

تعیین مناسب‌ترین سطح قطعه نمونه به منظور بررسی الگوی مکانی درختان ارس (*Juniperus excelsa*) (مطالعه موردی: منطقه آتشگاه کرج)

وحید علی جانی^۱

V.alijani@alumni.ut.ac.ir

سید محمد معین صادقی^۲

منوچهر نمیرانیان^۳

رضا اخوان^۴

تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۵

چکیده

زمینه و هدف: اخیراً در تحلیل‌های مرتبط با الگوی مکانی درختان، روش‌های نوینی توسعه یافته‌اند که به منظور بررسی، به یک نقشه کامل از موقعیت مکانی درختان نیاز دارند. به کارگیری این روش‌ها به مقیاس مطالعه بستگی دارد به نحوی که تغییر مقیاس مطالعه می‌تواند سبب تغییراتی در الگوی مکانی درختان شود. پژوهش حاضر با هدف تعیین مناسب‌ترین سطح قطعه‌نمونه جهت کمی‌سازی الگوی مکانی درختان ارس دامنه جنوبی البرز صورت پذیرفت.

روش بررسی: بدین منظور قطعه‌نمونه‌ای به مساحت شش هکتار انتخاب و الگوی مکانی درختان با استفاده از تابع $g(r)$ مورد بررسی قرار گرفت. سپس سطح این قطعه‌نمونه به پنج، چهار، سه، دو و یک هکتار کاهش و الگوی مکانی درختان با استفاده از تابع $g(r)$ بررسی و نسبت به سطح مبنای شش هکتاری مقایسه شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این تابع نشان‌دهنده‌ی الگوی مکانی یکنواخت در فواصل بین درختی تا چهار متر، الگوی کپه‌ای در فواصل شش تا ده متر و الگوی تصادفی در سایر فواصل می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه نمودارهای تابع $g(r)$ در مساحت‌های مختلف نشان داد که روند کلی تابع $g(r)$ تا سطح سه هکتار تقریباً ثابت و در سطوح کوچک‌تر، تغییر می‌کند، بنابراین حداقل سطح مناسب در این بررسی، سه هکتار به دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری: تعیین مناسب‌ترین سطح قطعه نمونه در مطالعات ساختاری ضمن افزایش دقت مطالعات می‌تواند سبب کاهش زمان و هزینه مطالعه گردد.

واژه‌های کلیدی: ایران-تورانی، تابع $g(r)$ ، رقابت، روابط بین گونه‌ای.

۱- دکتری جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۲- دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استاد گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

Determination of the Optimum Plot Size to Study the Spatial Patterns of *Juniperus Excelsa* Trees (Case study: Atashgah, Karaj)

Vahid Alijani^{1*}

V.aliyani@alumni.ut.ac.ir

Seyed Mohammad Moein Sadeghi²

Manouchehr Namirani³

Reza Akhavan⁴

Admission Date: May 3, 2017

Date Received: July 26, 2016

Abstract

Background and Objective: In recent years, new methods have been developed for analyzing spatial pattern of trees, and for verifying the spatial pattern, they need to complete map of spatial location of these trees. The use of these methods depends on study scale in a way that changes in study scale cause changes in spatial pattern. In this regard, present study aims to determine the optimum area of sample plots to quantify the spatial pattern of *Juniperus Excelsa* M. Beib. In southern facing slopes of Alborz mountains.

Method: A plot with area of six hectares was selected and spatial pattern of trees were evaluated by using $g(r)$ function. In next step, area of plot decreased to five, four, three, two, and one hectare and spatial pattern of trees were determined by using $g(r)$ function and were compared with six hectare plot.

Findings: The results of this function indicates regular spatial pattern in trees distances to four meter, cluster pattern at distances of six to ten meter, and random pattern shows in other distances. The results of comparing figures of $g(r)$ functions in different area showed that the overall trend of this functions almost constant up to three hectares. Hence, in this study the appropriate area is achieved three hectares.

Discussion and Conclusion: It should be noted that in structure studies to determine the best area of plot could reduce time and costs while increasing the precision of the study.

Keywords: Competition, Irano-Tourani, Interspecific Relationship.

1- Ph. D., Forestry and Forest Economics, University of Tehran, Karaj, Iran * (Corresponding Author)

2- Ph.D., Silviculture and Forest Ecology, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Professor, Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

مقدمه

مکانی تمامی درختان یک توده با صرف زمان و هزینه زیاد امکان پذیر می باشد. از طرفی در مطالعات مربوط به الگوی مکانی درختان، علاوه بر تعیین نوع الگو، تعیین سطح حداقل نیز اهمیت دارد (۱۱)؛ زیرا که مقیاس مطالعه می تواند سبب شود که الگوی مکانی درختان در یک توده پراکنده، تصادفی و یا کپه ای شود (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴). بنابراین تعیین سطح مناسب جهت بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان در هر منطقه با اهدافی از جمله افزایش دقت، جلوگیری از صرف وقت، نیروی کار و کاهش هزینه امری ضروری به شمار می آید. به همین دلیل در مطالعات متعددی مناسب ترین سطح قطعه نمونه برای مطالعات ساختاری از جمله موقعیت مکانی در جنگل های زاگرس (۱۱، ۱۵، ۱۶) و هیرکانی (۱۷، ۱۸، ۱۹) مورد بررسی قرار گرفته است؛ اما علی رغم انجام چندین مطالعه در زمینه الگوی مکانی جنگل های ارس (۲۰) مطالعه خاصی در خصوص تعیین مناسب ترین سطح بررسی الگوی مکانی این گونه انجام نشده است. بنابراین پژوهش پیش رو با دو هدف (۱) تعیین الگوی مکانی درختان ارس در فواصل مختلف و (۲) تعیین حداقل سطح مورد نیاز برای بررسی الگوی مکانی این درختان در ارتفاعات دامنه جنوبی البرز صورت پذیرفت. با توجه به اهمیت جنگل های ارس و به منظور اعمال مدیریت حفاظتی برای جلوگیری از تخریب و کمک به احیای آن ها، لازم است مطالعات جامعی در ارتباط با الگوهای مکانی در این جوامع صورت بگیرد.

