪)
اُرس	قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	۱۲/۷	۵/۰	۲۳/۰	۳۲/۴
	ارتفاع کل (متر)	۳/۵	۱/۹	۱۲/۰	۳۱/۴
	میانگین قطر تاج (متر)	۲/۱	۱/۱	۳/۱	۱۷/۵
بَنه	قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	۱۰/۰	۵/۰	۲۰/۰	۳۱/۹
	ارتفاع کل (متر)	۳/۴	۱/۹	۸/۲	۲۷/۵
	میانگین قطر تاج (متر)	۲/۰	۱/۱	۴/۲	۲۰/۲
کیکُم	قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	۹/۸	۵/۰	۱۹/۰	۳۲/۴
	ارتفاع کل (متر)	۳/۳	۲/۰	۷/۴	۲۵/۹
	میانگین قطر تاج (متر)	۲/۰	۱/۱	۴/۴	۲۰/۴



شکل ۲. آرایش گونه‌های مختلف در عرصهٔ پژوهش



شکل ۳. کُنش متقابل و رقابت بین‌گونه‌ای در عرصهٔ پژوهش

نتایج آمارهٔ دومتغیرهٔ او-رینگ

نمودارهای دومتغیرهٔ آماره او-رینگ نشان داد که این نمودار در بیشتر مقیاس‌های بررسی‌شده در داخل محدودهٔ مونت‌کارلو (به‌جز در مقیاس فاصله‌ای ۳ تا ۷ متری بین بَنه و کیکُم) واقع شده است. در نتیجه کُنش متقابل این سه گونه بیشتر از نوع استقلال یا در نهایت در مقیاس‌های کوچک (حداکثر تا ۵ متر) از نوع جاذبه است. در نتیجه رقابت معنی‌داری بین سه گونهٔ مورد بررسی به‌صورت دوبه‌دو وجود ندارد (شکل ۳).

نتایج تابع تک‌متغیره همبستگی نشان‌دار

نمودارهای تابع تک‌متغیرهٔ MCF در سه گونهٔ بررسی‌شده عمدتاً در داخل محدوده مونت‌کارلو قرار دارند و در نتیجه متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج مستقل از یکدیگرند و درختان مجاور این سه گونه به‌تفکیک، از نظر متغیرهای یادشده همبستگی مکانی معنی‌داری نشان نمی‌دهند (شکل ۴) که این به‌معنای نبود رقابت معنی‌دار بین پایه‌های مجاور هم است. فقط برای متغیر ارتفاع کل در گونهٔ اُرس به‌دلیل اینکه نمودار MCF در مقیاس مکانی ۴۰ تا ۵۰ متری بالاتر از حد بالایی حدود مونت‌کارلو قرار گرفته همبستگی مکانی مثبت و معنی‌دار است، یعنی بین ارتفاع کل درختان اُرس مجاور هم شباهت وجود دارد که این نیز به‌معنای تسهیل‌کنندگی و نبود رقابت بین درختان اُرس مجاور هم است (شکل ۴).

نتایج تابع دومتغیرهٔ همبستگی نشان‌دار

نمودارهای تابع دومتغیرهٔ MCF نیز نشان داد که متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج در ارتباط متقابل و دوبه‌دوی این سه گونه نیز اغلب مستقل از یکدیگرند و درختان مجاور هم از نظر متغیرهای یادشده همبستگی مکانی معنی‌داری که وابسته به فاصله باشد از خود نشان نمی‌دهند (شکل ۵). بنابراین رقابت معنی‌داری بین آنها وجود ندارد.

براساس شکل ۵ دو گونهٔ اُرس و بَنه از نظر متغیر قطر برابرسینه تا فاصله حدود ۶ متر با هم همبستگی مثبت یعنی شباهت دارند، اما از این فاصله به بعد تا حدود ۵۰ متر قطر برابرسینه درختان اُرس و بَنه مجاور هم همبستگی منفی دارند و متفاوت با هم هستند؛ اما با توجه به اینکه در همهٔ این فواصل نمودار MCF داخل حدود مونت‌کارلو قرار گرفته است، این تفاوت‌ها و شباهت‌ها معنی‌دار نیست و در نتیجه رقابت معنی‌داری بین این دو گونه از نظر متغیر قطر برابرسینه در عرصهٔ پژوهش وجود ندارد. این دو گونه از نظر متغیر ارتفاع کل تا فاصلهٔ حدود ۷ متر متفاوت با هم هستند و پس از آن هیچ شباهت و تفاوت معنی‌داری ندارند و از این نظر کاملاً مستقل از هم هستند. از نظر قطر تاج نیز این دو گونه در همهٔ فواصل همبستگی مثبت دارند و به هم شبیه‌اند؛ اما با توجه به اینکه نمودار MCF در داخل حدود مونت‌کارلو قرار گرفته، این شباهت معنی‌دار نیست (شکل ۵).

