

## استفاده از سه روش نزدیکترین همسایه، تابع $K$ رایپلی و میانگین مربعات در تعیین الگوی پراکنش گونه تاغ (*Haloxylon ammodendron* C.A.Mey) در منطقه حفاظت شده سیاه کوه استان یزد

بهمن کیانی<sup>۱</sup>، مسعود طبری<sup>۲\*</sup>، اصغر فلاح<sup>۳</sup>، سیدمحسن حسینی<sup>۴</sup> و محمدحسین ایران‌نژاد پاریزی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکترای جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور.

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور. پست الکترونیک: masoudtabari@yahoo.com

۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۴- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور.

۵- استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد.

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۲۰

### چکیده

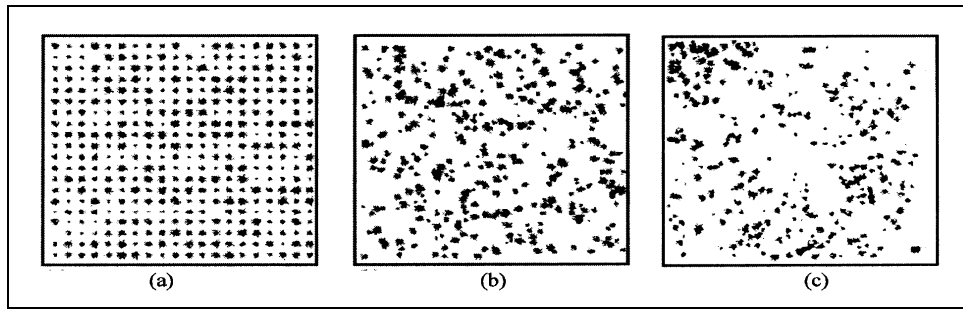
جوامع تاغ (*Haloxylon* sp.) پوشش‌های درختچه‌ای مهمی در مناطق بیابانی ایران هستند که مطالعه خصوصیات آنها به‌ویژه در مورد تراکم و الگوی پراکنش با توجه به نقش فوق‌العاده‌شان در حفاظت خاک و ایجاد بستر حیات‌وحش بسیار قابل توجه می‌باشد. در این مطالعه یک قطعه ۱۰ هکتاری درختچه‌زار طبیعی تاغ در منطقه حفاظت شده سیاه‌کوه استان یزد انتخاب و در قالب ۱۱۱ کوادرات  $۳۰ \times ۳۰$  متری به‌طور کامل مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در این کوادرات‌ها علاوه بر نوع گونه، قطرهای بزرگ و کوچک تاج و موقعیت مکانی تمامی پایه‌ها از طریق اندازه‌گیری فاصله و آزیموت آنها نسبت به یکی از گوشه‌های هر کوادرات، ثبت گردید. سپس به‌کمک نرم‌افزار ArcMap نقشه موقعیت مکانی درختان ترسیم و الگوی پراکنش با سه روش نزدیکترین همسایه، تابع  $K$  رایپلی و میانگین مربعات که حالتی از روش کوادرات واریانس است، تعیین شد. براساس نتایج روش نزدیکترین همسایه، الگوی پراکنش پایه‌ها در این جوامع تصادفی (Random) است. دو روش دیگر نیز نشان دادند که الگو تصادفی بوده و با افزایش فاصله از پایه‌ها به بیش از ۱۰ متر، تجمع (کپه‌ای) می‌شود. از برآیند این سه روش، الگوی پراکنش تصادفی ارزیابی می‌گردد که با افزایش مقیاس (فاصله از پایه‌ها) به سمت حالت کپه‌ای تمایل پیدا می‌کند. به‌نظر می‌رسد شرایط یکنواخت رویشگاهی در این منطقه، مهمترین عامل ایجاد الگوی تصادفی در مقیاس کوچک برای درختچه‌های تاغ بوده است. در مقیاس بزرگتر درختچه‌ها در فواصل دور از کویر تراکم بیشتری داشته و الگو به سمت کپه‌ای تغییر می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: الگوی توزیع، تابع  $K$  رایپلی، تحلیل الگوی مکانی، کوادرات واریانس، گیاهان بیابانی.

