

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره سه، خرداد ماه ۱۴۰۱ (۱۴۳-۱۳۱)

بررسی الگوی پراکنش مکانی انارشیطان (*Tecomella undulata* R.) در استان

بوشهر

زهرا ذوالفقاری^۱

مصطفی مرادی^{۲*}

moradi4@gmail.com

رضا بصیری^۲

اکبر قاسمی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: الگوی پراکنش مکانی گونه‌های جنگلی اطلاعات مفید و اساسی را در مورد هم‌زیستی و روابط بیولوژی بین گونه‌ها و پویایی جنگل فراهم می‌کند. از این رو یکی از ابزارهای مهم برای مدیریت بهتر عرصه‌های جنگلی می‌باشد. اهداف این تحقیق تعیین الگوی پراکنش مکانی توده‌ی انارشیطان در استان بوشهر و ارزیابی قابلیت توابع مختلف در تعیین الگوی پراکنش مکانی می‌باشد.

روش بررسی: ابتدا توده انارشیطان در دو منطقه علی‌آباد و شهنیا با مساحت ۱۰ و ۲ هکتار در بهار ۱۳۹۴ آماربرداری صدرصد شدند. سپس برای تعیین الگوی پراکنش مکانی توده انارشیطان، روش فاصله-آزیموت به کار گرفته شد. در نهایت برای تحلیل الگوی پراکنش مکانی درختان از توابع K رایپلی، L ، G ، F در این تحقیق استفاده شد.

یافته‌ها: آزمون نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که توزیع درختان انارشیطان در دو منطقه مورد مطالعه به طور معنی‌دار ناهمگن هستند ($P < 0/001$). توابع K رایپلی و L ناهمگن، الگوی کپه‌ای را در مناطق مورد مطالعه نشان دادند. تابع G در منطقه علی‌آباد تا فاصله ۱۵۰ متری الگوی کپه‌ای را نشان می‌دهد در حالی که در منطقه شهنیا این تابع الگوهای مختلفی را در فواصل مختلف نشان می‌دهد. **بحث و نتیجه‌گیری:** در مجموع هر چهار تابع، الگوی پراکنش مکانی توده‌های انارشیطان را به شکل کپه‌ای نشان دادند و تابع G بیشترین جزئیات را در مقایسه با دیگر توابع در رابطه با الگوی پراکنش مکانی نشان داد. وجود الگوی کپه‌ای در توده‌های انارشیطان احتمالاً به دلیل شرایط خشک و کمبود رطوبت آن است که چنین الگوی پراکنشی را موجب شده است. بنابراین برای احیا و جنگلکاری مناطق مستعد، استفاده از الگوی کاشت کپه‌ای می‌تواند کمک موثری به ایجاد سایه و حفظ بیشتر منابع رطوبتی خاک داشته باشد که در نهایت می‌تواند منجر به احیا موفق‌تر این منطقه‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی پراکنش مکانی، انارشیطان، تابع K رایپلی ناهمگن، تابع F و G ناهمگن.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان.

۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان. *مسئول مکاتبات

۳- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

Evaluation of *Tecomella undulata* R. spatial distribution pattern in Bushehr province

Zahra Zolfaghari¹

Mostafa Moradi^{2*}

moradi4@gmail.com

Reza Basiri²

Akbar Ghasemi^r

Admission Date: April 9, 2016

Date Received: December 12, 2015

Abstract

Background and Objective: Spatial pattern study of forest species could provide us important and useful information about relationship between species and also forest dynamic. Therefore, it could be an important tools for better management of forest resources. The objectives of this study were to determine special pattern of *Tecomella undulata* stands in Bushehr province and also, evaluation of different functions capability in *T. undulata* spatial pattern determination.

Material and Methodology: In the present study, two stands include Aliabad and Shahniah with 10 and 2 hectares, respectively, were selected in spring 2015 and 100 percent inventory was used. Then to determine the spatial distribution pattern of *T. undulate*, distance- azimuth method was used. Finally, Ripley's *K*, *L*, *F*, and *G* functions were used to evaluate *T. undulate* spatial distribution pattern.

Findings: The Kolmogorov-Smirnov goodness of fit test calculation indicated that *T. undulata* trees distribution in the both studied sites were significantly heterogeneous ($P < 0.001$). Ripley's *K* and *L* heterogeneous functions showed aggregated pattern of *T. undulata* trees in the study sites. But *G* function showed aggregated pattern in Aliabad up to 150 meter. While in Shahniah *G* function indicted different patterns in different distances.

Discussion and Conclusion: In conclusion, four studied functions showed an aggregated but *G* function revealed more detail in determination of *T. undulata* spatial pattern. Such aggregated pattern in *T. undulata* stands could be because of dry condition and lack of moisture. Based on the results, to revival and afforestation of suitable sites, using aggregated pattern could be useful method to provide shadow and maintaining humidity in soil. That could result in more successful reestablishments of this valuable species.

Key words: Spatial distribution pattern, *Tecomella undulata*, Heterogeneous Ripley's *K* function, Heterogeneous *F* and *G* function.

1- MSc student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran.

2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran. *(Corresponding Author)

3-Ph.D. Candidate of Forestry, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University-Iran.

مقدمه

انارشیطان با نام علمی *Tecomella undulata* از خانواده پیچکیان است. این گونه در ایران با نام‌های پارپوک، لاهیرو، سمیل، سمنگ و انارشیطان نیز می‌شناسند و پراکنش آن در بوشهر، بندرعباس، سیستان و بلوچستان و دلفارد واقع در شهرستان جیرفت می‌باشد (۱) که در ایران دارای ساختارهای یک اشکوبه و فاقد زادآوری طبیعی است (۲). در خاکهای با بافت شنی و شنی-لومی با pH خنثی استقرار بسیار خوبی دارد (۳) و سازگار به مناطق خشک است (۴). علاوه بر موارد گفته شده در بالا انارشیطان اهمیت بسیار زیادی در زمینه‌های دارویی دارد، و امروزه ترکیبات دارویی مختلفی از آن استخراج کرده‌اند که برای درمان برخی بیماریهای خاص مثل سیفلیس و تورم استفاده می‌شود (۵). انارشیطان گونه‌ای مهم برای حفظ محیط زیست در مناطق خشک است که باعث تشبیت تپه‌های ماسه‌ای روان می‌شود، پناهگاه مناسبی برای حیات وحش می‌باشد (۶) و می‌تواند مقاومت زیادی در شرایط نامساعد محیطی از جمله خشکی، سرمازدگی، آتش و بادهای شدید داشته باشد (۷). اما متأسفانه به دلیل عدم آگاهی مردم بومی نسبت به اهمیت دارویی و زیست محیطی این گونه با ارزش و همچنین به دلیل مرغوب بودن رویشگاه‌ها برای استفاده کشاورزی، تجاوز به رویشگاه‌ها زیاد بوده که در نتیجه آن زیستگاه‌های این گونه در حال تخریب و انقراض است (۸). علاوه بر این، آفات و عوامل بیماری‌زا هم این گونه‌ها را تهدید می‌کند (۹).