دو گونهٔ اُرس و کیکُم از نظر متغیر قطر برابرسینه از فاصلهٔ ۳۵ تا ۵۰ متری با یکدیگر همبستگی مثبت داشته و شباهت قطری دارند. این شباهت قطری در فواصل کمتر هم دیده می‌شود، اما معنی‌دار نیست. از نظر متغیر ارتفاع کل نیز تا فاصلهٔ ۴۰ متری با هم تفاوت و پس از آن به هم شباهت دارند، اما این تفاوت‌ها و شباهت‌ها معنی‌دار نیست.

همچنین این دو گونه از نظر متغیر قطر تاج در بیشتر فواصل همبستگی منفی دارند، یعنی با هم متفاوت‌اند، اما فقط در فواصل ۵ تا ۱۵ متر و ۲۰ تا ۳۵ متر این تفاوت‌ها معنی‌دار است، یعنی رقابت وجود دارد (شکل ۵).

دو گونهٔ بَنه و کیکُم از نظر متغیر قطر برابرسینه در بیشتر فواصل شباهت دارند، اما این شباهت معنی‌دار نیست، زیرا نمودار MCF داخل محدودهٔ مونت‌کارلو قرار دارد. همچنین از نظر دو متغیر ارتفاع کل و قطر تاج در بیشتر فواصل تفاوت دارند، اما باز هم این تفاوت‌ها معنی‌دار نیست، یعنی رقابت معنی‌داری بین آنها وجود ندارد (شکل ۵).

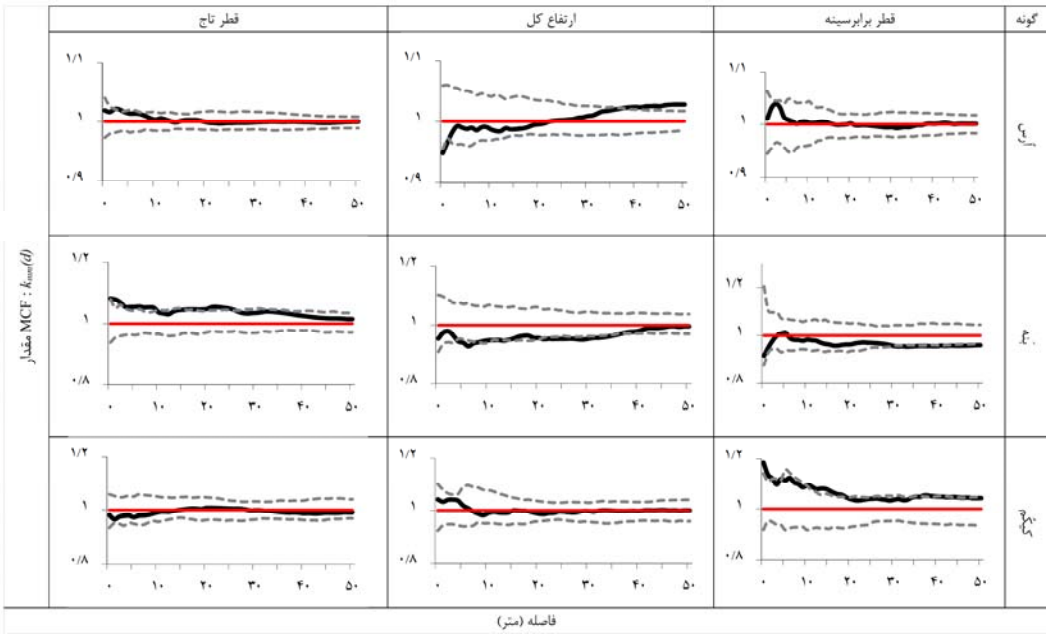
تراکم اُرس و کل گونه‌ها در عرصهٔ پژوهش به‌ترتیب حدود ۹۲ و ۱۶۲ پایه در هکتار به‌دست آمد (جدول ۱). این تراکم در مقایسه با تراکم به‌دست‌آمده توسط Rostamikia و Zobeiri [۱۵] در نقاط دیگر همین منطقه (۳۲۶ پایه در هکتار فقط برای گونه اُرس) بسیار کمتر و حدود یک‌سوم است، ولی کمی بیشتر از تراکم به‌دست‌آمده توسط Sefidi و همکاران [۱۶] در نقاط دیگر همین منطقه (۱۳۴ پایه در هکتار برای کل گونه‌ها) و Sadeghi و همکاران [۱۸] در منطقهٔ آتشگاه کرج (۶۱ پایه در هکتار) است. تراکم جنگل در پژوهش حاضر از تراکم به‌دست‌آمده توسط Akhavan و همکاران [۲] در توده‌های اُرس منطقهٔ لایِن استان خراسان رضوی (به‌طور میانگین ۵۳۷ پایه در هکتار) نیز بسیار کمتر است. بنابراین ملاحظه می‌شود که عرصهٔ پژوهش با وجود قرار داشتن در ذخیره‌گاه جنگلی، به‌دلیل نامطلوب بودن وضعیت حفاظتی، تُنک و کم‌تراکم است که حتماً در اثرهای متقابل و رقابت بین‌گونه‌ای اُرس با گونه‌های دیگر همراه آن تأثیرگذار خواهد بود.