### مقدمه

آگاهی از الگوی پراکنش گیاهی در هر منطقه از ضروریات و مقدمات بررسی پوشش گیاهی به حساب می‌آید. الگوی پراکنش نشان دهنده موقعیت افراد یک جمعیت در محیط و نحوه آرایش آنها نسبت به یکدیگر است (Dale, 1999). به‌طور کلی سه نوع الگوی پراکنش وجود دارد (شکل ۱) که شامل کپه‌ای (تجمعی)، تصادفی و یکنواخت است (Ludwigs and Reynolds, 1975).

بررسی الگوی پراکنش گیاهان در ارزیابی نحوه تولید مثل، رقابت، شرایط محیطی و جغرافیایی نقش مهمی داشته و به تعیین روشهای مناسب برای اندازه‌گیری خصوصیات کمی گیاهان مانند پوشش و تراکم کمک شایانی می‌نماید (موسایی سنجره‌ای و بصیری، ۱۳۸۶).

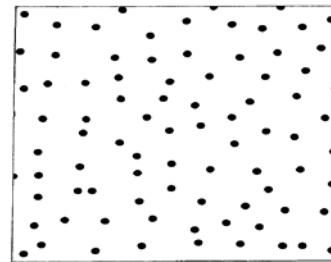


شکل ۱- سه نوع الگوی پراکنش گیاهی شامل (a) یکنواخت (b) تصادفی و (c) کپه‌ای (برگرفته از Ludwigs and Reynolds, 1975)

قسمت‌های خاصی از محیط را دارند. در این حالت حضور یک فرد وابسته به حضور دیگران است و احتمال یافتن یک گیاه در مجاور دیگری بیشتر می‌شود (علوی و همکاران، ۱۳۸۴).

در مورد الگوی پراکنش گیاهی در دنیا مطالعات متعددی انجام شده، اما مورد چشمگیری در مورد تاغ *Haloxylon ammodendron* C.A.Mey به چشم نمی‌خورد. از جمله مطالعه *Wei-dong et al.* (2001) در مورد الگوی پراکنش درختان چیره در جنگلهای بارانی *Guangdong* چین نشان داد که هر سه گونه غالب *Litchi chinensis*, *Eucalyptus sylvestris* و *Canarium album* پراکنش تجمعی دارند. از روش Ripley's K-function در تحقیق *Hou et al.* (2004) نیز برای بررسی الگوی پراکنش و روابط بین گونه‌ای در جنگلهای بلوط *Quercus liaotungensis* و توس *Betula dahurica* چین استفاده و این نتیجه حاصل شد که درختان بزرگ الگوی کپه‌ای دارند. بررسی الگوی پراکنش توده‌های مخلوط سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در جنگلهای شمال ژاپن با استفاده از روش Ripley's K-function نشان داد که درختان نراد *Abies sachalinensis* همراه پهن‌برگان به صورت کپه‌ای قرار می‌گیرند (Kubota, 2007). در تحقیق دیگری از سه روش نزدیکترین همسایه، مربع T و اندیس پراکنش برای تعیین الگوی مکانی درختان در جنگلهای بلوط

البته استفاده از اصطلاح منظم (Regular) برای پراکنش یکنواخت خیلی صحیح نیست، زیرا این منظم بودن، نظم هندسی دقیق مانند آنچه در جنگل کاری وجود دارد را تداعی می‌کند (Dale, 1999). بنابراین بهتر است برای الگوی یکنواخت (Dispersed) شکل ۲ را نشان داد.