روش بررسی

- منطقه پژوهش

منطقه مورد مطالعه این پژوهش، توده ای با سطح ۱۵/۹ هکتار از جنگل های ارس ارتفاعات منطقه آتشفشان شهرستان کرج واقع در دامنه جنوبی رشته کوه های البرز می باشد. در توده مورد مطالعه، گونه هایی از جمله شیرخشت، زرشک، نسترن وحشی، شن و تنگرس به شکل گونه های همراه با ارس ظاهر شده اند. همچنین این منطقه دارای ارتفاع حدود ۲۴۰۰ متر از سطح

در ایران، درخت ارس (*Juniperus excelsa* M.Beib.) به عنوان یک گونه ارزشمند و نماد جنگل های خشک و نیمه خشک کوهستانی و شرایط زیستی دشوار شناخته می شود (۱). پراکنش این گونه از شرق مدیترانه، بالکان، ترکیه، کوهستان های ایران و قفقاز تا افغانستان و پاکستان است (۲). از مهم ترین دلایل پراکندگی وسیع جنگل های ارس می توان به مقاومت بالا به شرایط کم آبی، سرما و یخبندان های شدید، خشکی هوا و تغییرات اقلیمی و همچنین، توانایی حضور در نواحی مرتفع کوهستانی و دارمرز، صخره ها، شیب های تند و پرتگاه ها اشاره کرد (۳، ۴). الگوی مکانی درختان اطلاعات با ارزشی را در خصوص پویایی اکوسیستم های جنگلی و رقابت های درون گونه ای و بین گونه ای ارائه می دهد (۵). برای مثال الگوی مکانی یکنواخت نشان دهنده رقابت زیاد درختان در توده و الگوی کپه ای نشان دهنده وقوع تجدید حیات فراوان بدون پدیده خود تنگی می باشد (۶). شناخت الگوی مکانی درختان می تواند در بررسی همزیستی گونه ها، ساختار پوشش گیاهی، انتخاب روش آماربرداری در جنگل، روابط سطح-گونه و در طراحی الگوی مدیریتی مناسب در بحث حفاظت و احیای توده های جنگلی مورد استفاده قرار گیرد و ابزاری مناسب در برنامه ریزی های محیط زیستی و حفاظتی باشد (۷). در واقع شناخت الگوی مکانی درختان به مدیران این آگاهی را می دهد که قادر باشند در طرح های احیا یا جنگل کاری، از الگوهای مکانی طبیعی هر گونه تبعیت نمایند، زیرا ممکن است برهم کنش درون گونه ای ناشناخته ای وجود داشته باشد که شناخت و توجه کردن به آن شانس موفقیت چنین پروژه هایی را افزایش دهد (۸). به علاوه، با درک الگوی مکانی درختان می توان شیوه های مناسب جنگل شناسی را با الهام گرفتن از فرآیندهای طبیعی در جنگل، اتخاذ کرد (۹).

شناسایی الگوی مکانی درختان در توده های جنگلی یک ویژگی کیفی بوده که بایستی کمی شود؛ لذا برای تعیین الگوی مکانی درختان نیاز به استفاده از روش های مناسب آماربرداری می باشد (۱۰). متأسفانه امروزه جمع آوری اطلاعات مربوط به موقعیت

تراکم درختان در مقیاس فاصله ارایه دهد (۱۲، ۲۶). تابع K ریپلی از رابطه ۲ بدست می‌آید که در این رابطه تعداد نقاط موجود در فاصله r و به مرکز هر پدیده (i) محاسبه می‌شوند (۲۶):

$$K(r) = \frac{1}{\lambda} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j \neq i}^N k_{ij} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در رابطه فوق، λ تراکم درختان در واحد سطح و N تعداد پدیده‌ها می‌باشد. همچنین اگر فاصله بین نقاط i و j کم‌تر یا مساوی با r باشد K_{ij} برابر با یک و در غیر این صورت برابر با صفر خواهد شد (۲۷). تابع $g(r)$ مشتق تابع $K(r)$ است و از رابطه ۳ بدست می‌آید (۲۳):

$$g(r) = \frac{dK(r)}{2\pi r(d_r)} \quad (\text{رابطه ۳})$$

در رابطه فوق، r عبارت است از شعاع جستجو به مرکزیت هر درخت که در آن تعداد درختان موجود شمارش می‌شود، $dK(r)$ مشتق تابع $K(r)$ و d_r مشتق r می‌باشد. چنانچه مقدار $g(r)$ برابر با یک باشد، الگوی پراکنش حالت تصادفی و مقادیر کم‌تر و بیش‌تر از یک به ترتیب نشان‌دهنده الگوی مکانی یکنواخت و کپه‌ای می‌باشند.

