

## بررسی مقدماتی کارایی تابع *O-ring* در تعیین الگوی مکانی و کنش متقابل گونه‌ها در مقیاس کوچک (مطالعه موردی: جنگلهای باینگان کرمانشاه)

مهسا کریمی<sup>۱</sup>، محمدرضا پورمجیدیان<sup>۲</sup>، حمید جلیل‌وند<sup>۲</sup> و امیر صفری<sup>۳\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج.

پست الکترونیک: asafari61@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۲۵

### چکیده

هدف این پژوهش بررسی مقدماتی کارایی تابع *O-ring* در تعیین کنش متقابل و الگوی مکانی درختان در جنگلهای زاگرس در مقیاس کوچک است. مطابق با هدف تحقیق که آزمون کارایی تابع *O-ring* بود عرصه‌ای به مساحت ۲ هکتار در جنگلهای باینگان انتخاب و موقعیت مکانی تمامی درختان بلوط ایرانی و بنه به‌عنوان گونه‌های غالب در قطعه مورد بررسی با استفاده از روش فاصله تا خطوط موازی تعیین و در نهایت نقشه مکانی درختان تهیه شد. از تابع دومتغیره *O-ring* برای بررسی کنش متقابل و از تابع تک‌متغیره *O-ring* برای مطالعه الگوی مکانی قطعه مورد مطالعه در فواصل مختلف استفاده شد. نتایج این تحقیق توانایی تابع *O-ring* در کشف الگوی مکانی و کنش متقابل مختلط در طول فواصل مختلف را نشان داد، دلیل این تغییرات به محدودیت پراکنش بذر، رقابت بین گونه‌ای، قدرت بالای زادآوری بلوط (از طریق بذر و پاجوش) و اختلاف در کیفیت رویشگاه در مقیاس کوچک نسبت داده می‌شود. نتایج تحقیق بیانگر تشریح مناسب الگوی مکانی و کنش متقابل به‌وسیله تابع *O-ring* در توده مورد بررسی است که می‌تواند به‌عنوان یک کلید راهنما در شناخت و تصمیم‌گیری برنامه‌های مدیریتی و دخالت‌های جنگل‌شناسی مفید در دیگر رویشگاه‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: بلوط ایرانی، بنه، روش فاصله تا خطوط موازی، تابع دو متغیره، تابع تک متغیره، بذر

### مقدمه

(Perry et al., 2008)، گونه - روابط سطح- (et al., 2007)، بررسی تأثیر دخالت‌های جنگل‌شناسی بر روی توده، تعیین روابط بیولوژیکی بین درختان مختلف (Tsitsoni et al., 2003)، تولید چوب، انتخاب طرح مناسب آماربرداری (Trifković & Yamamoto, 2008)، طراحی طرحهای مدیریتی مناسب، تشریح پایداری بوم‌سازگان و اقدامات احیایی (Mouro et al., 2007) مورد استفاده قرار گیرد و ابزاری مهم در برنامه‌ریزیهای زیست‌محیطی و حفاظتی باشد (Pommerening & Stoyan, 2008).

در دهه گذشته علاقه زیادی برای مطالعه الگوهای مکانی بوجود آمده است و پیشرفت‌های قابل توجهی در استفاده از پراکنش مکانی درختان به‌منظور درک سازوکار- های بوم‌شناختی، حفظ تنوع زیستی و پیش‌بینی پویایی توده‌های جنگلی (Getzin et al., 2006) و عملکرد جوامع گیاهی انجام شده است (Murrell et al., 2001). الگوهای مکانی درختان یکی از ویژگیهای مهم جنگل است که می‌تواند در بررسی همزیستی گونه‌ها (Weigand

مختلفی هستند و توانایی آنها در کشف الگوهای مختلف متفاوت است ( Pourbabaei, 2005; Jannat-Rostammi & Safari et al., 2010a & b). در صورتی که توده جنگلی مورد آماربرداری صددرصد قرار گیرد معمولاً از سه روش کوادرات‌های پیوسته، شاخص نزدیکترین همسایه (Krebs, 1999) و تابع  $K$  رایپلی (Ripley, 1977) استفاده می‌شود. در روش کوادرات‌ها نقاط داخل هر کوادرات مورد بررسی قرار می‌گیرد، در حالی که نقاط بین کوادرات‌ها لحاظ نمی‌شود که این امر باعث اشتباه در تعیین الگو می‌شود (Erfanifard et al., 2008). شاخص نزدیکترین همسایه هم به دلیل اینکه فقط از فاصله درخت تا نزدیکترین همسایه‌اش استفاده می‌کند در تشریح الگو در فواصل و مقیاس‌های مختلف ناتوان است. تابع  $K$  رایپلی و دیگر توابع وابسته به آن، براساس اندازه‌گیری فواصل بین تمامی جفت نقاط (درختان) موجود، ساختار مکانی را در مقیاس‌های کوچک هم مورد تحلیل قرار می‌دهند. این ویژگی، آنها را در تشریح الگو در فواصل مختلف و کشف الگوهای مختلط و ناهمگن توانمند می‌سازد (مثلاً الگوی کپه‌ای در فواصل نزدیک‌تر و منظم در فواصل دورتر). این یک ویژگی بسیار مهم این توابع می‌باشد، زیرا به‌طور بالقوه همه فرایندهای بوم‌شناسی به مقیاس وابسته بوده و ویژگی‌های آنها نیز ممکن است در طول فاصله تغییر کند (Wiegand & Moloney, 2004). تحلیل الگو به این شیوه را با عنوان «کوچک مقیاس» (Small scale یا Fine Scale) نام می‌برند که در مقیاس و سطوح کوچک انجام می‌گیرد. از این توابع می‌توان به تابع  $K$  رایپلی و تابع  $O$ -ring اشاره کرد.

یکی از نکات مورد توجه در اکولوژی گیاهی درک این مطلب است که رقابت چگونه باعث تعیین الگوی مکانی می‌شود. الگوی مکانی و اندازه درختان مستقل از هم نبوده و به‌طور معمول تحت تأثیر کنش متقابل می‌باشد. اگر رقابت یک سازوکار تأثیرگذار در ساختار جوامع

الگوهای مکانی به دلیل عوامل مختلف مانند پراکنش بذر، رقابت بین گونه‌ای و درون‌گونه‌ای، آشوب‌های داخل اکوسیستم، عوامل گیاه‌خواری و یا ناهمگنی محیطی ایجاد می‌گردد که ممکن است هر کدام از این موارد یا مجموعه‌ای از آنها باعث شکل‌گیری الگو در مقیاس‌های مختلف شود (Wiegand & Moloney, 2004). الگوی کپه‌ای یا توده‌ای در نتیجه آشوب‌های طبیعی رخ داده در درون بوم‌سازگان، روش‌های زادآوری گونه‌ها و ناهمگنی محیطی و رویشگاهی است (Chao et al., 2007). در شرایط ناهمگنی رویشگاه، گیاهان در مناطقی که دارای شرایط زیست مناسب‌تر هستند به‌صورت کپه‌ای مستقر می‌شوند (Ardakani, 2004). پس وجود الگوهای کپه‌ای در اغلب جوامع گیاهی طبیعی مورد انتظار خواهد بود. از طرف دیگر حضور الگوی غیرتصادفی (کپه‌ای و منظم) در جوامع گیاهی یک روال عمومی است، مگر اینکه جوامع مورد دخالت‌های انسان و دیگر آشوب‌های طبیعی قرار گیرند (Perry et al., 1999). الگوی منظم یا یکنواخت به دلیل رقابت شدید برای منابع محدود مانند آب و خاک، و الگوی تصادفی هم در نتیجه مرگ‌ومیر وابسته به تراکم، همگنی رویشگاه و یا در مرحله تغییر الگو از حالت کپه‌ای به منظم مشاهده گردد (Reyburn, 2011).