شکل ۲- الگوی پراکنش یکنواخت (برگرفته از Dale, 1999)

آرایش گیاهان در پوشش گیاهی طبیعی کمتر تصادفی است. عوامل متعددی در ایجاد الگوی مکانی مؤثرند که ممکن است ناشی از ویژگی‌های گیاه یا عوامل محیطی و یا هر دو آنها باشند. معمولاً "پراکنش تصادفی" هنگامی اتفاق می‌افتد که حضور یک فرد تأثیر زیادی بر حضور دیگری نداشته باشد. در "پراکنش یکنواخت" یا منظم افراد به فاصله تقریباً مساوی از هم قرار گرفته‌اند و معمولاً زمانی است که قلمرو افراد معین بوده و محدوده‌ها به طور تقریبی یکسان هستند. "پراکنش کپه‌ای یا تجمعی" حالتی است که بیشتر افراد یا تمامی آنها، تمایل به حضور در

از روش کوادرات واریانس در بررسی الگوی پراکنش مکانی ملج (*Ulmus glabra*) در جنگلهای خیرودکنار مازندران استفاده کرده و الگوی مکانی را بین تصادفی و تجمعی برآورد نمودند. در تحقیق بصیری و همکاران (۱۳۸۵) در جنگلهای بلوط مریوان از روشهای عمومی، مدل‌های توزیع و شاخص‌های کمی همچون گرین و مورسیتا استفاده شد و الگوی پراکنش برای گونه‌های درختی منطقه شامل *Q. libani*, *Q. infectoria*, *Quercus brantii* و *Pyrus syriaca* کپه‌ای تعیین گردید. اخوان و همکاران (۱۳۸۹) الگوی پراکنش درختان راش (*Fagus orientalis* Lipsky) را با استفاده از تابع  $K$  رایلی در منطقه کلاردشت مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که الگوی مکانی درختان در مراحل مختلف تحولی متفاوتند.

تاغ‌ها (*Haloxylon* sp.) از جمله گیاهان بسیار با ارزش در مناطق مرکزی کشور محسوب می‌شوند. مهمترین گونه آنها *H. ammodendron* معروف به تاغ است که درختچه‌ای به ارتفاع ۱ تا ۲ متر بوده و در تمام بیابانهای شنی و کویرهای مرکزی و جنوب شرقی کشور حضور دارد. گونه دیگر *H. persicum* معروف به زردتاغ است که درختی کوچک تا ارتفاع ۵ متر است و در نقاط استپی و کویرها می‌روید (ثابتی، ۱۳۷۳). البته در ایران چند گونه دیگر از جنس تاغ از جمله *H. salicornicum*, *H. aphyllum* و *H. reurvum* نیز گسترش دارند. براساس بررسیهای به‌عمل آمده، گونه موجود در منطقه مورد مطالعه (سیاهکوه) گونه تاغ بوده (شکل ۳) که در برخی قسمت‌ها همراه با تک‌پایه‌هایی از درختچه اسکنیبل (*Calligonum* sp.) می‌روید. با توجه به سختی دسترسی به رویشگاه‌های طبیعی این گونه‌ها، مطالعات میدانی کافی بر روی آنها انجام نشده و بنابراین تحقیق پیرامون این رویش‌ها در ارتباط با الگوی پراکنش، تراکم، روابط بین گونه‌ای و غیره حائز اهمیت بسیار می‌باشد. تحقیق حاضر در همین راستا و به‌منظور شناخت الگوی پراکنش تاغ در

*Quercus persica*) زاگرس استفاده و نتایج نشان داد که روش مربع  $T$  قویتر و مناسبتر است (Erfanifard et al., 2008). الگوی پراکنش درختان دوگلاس (*Pseudotsuga menziessii*) در ایالات متحده به‌کمک شاخص مورسیتا مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که نهالهای دوگلاس الگوهای پراکنش متفاوتی داشته و در فاصله زیادتری از درختان مادری قرار دارند. در عوض نهالهای صنوبر (*Populus termuloides*) الگوی کپه‌ای داشته و به درختان مادری نزدیک‌ترند (Snakey, 2008).