روش آماری مناسب برای صحت‌سنجی نتایج بدست آمده، آزمون مونت کارلو است (۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۰). در این آزمون با هر بار شبیه‌سازی یک تابع $g(r)$ محاسبه می‌شود و به احتمال $100\% \times n/n+1$ یک محدوده اطمینان برای n بار شبیه‌سازی محاسبه می‌گردد (۱۴، ۳۱، ۳۲، ۳۳). به عبارتی با استفاده از ۹۹ بار شبیه‌سازی این آزمون برای الگوی مکانی تصادفی در سطح اطمینان ۹۹ درصد، یک محدوده را ایجاد می‌کند (۳۴). در صورتی که تابع مورد نظر در محدوده مونت کارلو قرار بگیرد، الگو تصادفی است. اگر بالاتر باشد کپه‌ای و اگر پایین‌تر باشد، یکنواخت است (۲۸، ۳۵). در این تحقیق برای محاسبه تابع $g(r)$ و همچنین حدود مونت کارلو از نرم افزار Programita نسخه ۲۰۱۴ استفاده شد.

یافته‌ها

در شکل ۱ موقعیت مکانی درختان واقع در قطعات نمونه یک تا شش هکتاری نشان داده شده است.

دریا، متوسط شیب ۴۵ درصد و هم‌چنین جهت دامنه جنوبی تا جنوب‌غربی می‌باشد. بافت خاک در این منطقه لوم-شنی و متوسط pH خاک ۷/۵ است. بر اساس داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه پژوهش، میانگین بارش و دمای سالانه به ترتیب برابر با ۲۵۶/۵ میلی‌متر و ۱۵/۲ درجه سانتی-گراد می‌باشد. همچنین اقلیم منطقه بر اساس نمایه‌ی دومارتن، نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. (۲۱).

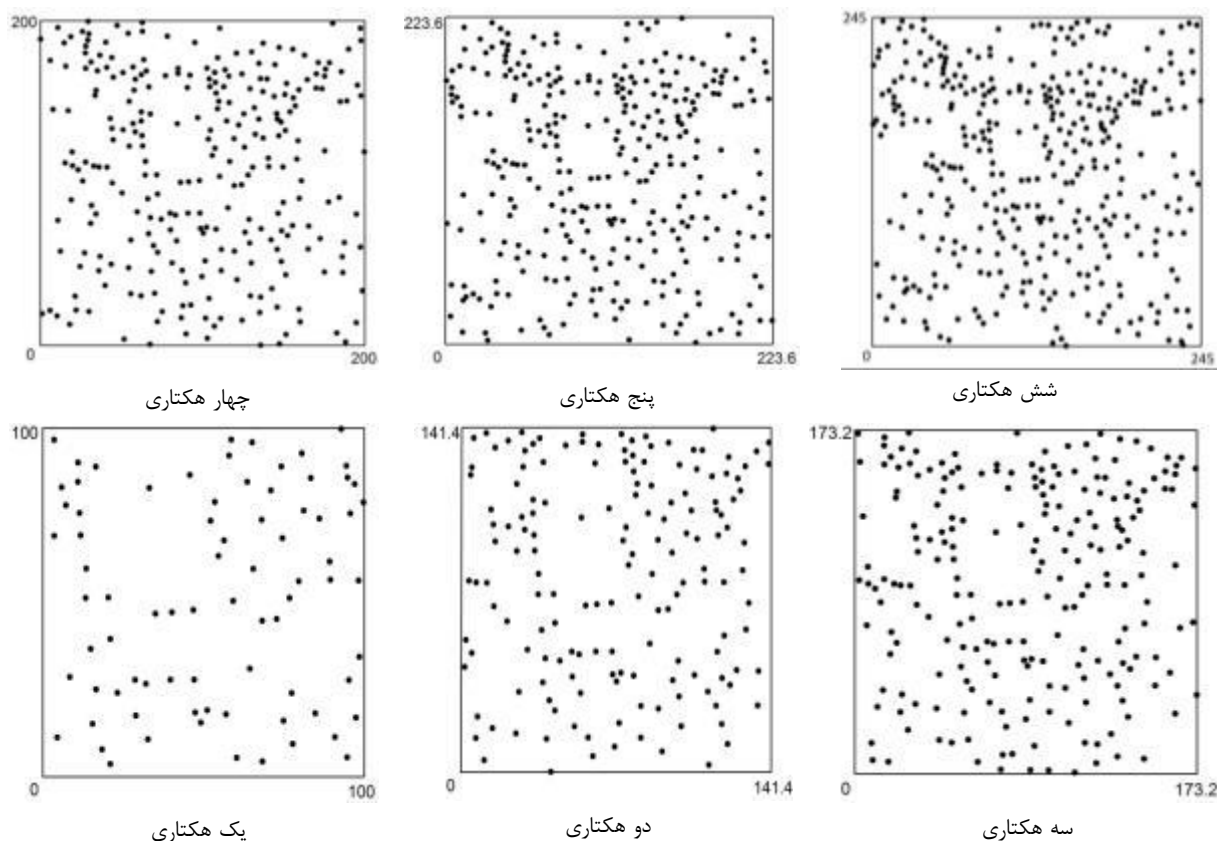
- شیوه اجرای پژوهش

در این تحقیق به منظور بررسی الگوی مکانی و تعیین مناسبترین سطح قطعه نمونه جهت کمی سازی الگوی مکانی درختان ارس، یک قطعه نمونه شش هکتاری مربع شکل به ابعاد ۲۴۵ × ۲۴۵ متر اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور منطقه مورد مطالعه به شبکه‌هایی با ابعاد ۵۰ × ۵۰ متر تقسیم و سپس با استفاده از متر نواری و استخراج عمودی بر محورهای شبکه، محل دقیق استقرار تک تک درختان تعیین و نقشه موقعیت مکانی درختان در محیط GIS ترسیم شد. هم‌چنین، برای محاسبه درصد تاج‌پوشش توده مورد مطالعه، مبادرت به اندازه‌گیری دو قطر بزرگ و کوچک تاج شد و با فرض بیضی بودن شکل تاج، مساحت تاج‌پوشش هر درخت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$CA = \frac{\pi}{4} \times d_1 \times d_2 \quad (\text{رابطه ۱})$$