معمول‌ترین روش برای بررسی الگوی مکانی روش قطعه نمونه با مساحت ثابت و روش‌های فاصله‌ای است (Stamatellos & Panourgias, 2005) که هر کدام از این دو روش مشکلات و محدودیت‌های خاص خود را دارند. شاخص‌های مورد استفاده در روش قطعه نمونه در صورتی که الگوی مکانی به شکل غیرتصادفی باشد، تا حد زیادی تحت تأثیر مساحت قطعه نمونه قرار می‌گیرند (Wong & Lee, 2005). مشکل روش فاصله‌ای نیز در تعیین درختان و اندازه‌گیری فواصل در مناطق شیب‌دار است (Assuncao, 1994) و شاخص‌های مختلف مورد استفاده در این روش دارای محدودیت‌ها و پیش‌فرض‌های

جنگلی باشد دو نتیجه مورد انتظار خواهد بود. اول اینکه رابطه مثبت و معنی‌داری بین اندازه درختان با فاصله تا نزدیکترین همسایگانش وجود دارد و دوم اینکه حذف درختان در اثر رقابت باعث ایجاد الگوی منظم طی زمان می‌شود (Getzin *et al.*, 2006).

در داخل کشور تاکنون از روشهای مختلفی برای بررسی الگوی مکانی استفاده شده است (جدول ۱).

جدول ۱- روشهای مختلف مورد استفاده در بررسیهای الگوی مکانی درختان جنگلی در داخل کشور

منبع	روش
Safari <i>et al.</i> (2010a & b); Haji Mirza Aghaei <i>et al.</i> (2010); Basiri <i>et al.</i> (2006)	قطعه نمونه با مساحت ثابت
Jannat Rostammi <i>et al.</i> (2009); Safari <i>et al.</i> (2010a & b); Heidari <i>et al.</i> (2007)	شاخص‌های فاصله‌ای
Habashi <i>et al.</i> (2007); Erfanifard <i>et al.</i> (2008)	شاخص نزدیکترین همسایه
Alavi <i>et al.</i> (2006)	کوادرات‌های بهم پیوسته
Akhavan <i>et al.</i> (2010)	تابع <i>K</i> رایپلی

این تحقیق، بررسی اولیه و مقدماتی امکان استفاده از تابع *O-ring* در مطالعه الگوی مکانی و کنش متقابل در جنگلهای زاگرس است. زیرا ارائه روش مناسب بررسی کنش متقابل و الگوی مکانی درختان می‌تواند گام مؤثری در راستای شناخت هر چه بیشتر توده‌های جنگلی به منظور اجرای اقدامات علمی و عملی باشد. با توجه به استفاده از تابع *O-ring* که نواقص تابع *K* رایپلی و شکل خطی آن یعنی *L* در آن اصلاح شده برای اولین بار در داخل کشور این تحقیق از این منظر کاملاً جدید است.

## مواد و روشها

### منطقه مورد مطالعه

با توجه به اهداف مطالعه و نیاز به منطقه دست‌نخورده به منظور حصول نتایج قابل اعتماد، این تحقیق در قسمتی از جنگلهای زاگرس با حداقل تخریب انجام شد. منطقه جنگلی باینگان در عرض جغرافیایی  $34^{\circ} 59'$  تا  $34^{\circ} 57'$  شمالی و طول جغرافیایی  $46^{\circ} 17'$  تا  $46^{\circ} 20'$  شرقی با دامنه ارتفاعی ۱۲۵۰ تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است. توده مورد بررسی شرایط خاصی از نظر

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود به‌غیر از مطالعه (Akhavan *et al.* (2010) تاکنون مطالعه‌ای در زمینه بررسی الگوی مکانی در فواصل مختلف در داخل کشور انجام نشده است. اما در خارج از کشور با توجه به مزیت و توانایی این آماره‌ها در سالهای اخیر مطالعات متعددی با استفاده از توابع مختلف انجام شده است که می‌توان به مطالعات (Luis *et al.* (2008) در جنگلهای مدیترانه‌ای اسپانیا، (Jacquemyn *et al.* (2010) در کشور بلژیک، (Mantgem *et al.* (2011) در جنگلهای کالیفرنیا، (Marin *et al.* (2011) در جنگلهای ایتالیا، (Reyburn (2011) در جنگلهای امریکا و (Zhang *et al.* (2012) در جنگلهای چین اشاره کرد. از مطالعات انجام شده در رابطه با بررسی اثر متقابل درختان در توده‌های جنگلی نیز می‌توان به (Martinez *et al.* (2010)، (Jacquemyn *et al.* (2010)، (Bäuerle & Nothdurft (2011)، (Marin *et al.* (2011)، (Reyburn (2011)، (Zhang *et al.* (2012) و (Akhavan & Sagheb-Talebi (2012) اشاره کرد.

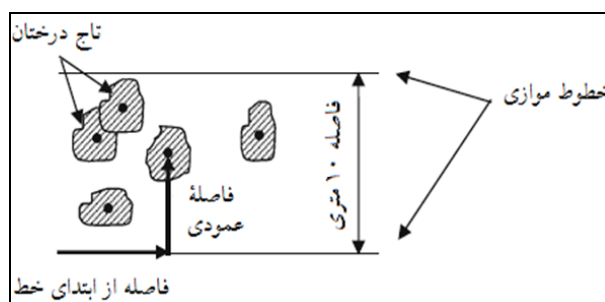
یکی از جدیدترین روشها برای بررسی الگوی مکانی و کنش متقابل گونه‌ها استفاده از تابع *O-ring* است. هدف

(تحلیل‌های الگوی مکانی و کنش متقابل با محل استقرار درختان سر و کار دارد).

### روش تحقیق

به منظور جمع‌آوری داده‌های لازم، در دامنه‌های جنوبی جنگلهای باینگان عرصه‌ای به ابعاد  $200 \times 100$  متر انتخاب و موقعیت مکانی تمامی درختان بلوط ایرانی و بنه موجود در قطعه مورد بررسی با استفاده از روش فاصله تا خطوط موازی تعیین شد. اجرای این روش به این شکل است که به موازات طول حد پایین قطعه مورد مطالعه خطوطی با فواصل ۱۰ متر پیاده و سپس برای هر درخت دو فاصله، یکی فاصله عمودی تا نزدیکترین خط و دیگری فاصله تا ابتدای همین خط اندازه‌گیری شد (شکل ۱). با استفاده از این فواصل مختصات دکارتی (x,y) هر نقطه استخراج و در نهایت نقشه مکانی (Stem-mapped) درختان موجود در قطعه مورد بررسی تهیه شد. لازم به ذکر است با توجه به ماهیت تحقیق که مطالعه موردی بوده و هدف آن یک بررسی مقدماتی است، فقط یک قطعه مورد آماربرداری قرار گرفت. برای دستیابی به نتایج قابل تعمیم به دیگر توده‌های زاگرس لازم است که در مطالعات تکمیلی چندین قطعه، آماربرداری مورد تحلیل قرار گیرد.