براساس تحلیل انجام‌گرفته با استفاده از نتایج آمارهٔ دومتغیرهٔ او–رینگ، رقابت معنی‌داری بین پایه‌های سه گونهٔ اُرس، بَنه و کیکُم وجود ندارد و این درختان بدون رقابت معنی‌داری در کنار یکدیگر زندگی می‌کنند (شکل ۳). Akhavan و همکاران [۲] در توده‌های اُرس منطقهٔ لایِن استان خراسان رضوی نیز با بررسی رقابت درون‌گونه‌ای و اثرهای متقابل بین مراحل رویشی مختلف اُرس نشان دادند که رقابت درون‌گونه‌ای عمده‌ای بین اُرس‌ها وجود ندارد و در بیشتر موارد کُنش متقابل مشاهده‌شده از نوع جذب یا در نهایت خنثی است. کُنش متقابلِ استقلال یا جاذبهٔ (تسهیل‌کنندگی) مشاهده‌شده در این پژوهش نشان می‌دهد که سه گونهٔ تحت بررسی نیازهای رویشی متفاوتی دارند، لایه‌های متفاوتی از جنگل را اشغال می‌کنند و از منابع مختلفی برای تغذیه بهره می‌گیرند [۱۹]. همچنین علت استقلال گونه‌ها ممکن است سن توده و فرم دانه‌زاد آنها هم باشد که نیازی به حمایت درختان مادری ندارند و از هم مستقل‌اند [۵، ۲۰].