در ادامه به منظور تعیین مناسبترین سطح قطعه نمونه جهت مطالعات الگوی مکانی، قطعه شش هکتاری به قطعات دارای سطح پنج (اضلاع ۲۲۳/۶ متری)، چهار (اضلاع ۲۰۰ متری)، سه (اضلاع ۱۷۳/۲ متری)، دو (اضلاع ۱۴۱/۴ متری) و یک هکتاری (اضلاع ۱۰۰ متری) کاهش و با استفاده از تابع $g(r)$ مورد بررسی قرار گرفت.

تابع $g(r)$ که از مشتقات تابع K ریپلی ($K(r)$) است در مقایسه با دیگر توابع مربوط به الگوی مکانی درختان، در داخل کشور کم‌تر استفاده شده است و در تشخیص الگوهای مکانی با تغییر اندازه قطعه نمونه، دقت بالاتری دارد (۱۲، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵). این تابع علاوه بر این که اطلاعات مربوط به تابعی مانند K ریپلی را دارا است، قادر است اطلاعات بیش‌تری از روند تغییرات



شکل ۱- نقشه موقعیت مکانی درختان ارس در قطعه نمونه شش هکتاری و قطعات نمونه مربعی شکل کوچک تر (پنج، چهار، سه، دو و یک هکتاری)

Figure 1. Stem maps of Juniper trees in six ha and smaller plots (5, 4, 3, 2 and 1 hectare)

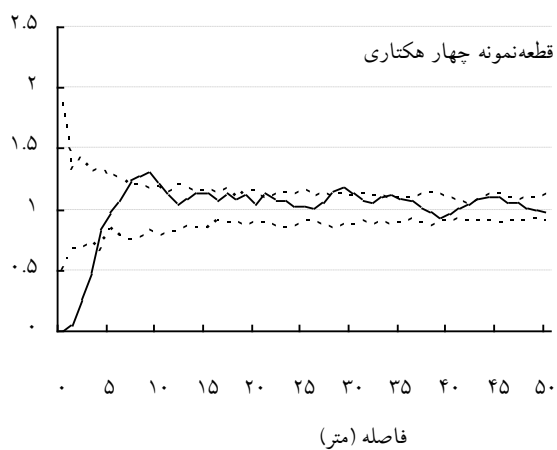
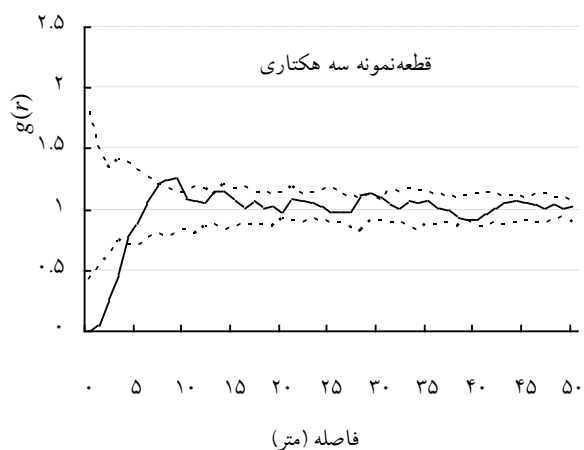
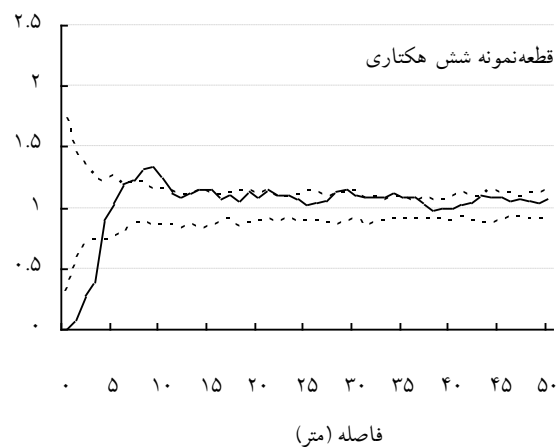
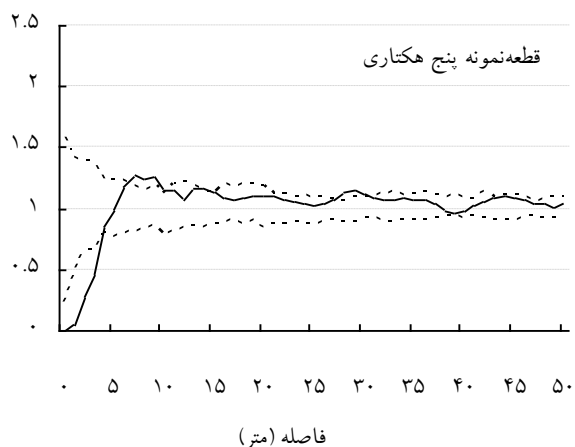
شکل ۲ نشان داده شده است، نتایج حاصل از این تابع در سطوح پنج، چهار و سه هکتار دارای الگوی مشابه با سطح شش هکتاری می باشد به نحوی که در فواصل کم الگوی یکنواخت، سپس الگوی کپه‌ای و پس از آن در فواصل طولانی تر الگو به شکل تصادفی نشان داده می شود. این در حالی است که در هنگام بکارگیری سطوح دو و یک هکتاری در کمی سازی الگوی مکانی درختان، الگوی کپه‌ای نشان داده نمی شود. به عبارتی می توان بیان نمود که کاهش سطح از شش هکتار به سه هکتار تغییری را در الگوی مکانی درختان نشان نمی دهد.