ترکیب و تراکم داراست و برخلاف بسیاری از رویشگاه‌های زاگرس، دارای حداقل دست‌خوردگی، با تراکم بالا (حدود ۵۰۰ جست‌گروه در هکتار)، در یک عرصه با شیب تند (حدود ۶۰٪)، در جهت جنوبی و در دامنه ارتفاعی ۱۵۰۰-۱۶۰۰ متری و دور از منطقه مسکونی واقع شده است. گونه‌های مورد بررسی در این تحقیق، بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindle.) و بنه (*Pistacia atlantica* Desf) است که اولی در مقابل تخریب بسیار مقاوم بوده، و قدرت جست‌دهی زیادی دارد و در صورت اعمال فشارهای طبیعی و دخالت‌های انسانی، این گونه به صورت جست‌گروه در محل استقرار درخت قبلی مستقر می‌شود. گونه مورد مطالعه دوم بنه است که به دلیل ارزش اقتصادی فوق‌العاده زیاد برای ساکنان از گزند قطع در امان است. برای کاهش اثر تخریب جزئی در منطقه، همه جست‌گروه‌های که قطر قطورترین جست آنها از ۲/۵ سانتی‌متر بیشتر بودند مورد آماربرداری قرار گرفتند. این کار با این هدف انجام شد که هر جست‌گروه در اصل درختی بوده که تحت تأثیر تخریب به جست‌گروه تبدیل شده است. با کاهش حد شمارش از ۵ سانتی‌متر (که در تحقیقات جنگلهای زاگرس مورد استفاده قرار می‌گیرد) به ۲/۵ سانتی‌متر اثر تخریب جزئی در منطقه حذف شد



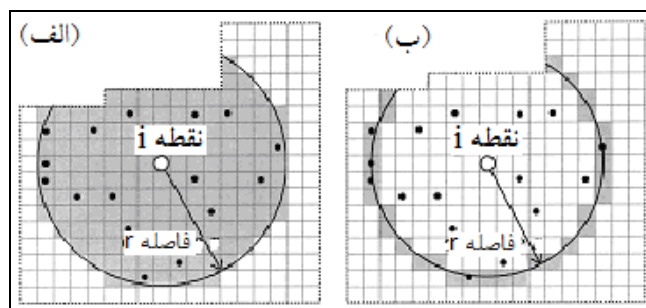
شکل ۱- نحوه آماربرداری درختان به منظور تهیه نقشه مکانی درختان (برگرفته از Erfanfard et al., 2009)

### تحلیل داده‌ها

تابع  $O$ -ring به تابع  $K$  رایبلی و تابع روابط جفتی  $g(r)$  رابطه (۱)  $O(r) = \lambda g(r)$  مربوط می‌شود (رابطه ۱).

حالی که تابع  $K$  و شکل خطی آن یعنی تابع  $L$  از انجام این کار ناتوان است و بیشتر ماهیت تجمعی دارند. مزیت دیگر تابع  $O(r)$  در این است که یک تابع توزیع احتمالی با تشریح تراکم همسایه و نقاط مجاور نیز می‌باشد که این ویژگی سبب افزایش قدرت کشف و تحلیل الگو و کنش متقابل نسبت به تابع تجمعی  $K$  می‌شود (Stoyan & Penttinen, 2000). به‌طور ویژه‌ای تأکید شده است که استفاده از  $O(r)$  در بررسی الگوی مکانی نسبت به تابع  $K$  رایجی و شکل خطی آن یعنی تابع  $L$  مفیدتر است (Wiegand & Moloney, 2004). این تابع برای اولین بار توسط Wiegand et al. (1999) معرفی و مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به مزیت‌های تابع  $O(r)$ ، در سال‌های اخیر استفاده‌های متعددی از آن شده است که می‌توان به Luis et al. (2010)، Jacquemyn et al. (2010)، Reyburn (2011)، al. (2008)، Watson et al. (2007) و Myster & Malahy (2012) اشاره کرد.

که در این رابطه  $O(r)$ : تابع تک متغیره  $O$ -ring،  $\lambda$ : تراکم یا شدت (Intensity) الگو که عبارت است از تعداد در واحد سطح و  $g(r)$ : مشتق تابع  $K$  رایجی می‌باشد. اگر  $O(r) > \lambda$  الگو کپه‌ای،  $O(r) = \lambda$  الگو تصادفی و  $O(r) < \lambda$  الگو به‌شکل منظم است. توابع  $K$  و  $L$  براساس تعداد نقاط (درختان) موجود در داخل دایره با شعاع  $r$  در اطراف نقاط مرکزی محاسبه می‌شود (Illian et al., 2008)، در حالی که در محاسبه  $O(r)$  دایره مذکور در تابع  $K$  توسط حلقه‌ها (rings) جایگزین می‌شود. اساس تابع  $O(r)$  براساس متوسط تعداد نقاط (درختان) قرار گرفته بر روی حلقه‌ها با شعاع  $r$  از نقاط مرکزی (درختان) داخل قطعه مورد مطالعه است (Luis et al., 2008) (شکل ۲). جایگزینی حلقه‌ها در  $O(r)$  به‌جای دایره در تابع  $K$ ، این تابع را در کشف الگو در کلاسه‌های فاصله‌ای مختلف از درختان توانمند می‌سازد (Illian et al., 2008; Wiegand & Moloney, 2004)، در



شکل ۲- شمارش تعداد نقاط در داخل دایره به شعاع  $r$  در محاسبه  $L(r)$  (الف) و شمارش تعداد نقاط بر روی محیط حلقه‌ها به فاصله  $r$  در محاسبه تابع  $O(r)$  (ب) (برگرفته از Wiegand & Moloney, 2004)

گونه، اندازه و مراحل مختلف زیستی باشد. در این حالت به‌منظور بررسی ارتباط بین گروه‌های مختلف از تابع دو متغیره که بیانگر وجود کنش‌های مثبت (اجتماع‌پذیری)، کنش‌های منفی (رقابت و دفع) و یا مستقل بودن گروه-هاست استفاده می‌شود (Wiegand & Moloney, 2004). رویکرد تابع دو متغیره  $O(r)$  که به‌شکل رابطه ۲ نمایش داده

تابع  $O(r)$  به دو شکل تک‌متغیره (Univariate) و دو متغیره (Bivariate) است. تک‌متغیره در شرایطی است که نقاط موجود در نقشه مکانی، فقط مکان نقطه (درخت) را نمایش می‌دهد و فاقد هر گونه اطلاعات دیگر است. در مقابل ممکن است نقاط موجود در نقشه مکانی علاوه بر موقعیت مکانی، بیانگر اطلاعات دیگری نیز مثل نوع

محدودهٔ مونت کارلو قرار گیرد در آن فاصله فرض صفر تأیید و در صورتی که این مقادیر در خارج از محدودهٔ مونت کارلو قرار گیرد فرض صفر رد خواهد شد. حدود اعتماد در سطح ۹۹ درصد با توجه به ۵ برابر بالاترین و پایین‌ترین مقدار تابع *O-ring* براساس فرض صفر با استفاده از ۴۹۹ مرتبه شبیه‌سازی محاسبه شد (Palmino, 2005).

در عمل استفاده از تابع *O-ring* مستلزم تصمیم‌گیری در رابطه با تعیین اختلاف فاصله مابین حلقه‌هایی ( $r$ ) است که در اطراف هر درخت برای محاسبه این تابع مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورت استفاده از  $r$  های با اختلاف کم، به دلیل کافی نبودن تعداد نقاط (درختان) بر روی حلقه‌ها شکل نمودار تابع بصورت شکسته و دندان-دار خواهد بود و در صورت انتخاب  $r$  های بزرگ هم قدرت تفکیک تابع *O-ring* کاهش می‌یابد و درک و شناسایی الگو به‌درستی انجام نخواهد شد (Wiegand, 2004).