متأسفانه در کشور ما اطلاعات زیادی در رابطه با این گونه با ارزش موجود نیست و همین مسئله گویای نیاز اساسی به مطالعه همه جانبه در رابطه با این گونه می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیتی که این گونه دارد ضروری به نظر می‌رسد که هر چه سریع‌تر نسبت به شناخت، حفاظت و مدیریت صحیح و همه جانبه‌ی آن اقدام نمود.

یکی از این جنبه‌های شناختی گونه‌های درختی مطالعه الگوی پراکنش مکانی درختان است که از ویژگی‌های ساختاری گونه‌های جنگلی محسوب می‌شود (۱۰). الگوی پراکنش مکانی نحوه‌ی توزیع درختان و روابط میان آنها را در فضای افقی توده‌های

جنگلی نشان می‌دهد. این الگو به عوامل مختلفی از قبیل شرایط محیطی و درون گونه‌ای بستگی دارد. بنابراین برای شناخت بهتر اکولوژی جنگل، بررسی الگوی مکانی جوامع گیاهی ضروری می‌باشد، زیرا به ارزیابی عوامل مختلفی از جمله پراکنش بذر، رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای، اشکوب‌های داخل سیستم، عوامل گیاهخواری و یا ناهمگنی محیط می‌پردازد که هر کدام از این موارد یا مجموعه‌ای از آنها ممکن است باعث شکل‌گیری الگو در مقیاسهای مختلف شود (۱۱-۱۷). علاوه بر موارد ذکر شده، مطالعه الگوی پراکنش مکانی کمک می‌کند تا پراکنش گیاه که می‌تواند به صورت تصادفی، کپه‌ای یا یکنواخت را تعیین نمود (۱۸). انواع این الگوهای مکانی، شامل یکنواخت، کپه‌ای، تصادفی نیز است (۱۹).

برای تشخیص نوع الگوی پراکنش مکانی، معمولاً سه روش عمده وجود دارد: روش قاب (کوادرات)، روش اندازه‌گیری فاصله‌ای و روش ترانسکت خطی که اغلب از روش قاب و روش اندازه‌گیری فاصله‌ای برای تعیین الگوی مکانی استفاده می‌شود (۲۰).

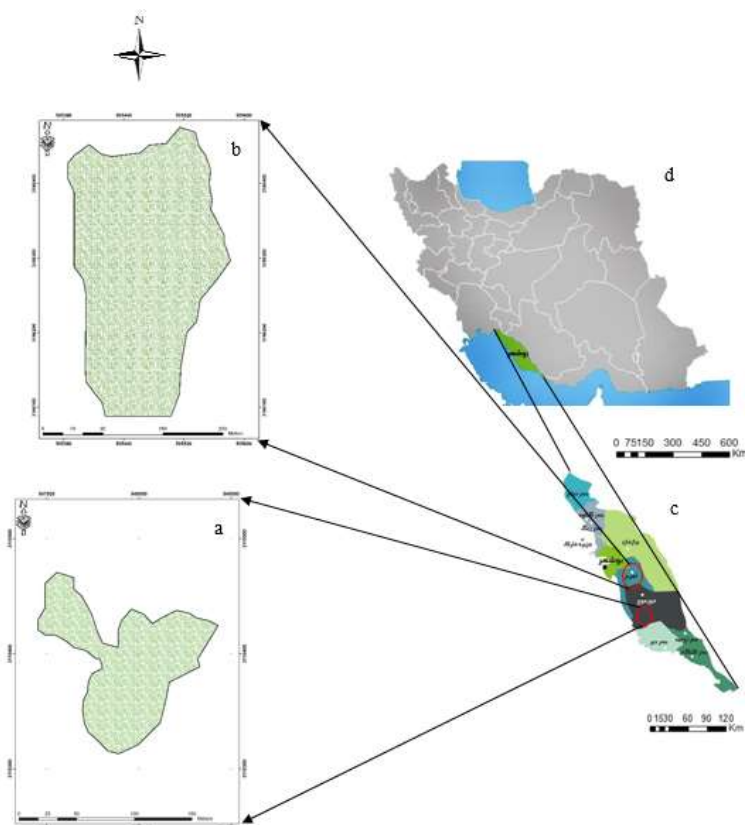
تاکنون در زمینه الگوی پراکنش مکانی انارشیطان در داخل کشور تحقیقی صورت نگرفته است، اما با توجه به اهمیت الگوی پراکنش مکانی در مطالعات مربوط به جوامع گیاهی، در رابطه با دیگر گونه‌ها چه در داخل و چه خارج از کشور مطالعات متعددی انجام شده است در مطالعات صورت گرفته در داخل کشور مشخص شد که به ترتیب گونه‌هایی مانند راش، ممرز، پلت، توسکا در راشتستانهای طبیعی ایران (۱۵)، ملج در بخش نم‌خانه جنگل خیرود کنار نوشهر (۲۱)، درختان بلوط در جنگلهای زاگرس غربی (۲۲) و پنج گونه *Quercus brantii*, *Quercus libani*, *Pyrus syriaca* در *Quercus infectoria*, *Crataegus pontica*, جنگلهای مریوان (۲۳) و گونه‌های چوبی ذخیرگاه جنگل چهارطاق در اردل (۲۴) دارای الگوی کپه‌ای می‌باشند. همچنین در مطالعات صورت گرفته در خارج از کشور نیز مشخص شد که گونه‌ها مثل گزشاهی، آکاسیا دارای الگوی پراکنش مکانی کپه‌ای (۱۴، ۲۵) هستند.

انارشیطان جزو گونه‌های گیاهی با ارزش و نادر در کشور ایران محسوب می‌شود که متأسفانه در معرض خطر انقراض قرار دارند (۲۶). از این رو احیاء رویشگاه و گسترش این گونه حائز اهمیت فراوانی است. همچنین بررسی پراکنش مکانی این گونه نیز مهم و ضروری است، زیرا پراکندگی مکانی گونه‌ها، اطلاعات مفیدی و اساسی را در مورد همزیستی گونه از جمله، رقابت و مرگ و میر فراهم می‌کند (۱۲) علاوه بر این، نقش بسیار مهمی را در فرآیندهای زیست محیطی دارند (۱۶). بنابراین، مطالعه الگوی مکانی درخت ایزاری مناسب برای تجزیه و تحلیل جوامع جنگل خواهد بود (۲۷). با توجه به موارد گفته شده هدف این مطالعه تعیین الگوی پراکنش مکانی انارشیطان است که می‌تواند اطاعات مفیدی در رابطه با ویژگی‌های الکوژئیک این گونه با ارزش تولید کند.