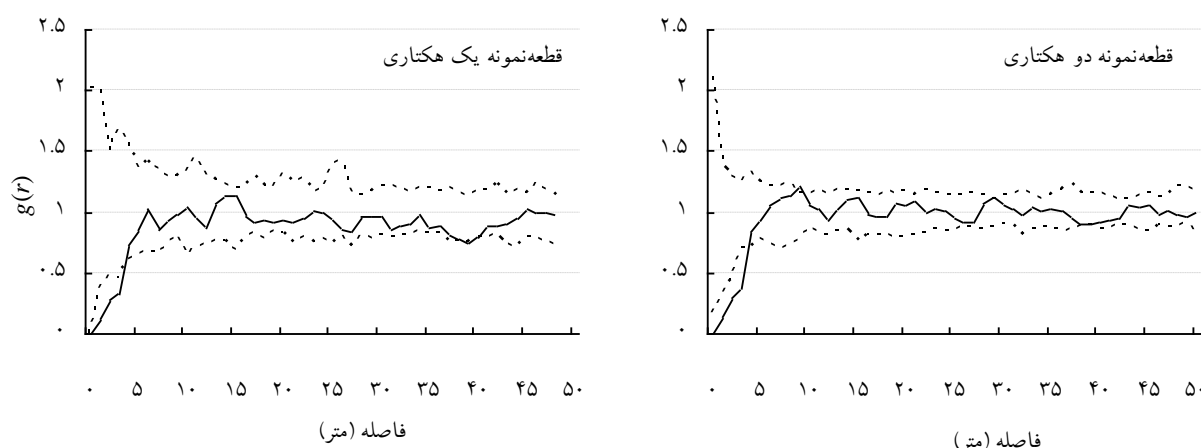
بر اساس بررسی های اولیه صورت پذیرفته درختان ارس توده مورد بررسی در قطعات شش تا یک هکتاری به ترتیب دارای درصد تاج پوشش معادل ۱۹/۶۸، ۲۰/۱۴، ۲۱/۳۰، ۲۲/۳۰، ۲۱/۸۸ و ۲۲/۶۴ درصد می باشند (جدول ۱). بکارگیری تابع $g(r)$ در کمی سازی الگوی مکانی درختان قطعه شش هکتاری نشان دهنده الگوی یکنواخت درختان تا فاصله چهار متری بین درختی بود. همچنین این تابع بیان می کند که درختان ارسی که دارای فاصله شش الی ده متر از یکدیگر می باشند دارای الگوی مکانی کپه‌ای هستند و در دیگر فواصل، درختان از الگوی تصادفی پیروی می کنند (شکل ۲). همان طور که در

جدول ۱- مشخصات درختان ارس اندازه گیری شده در مساحت های مختلف قطعه نمونه

Table 1.Characteristics of Juniper trees measured in plots with different area

سطح قطعه نمونه	تراکم (تعداد در هکتار)	حداقل سطح تاج پوشش (متر مربع)	حداکثر تاج پوشش (متر مربع)	میانگین تاج پوشش (± خطای معیار) (متر مربع)
شش هکتار	۵۹/۸	۰/۸۶	۱۷۰/۵	۳۲/۹ (±۳۳)
پنج هکتار	۶۲/۲	۰/۸۶	۱۷۰/۵	۳۲/۴ (±۳۳/۷)
چهار هکتار	۶۶/۲۵	۰/۸۶	۱۷۰/۵	۳۲/۲ (±۳۳/۷)
سه هکتار	۷۲/۶۷	۰/۸۶	۱۷۰/۵	۳۰/۷ (±۳۰/۸)
دو هکتار	۷۹	۰/۸۶	۱۲۱/۷	۲۷/۷ (±۳۰/۴)
یک هکتار	۷۹	۱/۱	۱۰۰/۷۹	۲۸/۷ (±۲۸/۷)





شکل ۲- نمودار تابع $g(r)$ (خط ممتد) و حدود مونت کارلو (خط چین) در قطعه نمونه شش هکتاری و قطعات نمونه مربعی شکل کوچک تر (پنج، چهار، سه، دو و یک هکتاری)

Figure 2. $g(r)$ function (solid line) and Monte Carlo intervals (dotted line) in six hectare and smaller square plots (5, 4, 3, 2 and 1 hectare)