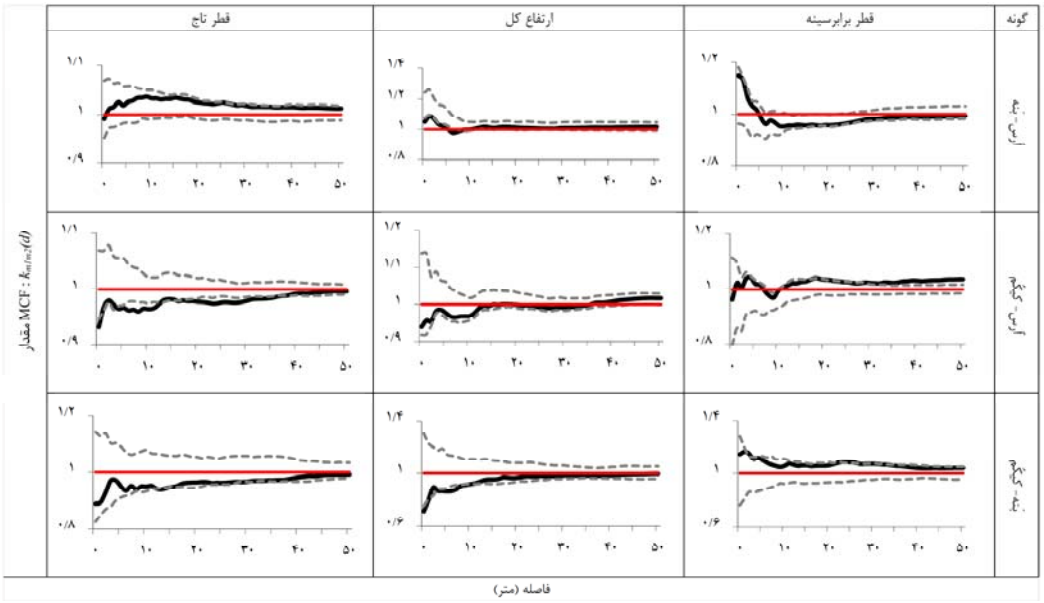
براساس نتایج پژوهش حاضر، میانگین فاصلهٔ بین پایه‌های اُرس ۲/۴ متر، بَنه ۳/۷ متر و کیکُم ۳/۸ متر به‌دست آمد (در پژوهش Sefidi و همکاران [۱۶] در همین منطقه این فاصله برای کل گونه‌ها ۳/۷ متر به‌دست آمد)، درحالی که میانگین قطر تاج این سه گونه حدود ۲ متر است (جدول ۲). بنابراین ملاحظه می‌شود که تاج این درختان به هم نمی‌رسند (شکل ۱)، یعنی رقابت تاجی روی زمین وجود ندارد. در نتیجه آنچه احتمالاً از رقابت باقی می‌ماند، رقابت در زیر زمین برای کسب رطوبت است که کمّی‌سازی آن از عهدهٔ توابع به‌کاررفته در این پژوهش خارج است. Sefidi و همکاران [۱۶] نیز در پژوهش خود به کم بودن درصد تاج‌پوشش جنگل در این منطقه اشاره و دلیل آن را سرمای زیاد در پاییز و زمستان، کوتاه بودن طول فصل رویش و فقیر بودن خاک اعلام کردند.

نبود رقابت معنی‌دار بین سه گونهٔ بررسی‌شده علاوه بر نمودارهای آمارهٔ دومتغیره او–رینگ (شکل ۳)، با نمودارهای تک‌متغیره و دومتغیرهٔ تابع همبستگی نشان‌دار (شکل‌های ۴ و ۵) نیز تأیید شد. براساس شکل ۵، نبود رقابت می‌تواند به‌علت حفاظتی بودن منطقه و وارد نشدن دام باشد [۱۶]. درحالی‌که Sadeghi و همکاران [۱۸] در جنگل اُرس آتشگاه کرج که

منطقه‌ای غیرحفاظتی بود، به نتایج عکس دست یافتند. نبود همبستگی منفی در شکل ۴ نیز شاید به این دلیل باشد که توده جوان [۱۶] و تُنک است و نور عامل محدودکننده‌ای نیست [۱۱]. البته باید توجه داشت که شکل‌گیری ساختار در جنگل‌های واقع در اقلیم‌های سرد و کوهستانی (مانند عرصهٔ این پژوهش) و دارای گونه‌های کُندرشد مانند اُرس، به زمانی بیش از مدت متصور در اکوسیستم‌های مرطوب و معتدله مانند جنگل‌های هیرکانی شمال کشور نیاز دارد.



شکل ۴. تابع تک‌متغیرهٔ همبستگی نشان‌دار برای متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج در سه گونهٔ اصلی بررسی‌شده در توده



شکل ۵. تابع دومتغیرهٔ همبستگی نشان‌دار برای متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج در حالت اثرهای متقابل دوبه‌دوی سه گونه اصلی بررسی‌شده در توده

Sefidi و همکاران [۱۶] نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که درختان منطقه از نظر قطر برابرسینه و ارتفاع کل اختلاف زیادی ندارند که با نتایج پژوهش حاضر تقریباً همسوست (شکل ۴).

همچنین براساس شکل‌های ۴ و ۵ نتیجه‌گیری می‌شود که چگونگی چینش پایه‌های درختی در کنار هم به‌لحاظ متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج تصادفی است و این متغیرها از نظر مکانی مستقل از هم هستند. با توجه به اینکه این متغیرها ارتباط مستقیمی با سن درختان دارند، نبود همبستگی مکانی در بین متغیرهای زیست‌سنجی پایه‌های سه گونه با استفاده از تابع همبستگی نشان‌دار (MCF)، نشان می‌دهد که پایه‌ها با سنین مختلف در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و از نظر سنی همبستگی مکانی ندارند [۲۱].