روش بررسی

مناطق مورد مطالعه، شامل دو توده انارشیطان، یکی در شهینیه بخش بردخون در شهرستان دیر و دیگری در علی‌آباد دلوار واقع در استان بوشهر می‌باشد. منطقه شهینیه ۱۳۰ کیلومتر و علی‌آباد دلوار ۳۵ کیلومتر از بوشهر فاصله دارد. فاصله بین دو منطقه مورد

مطالعه ۹۵ کیلومتر می‌باشد. منطقه شهینیه به مساحت ۲ هکتار دارای طول جغرافیایی $51^{\circ} 29' 22''$ تا $51^{\circ} 29' 16''$ شرقی و عرض جغرافیایی $28^{\circ} 7' 7''$ تا $28^{\circ} 7' 2''$ شمالی می‌باشد. میانگین بارندگی ۲۲۸ میلی‌متر، متوسط دمای سالیانه ۲۷/۵ درجه و ارتفاع از سطح دریای ۸ متر و دارای اقلیم گرم و مرطوب می‌باشد. منطقه علی‌آباد دلوار به مساحت ۱۰ هکتار دارای طول جغرافیایی $51^{\circ} 3' 26''$ تا $51^{\circ} 3' 16''$ شرقی و عرض جغرافیایی $28^{\circ} 48' 21''$ تا $28^{\circ} 48' 7''$ شمالی می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه ۲۶۱ میلی‌متر، متوسط دمای سالیانه ۲۵/۳ درجه سانتیگراد و ارتفاع از سطح دریا ۴ متر و دارای اقلیم گرم و مرطوب می‌باشد (کلیه اطاعات مربوط به اقلیم و هواشناسی منطقه از ایستگاه هواشناسی بوشهر تهیه شد) (شکل ۱). توده‌های انارشیطان موجود در منطقه علی‌آباد جزء یکی از ذخیره‌گاه‌های انارشیطان در ایران محسوب می‌شود که توسط منابع طبیعی حصارکشی و محافظت شدند اما هیچ گونه مدیریت و احیایی در این منطقه صورت نگرفته است. همچنین توده‌های باقی مانده انارشیطان هم در منطقه شهینیه توسط منابع طبیعی همانند منطقه علی‌آباد حصارکشی و محافظت شدند.



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه شهینیا (a)، علی‌آباد (b)، استان بوشهر (c)، نقشه ایران (d)

Figure 1. Studied sites locations, Shahnia (a), Aliabad (b), Bushehr province (c), Iran map (d)

جمع‌آوری اطلاعات

الگوی مکانی و نیز همچنین حالت تجمعی یا یکنواختی را تشخیص دهد. هدف از این نوع تجزیه و تحلیل تعیین این مسئله است که آیا توزیع درختان تصادفی است یا خیر و نوع الگوی پراکنش به چه صورت می‌باشد (۳۱). برای درستی نتایج این روش از آزمون مونت کارلو که یک روش آماری است استفاده شد (۳۲)، بدین صورت که اگر تابع بالای محدوده‌ی مونت کارلو باشد الگو کپه‌ای، پایین‌تر، الگو پراکنده و در محدوده‌ی مونت کارلو باشد الگو تصادفی است (۳۰).

برای تفسیر و تحلیل ساده‌تر تابع K از تابع L استفاده می‌شود. این تابع توسط بساگ (۱۹۷۷) به صورت خطی تغییر پیدا کرده است (۳۳). در این رابطه هنگامی که تابع مساوی صفر باشد الگو تصادفی، کمتر از صفر الگو پراکنده و بیشتر نشان‌دهنده‌ی الگوی کپه‌ای می‌باشد (۳۴، ۳۵).

توابع G و F ، مشابه هم هستند و توزیع تجمعی فراوانی فواصل نزدیکترین همسایه را مورد بررسی قرار می‌دهند. این توابع

در بهار ۱۳۹۴ به منظور تعیین الگوی پراکنش توده انارشیطان با توجه به وسعت کم دو منطقه، از آماربرداری صددرصد استفاده شد (۲۸). سپس برای به‌دست آوردن موقعیت مکانی (پراکنش) تک‌تک پایه‌های مختلف، روش فاصله-آزیموت به کار گرفته شد. این روش شامل برداشت نقاط مختصات مربوط به هر درخت به وسیله سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS) و قطب‌نمای سونتو بود. سپس از طریق روابط مثلثاتی دکارتی نقاط (Y, X) تعیین و به مختصات سیستم‌متریک (UTM) تبدیل شدند (۲۹). برای تحلیل الگوی پراکنش مکانی نقاط (Y, X) از توابع مانند K رایپلی، L ، G ، F در این تحقیق استفاده شد.

تابع K رایپلی، کاربردی‌ترین روشی است که برای توصیف الگوی نقطه‌ای در مطالعات اکولوژیک استفاده می‌شود (۳۰)، زیرا این تابع اطلاعات زیادی که مبتنی بر وارینانس تمام فاصله‌های درخت تا درخت است را استفاده کرده و حتی می‌تواند مقیاسهای مختلف

الگوی مکانی نقاط براساس توزیع پواسون می‌تواند همگن یا ناهمگن باشد بر همین منوال، همه توابع فوق دارای رابطه همگن و ناهمگن می‌باشند (جدول ۱).

اطلاعات بیشتری را در مورد روند تغییرات تراکم در مقیاس فاصله فراهم می‌کند (۳۵). مقادیر توابع برای الگوی مکانی کپهای، بیشتر از یک، مقادیر کمتر از یک نشانگر الگوی پراکنده و مساوی یک، الگوی تصادفی را نشان می‌دهد (۳۶).