بحث و نتیجه گیری

ناشناخته شده و نیز جوان بودن دانش در زمینه توان تحلیل برهم کنش ها، امکان تفسیر صریح و قاطع علل پیدایش الگوهای مکانی مختلف در فواصل متفاوت را سخت می نماید. به نحوی که عسکری و همکاران (۱۳۹۳) که سعی در بررسی الگوی مکانی ارس در چهارطاق زاگرس مرکزی با استفاده از شاخص های مختلف را داشتند نتوانستند به قطعیتی در شناسایی این الگوها برسند (۲۰).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده وجود الگوی مکانی یکنواخت در فواصل کم تر از چهار متر می باشد، که با مطالعه صادقی و همکاران (۱۳۹۵) که با استفاده از شاخص های کلارک و اوانز و زاویه یکنواخت به بررسی الگوی مکانی همین توده پرداختند (۳۷) و همچنین مطالعات انجام شده در خارج از کشور (۳۸، ۳۹) هماهنگی دارد. از مهم ترین دلایل وقوع این الگو در فواصل بین درختی تا چهار متر می توان به زیاد بودن رقابت درون گونه ای در طی این فواصل (۱۴، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳) و همچنین خالص بودن توده و تعداد پایین درختان در این فواصل اشاره نمود. و اما وقوع الگوی کپه ای در فواصل بین درختی شش تا ده متری درختان حاکی از وجود تعداد درختان بیش تری در طی این فواصل می باشد. از دیگر دلایل وقوع این

مطالعه گونه آرس به عنوان یکی از معدود سوزنی برگان بومی کشور، به علت دارا بودن ویژگی هایی از جمله دامنه پراکنش وسیع در مناطق رویشی مختلف دارای اهمیت زیادی می باشد. این گونه در برابر شرایط نامساعد محیطی مقاوم است و نقش قابل توجهی در حفاظت آب و خاک و زیستگاه حیات وحش دارد، اما متأسفانه امروزه به دلیل فشارهای متعدد از جمله تغییر اقلیم، چرای دام و غیره جنگل های ارس دچار تخریب شده اند. بر اساس شکل ۲، الگوی مکانی درختان ارس در سطح مبنای شش هکتار، در فواصل مختلف متفاوت است، به طوری که تا فاصله چهار متری، الگوی منظم، شش تا ده متر، کپه ای و در دیگر فواصل، الگوی پراکنش مکانی تصادفی را نشان می دهد. مرور منابع نیز نشان می دهند که توده های جنگلی در فواصل مختلف، دارای الگوهای مکانی مختلف هستند. برای نمونه، در تحقیقی در مراحل مختلف تحولی راش در کلاردشت مازندران، از الگوهای مکانی مختلف در فواصل متفاوت یاد می کنند (۹). در تحقیقی دیگر نیز در توده های ممرز-راش در جنگل های اسالم گیلان به این نتیجه رسیدند که الگوی مکانی کل توده و درختان راش، ممرز و توسکا در فواصل مختلف، متفاوت است (۳۶). وجود عامل های بسیار زیاد شناخته و

های محیطی در مقیاس‌های مختلف، الگوهای متفاوتی را نشان می‌دهند (۴۵). نتایج این پژوهش نشان داد که تابع $g(r)$ در هنگام بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان ارس تحت تاثیر مساحت قطعه نمونه قرار دارد.

از آن جایی که پژوهش صورت گرفته، از محدود مطالعات در زمینه بررسی الگوی مکانی و تعیین حداقل سطح نمونه‌برداری به منظور بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان ارس در دامنه جنوبی البرز است، نیاز است پژوهش‌های بیشتر در جنگل - های ارس به منظور تکمیل این پژوهش صورت پذیرد. پیشنهاد می‌شود مطالعات مشابه در ذخیره‌گاه‌های ارس و توده‌های بکر یا کم‌تر دست‌خورده‌ی ارس نیز انجام بگیرد تا امکان مقایسه الگوی مکانی فعلی این جنگل‌ها با وضعیت بکر آن‌ها فراهم گردد تا بتوان با اعمال شیوه‌های مدیریتی، جنگل‌های ارس را از نظر الگوی پراکنش مکانی، به سمت جنگل‌های بکر یا کم‌تر دست‌خورده هدایت کرد.

Reference

1. Ali Ahmad Korori , S., Khoshnevis, M., Matinizadeh, M., 2010. Comprehensive studies of Juniperus species in Iran, Pooneh publication. (In Persian)
2. Ahmed, M., Husain, T., Sheikh, A.H., Sadruddin, S., Siddiqui, H.M.F., 2006. Phytosociology and structure of Himalayan forests from different climatic zones of Pakistan, Pakistan Journal of Botany, Vol. 38(2), pp. 361-383.
3. Mohamadnezhad Kiasari, SH., Safaei, M., Nourouzi, Sh. A., Ahmadian, S. H., Mataji, A. 2009. The evaluation of protection along with water spreading operations on the quantitative improvement of Greek Juniper seedlings (*Juniperis excelsa* Beib.) (Case study: Mazandaran-Poshtkoh watershed), Water and soil science (Journal of science and technology of

الگو در طی فواصل شش تا ده متری می‌توان به سنگینی میوه ارس اشاره نمود. اما با بررسی نمودارهای تابع $g(r)$ مشاهده می‌شود که الگوی مکانی این گونه در بیش‌تر فواصل تصادفی بوده (بیش‌تر از ده متر) که از مهم‌ترین دلایل وقوع آن می‌توان بیان نمود که در این فواصل حضور یک درخت ارس بر حضور درخت دیگر ارس تاثیر چندانی ندارد و همین امر سبب بوجود آمدن الگوی پراکنش تصادفی می‌شود.