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری کرد که چون تراکم توده زیاد نیست، رقابت برای فضا، نور، آب و مواد غذایی نیز شدید نیست و این سه گونه با توجه به آشیان اکولوژیک متفاوت می‌توانند فضای رشد را بدون رقابت با هم تقسیم کرده و در کنار یکدیگر رشد کنند. Sefidi و همکاران [۱۶] نیز در پژوهش خود به رقابت ضعیف گونه‌های دیگر با گونهٔ اُرس اشاره کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی رقابت بین‌گونه‌ای اُرس با دو گونهٔ بَنه و کیکُم در ذخیره‌گاه جنگلی کَندیرق خلخال در استان اردبیل انجام گرفت. گونهٔ اُرس از معدود سوزنی‌برگان بومی ایران است. به همین دلیل بررسی وضعیت رقابت و چگونگی برهم‌کُنش بین‌گونه‌ای آن با گونه‌های همراه به‌ویژه در ذخیره‌گاه جنگلی این گونه از اهمیت زیادی در شناخت بوم‌شناسی فردی این گونه برخوردار است و گام مهمی در برنامه‌ریزی حفاظت، حمایت و احیای رویشگاه آن به‌شمار می‌رود. برای این بررسی افزون‌بر آمارهٔ دومتغیرهٔ او-رینگ، از تابع همبستگی نشان‌دار (MCF) نیز استفاده شد که تاکنون کمتر از آن در چنین تحقیقاتی در داخل کشور استفاده شده است.

از اطلاعات کمّی این‌گونه توده‌های حفاظتی و دست‌نخورده می‌توان به‌عنوان نمونه‌ای طبیعی از جنگل‌های آمیختهٔ اُرس به‌منظور احیا و غنی‌سازی دیگر جنگل‌های غیرحفاظتی استفاده کرد. همچنین از نحوهٔ ترکیب این سه گونه در طبیعت می‌توان برای احیای پوشش گیاهی منطقه الگوبرداری کرد. بنابراین با توجه به نبود رقابت معنی‌دار اُرس با گونه‌های همراه در این ذخیره‌گاه، به‌منظور احیا و غنی‌سازی در دیگر رویشگاه‌های اُرس با شرایط مشابه می‌توان بَنه و کیکُم را به‌عنوان گونهٔ همراه وارد رویشگاه اُرس کرد.

References

[1]. Kiani, B., and Abtin, T. (2014). Quantitative and qualitative properties of Caucasian wingnut (*Pterocarya fraxinifolia* (Lam.) Spach.) forest reserve in Dareh-shahr, Ilam Province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22 (2): 249-258.

[2]. 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.

[3]. Akhavan, R., and Namiranian, M, (2016). Forest growth and yield modeling. University of Tehran press, No. 3654. 471 p.

[4]. 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. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23 (2): 295-302.

[5]. 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. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24 (1): 77-88.

[6]. Akhavan, R., Khanhasani, M., and Khodakarami, Y. (2018-a). Spatial patterns and inter-specific competition of three oak species in the Baneh forests of western Iran. Forest and Wood Products, 71 (2): 149- 159.

[7]. Cheng, X., Han, H., Kang, F., Song, Y., and Liu, K. (2013). Point pattern analysis of different life stages of *Quercus liaotungensis* in Lingkong Mountain, Shanxi Province, China. Journal of Plant Interactions, 8:1-9.

[8]. 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.

[9]. Miao, N., Xu, H., Moermond, T.C., Li, Y., and Liu, S. (2018). Density-dependent and distance-dependent effects in a 60-ha tropical mountain rain forest in the Jianfengling mountains, Hainan Island, China: Spatial pattern analysis. Forest Ecology and Management, 429: 226-232.

[10]. Getzin, S., Wiegand, K., Schumacher, J., and Gougeon, F.A. (2008). Scale-dependent competition at the stand level assessed from crown areas. Forest Ecology and Management, 255: 2478–2485.

[11]. Gray, H., and He, L. (2009). Spatial point pattern analysis for detecting density dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. Forest Ecology and Management, 259: 98-106.