جدول ۱- روابط توابع الگوی پراکنش مکانی

Table 1. Spatial Pattern functions

منبع	الگوی ناهمگن	الگوی همگن	نام تابع
۳۷، ۳۸ ۳۶	$K_{het}(r) = a^{-1} \sum_i \sum_j \frac{(1)\epsilon(x_i, x_j, r)}{\lambda(x_i)\lambda(x_j)} \quad (2)$	$K_{hom}(r) = \frac{a}{n(n-1)} \sum_i \sum_j I(\epsilon_{ij}) \quad (1)$	K راییلی
۳۷، ۳۶	$L_{het}(r) = \sqrt{\frac{K_{het}(r)}{\pi}} \quad (4)$	$L_{hom}(r) = \sqrt{\frac{K_{hom}(r)}{\pi}} \quad (3)$	L
۳۸، ۳۷	$g_{het}(r) = \frac{dK_{het}(r)}{(2\pi r)(dr)} \quad (6)$	$g_{hom}(r) = \frac{dK_{hom}(r)}{(2\pi r)(dr)} \quad (5)$	G
۴۰، ۳۹	$F_{het}(r) = 1 - \frac{\sum_{i \in L \cap W_r} \prod_{x \in X \cap B(i, r)} [1 - \frac{\bar{\rho}}{\rho(x)}]}{L \cap W_r} \quad (8)$	$F(r) = 1 - e^{-\pi \lambda r^2} \quad (7)$	F

توضیحات پارامترها:

(۸) F_{ihom} : تابع ناهمگن F ، W_θ : مجموعه نقاط که فاصله آنها از

مرز W حداقل t است، L : زیرمجموعه متناهی از W

(lk, t) B : گویی به مرکز l_k و شعاع t . $\bar{\rho}$: کمترین مقداری که

تابع متراکم در مجموعه نقاط W می‌گیرد

$$\rho(x), (\bar{\rho} = \inf_{x \in W} \rho(x)) \text{ : تابع متراکم.}$$

در این پژوهش فاصله اطمینان ۹۵ درصد برای همه توابع از طریق ۱۹۹ بار شبیه‌سازی تصادفی محاسبه گردید (۳۹). همچنین به منظور بررسی همگنی و ناهمگنی مناطق مورد مطالعه نیز از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف و برای تحلیل الگوی پراکنش نیز از نرم افزار Var3.2.2 R استفاده شد.

یافته‌ها

استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف نشان داد که درختان انارشیتان در دو منطقه از الگوی توزیع پواسون ناهمگن پیروی می‌کنند (منطقه علی‌آباد $P < 0.001$ ، $D_{0.05} = 0.2$ ، منطقه

(۱) K_{hom} : تابع k همگن، r : مقدار فاصله‌ی از نقطه‌ی تصادفی، a : مساحت منطقه مورد نظر، n : تعداد درختان، I : تعداد درختان در فاصله r ، ϵ_{ij} : روش تصحیح اثر حاشیه‌ای.

(۲) $K_{het}(r)$: تابع k ناهمگن، $\epsilon(x_i, x_j, r)$: روش تصحیح اثر حاشیه‌ای متناسب الگوهای ناهمگن. عدد ۱ برای زمانی که فاصله بین دو نقطه کمتر از مقدار r باشد و اگر بیشتر باشد عدد تغییر می‌کند، (λx) : تراکم جفت نقاط (i, j).

(۳) $L_{hom}(r)$: تابع L همگن.

(۴) $L_{het}(r)$: تابع L ناهمگن.

(۵) g_{hom} : تابع g همگن، $dk_{hom}(r)$ و dr : مشتق تابع k همگن. r : مقدار فاصله از نقطه‌ی تصادفی.

(۶) g_{het} : تابع g ناهمگن، $dk_{het}(r)$ و dr : مشتق تابع k ناهمگن. r : مقدار فاصله از نقطه‌ی تصادفی.

(۷) F_{ihom} : تابع همگن F ، λ : تابع متراکم، r : مقدار فاصله از نقطه‌ی تصادفی.

تا فاصله حدودا ۶۰ متری الگوی کپه‌ای معنی‌دار نشان داده می‌شود، از ۶۰ متری به بعد الگو به سمت یکنواختی تغییر یافته ولی معنی‌دار نیست (شکل ۳).

تابع G ناهمگن

نتایج تابع G ناهمگن در منطقه علی‌آباد، نشان داد که الگوی پراکنش مکانی گونه انارشیطان تا فاصله حدودا ۱۵۰ متری دارای الگوی کپه‌ای معنی‌دار می‌باشد. از این فاصله به بعد نیز الگوی مکانی کپه‌ای را نشان می‌دهد. در منطقه شهنیا تا فاصله حدودا ۶۰ متری تغییر الگوی مکانی دیده می‌شود. از صفر تا ۳۰ متری الگوی کپه‌ای معنی‌داری دیده می‌شود، از ۳۰ تا تقریبا "۳۵ متری الگوی تصادفی و از ۳۵ متری به بعد الگوی یکنواخت معنی‌داری دیده می‌شود (شکل ۴).

تابع F ناهمگن

نتایج تابع F ناهمگن در منطقه علی‌آباد تا فاصله ۱۱۰ متری نشانگر وجود الگوی کپه‌ای ضعیفی است. از ۱۱۰ متری به بعد، همین روند ادامه می‌یابد. در منطقه شهنیا تا فاصله حدود ۶۰ متری الگوی کپه‌ای معنی‌داری دیده شد (شکل ۵). در شکل ۶ نیز نمای از الگوی پراکنندگی دو منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

شهنیا $P < 0.001$ ، $D_{0.05} = 0.11$. بنابراین توابع به کار رفته همگی از نوع توابع ناهمگن می‌باشد.

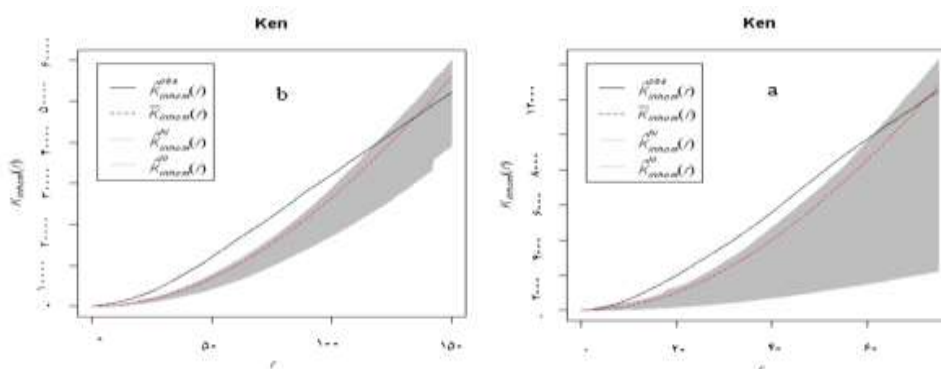
نتایج مربوط به تراکم توده خالص انارشیطان در مناطق مورد مطالعه نشان داد که این گونه دارای تراکم ۵۴ پایه در هکتار در منطقه علی‌آباد و ۳۳ پایه در هکتار در منطقه شهنیا است.