اثر حاشیه‌ای ممکن است در محاسبات به دلیل قرار گرفتن نقاط در خارج از قطعه مورد مطالعه (که می‌توانند الگوی داخل قطعه را تحت تأثیر قرار دهند) ایجاد شود. نقاط خارج از قطعه تعیین مختصات نشده و مکان آنها ناشناخته باقی‌خواهی ماند و باعث می‌شود که در هنگام محاسبات، حلقه‌هایی که خارج از قطعه آماربرداری شده قرار می‌گیرند خالی مانده و ایجاد اریبی کنند، مگر اینکه اثر حاشیه‌ای تصحیح شود. در این تحقیق از روش تصحیح حلقه‌ای (Toroidal) که مناسب قطعات چهارگوش (مربع و مستطیل) است استفاده شد. اعمال این روش به این صورت است که از نقشه مکانی قطعه آماربرداری شده ( $W$ ) ۸ بار کپی گرفته شده و با استفاده از این کپی‌ها قطعه مورد مطالعه محصور می‌شود. یعنی در مجموع ۹ پلات همشکل ایجاد می‌شود که به صورت یک جدول ۳×۳ تنظیم می‌شود (شکل ۳) (Wiegand & Moloney, 2004).

می‌شود عبارت است از تعداد درختان از گروه ۲ (مثلاً گونه ب) که بر روی حلقه‌هایی به شعاع  $r$  به مرکزیت درختان گروه ۱ (مثلاً گروه الف) قرار گرفته که توسط  $\lambda_2$  تقسیم‌بندی می‌شود.

$$O_{12(r)} = \lambda_2 g_{12(r)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این رابطه  $O_{12}$ : تابع دو متغیره *O-ring*،  $\lambda_2$ : تراکم الگوی نقاط گروه ۲ که عبارت است تعداد در واحد سطح،  $g_{12(r)}$ : شکل دو متغیره تابع  $g(r)$  (Luis et al., 2008).

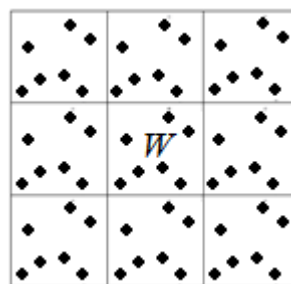
در صورتی که  $O_{12(r)} < \lambda$  بیانگر کنش منفی و دافعه بین دو گروه،  $O_{12(r)} = \lambda$  بیانگر مستقل بودن دو گروه از هم و اگر  $O_{12(r)} > \lambda$  یعنی بین دو گروه کنش مثبت و جاذبه وجود دارد. یعنی در کنش‌های مثبت تعداد درختان همسایهٔ درخت مرکزی بیشتر از تعداد میانگین مورد انتظار و در کنش منفی تعداد درختان به دلیل حذف در اثر عوامل نامساعد رویشگاهی و رقابت کمتر از تعداد مورد انتظار است (Martinez et al., 2010).

### فرض صفر

کلید موفقیت در استفاده از تابع *O-ring* در انتخاب فرض صفر مناسب است که بتواند به سئوالات بیولوژیکی پاسخ دهد. ساده‌ترین فرض صفر که به‌طور گسترده‌ای در تحلیل الگوی مکانی تک‌متغیره مورد استفاده قرار می‌گیرد فرض صفر کاملاً تصادفی است که می‌تواند به‌عنوان یک فرایند پواسن همگن در نظر گرفته شود (Wiegand & Moloney, 2004). برای آنالیزهای دو متغیره از فرض صفر مستقل بودن دو گونه نسبت به هم استفاده شد (Wiegand et al., 2007) برای آزمون فرض صفر و بررسی اختلاف معنی‌داری نتایج حاصل از  $O_{12(r)}$  و  $O_{(r)}$  در سطح احتمال مشخص با شبیه‌سازی مونت کارلو مقایسه می‌شود. در صورتی که مقادیر  $O_{12(r)}$  و  $O_{(r)}$  در داخل

به حداقل خود برسد ( Akhavan & Sagheb-Talebi, 2012). با توجه به اهمیت اقتصادی گونه بانه در منطقه، عدم قطع و تخریب آنها و تاج بزرگ و تاثیر رقابتی آنها از نظر سایه‌افکنی بر زادآوری و جست‌گروه‌های بلوط، مکان درختان بانه ثابت و درختان بلوط به صورت متغیر در نظر گرفته شد.

برای محاسبه تابع *O-ring* از نرم‌افزار *Programita* استفاده شد.

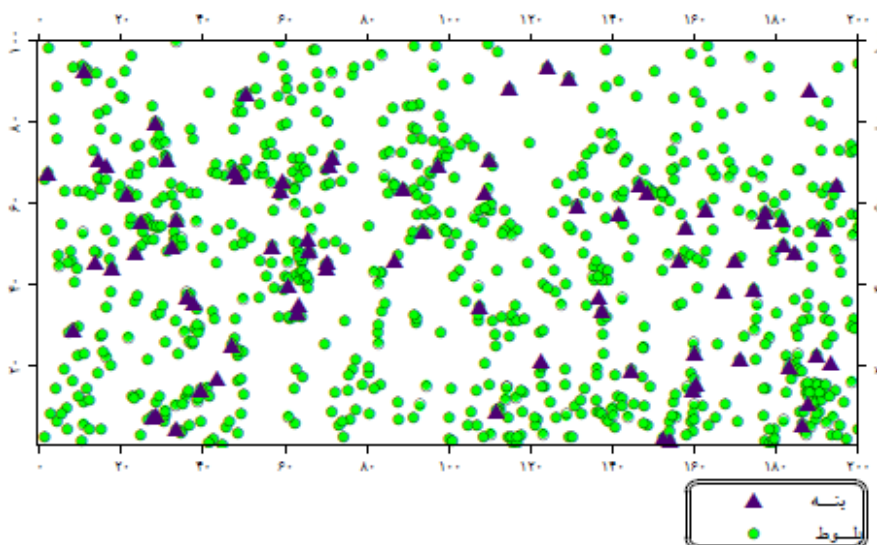


شکل ۳- نحوه تصحیح اثر حاشیه‌ای (۸ قطعه مشابه قطعه آماربرداری شده (W) را محصور کرده‌اند) (برگرفته از Illian et al., 2008).

### نتایج

نقشه مکانی مربوط به موقعیت درختان (جست‌گروه) بلوط ایرانی و بانه در قطعه مورد بررسی در شکل ۴ نشان داده شده است. تعداد درختان بلوط ایرانی و بانه در قطعه مورد بررسی به ترتیب عبارت از ۷۷۳ و ۸۱ اصله (جست-گروه) است.