تاکنون در داخل کشور مطالعات اندکی در مورد الگوی پراکنش گیاهی در مناطق بیابانی انجام شده که بیشتر در زمینه گیاهان مرتعی بوده است. در این مورد می‌توان به تحقیق میرجلیلی و همکاران (۱۳۸۷) در درمنه‌زارهای استان یزد اشاره نمود که از شاخصهای هاپکینز (Hopkins) و ابرهاردت (Eberhardt) برای بررسی الگوی پراکنش استفاده کرده و در الگوهای یکنواخت و کپه‌ای، روش فاصله‌ای را برای برآورد تراکم مناسب معرفی کردند. در مطالعه موسایی سنجره‌ای و بصیری (۱۳۸۶)، کارایی چندین شاخص برای تعیین الگوی پراکنش در مراتع استان یزد مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه حکایت از آن داشت که شاخص‌های مربع  $T$  و هولگیت (Holgate) توانایی زیادی در تفکیک کپه‌های کوچک و تک بوته‌ها داشته و شاخص گرین (Green) بیشترین دقت را در بین روشهای مبتنی بر اندازه‌گیری فاصله دارد. زارع چاهوکی و طویلی (۱۳۸۷) نیز از چند روش فاصله‌ای در تعیین الگوی پراکنش گیاهان مرتعی در جنوب استان یزد استفاده نموده و به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های فاصله‌ای بهتر از شاخص‌های کوادراتی هستند. در زمینه گیاهان جنگلی، تحقیق حیدری (۱۳۸۵) قابل ذکر است که از شاخص هاپکینز در جنگلهای بلوط ایرانی (*Quercus persica*) در منطقه سرخه دیزه کرمانشاه استفاده کرد و الگوی پراکنش درختان را کپه‌ای برآورد نمود. علوی و همکاران (۱۳۸۴)

(*Seidlitzia rosmarinus*)، شوره (*Salsola arbuscula*)،  
پرنده (*Pteropyrum aucheri*)، قیج (*Zygophyllum*)  
(*eurypterum*)، رمس (*Hammada salicornica*) و درمنه  
(*Artemisia sieberi*) است که تیپ درختچه‌ای تاغ  
(*Haloxylon ammodenderon* C.A. Mey) به صورت  
بیشه‌زار جنگلی حضور داشته و منطقه مورد مطالعه را در  
این تحقیق تشکیل می‌دهد. درصد پوشش گیاهی در این  
منطقه بین ۵ تا ۶۰ درصد است. بارندگی سالیانه منطقه ۴۸  
میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه ۱۸ درجه سانتی‌گراد،  
متوسط رطوبت نسبی سالانه ۱۸ درصد و دارای ۸ تا ۹ ماه  
خشک می‌باشد (ایران‌نژاد پاریزی و همکاران، ۱۳۸۵).

ابتدا برای انجام این تحقیق، جنگل‌گردشی در حاشیه  
کویر سیاه‌کوه انجام شد. سپس قطعه‌ای به مساحت ۱۰  
هکتار به عنوان معرف تیپ تاغ (*Haloxylon*  
*ammodenderon*) محصور و برای آماربرداری در نظر  
گرفته شد. این قطعه خود به ۱۱۱ کوادرات مربعی به ابعاد  
۳۰×۳۰ متر تقسیم و در هر کوادرات کلیه درختان تعیین  
گونه، شمارش و و اندازه قطرهای کوچک و بزرگ تاج  
آنها نیز اندازه‌گیری شدند. موقعیت مکانی تمامی پایه‌ها نیز  
به روش فاصله-آزیموت نسبت به یکی از گوشه‌های هر  
کوادرات تعیین شد.

بخشی از تاغ‌زارهای طبیعی مناطق مرکزی کشور انجام  
شده است.