تابع K رایبلی ناهمگن

نتایج مربوط به تحلیل الگوی پراکنش مکانی انارشیطان با استفاده از تابع K رایبلی ناهمگن در منطقه علی‌آباد حاکی از آن است که گونه انارشیطان تا فاصله حدودا ۱۱۰ متری الگوی کپه‌ای معنی‌دار را نشان می‌دهد، از ۱۱۰ متری به بعد الگو به سمت یکنواختی تغییر یافته ولی معنی‌دار نیست. در منطقه شهنیا نیز تا فاصله حدودا ۶۰ متری الگوی کپه‌ای معنی‌دار دید می‌شود و از ۶۰ متری به بعد الگو یکنواختی تغییر یافته ولی معنی‌دار نیست (شکل ۲).

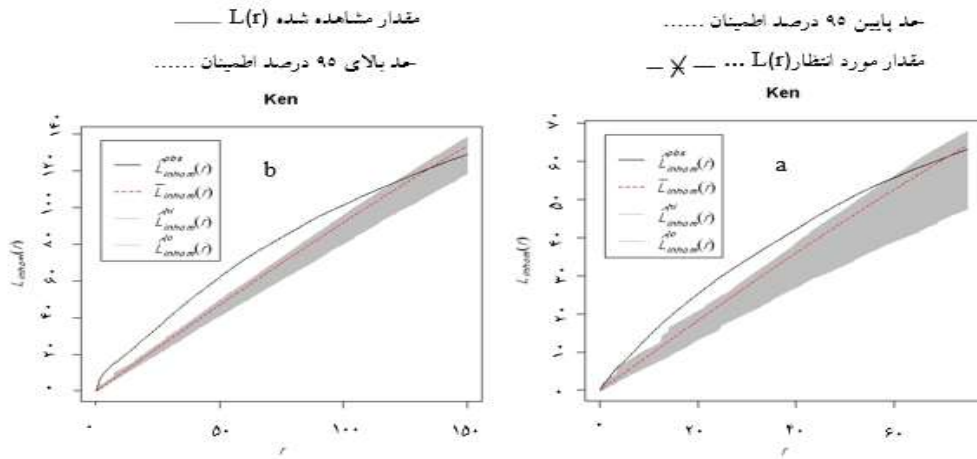
تابع L ناهمگن

باتوجه به تحلیل تابع L ناهمگن در منطقه علی‌آباد می‌توان بیان کرد که الگوی پراکنش مکانی گونه انارشیطان تا فاصله حدودا ۱۱۰ متری دارای الگوی کپه‌ای معنی‌داری است، از این فاصله به بعد الگو یکنواخت می‌شود ولی معنی‌دار نیست. در منطقه شهنیا



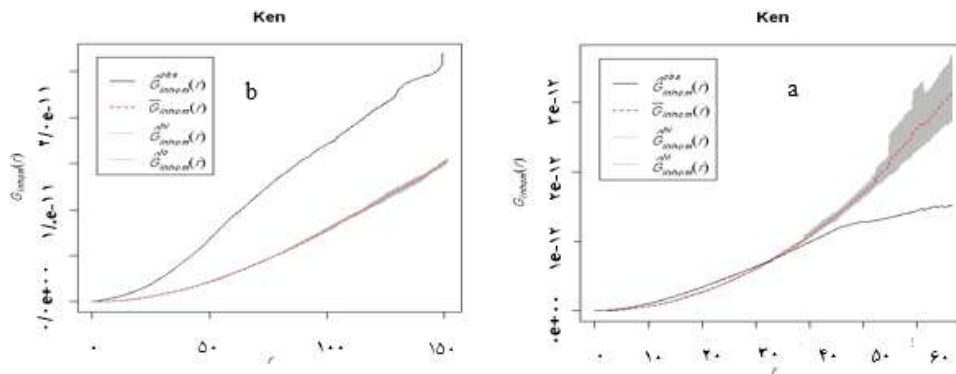
شکل ۲- نمودار تابع K رایبلی ناهمگن برای تعیین الگوی پراکنش گونه انارشیطان در دو منطقه شهنیا (a) و علی‌آباد (b)

Figure 2. The graph of heterogeneous Ripley's K function to determine the distribution pattern of *Tecomella undulata* in two regions of Shahnia (a) and Aliabad (b)



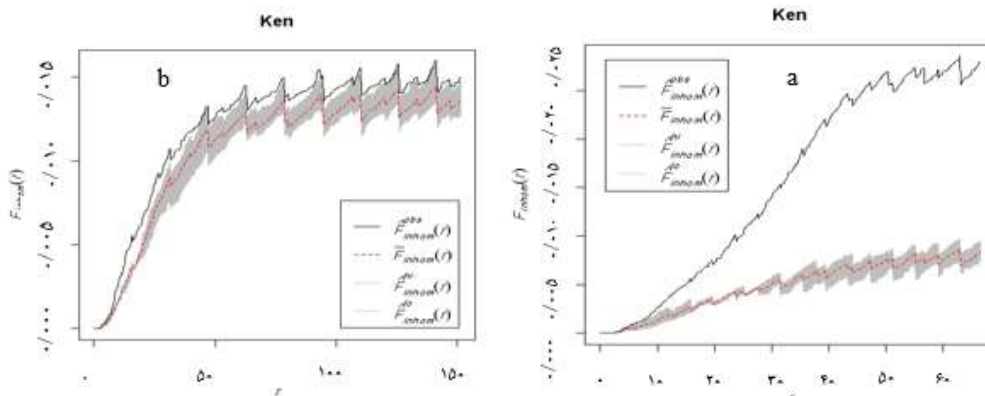
شکل ۳- نمودار تابع L ناهمگن (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) برای تعیین الگوی پراکنش گونه انارشیطان در دو منطقه شهنیا (a) و علی آباد (b)

Figure 3. The graph of heterogeneous L function (solid line) and Monte Carlo limits for *Tecomella undulata* distribution pattern in two regions of Shahnia (a) and Aliabad (b)