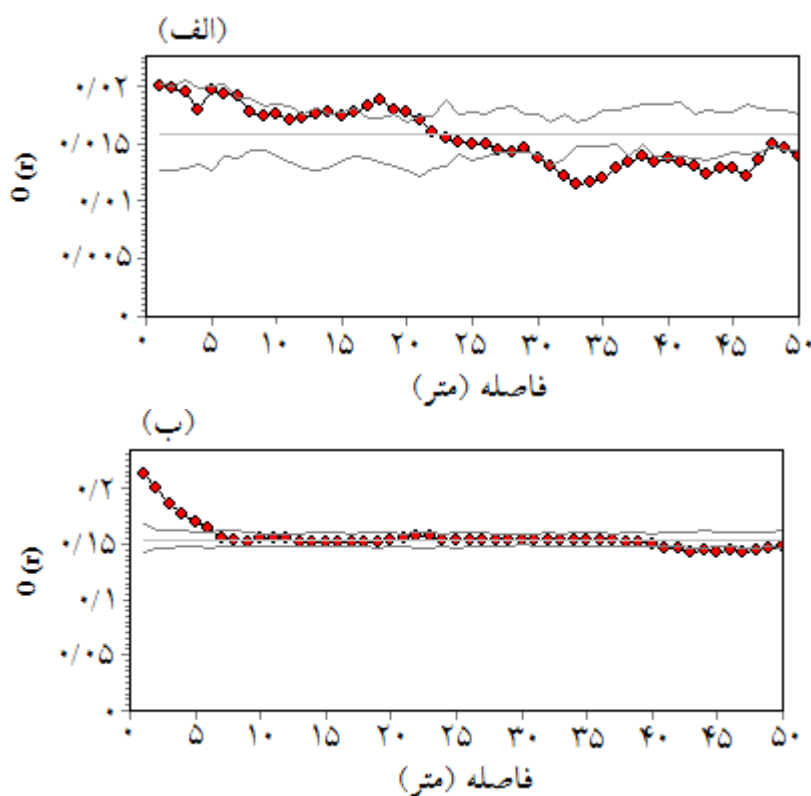
حداکثر شعاع مورد عمل برای بررسی تابع *O-ring*، برابر با نصف طول ضلع کوچک قطعه مورد بررسی است که در اینجا با توجه به ابعاد  $200 \times 100$  متر، فاصله مورد عمل برای تابع ۵۰ متر و با تناوب فاصله ۵ متر (Ring width) در نظر گرفته شد (Marin et al., 2011). انتظار می‌رود که اثر متقابل درختان در فواصل بیشتر از ۵۰ متر



شکل ۴- نقشه مکانی درختان (جست‌گروه‌های) بلوط ایرانی و بانه در قطعه مورد بررسی

است. در این تحلیل اختلاف فاصله حلقه‌ها ۵ متر در نظر گرفته شده است.

نتایج تحلیل تابع تک‌متغیره برای الگوی مکانی بلوط ایرانی و بانه در فواصل مختلف در شکل ۵ نشان داده شده



شکل ۵- نمودار تابع تک متغیره  $O(r)$  بنه (الف) و بلوط ایرانی (ب) در کلاسه‌های فاصله‌ای مختلف (خط سیاه همراه با لوزی‌های کوچک منحنی  $O(r)$ ، خطوط ساده با رنگ روشن حدود مونت کارلو و خط راست کاملاً افقی مقدار  $\lambda$ )

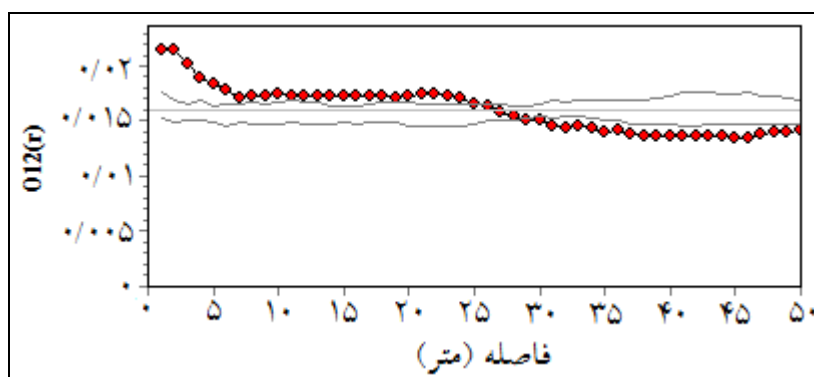
الگوی کپه‌ای در این فواصل است و ضمناً شدت الگوی کپه‌ای در فواصل کمتر، بیشتر است. از فاصله ۶ تا ۴۳ متر مقدار تابع در داخل حدود مونت کارلو یا برابر با حدود پایین و بالای آن است که بیانگر الگوی تصادفی در کلاسه‌های فاصله‌ای مختلف در این فواصل است. از فاصله ۴۳ متر تا ۴۹ متر مقدار تابع پایین‌تر از حدود مونت کارلو قرار گرفته که نشان‌دهنده الگوی منظم در این فواصل می‌باشد. در یک متر آخر نیز مجدداً الگو به شکل تصادفی تغییر یافته است.

نتایج تحلیل کنش متقابل بین دو گونه بلوط ایرانی و بنه توسط آنالیز دو متغیره  $O_{12(r)}$  در شکل ۶ نشان داده شده است.

در نمودار (الف) که مربوط به الگوی مکانی گونه بنه است از درختان تا فاصله ۱۶ متر، از ۲۰ متر تا ۳۱ متر و از ۴۷ متر تا ۵۰ متر مقدار تابع در داخل محدوده مونت کارلو یا برابر با حدود آن قرار گرفته و الگو در کلاسه‌های فاصله‌ای موجود در این فواصل تصادفی است. از ۱۶ متر تا ۲۰ متر بالای حدود مونت کارلو قرار دارد و بیانگر الگوی کپه‌ای در این فاصله‌هاست. از فاصله ۳۱ تا ۴۷ متر مقدار تابع در پایین حدود مونت کارلو قرار گرفته است که بیانگر الگوی منظم برای این فواصل است.

در نمودار (ب) که مربوط به الگوی مکانی بلوط ایرانی است. در فواصل کم و از درختان تا فاصله ۶ متر مقدار تابع بالاتر از حدود مونت کارلو قرار دارد که بیانگر





شکل ۶- نمودار تابع دو متغیره  $O_{12(r)}$  در فواصل مختلف (خط سیاه تیره همراه با لوزی‌های کوچک منحنی  $O_{12(r)}$ ، خطوط ساده با رنگ روشن حدود مونت کارلو و خط راست کاملاً افقی مقدار  $\lambda$ )

بنه مخصوصاً در فواصل نزدیک درختان مادری مهیا می‌شود. از طرف دیگر حضور الگوی غیر تصادفی (کپه‌ای و منظم) در جوامع گیاهی یک روال عمومی است، مگر اینکه جوامع مورد دخالت‌های انسان و دیگر آشوب‌های طبیعی قرار گیرند (Maestre, 2006; Perry et al., 1999). نتایج تابع تک‌متغیره *O-ring* در این تحقیق نمایانگر تغییر الگوی مکانی بلوط ایرانی از شکل کپه‌ای به صورت تصادفی با افزایش فاصله است. با توجه به بذره‌های سنگین بلوط و ریزش آن به زیر درختان و قدرت جست‌دهی زیاد این گونه، سبب ایجاد الگوی کپه‌ای با شدت بالا در فواصل نزدیک درختان می‌شود. Habashi et al. (2007) نیز الگوی کپه‌ای راش را در مطالعه خود به دلیل سنگینی بذر راش معرفی کردند. Zhang et al. (2012) نیز علت الگوی کپه‌ای در پژوهش خود را به سنگینی مخروط‌های پیسه‌آ نسبت دادند. شیب تند و سنگلاخی بودن منطقه و استقرار عرصه مورد مطالعه در دامنه‌های جنوبی و کاهش رطوبت در نتیجه طول مدت بیشتر تابش خورشید سبب ممانعت از استقرار مناسب زادآوری نهالها می‌شود. Luis et al. (2008) و Mantgem et al. (2011) هم علت تغییر الگوی مکانی با افزایش فاصله از شکل کپه‌ای به تصادفی را نتیجه عدم استقرار زادآوری معرفی کردند. الگوی مکانی بنه در این مطالعه در فواصل کوتاه و

نمودار تابع دو متغیره  $O_{12(r)}$  از درختان تا فاصله ۲۴ متر بالاتر از حدود مونت کارلو قرار دارد که بیانگر جاذبه بین دو گونه در کلاسه‌های فاصله‌ای مختلف در این محدوده است. و از فاصله ۲۴ تا ۳۰ متری مقدار تابع در داخل حدود مونت کارلو قرار دارد و بیانگر مستقل بودن درختان در این فواصل است. از فاصله ۳۰ تا ۵۰ متری هم مقدار تابع در زیر حدود مونت کارلو قرار گرفته که بیانگر دافعه بین دو گونه در این فواصل می‌باشد. البته در فواصل نزدیک درختان وجود شدت جذب بالایی بین دو گونه مشاهده می‌شود.