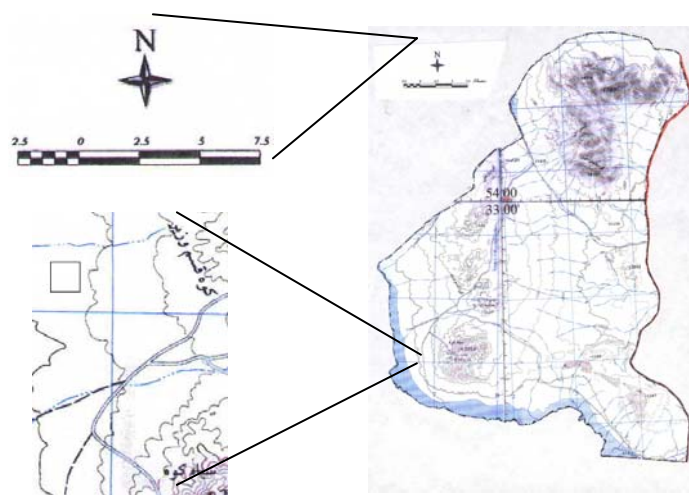


شکل ۳- نمایی از تاغ‌زارهای طبیعی در منطقه حفاظت شده  
سیاه‌کوه

## مواد و روشها

### مشخصات منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در منطقه حفاظت شده سیاه‌کوه که در ۷۰  
کیلومتری شمال اردکان و بین استانهای یزد و اصفهان قرار  
دارد، انجام شد (شکل ۴). منطقه مزبور به علت تحت  
حفاظت بودن شامل رویش‌های طبیعی بکر و متعددی  
است که در مناطق دیگر کمتر دیده می‌شود. تیپهای اصلی  
گیاهی در این منطقه شامل گز (*Tamarix ramosissima*)،  
تاغ (*Haloxylon ammodenderon*)، اشنان



شکل ۴- موقعیت منطقه مورد مطالعه در نزدیکی سیاه کوه که به صورت مربع نشان داده شده است

## روش تحقیق

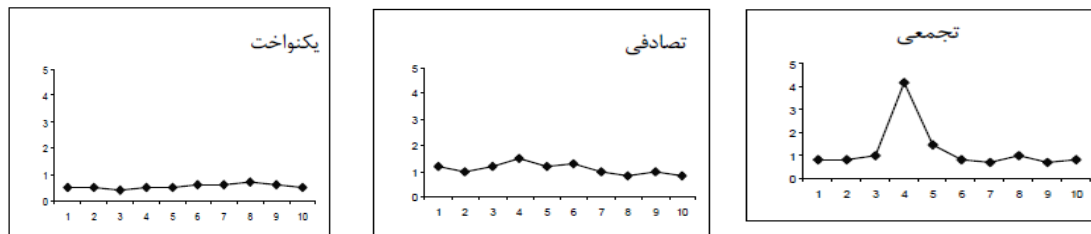
برای بررسی الگوی پراکنش روشهای متعددی وجود دارد که در این تحقیق از سه روش نزدیکترین همسایه (Nearest Neighbor)، Ripley's  $K$ -function و میانگین مربعات (Mean Squares) استفاده گردید. روش نزدیکترین همسایه مبتنی بر اندازه گیری فاصله تک تک درختان تا نزدیکترین همسایه شان بوده و در تعیین همگرایی و واگرایی گونه های مختلف نیز کاربرد دارد. در این روش شاخص نزدیکترین همسایه براساس میانگین فاصله از هر درخت تا نزدیکترین همسایه اش محاسبه می شود. فرض صفر این است که درختان به صورت تصادفی پراکنده شده اند. شاخص نزدیکترین همسایه به صورت نسبت میانگین فاصله مشاهده شده به فاصله مورد انتظار بیان می شود. فاصله مورد انتظار (Expected Distance) در واقع میانگین فواصل درختان در حالت پراکنش کاملاً تصادفی است. اگر شاخص محاسبه شده کمتر از ۱ باشد الگو تجمعی (کپه ای) است، اگر بیشتر از ۱ باشد یکنواخت و اگر برابر ۱ باشد الگو تصادفی است. در این روش در نتیجه تجزیه و تحلیل کمیت  $Z$  بدست می آید که اگر مقدار آن بین  $+1/96$  و  $-1/96$  باشد، اختلاف معنی داری بین توزیع مشاهده شده و توزیع

تصادفی وجود ندارد. در غیر این صورت توزیع تجمعی یا یکنواخت خواهد بود (Erfanifard et al., 2008). در این آنالیز نتایج به صورت گرافیکی نیز نشان داده می شوند که از روی آنها می توان در مورد الگو اظهار نظر نمود (Mitchell, 2005).