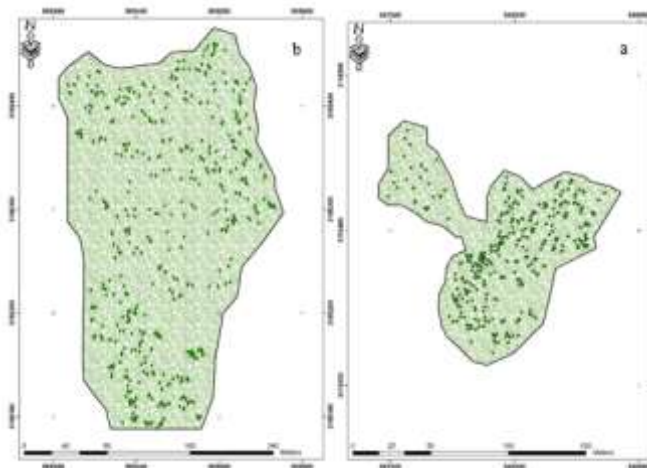
شکل ۴- نمودار تابع G ناهمگن برای تعیین الگوی پراکنش گونه انارشیطان در دو منطقه شهنیا (a) و علی آباد (b)

Figure 4. The graph of heterogeneous G function *Tecomella undulata* in two regions of Shahnia (a) and Aliabad (b)



شکل ۵- نمودار تابع F ناهمگن برای تعیین الگوی پراکنش گونه انارشیطان در دو منطقه شهنیا (a) و علی آباد (b)

Figure 5. The graph of heterogeneous F function *Tecomella undulata* in two regions of Shahnia (a) and Aliabad (b)



شکل ۶- نقشه پراکنش درختان انارشیطان در دو منطقه شهینیا (a) و علی‌آباد (b)

Figure 6. *Tecomella undulata* distribution map in two regions of Shahnia (a) and Aliabad (b)

بحث و نتیجه‌گیری

برای رشد در شرایط بهتر، الگوی پراکنش کپه‌ای را بوجود آورده-
اند.

علاوه بر موارد بالا می‌توان به حضور گونه انارشیطان در مناطق با اقلیم گرم و مرطوب نیز به عنوان دلیلی برای تشکیل الگوی کپه-ای اشاره کرد چرا که مطالعات نشان داده قدرت کم رقابتی در گیاهانی که تحمل بالایی در برابر خشکی دارند (۱۴، ۲۵) نیز می‌تواند یکی از دلایل تشکیل الگوی کپه‌ای برای انارشیطان باشد.

از گونه‌های که همانند انارشیطان دارای الگوی پراکنش مکانی هستند می‌توان به پده اشاره کرد (۲۱). دلایل کپه‌ای بودن آن را شرایط رویشگاهی مناسب، تمایل نداشتن قاچاقچیان چوب به قطع درختان کم قطر ملج و اثر متقابل مثبت بین گونه ملج با سایر گونه‌ها ذکر کرده‌اند که باعث تشکیل الگوی مکانی کپه‌ای گردیده است. در حالی که این موارد برای گونه انارشیطان صدق نمی‌کند زیرا گونه کم توقعی است و در شرایط بسیار سخت رشد خوبی دارد. بنابراین علت چنین الگوی پراکنش مکانی را می‌توان در سازگاری این گونه در این مناطق ذکر کرد. چرا که دسترسی محدود به منابع، مانند آب و همچنین شرایط سخت محیطی به علت بارندگی کم و همچنین آب و هوای خشک باعث تشکیل چنین الگویی شده است (۲۲). از دیگر عواملی که سبب تشکیل الگوی پراکنش کپه‌ای می‌شود می‌توان به نحوه انتشار و

براساس نتایج تابع‌های K رایپلی ناهمگن و L و F و G که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت، می‌توان بیان نمود که الگوی پراکنش مکانی درختان انارشیطان براساس الگوی کپه‌ای است که شایع‌ترین و عمومی‌ترین الگوی پراکنش نسبت به سایر الگوهای یکنواخت و تصادفی در جوامع طبیعی برای گونه‌های درختی است (۴۰). مطالعات نشان داد است که شرایط سخت محیطی، خشکی و بارندگی کم می‌تواند باعث تشکیل الگوی کپه-ای شود (۴۱). در منطقه مورد مطالعه نیز چنین شرایط سختی وجود دارد و یکی از دلایل احتمالی چنین الگویی می‌تواند این مسئله باشد. بدین صورت که در شرایط خشکی نونهال‌ها قادر نیستند به صورت پراکنده و بدون پناه به رشد خود ادامه دهند بنابراین وجود درختان باعث ایجاد سایه، حفظ رطوبت، افزایش مواد غذایی خاک (۴۲) و در نتیجه رشد بهتر نهال‌ها در پناه درختان مادری و زیر سایه‌ی آنها که مکانی خنک‌تر و به نسبت دارای رطوبت بیشتری است می‌شود (۴۳)، این مسئله باعث می‌شود که گیاه دارای الگوی کپه‌ای باشد. بنابراین می‌توان بیان کرد که الگوی کپه‌ای بیان‌کننده‌ی جمع شدن افراد در قسمت‌های مساعدتر رویشگاه می‌باشد (۱۵). در مناطق مورد مطالعه نیز به دلیل شرایط خشک، ماسه بادی‌های زیاد و کمبود رطوبت، درختان انارشیطان با رشد در کنار همدیگر و ایجاد شرایط سایه

به طور دقیق تر و با جزئیات بیشتری خصوصاً در منطقه شهینیا نسبت به دو روش قبلی نشان داد. در منطقه‌ی علی‌آباد تا فواصل ۱۵۰ متری، الگوی کپه‌ای را نشان داد و از ۱۵۰ متری به بعد نیز روند الگو تغییر نیافت، اما در منطقه شهینیا تا فاصله حدود ۳۰ متری، الگوی کپه‌ای و از ۳۰ تا ۳۵ متری الگوی تصادفی و سپس از ۳۵ متر به بعد الگوی یکنواختی معنی‌داری را نشان داد. علت این مسئله ریشه‌کنی غیرقانونی درختان انارشیطان توسط اهالی روستا می‌باشد که باعث ایجاد فواصلی بین توده شده است. البته به این نکته نیز باید توجه داشت که اگرچه این تابع جزئیات بیشتری را نشان می‌دهد اما باید توجه داشت که محاسبه این تابع نسبت به روش‌های قبلی دارای پیچیدگی‌های خاص خود می‌باشد (۳۵) و در داخل کشور چندان مورد استفاده قرار نگرفته است.

با توجه به نتایج این تحقیق مشخص شد که انارشیطان دارای الگوی پراکنش کپه‌ای است. بنابراین بهترین حالت برای احیای گونه با ارزش الگوگیری از طبیعت و استفاده از روش کاشت به صورت کپه‌ای می‌باشد. خصوصاً این‌که مناطق مورد پراکنش این گونه دارای شرایط بسیار خشک و ماسه‌ای بوده که چنین الگوی نهالکاری با ایجاد سایه می‌تواند ذخایر رطوبتی را برای مدت طولانی‌تری حفظ نماید. لازم به ذکر است که برای احیا رویشگاه‌های این گونه علاوه بر اطلاع از الگوی پراکنش مکانی، اطلاع از نیاز رویشگاهی و دیگر خصوصیات جنگلشناسی این گونه لازم و ضروری می‌باشد.