## بحث

الگوی مکانی یک ویژگی مهم ساختار جمعیت است که شکل‌گیری آن نتیجه کنش متقابل جمعیت‌ها و جمعیت با محیط است (Grey & He, 2009). الگوهای مکانی و روابط متقابل گونه‌ها، پویایی و ثبات جمعیت را منعکس می‌کند (Jayapal et al., 2009). نحوه پراکنش بذر و نوع زادآوری مهم‌ترین عامل در ایجاد الگوی کپه‌ای است (Marin et al., 2011; Zhang et al., 2012) که با توجه به سنگین بودن بذر بلوط ایرانی و خوشه‌های بنه و ریزش بذرها به زیر درختان در اثر وزن و زادآوری آنها از طریق غیرجنسی، انتظار ایجاد الگوی کپه‌ای برای بلوط ایرانی و

متوسط به شکل تصادفی تعیین شد. دلیل این شکل الگوی عدم استقرار زادآوری بنه است و به دلیل عدم جایگزینی درختان بنه توسط زادآوری، تراکم آنها کاهش یافته است. (Palmino (2005 در مطالعه خود علت تصادفی بودن الگوی گونه مورد بررسی خود را تراکم کم آن معرفی کرد. در این مطالعه نیز تراکم گونه بنه کم و در حدود ۴۰ اصله در هکتار بود. تابع تک‌متغیره O-ring به خوبی الگوی مختلط را برای هر دو گونه نشان داده است. نتایج تابع دو متغیره O-ring بیانگر وجود جاذبه و کنش مثبت در فواصل نزدیک بین دو گونه مورد مطالعه است. این موضوع را می‌توان به نیازهای مشابه دو گونه برای استقرار (Martinez et al., 2010) و یا به دلیل وجود شرایط رویشگاهی مناسب به صورت موزاییکی نسبت داد که درختان برای استقرار به آنجا هجوم آورده‌اند. با توجه به رویکرد محاسبه‌ای تابع O-ring علت جذب دو گونه در فواصل کم، تراکم زیاد جست‌گروه‌های بلوط ایرانی است که به صورت کپه‌ای (مطابق با نتیجه تابع تک‌متغیره O-ring) درختان بنه را محاصره کرده‌اند و یک جاذبه بین آنها در فواصل کوچک ایجاد شده است. این حالت جذب که همراه با قرار گرفتن تعداد بیشتر درختان (جست‌گروه‌ها) در واحد سطح است، با ایجاد شرایط مناسب‌تر خاک از نظر عناصر غذایی و رطوبت به دلیل بازگشت لاشبرگ و ممانعت از تابش مستقیم خورشید به خاک همراه است. می‌توان چنین استنباط کرد که حتی با وجود رقابت شدید در فواصل نزدیک بین درختان، به دلیل وجود شرایط مناسب رویشگاهی درختان توانسته‌اند فشار رقابت از درختان بزرگتر را تحمل کرده و به شکل مغلوب مستقر و ماندگار شوند. در فواصل دورتر بین دو گونه دفع وجود دارد که می‌توان آن را به الگوی مکانی گونه‌های مورد بررسی مرتبط دانست. در فواصل دورتر پراکنش درختان در اثر ناهمگنی و شرایط مختلف محیطی مانند عوارض زمین، رطوبت خاک و است (Zhang et al., 2012) در

فواصل دورتر و خارج از کپه‌ها تراکم درختان کاهش یافته است (الگوی مکانی تصادفی در فواصل متوسط برای هر دو گونه این مطلب را تأیید می‌نماید). (Myster & Malahy (2012 بیان می‌دارند که وجود عواملی مانند رقابت، کاهش لاشبرگ و مواد غذایی حیاتی با افزایش فاصله از کپه‌ها باعث کاهش تراکم می‌شود. تابش مستقیم نور به خاک و کاهش رطوبت با کاهش تراکم و سطح تاج‌پوشش از یک طرف و کاهش برگشت لاشبرگ درختان از طرف دیگر سبب کاهش کیفیت خاک و عدم استقرار زادآوری می‌شود. نتیجه این عمل پایین آمدن تراکم درختان بلوط و بنه در این فواصل شده که بنا بر ماهیت تابع دو متغیره O-ring، این کاهش تراکم بلوط ایرانی در اطراف درختان بنه به صورت دفع نشان داده می‌شود. (Maestre (2006 در تحقیق خود در جنگلهای نیمه‌خشک *Pistacia lentiscus* اظهار کرد که ویژگیهای خاک مانند کوبیدگی و مقدار ماسه بر زنده‌مانی این گونه و در نتیجه بر شکل الگوی مکانی تأثیر دارد. ضمناً الگوی منظم در فواصل دورتر برای هر دو گونه مورد بررسی نیز تأیید کننده دفع و رقابت در فواصل دور است، زیرا رقابت یکی از عوامل ایجاد کننده الگوی منظم است (Reyburn, 2006; Getzin et al., 2011). لازم به توضیح است که در تمامی فواصل رقابت بین درختان وجود دارد، ولی ویژگیهای مختلف رویشگاهی در مقیاس کوچک و حالت موزاییکی بودن آن بر نتایج رقابت این تأثیر را گذاشته است که با توجه به درجه کیفیت موزاییکها، شدت رقابت کنترل شده است. در موزاییکهای با کیفیت مطلوب درختان مغلوب با وجود اینکه تحت فشار رقابت بوده‌اند به دلیل وجود شرایط رویشگاهی مطلوب در کنار درختان غالب به صورت ضعیف استقرار یافته‌اند و از عرصه جنگل حذف نشده‌اند. در موزاییکهای با کیفیت پایین که در فواصل متوسط و دورتر واقع شده‌اند با وجود اینکه شدت رقابت نسبت به فواصل نزدیک کمتر بوده ولی درختان

(2008) *al.* که الگوی بلوط ایرانی را به شکل پراکنده معرفی نمودند. تشکیل الگوی کپه‌ای در فواصل نزدیک برای بلوط ایرانی در این تحقیق مطابق نتایج مطالعه (2007) *Mouro et al.* است آنها هم این شکل الگو را نتیجه نحوه‌ی زادآوری و بذر سنگین بلوط می‌دانند. در مورد بررسی کنش متقابل درختان در زاگرس این پژوهش اولین تجربه در این زمینه است. در داخل کشور *Habashi et al.* (2007) اجتماع‌پذیری گونه راش را با دیگر گونه‌ها به صورت منفی معرفی نمودند. *Akhavan & Sagheb-* (2012) *Talebi*، اثرهای رقابتی مثبت و منفی در مراحل مختلف تحولی و در فواصل مختلف را متأثر از سایه-پسندی، محدودیت پراکنش بذر و رقابت درون‌گونه‌ای راش از کلاسه‌های قطری مختلف با یکدیگر می‌دانند. کنش‌های مثبت و منفی این تحقیق به دلیل محدودیت مکانی پراکنش بذر مطابق نتایج *Akhavan & Sagheb-* (2012) *Talebi* و (2010) *Martinez et al.* وجود رقابت بین گونه‌ای میان گونه‌های مورد مطالعه مطابق با تحقیق نتایج (2010) *Martinez et al.* و اختلاف کوچک مقیاس در خصوصیات خاک مطابق با پژوهش *Myster & Malahy* (2012) می‌باشد.