هنگامی که داده ها به صورت  $x$  و  $y$  باشند، وجود همبستگی مکانی می تواند به وسیله روشهای آنالیز الگوی نقاط (point pattern methods) مانند  $K(d)$  بررسی شود که در روش Ripley's  $K$ -function (روش دوم) ارائه می شود. هدف این نوع آنالیز این است که تعیین کند که آیا توزیع نقاط (درختان) تصادفی است یا خیر و نیز نوع الگوی پراکنش چگونه است (Camarero et al., 2000). در واقع روش Ripley's  $K$ -function مبتنی بر واریانس تمامی فواصل نقطه تا نقطه (درخت تا درخت) در یک فضای دو بُعدی است. این نوع آنالیز می تواند مقیاس های مختلف الگوی مکانی و وجود حالت تجمعی یا یکنواختی را تشخیص دهد.

روش سوم از جمله روشهای مبتنی بر واریانس تعداد درختان در کوادرات ها می باشد که در آن ابتدا کوادرات ها در قالب یکسری بلوک ها با اندازه های مختلف که همپوشانی ندارند، ترکیب شده و میانگین مربعات برای هر

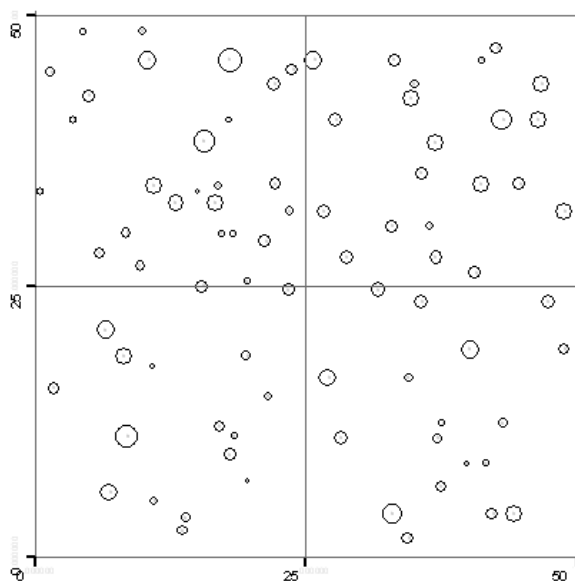
اندازه بلوک محاسبه می‌شود. سپس این میانگین در مقابل اندازه بلوک ترسیم شده (شکل ۵) و سپس در مورد نوع الگوی پراکنش تصمیم‌گیری می‌شود (مقدم، ۱۳۸۰).



شکل ۵- تعیین الگوی پراکنش از روی نمودار اندازه بلوک (محور xها) در مقابل میانگین مربعات (محور yها) (برگرفته از علوی و همکاران، ۱۳۸۴)

مکانی ۲۷۷۸ پایه ترسیم گردید که تراکم ۲۷۷/۸ پایه در هکتار را برای منطقه نشان می‌دهد. بخشی از نقشه مزبور در شکل ۶ دیده می‌شود.

پس از آماربرداری، ابتدا داده‌ها در نرم‌افزار Excel وارد شده و سپس به نرم‌افزار Arc Map 9.3 فراخوان شدند. با استفاده از قابلیت‌های این نرم‌افزار، نقشه موقعیت مکانی درختان (Stem Map) ترسیم گردید. در مجموع موقعیت



شکل ۶- بخشی از نقشه موقعیت مکانی درختان تولید شده به وسیله نرم‌افزار Arc Map

الگوی پراکنش درختان در منطقه مورد مطالعه تعیین شد. در بسیاری از منابع رابطه معمول Ripley's K-function به صورت رابطه ۱ مورد استفاده قرار گرفته است:

آنگاه در قالب لایه‌های مختلف، نوع گونه مشخص و درختچه‌ها متناسب با شعاع تاج‌شان ترسیم شدند. سپس با دو روش نزدیکترین همسایه و Ripley's K-function،

$$\hat{K}(t) = \hat{\lambda}^{-1} \sum_i \sum_{j \neq i} w(l_i, l_j)^{-1} \frac{I(d_{ij} < t)}{N} \quad (۳)$$