[12]. Martinez, I., Gonzalez-Taboada, F., Wiegand, T., and Obesco, J.R. (2013). Spatial patterns of seedling-adult associations in a temperate forest community. Forest Ecology and Management, 296: 74-80.

[13]. Erfanifard, Y., Nguyen, H.H., Schmidt, J.P. and Rayburn, A. (2018). Fine-scale intraspecific interactions and environmental heterogeneity drive the spatial structure in old-growth stands of a dioecious plant. Forest Ecology and Management, 425: 92-99.

[14]. Akhavan, R., Parhizkar, P., Amanzadeh, B., and Mohamadnejad Kiasari, Sh. (2018-b). Intra-specific competition of beech using Mark Correlation Function (MCF) in the Hyrcanian forests of Iran. Forest and Wood Products, 70 (4): 637-648.

[15]. Rostamikia, Y., and Zobeiri, M. (2013). Study on The Structure of *Juniperus excelsa* Beib. Stand in Khakhal Protected Forests. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 19 (4): 151-162.

[16]. Sefidi, K., Firouzi, Y., Sharari, M., Keyvan Behjou, F., and Rostamikia, Y. (2018). Quantification of spatial structure of juniper stands in Kandaragh region. Iranian Journal of Forest, 10 (1): 207-220.

[17]. Anonymous (2017). Statistics of Ardebil Province, Deputy of Statistics and Information of Management and Budget Organization of Ardabil Province. 205 p.

[18]. Sadeghi, S.M.M., Alijani, V., Namiranian, M., and Mohamadizadeh, M. (2016). Structural characteristics of *Juniperus excelsa* in the mountainous forests of Alborz south facing slope. Iranian Journal of Forest, 8 (1): 35-49.

[19]. Cysneiros, V.C., Dalmaso, C.A., Pelissari, A.L., Mattos, P.P., Souza, L., and Amaral Machado, S. (2018). Spatial patterns and interactions of dominant tree species in an Amazon tropical rainforest. Revista De Biologia Tropical, 66 (3): 1009-1017.

[20]. Ravanbakhsh, H., Marvie Mohajer, M.R., and Etemad, V. (2010). Natural regeneration of woody species in woodlands of southern slopes of Elboez Mountains. Iranian Journal of Forest, 2 (2): 113-125.

[21]. Salimi, A., Ghasemi Aghbash, F., and Pourreza, M. (2019). Spatial pattern of *Anagyris foetida* L. shrubs in the Zagros forests. Iranian Journal of Forest, 11 (1): 135-150.

Inter-specific competition of juniper trees in Kandiragh forest reserve using *O*-ring statistic and mark correlation function

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

Y. Rostamikia; Assist., Prof., Forests and Rangelands Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, I.R. Iran

(Received: 15 January 2020, Accepted: 01 February 2020)

ABSTRACT

Forest reserves are a shrinking pattern of biosphere reserves in which unique and rare or endangered species grow naturally. Juniper genus is one of the few indigenous conifers of Iran with habitats in large areas of the country. However, nowadays, despite its importance, there is a declining trend that is particularly critical in areas without control and management. The purpose of the study was to investigate and quantify the inter-specific competition of juniper trees (*Juniperus excelsa*) with the main associated species, namely pistachio (*Pistacia atlantica*) and maple (*Acer monspessulanum*), in Kandirigh forest reserve in Ardabil Province of north-west of Iran. For this purpose, full census inventory was taken in a protected area of 13.2 hectares, and variables of DBH, total height and crown diameter and spatial coordinates of all tree species were recorded. Then, the bivariate *O*-ring statistic and mark correlation function (MCF) were used to evaluate the competition between the junipers with pistachio and maple. Bivariate *O*-ring statistic showed that most of the interactions of these three species are independent or, ultimately, at small scales are attractions. Univariate and bivariate mark correlations function also showed that the interested variables of DBH, total height and crown diameter were spatially independent. All of this is due to the lack of significant competition between juniper trees and the associated species in this forest reserve. Thus, pistachio and maple can be introduced as associated species for the reforestation and enrichment of the other juniper habitats with similar conditions.

Keywords: interaction, maple, MCF, pistachio.

* Corresponding Author, Email: Akhavan@rifr-ac.ir, Tel: +98 9123198092