با توجه به روند مطالعه حاضر که با هدف بررسی مقدماتی کارایی تابع *O-ring* انجام شده است، بنابراین نتایج آن فقط برای قطعه مورد بررسی و در شرایط خاص آن بوده و قابل تعمیم به دیگر رویشگاه‌های زاگرس نمی‌باشد. لازم است تا با تکرار مطالعه حاضر با سطوح مشابه و بزرگتر در شرایط مختلف اکولوژیک و فیزیوگرافیک در دیگر رویشگاه‌های زاگرس، روند کلی تغییرات الگوی مکانی و کنش متقابل در این جنگلها مشخص شود. نتایج این تحقیق کارایی مناسب تابع *O-ring* در جهت درک و شناخت بیشتر الگوی مکانی توده مورد مطالعه و کنش‌های متقابل را در جنگل مورد بررسی نشان می‌دهد.

مغلوب نتوانسته‌اند فشار رقابت درختان غالب را تحمل کنند و از عرصه قطعه مورد بررسی حذف شده‌اند.

استفاده از تابع *O-ring* به شکل تک‌متغیره در این مطالعه مزیت آن را در کشف الگوی مختلط و نمایش تغییرات الگو در فواصل مختلف برای هر دو گونه بلوط ایرانی و بنه نسبت به دیگر روشها و شاخصهای مورد استفاده در جنگلهای زاگرس که فقط یک الگو را برای منطقه مورد بررسی بیان می‌کند (Safari et al., 2010a & b; Erfanifard et al., 2008; Heidari et al., 2007; Basiri et al., 2006)، نشان می‌دهد. محدودیت پراکنش بذر بلوط به دلیل سنگینی آن که باعث شکل‌گیری الگوی کپه‌ای شدید در فواصل نزدیک شده و عدم استقرار زادآوری بنه توسط بذرهای خود را که سبب ایجاد الگوی پراکنش تصادفی در فواصل نزدیک شده از تحلیل الگوی مکانی توسط تابع تک‌متغیره *O-ring* به‌خوبی مشخص است که این موضوع می‌تواند راهنمایی در جهت لزوم کمک و حمایت از زادآوری گونه اقتصادی بنه به‌منظور حفظ و احیاء این گونه باشد. از طرف دیگر شکل دو متغیره تابع *O-ring* که نشان‌دهنده جذب بین درختان در فواصل نزدیک است، حکایت از این نکته دارد که به دلیل رویش مناسب بذر، استقرار و جست‌دهی گونه بلوط فضای اطراف درختان بنه را (درختان ثابت در نظر گرفته شده در تحلیل) اشغال کرده است. این موضوع می‌تواند راهنمای دیگری برای دخالت‌های جنگل‌شناسی در این توده در راستای ایجاد فضای مناسب برای استقرار زادآوری گونه ارزشمند بنه در جهت احیاء و پایداری آن باشد.

در مورد الگوی مکانی بلوط ایرانی و بنه توسط توابع و در فواصل مختلف تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده، بنابراین نتایجی یافت نشد که با این تحقیق مقایسه شود. ولی در اغلب تحقیقات، الگوی بلوط ایرانی و بنه به شکل کپه‌ای معرفی شده است به‌استثناء مطالعه *Erfanifard et*

## سیاسگزاری

بدین وسیله از زحمات آقای دکتر Thorsten Wiegand عضو مؤسسه تحقیقات علوم محیطی UFZ کشور آلمان،

به دلیل در اختیار قراردادن نرم افزار مورد استفاده و راهنمایی های لازم در انجام این تحقیق صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

## References

- Akhavan, R. and Sagheb-Talebi, Kh., 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.
- Akhavan, R., Sagheb-Talebi, K., Hassani, M. and Parhizkar, P., 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.
- Alavi, S., Zahedi Amiri, Gh. and Marvi Mohajer, M.R., 2006. An investigation of spatial pattern in Wych Elm (*Ulmus glabra*) in Hyrcanian forests, Case study: Kheyroudkenar forest, Noshahr, Iran. Iranian J. Natural Res. 58(4): 793-804.
- Ardakani, M., 2004. Ecology. Published by Tehran university Publishing Office, 326p.
- Assuncao, R., 1994. Testing spatial randomness by means of angles. Biometrics, 50: 531-537.
- Ba'uerle, H., and Nothdurft, A., 2011. Spatial modeling of habitat trees based on line transect sampling and point pattern. Can J For Res 41: 715-727.
- Basiri, R., Sohrabi, H. and Mozayen, M., 2006. A statistical analysis of the spatial pattern of trees species in Ghamisheleh Marivan region, Iran. Journal of the Iranian Natural Res. 59(2): 579-588.
- Chao, W. C., Wu, Sh. H., Lin, H. Y., Hsieh, C. F. and Chao, K. J., 2007. Distribution Patterns of Trees Species in the Lanjenchi Lowland Rain Forest. Taiwan, 52(4): 343-351.
- Erfanifard, Y., Fegghi, J., Zobeiri, M. and Namiranian, M., 2008. Investigation on the spatial pattern of trees in Zagros forests. Journal of the Iranian Natural Res. 60(4): 1318-1328.
- Erfanifard Y., Fegghi J., Zobeiri M. and Namiranian, M., 2009. Spatial pattern analysis in Persian oak (*Quercus brantii* var. *persica*) forests on B&W aerial photographs. Environ Monit 150: 251-259.
- Getzin, S., Dean, Ch., He, F., Trofymow, J. A., Wiegand, K. and Wiegand, T., 2006. Spatial patterns and competition of tree species in a douglas-fir cjonosequence on Vancouver Island. Ecology, 29: 671-682.
- Gray, L. and He, F.L., 2009. Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. Forest Ecology and Management, 259: 98-106.
- Habashi, H., Hosseini, S.M., Mohammadi, J. and Rahmani, R., 2007. Stand structure and spatial pattern of trees in mixed Hyrcanian Beech forests of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 55-64.
- Haji Mirza Aghayee, S., Jalilvand, H., Kooch, Y. and Pormajidian, M.R., 2010. Analysis of important value and spatial pattern of woody species in ecological units (case study: Sardabrood forests of Chalous). Iranian Journal of Forest. 2(1): 51-60.
- Heidari, R.H., Zobeiri, M., Namiranian, M. and Sobhani, H., 2007. Application of T-square sampling method in Zagross forests. (Case Study: Kermanshah province), Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(1): 32-42.
- Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H. and Stoyan, D., 2008. Statistical Analysis and Modelling of Spatial point patterns. John & whiley Sons, 556 p.
- Jacquelyn, H., Endels, P., Honnay, O. and Wiegand, T., 2010. Evaluating management interventions in small population of perennial herb *Primula vulgaris* using spatio-temporal analyses of point patterns. J. Applied Ecology, 47: 431-440.
- Jannat Rostami, M., Zare Chahoki, M.A., Azarnivand, H. and Ebrahimi Dorcheh, Kh., 2009. Survey and analysis of spatial pattern of plant species in marginal rangelands Hoz-e-Soltan Qom. Watershed Management Researches (Pajouhesh & Sazandegi), 84: 72-80
- Jayapal, R., Qureshi, Q. and Chellam, R. 2009. Importance of forest structure versus floristics to composition of avian assemblages in tropical deciduous forests of Central Highlands, India. Forest Ecology and Management, 257(11): 2287-2295.
- Krebs, C. J., 1999. Ecological Methodology. Second Edition. Addison - Welsey Educational Publisher, Inc. Benjamin/Cummings imprint. 581 p.
- Luis, M.D., Raventos, J., Wiegand, T. and Hidalgo, C.H., 2008. Temporal and spatial differentiation in seedling emergence may promote species coexistence in Mediteranean fire-prone ecosystems. Ecology, 31: 620-629.
- Maestre, F. T. 2006. Linking the spatial patterns of organisms and abiotic factors to ecosystem function and management: Insights from semi-arid environments - Web Ecol. 6: 75-87.
- Mantgem, P.J., Stephenson, N. L., Knapp, E., Battles, J. and Keeley J. E., 2011. Long-term effects of prescribed fire on mixed conifer forest structure in the Sierra Nevada, California. Forest Ecology and Management 261: 989-994.
- Marin, A., Carrer, D.M. and Lamdica, D.S., 2011. Spatial Analysis of a mixed Beech, Sprue and Fir stand in the eastern Alps. Master thesis, Dept. Land, Enviroment, Agriculture and Forestry, College of Agricultural Sciences, University of Padua, 71 p.