برای تعیین الگوی مکانی درختان در جنگل، تنها مشاهدات میدانی کافی نیست و بایستی بر اساس روش‌های مناسب آماری به آن دست یافت، زیرا پراکنش مکانی درختان یک ویژگی کیفی بوده و برای تحلیل باید کمی شود. از آن جایی که در این پژوهش نقشه موقعیت مکانی تمامی درختان در سطح شش هکتار در دسترس بود، لذا تعیین الگوی مکانی درختان ارس در سطح وسیع شش هکتار ممکن بود. با توجه به این که عوامل محدودکننده‌ای هم‌چون زمان و هزینه، دسترسی به چنین نقشه‌ای که دارای موقعیت مکانی تمامی درختان در یک سطح وسیع باشد را سخت می‌کند، لذا لازم است از حداقل سطح قطعه نمونه برای بررسی الگوی مکانی درختان استفاده شود که هم دقت کار بالاتر برود، هم هزینه و زمان کم‌تر شود. نتایج حاصل از تابع $g(r)$ در سطوح پنج، چهار و سه هکتار دارای الگویی مشابه با سطح شش هکتاری (سطح مبنا) می‌باشد به نحوی که در فواصل کم الگوی منظم، سپس الگوی کپه‌ای و پس از آن در فواصل طولانی‌تر الگو به شکل تصادفی نشان داده می‌شود. جایی که تغییر در نوع الگوی پراکنش اتفاق می‌افتد، از سطح قطعه‌نمونه دو هکتاری و کوچک‌تر است، بنابراین به منظور جلوگیری از صرف وقت و هزینه، حداقل سطح مناسب برای بررسی و تعیین الگوی پراکنش مکانی درختان در توده‌های مشابه این پژوهش، سه هکتار پیشنهاد می‌شود. در انتخاب سطح مناسب نمونه‌برداری می‌بایست دقت لازم را اعمال کرد، زیرا انتخاب سطح نامناسب منجر به شناسایی نادرست الگوی پراکنش مکانی درختان می‌شود (۱۲، ۱۳، ۴۴). برای نمونه، بیان می‌شود که الگوهای پراکنش مکانی به دلیل عوامل متعددی هم‌چون پراکنش بذر، رقابت‌های بین و درون‌گونه‌ای، آشوب‌های داخل اکوسیستم، عوامل گیاه‌خواری و یا ناهمگنی -

11. Batoubeh, P., Akhavan, R., Pourhashemi, M., Kia-Daliri, H., 2013. Determining the minimum plot size to study the spatial patterns of manna oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) using Ripley's K-function at less-disturbed stands in Marivan forests. *Journal of Forest and Wood Product (Iranian Journal of Natural Resources)*, Vol. 66(1), pp. 27-38. (In Persian)
12. Erfanifard, Y., Rezayan, F., 2014. Suitable Methods in Spatial Pattern Analysis of Heterogeneous Wild Pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) Woodlands in Zagros, Iran. *Iranian Journal of Applied Ecology*, Vol. 3(9), pp. 81-91. (In Persian)
13. Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H., Stoyan, D., 2008. *Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns*. John Wiley & Sons Inc, West Sussex.
14. Getzin, S., Dean, C., He, F., Trofymow, J., Wiegand, K., Wiegand, T., 2006. Spatial patterns and competition of tree species in a Douglas-fir chronosequence on Vancouver Island, *Ecography*, Vol. 29, pp. 671-682.
15. Hosseinzadeh, J., Namiranian, M., Marvi Mohajer, M., Zahedi Amiri, Gh., 2004. Structure of less degraded oak forests in Ilam province. *Iranian Journal of Natural Resources*. Vol. 57(1), pp. 75-90. (In Persian)
16. Haidari, M., Namiranian, M., Zobiri, M., Gahramany, L., 2014. Investigation on appropriate inventory method for determining structure of Northern Zagros Forests (Case study: Blake Forests, Baneh). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, Vol. 21(3), pp. 467-480. (In Persian)
- agriculture and natural), Vol. 13(48), pp. 415-425. (In Persian)
4. Livingston, R.B., 1972. Influence of birds, stone and soil on the establishment of pasture juniper, *Juniper communis* and Red cedar and *J. virginiana* in New England pastures, *Ecology*, Vol. 53(6), pp. 1141-1147.
5. Krebs, C. J., 1999. *Ecological Methodology*, 2nd ed., Addison Welsey Educational Publication. Inc., USA.
6. Marie-Agnes, M., Audrey, R., 2003. A model to assess relationships between forest dynamics and spatial structure. *Journal of Vegetation Science*, Vol. 14(6), pp. 823-834.
7. Pommerening, A., Stoyan, D., 2008. Reconstructing spatial tree point patterns from nearest neighbour summary statistics measured in small subwindows. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 38, pp. 1110-1122.
8. Sohrabi, H., 2014. Spatial pattern of woody species in Chartagh forest reserve, Ardal. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* Vol. 22(1), pp.27-38. (In Persian)
9. Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Hassani, M., 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*, Vol. 18(2), pp. 322-336. (In Persian)
10. Li, F., Zhang, L., 2007. Comparisons of point pattern analysis methods for classifying the spatial distributions of spruce-fir stands in the north-east USA. *Journal of Forestry*, Vol 3, pp. 337-349.