تشکر و قدردانی

سپاس و تشکر ویژه از دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر به سبب فراهم آوردن امکانات لازم برای انجام این تحقیق. همچنین تشکر ویژه از آقایان خداداد ذوالفقاری و مهندس سید حسین حسینی به دلایل کمک‌های ارزنده در انجام این تحقیق.

References

1. Abhishek, S., Ujwala, P., Shivani, K., Meeta, B. 2013. Evaluation of Antibacterial Activity of *Tecomella undulata* leaves crude Extracts. Int.

پراکنندگی بذرها، نحوه زادآوری و همچنین عواملی مثل طوفان و حیوانات اشاره کرد (۱۵، ۱۱، ۲۴). اما این عوامل برای مناطق مورد تحقیق صادق نیست چرا که درختان موجود در این مناطق بذری تولید نمی‌کنند که علت اصلی آن را می‌توان تاثیر سوء برخی از آفات مانند پروانه گل خوار سمنگ و مورچه Formicidae نام برد، بدین صورت که لارو پروانه گل خوار سمنگ، درون کاسه‌ی گل و در کنار تخمدان از اندامهای زایشی تغذیه می‌نماید و باعث تخریب تخمدان می‌شود، همچنین در داخل کاسه گل و اطراف اندامهای زایشی این گونه شهید فراوان و شیرینی وجود دارد که این مورچه‌ها با تغذیه از این شهید، در برخی موارد باعث خسارت به مادگی گل می‌شوند. بنابراین این گونه فقط از طریق تکثیر غیرجنسی گسترش پیدا می‌کنند. این مسئله باعث شده است تا عامل بذر را به عنوان علت الگوی پراکنش مکانی نتوان در رابطه با مناطق مورد مطالعه مورد بررسی بیشتر قرار داد.

با توجه به نتایج تابع K رایبیلی و L ناهمگن، در دو منطقه‌ی شهینیا و علی‌آباد، گونه‌ی انارشیطان به ترتیب تا فاصله‌ی حدودا ۱۱۰ و ۶۰ متری دارای الگوی کپه‌ای می‌باشند. تابع F الگوی کپه‌ای ضعیفی را برای منطقه علی‌آباد تا فاصله ۱۱۰ متری و بعد از آن نشان داد. با توجه به این‌که توابع K ، L و G الگوی مکانی کپه‌ای نسبتاً قوی و معنی‌داری را برای این منطقه نشان داده‌اند، به نظر می‌رسد که تابع F خیلی در نشان دادن نوع الگو موفق نیست. تابع F در منطقه شهینیا، تا فاصله ۶۰ متری و بعد از آن الگوی مکانی کپه‌ای قوی را نشان داد در حالی که تغییرات موجود در الگوی مکانی توسط تابع G را نتوانست نشان دهد. چرا که تابع G در مقایسه با دو روش قبلی از حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات مکانی برخوردار است (۳۶، ۳۵) و در مقایسه با تابع F و حتی دو روش قبلی، نسبت به تغییرات الگوی مکانی در هر نقطه، از حساسیت بیشتری برخوردار است و اطلاعات بیشتری را نشان می‌دهد. از این رو بعضی از محققان در زمینه الگوی پراکنش مکانی، استفاده از آن را نسبت به روش‌های قبلی بیشتر پیشنهاد می‌کنند (۴۴، ۴۵). که در این مطالعه نیز مشخص شد که تابع G وضعیت الگوی پراکنش مکانی را در مقایسه با دیگر توابع بهتر نشان می‌دهد. این تابع تغییرات الگوی مکانی توده انارشیطان را

- Aromatic Plants. 26(1), pp. 114-120. (In Persian)
9. Kalia, R.K., Rai, M.K., Sharma, R., Bhatt, R.K. 2014. Understanding *Tecomella undulata*: an endangered pharmaceutically important timber species of hot arid regions. Genetic Resources and Crop Evolution, 61(7), pp. 1397-1421.
 10. Cheng, X., Han, H., Kang, F., Song, Y., 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), pp. 233-240.
 11. Saei, E.K., Abedini, S., Ghaderi, N., Soltani, A. 2014. Spatial distribution pattern of oak and almond trees on Chahartagh forest reservation site. International Journal of Biosciences, 4(3), pp. 158-163.
 12. Li, L., Huang, Z., Ye, W., Cao, H., Wei, S., Wang, Z. and He, F., 2009. Spatial distributions of tree species in a subtropical forest of China. Oikos, 118(4), pp. 495-502.
 13. Subedi, M.R. and Timilsina, Y.P., 2014. Distribution Pattern of *Cinnamomum tamala* in Annapurna Conservation Area, Kaski, Nepal. Nepal Journal of Science and Technology, 15(2), pp. 29-36.
 14. Wang, M., Li, Y.Y., Niu, P., Chu, G.M. 2015. Spatial Pattern Formation and Intraspecific Competition of *Anabasis Aphylla* L. Population in the Diluvial Fan of Junggar Basin, Nw China. Pakistan Journal of Botany, 47(2), pp. 543-550.
 15. Nouri Z., Fegghi J., Marvie Mohadjer M.R. 2014. Spatial distribution and volume of dead trees in *Fagus orientalis* stands of Iran (Case Study: Research Journal of Biological Sciences, 2(6), pp. 60-62.
 2. Zolfaghari, Z., Moradi, M., Basiri, R., Ghasemi, A. 2018. Evaluation of *Tecomella undulata* R. stands structure in Bushehr province. Journal of Environment Science and Technology, 19(4), pp. 49-65. (In Persian)
 3. Zolfaghari, Z., Moradi, M., Basiri, R., Ghasemi, A. 2017. Evaluation of soil physicochemical properties of *Tecomella undulata* in Busher province. Forest and Wood Products, 70(2), pp. 273-280. (In Persian)
 4. Khan, T.I., Dular, A.K., Solomon, D.M. 2003. Biodiversity Conservation in the Thar Desert; with Emphasis on Endemic and Medicinal Plants. Environmentalist, 23(2), pp. 137-144.
 5. Chal, J., Kumar, V., Kaushik, S. 2011. A Phytopharmacological overview on *Tecomella undulata* G. Don. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 1, pp. 11-12.
 6. Tyagi, H., Tomar, K., 2013. Factors affecting in vitro Shoot Proliferation and Rooting of Mature *Tecomella undulata* (Sm.) Seem Tree. Research in Plant Sciences, 1(2), pp. 38-44.
 7. Bhau, B.S., Negi, M.S., Jindal, S.K., Sing, M., Lakshunikumar, M., 2007. Assessing genetic diversity of *Tecomella undulata* (Sm.)—An endangered tree species using amplified fragment length polymorphisms-based molecular marker. Current Science, 93(1), pp. 67–72.
 8. Mohsenzadeh, S., Amiri, A.A., Sayyadnia Tayyebi, N. 2010. Lapachol extraction from inner bark stem of *Tecomella undulata* (Roxb.) Seem. Iranian Journal of Medicinal and