- Martinez, I., Weigand, T., Gonzalez, F., and Obeso, J.R., 2010. Spatial associations among tree species in a temperate forest community in North-western Spain. *Forest Ecology and Management*. 260: 456-465.
- Mouro, S.M., García, L.V., Marañón, T. & Freitas Helena., 2007. Recruitment Patterns in a Mediterranean Oak Forest: A Case Study Showing the Importance of the Spatial Component. *FOR. SCI.* 53(6): 645-652.
- Murrell, D.J., Purves, D.W. and Law, R., 2001. Uniting pattern and process in plant ecology. *Trend Ecol.* 16: 529-530.
- Myster, R.W. and Malahy, M.P., 2012. Testing aggregation hypotheses among Neotropical trees and shrubs: results from a 50-ha plot over 20 years of sampling. *J. Trop. Biol.* 60(3): 1015-1023.
- Palmino, R.L., 2005. Spatial distribution patterns of trees in a seasonally dry forest in the ceros de Amotape National Park, northwestern Peru. *peru. Boil.* 12(2): 317-326.
- Perry, G.L.W., Enright, N.J., Miller, B.P. & Lamont, B.B., 2008. Spatial patterns in species-rich sclerophyll shrublands of southwestern Australia. *Journal of Vegetation Science* 19: 705-716.
- Pommerening, A. and Stoyan, D., 2008. Reconstructing spatial tree points from nearest neighbor summary statistics measured in small subwindows. *J. For. Res.* 38: 1110-1122.
- Pourbabaei, H., 2005. Statistical ecology (translation). Guilan university Publishing Office, 428p.
- Reyburn, A.P., 2011. Causes and Consequences of Plant Spatial Patterns in Natural and Experimental Great Basin (USA) Plant Communities. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Ecology, Utah State University, 162 p.
- Ripley, B.D., 1977. Modeling spatial patterns. *J. R. Stat. Soc.*, B 39 (2): 172-212.
- Safari, A., Shabaniyan, N., Heidari, R.H., Erfanifard, S.Y. and Pourreza, M., 2010a. Spatial pattern of Manna Oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) in Bayangan forests of Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(4): 596-608.
- Safari, A., Shabaniyan, N., Erfanifard, S.Y., Heidari, R.H. and Purreza, M., 2010b. Investigation of spatial pattern of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) (case study: Bayangan forests, Kirmanshah). *Iranian Journal of Forest*, 2(2): 177-185.
- Stamatellos, G. and Panourgias, G., 2005. Simulating spatial distributions of forest trees by using data from fixed area plots. *Forestry*, 78 (3): 305-312.
- Stoyan, D. and Penttinen, A. 2000. Recent application of point process methods in forest statistics. *Statist. Sci.* 15: 61-78.
- Trifković, S. & Yamamoto H., 2008. Indexing of spatial pattern of trees using a mean of angels. *J. F. Res* 13: 117-121.
- Tsitsoni, T., Karamanolis, D., Stamatellos, G. and Ganatsas, P., 2003. Spatial pattern and connection of tree diameter classes in *Pinus halepensis* M. Stands after wildfire. 8<sup>th</sup> International conference on environmental science and technology Lemons island, Greece.
- Watson, M., Roshieri, D.A. and Wiegand, T., 2007. Spatial ecology of a root parasite – from pattern to process. *Austral Ecology*, 32: 359–369.
- Wiegand, T., 2004. Introduction to Point Pattern Analysis with Ripley's *L* and the *O*-ring statistic using the *Programita* software. Department of Ecological Modelling, UFZ-Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany. 166p.
- Wiegand, T., Gunatilleke, S., Gunatilleke, N. and Okuda, T., 2007. Analysing the sytructure of a Sri lankan trees Species with multiple scales of clustering. *Ecology*, 88(12): 3088-3102.
- Wiegand, T., Moloney, K., Naves, J. and Knauer, F., 1999. Finding the missing link between landscape structure and population dynamics: a spatially explicit perspective. *American Naturalist* 154:605-627
- Wiegand, T. and Moloney, K. A., 2004. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. *OIKOS*, 104: 209-229.
- Wong, D.W.S. and Lee, J., 2005. Statistical Analysis of Geographic Information with ArcView GIS and ArcGIS. 463 p.
- Zhang, Y.T., Li, J.M., Chang, Sh.L., Li, X. and Lu, J.J., 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
- Programita Software, © Thorsten Weigand, 2010.

## Preliminary study for application of *O-ring* function in determination of small-scale spatial pattern and interaction species (Case study: Bayangan forests, Kermanshah)

M. Karimi <sup>1</sup>, M.R. Pormajidian <sup>2</sup>, H. Jalilvand <sup>2</sup> and A. Safari <sup>3\*</sup>

1- MSc Student, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I.R. Iran.

2- Associate Prof, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I.R. Iran.

3\*- Corresponding author, MSc. Graduated, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, I.R. Iran. Email: asafari61@yahoo.com

Received: 15.07.2012

Accepted: 18.11.2012

### Abstract

Aim of this study was to investigate *O-ring* application function to study tree species interaction and spatial pattern in the Zagros forest. According to the aim of this study that was testing *O-ring* function, the size of two-hectare plot (200m×100m) in Bayangan forest was selected; and full calliper method was surveyed. Coordinates of all Manna oak (*Quercus brantii* lindl.) and Wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) trees, as two dominant species in studied plot, by distance-to-parallel lines method were determined. Finally, stem-mapped trees prepared. We used *O-ring* bivariate function to investigate interaction between tree species in studied plot, also *O-ring* univariate function was used to analyze spatial pattern in the different scales. Results showed the ability of *O-ring* function for determination of mixed spatial and association patterns in different distances. The proof of this spatial variety forms are seed dispersal limitation, inter-specific, high vigor germination of *Q. brantii* and quality difference small scale in plot studied. Moreover, the results showed that the *O-ring* functions describe spatial pattern and interaction as well as in the different scales. This method, could be useful as a key to recognize and to decision making for management programs and silviculture interventions.

**Key words:** Manna oak, wild pistachio, distance-to-parallel lines method, univariate and bivariate functions, seed