- Methods of Geometrical Statistics. John Wiley & Sons Inc, West Sussex.
24. Fortin, M.J., Dale, M.R.T., 2005. Spatial Analysis. Cambridge University Press, Cambridge.
 25. Guo, Y., Lu, J., Franklin, S.B., Wang, Q., Zhang, Y., Xu, K., Bao, D., Qiao, X., Huang, H., Lu, Z., Jiang, M., 2013. Spatial distribution of tree species in a species-rich subtropical mountain forest in central China. Canadian Journal of Forest Research, Vol (43), pp. 826-835.
 26. Szmyt, J., 2014. Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. Silva Fennica, Vol. 48(1), pp. 1-31.
 27. Mason, W. L., Connolly, T., Pommerening, A., Edwards, C., 2007. Spatial structure of semi-natural and plantation stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in northern Scotland. Forestry. Vol. 80. Pp. 567-586.
 28. Getzin, S., Worbes, M., Wiegand, T., Wiegand, K., 2011. Size dominance regulates tree spacing more than competition within height classes in tropical Cameroon. Journal of Tropical Ecology, Vol. 27, pp. 93-102.
 29. Zhu, Y., Xiangcheng, X., Ren, H., Ma, K., 2010. Density dependence is prevalent in a heterogeneous subtropical forest. Oikos, Vol. (119), pp. 109-119.
 30. Strand, E.K., Robinson, A.P., Bunting, S.C., 2007. Spatial patterns on the sagebrush steppe/Western juniper ecotone. Plant Ecology, Vol. 190, pp. 159-173.
 31. Bailey, T.C., Gatrell, A.C., 1998. Interactive spatial data analysis. Longman publication.
 32. Haase, P., 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's
 17. Fallah, A., 2000. Investigation of the natural beech (*Fagus orientalis*) stands structure in Mazandaran and Golestan province. Unpublished Ph.D thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources. 202 p. (In Persian)
 18. Sagheb Talebi, Kh., Ghorchi Beigi, K., Eslami, A., Shahnavaizi, H., Mousavi Mir Kelayee, S., 2001. Structure of Caspian beech forests and the potential of applying selection system in them, Proceeding Second International Conference of Forest and Industrial, Vol. 1, pp. 107-138. (In Persian)
 19. Sagheb Talebi, Kh., Schütz, J.Ph., 2002. The structure of natural oriental beech (*Fagus orientalis*) in the Caspian region of Iran and potential for the application of the group selection system. Forestry, Vol. 75(4), pp. 465-472.
 20. Askari, Y., Soltani, A., Sohrabi, H., 2014. Evaluation of Spatial distribution pattern of tree and shrub species in a central Zagros (Case study: Chahartagh forest reserve). Iranian Journal of Forest and Poplar Research Vol. 22(2), pp. 175-187. (In Persian)
 21. Unknown., 2015. Studies of the southern slope of Alborz (Karaj and Savojbolagh province). Natural resource and watershed management office, Alborz. (In Persian)
 22. Erfanifard, Y., Mahdian, F., 2012. Comparative investigation on the methods of true spatial pattern analysis of trees in forests (Case study: Wild pistachio research forest, Fars province, Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, Vol. 20(1), pp. 62-73. (In Persian)
 23. Stoyan, D., Stoyan, H., 1994. Fractals, Random Shapes and Point Fields:

- pastures by eastern red cedar (*Juniperus virginiana* L.), Canadian Journal of Forest Research, Vol. 15(6), pp. 1065-1068.
39. Houle, G., Duchesne, M., 1999. The spatial pattern of a *Juniperus communis* var. *depressa* population on a continental dune in subarctic Québec, Canada. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 29(4), pp. 446-450.
 40. Pielou, E.C., 1962. The use of plant-to-neighbour distances for the detection of competition, Journal of Ecology, Vol. 50, pp. 357-367.
 41. Antonovics, J., Levin, D.A., 1980. The ecological and genetic consequences of density-dependent regulation in plants, Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 11, pp. 411-452.
 42. Stoll, P., Bergius, E., 2005. Pattern and process: competition causes regular spacing of individuals within plant populations. Journal of Ecology, Vol. 93, pp. 395-403.
 43. Gray, L., He, F., 2009. Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. Forest Ecology and Management, Vol. 259, pp. 98-106.
 44. Trifković, S., 2013. Spatial distribution and composition of trees in an aging coppice forest in Japan. Formath, Vol. 1, pp. 35-53.
 45. Wiegand, T., Moloney, K.A., 2004. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. OIKOS, Vol. 104, pp. 209-229.
 - K-function: introduction and methods of edge correction. Journal of Vegetation Science, Vol. 6, pp. 575-582.
 33. Martens, S.N., Breshears, D.D., Meyer, C.W., 1997. Scales of above-ground and below-ground competition in a semiarid woodland detected from spatial pattern. Journal of Vegetation Science, Vol. 8, pp. 655-664.
 34. Perry, G.L.W., 2004. SpPack: spatial point pattern analysis in Excel using visual basic for applications (VBA). Environmental Modelling and Software, Vol. 19, pp. 559-569.
 35. Schiffers, K., Schurr, F.M., Tielborger, K., Urbach, C., Moloney, K., Jeltsch, F., 2008. Dealing with virtual aggregation- a new index for analyzing heterogeneous point patterns. Journal of Ecography, Vol. 31, pp. 545-555.
 36. Beitollah, A., Pourmajidian, M.R., Sagheb Talebi, Kh., Hojjati, S.M., 2015. Spatial Pattern, competition and spatial association of trees in Mixed Hornbeam Stands using univariate and bivariate Ripley's K-function (case study: Reserve area, district 3 of Asalem forests). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, Vol. 23(1), pp. 37-52. (In Persian)
 37. Sadeghil, S.M.M., Alijani, V., Namiranian, M., Mohamadizadeh, M. 2016. Structural characteristics of *Juniperus excelsa* in the mountainous forests of Alborz south facing slope (Case study: Atashgah, Karaj). Iranian Journal of Forest, Vol. 8(1), pp. 35-49. (In Persian)
 38. Holthuijzen, A.M.A., Sharik, T.L., 1985. Colonization of abandoned