23. Basiri, R., Sohrabi, H., Mozayen, M. 2006. A Statistical Analysis of the Spatial Pattern of Trees Species in Ghamisheleh Marivan Region, Iran. *Journal of the Iranian Natural Resource*, 59(2), pp. 579-588. (In Persian)
24. Sohrabi, H. 2014. Spatial pattern of woody species in Chartagh forest reserve, Ardal. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(1), pp. 27-38. (In Persian)
25. Pillay, T., Ward, D. 2012. Spatial pattern analysis and competition between *Acacia karroo* trees in humid savannas. *Plant Ecology*, 213(10), pp. 1609-1619.
26. Mahmoodi, A., Soheili, I., Farokh-Nejad, I. 2013. Ecological characteristics of the *Tecomella undulata* tree Case study (DARAB), *Journal of Biodiversity and Ecological Sciences*, 3, pp. 41- 47.
27. Wiegand, T., Moloney, K. 2004. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. *Oikos*, 104 (2): 209-229.
28. Zobeiri, M. 2008. *Forest Biometry*. University of Tehran Press. 407p. (In Persian)
29. Moeur, M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem- mapped data. *Forest science*, 39(4), pp. 756-775.
30. Schiffers, K., Schurr, F.M., Tielborger, K., Urbach, C., Moloney, K. and Jeltsch, F. 2008. Dealing with virtual aggregation- a new index for analyzing heterogeneous point patterns. *Journal of Ecography*, 31, pp. 545-555.
31. Camarero, J.J., Gutierrez E., Fortin, M.J. 2000. Spatial pattern of sub-alpine grassland ecotones in the Spanish Gorazbon district of Kheyroud forest). *Natural Ecosystems of Iran*, 5(1), 1-14. (In Persian)
16. Chu, G., Wang, M. and Zhang, S., 2014. Spatial Patterns and associations of dominant woody species in desert-oasis ecotone of South Junggar Basin, NW China. *Journal of Plant Interactions*, 9(1), pp. 738-744.
17. Safari, A., Shabanian, N., Erfanifard, S.Y., Heidari, R.H., Purreza, M. 2010. Investigation of spatial pattern of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) (Case study: Bayangan forests, Kirmanshah). *Iranian Journal of Forest*. 2(2), 177-185. (In Persian)
18. Schleicher, J., Wiegand, K., Ward, D. 2011. Changes of woody plant interaction and spatial distribution between rocky and sandy soil areas in a semi-arid savanna, South Africa. *Journal of arid environments*, 75(3), pp. 270-278.
19. Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Second Edition. Addison Wesley Educational Publishers Inc., Menlo Park, CA.
20. Bonham, C.D., 2013. In *Measurements for Terrestrial Vegetation*. Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd, Oxford, Uk.
21. Maasoumi Babaarabi, M., Basiri, R., Moradi, M., Kiani B. 2018. Spatial pattern of *Populus euphratica* in pure and mixed stands of Maroon, *Behbahan Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*. 30(4), pp. 927-939. (In Persian)
22. Khanhasani, M., Akhavan, R., Sagheb-Talebi, K.H., Vardanyan, Z.H. 2013. Spatial patterns of *Oak* species in the Zagrosian forests of Iran. *International Journal of Biosciences*, 3(8), pp. 66-75.

- analysis in ecology. Chapman and Hall Book publication.
40. Odum, E.P., Odum, H.T., Andrews, J., 1971. Fundamentals of ecology. Philadelphia: Saunders.
 41. Zhang, Q., Zhang, Y., Peng, S., Yirdaw E., Wu, N. 2009. Spatial structure of Alpine trees in mountain Baima Xueshan on the southeast Tibetan plateau. *Silva Fennica*, 43, pp. 197-208.
 42. Moradi, M., Imani F., Naji, H.R., Moradi Behbahani, S., Ahmadi, M.T. 2017. Variation in soil carbon stock and nutrient content in sand dunes after afforestation by *Prosopis juliflora* in the Khuzestan province (Iran). *iForest* 10, pp. 585-589.
 43. Ebrahimi Askari, A., Moradi, M., Basiri, R., Mirzaei, J., Ghasemi, A. 2019. Evaluation of soil physiochemical properties and regeneration of *Prosopis cineraria* (L.) Druce stands in southern Iran. *Iranian Journal of Forest*. 11(2), pp. 255-267.
 44. Dale, P., Dixon, M., Fortin, P., Legendre, D.E., Myers, M.S. 2002. Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis. *Ecography* 25, pp. 558-577.
 45. Getzin, S., Wiegand, K. 2007. A symmetric tree growth at the stand level: Random crown patterns and the response to slope. *Forest Ecology and Management*, 242, pp. 165-174.
 - central Pyrenees, *Forest Ecology and Management* 134, pp. 1-16.
 32. Perry, G.L.W. 2004. SpPack: spatial point pattern analysis in Excel using visual basic for applications (VBA). *Environmental Modelling and Software*, 19, pp. 559-569.
 33. Besag, J. 1977. Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 39, pp. 193-195.
 34. Stoyan, D., Stoyan, H. 1994. *Fractals, Random Shapes and Point Fields*. John Wiley & Sons, UK.
 35. Illian, J.A., Penttinen, H., Stoyan Stoyan, D. 2008. *Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns*. John Wiley & Sons Pub., UK.
 36. Fortin, M.J., Dale, M.R.T. 2005. *Spatial Analysis, A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press, UK.
 37. van Lieshout, M.N.M. 2011. A J-function for inhomogeneous point processes. *Statistica Neerlandica*, 65, pp. 183-201.
 38. Baddeley, A., Gregori, P., Mateu, J., Stoica, R., Stoyan, D. 2006. *Case studies in spatial point process modeling*, Springer Lecture Notes in Statistics.
 39. Wiegand, T., Moloney, K.A. 2014. *Handbook of spatial point pattern*