$$\hat{K}(d) = A \sum_i \sum_{j \neq i} w_{ij} I_d(i, j) / n^2 \quad (۱)$$

برای محاسبه فاصله‌ها در آنالیزها، فواصل اقلیدسی بکار گرفته شد و برای تعیین حدود اطمینان و ترسیم منحنی‌های مربوط (Confidence Envelopes) از آزمون مونت کارلو (Monte Carlo) استفاده گردید. روشهای مونت کارلو در واقع پلاتهای زیادی با همان ابعاد عملی تولید نموده و با تعداد نمونه زیادتر تجزیه و تحلیل را انجام می‌دهند. در این تحقیق با ۹ بار جایگشت تجزیه و تحلیل انجام شد تا مقدار تابع  $K(t)$  با مقدار مورد انتظار که حاصل از توزیع تصادفی گروه‌هایی از نقاط است مقایسه و معنی‌دار بودن آن ( $P > 0$ ) مورد آزمون قرار گیرد. پس از آنالیز، اگر  $K(t)$  محاسبه شده از مقادیر اطمینان محاسبه شده بزرگتر، مساوی یا کوچکتر باشد، الگو به ترتیب جمعی، تصادفی یا یکنواخت خواهد بود (Camarero et al., 2000).

در روش میانگین مربعات (Mean squares) ابتدا بسته نرم‌افزاری Hawth's-Analysis-Tools بر روی نرم‌افزار ArcGIS نصب و به کمک آن منطقه به شبکه مربع‌های  $5 \times 5$  متر تقسیم شد. سپس به کمک همین بسته تعداد نقاط (درختان) در داخل مربع‌ها مورد شمارش قرار گرفت و جدول مربوطه استخراج و ذخیره شد. سپس این مربع‌ها دو به دو با یکدیگر ترکیب شده و مربع‌های نوع ۲ که مساحت  $10 \times 5$  متر داشتند ایجاد شد. ادامه این کار منجر به ایجاد یک مربع بزرگ  $500 \times 200$  متری شد که کل منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گرفت (علوی و همکاران، ۱۳۸۴). شمارش درختان در بلوک‌های با ابعاد مختلف به همان ترتیب که برای مربع‌های  $5 \times 5$  متر ذکر شد، انجام و داده‌ها ذخیره گردید. برای هر اندازه بلوک مجموع تعداد درختان ( $\sum n_i$ ) و مجموع توان ۲ آنها ( $\sum n_i^2$ ) محاسبه شد. برای هر اندازه بلوک این اندازه به مساحت بلوک بر حسب مترمربع تقسیم شد. برای محاسبه مجموع مربعات،

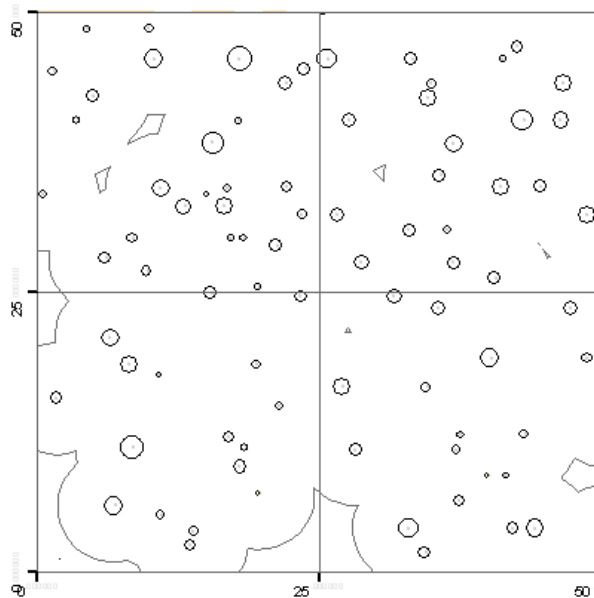
در رابطه ۱،  $A$ : مساحت منطقه یا قطعه مورد بررسی،  $n$ : تعداد پایه گونه موردنظر یا تمامی گونه‌ها،  $d$ : فاصله‌ای است که در مقیاس آن الگو تعیین می‌شود و  $w_{ij} I_d(i, j)$ : تعداد پایه‌های هم‌نوع (از همان گونه) در فاصله  $d$  از پایه موردنظر است. همچنین  $I_d$ : مجموع نقاط (پایه‌ها) و بالاخره  $w$ : عامل وزن‌دهی است. چون  $K(d) = \pi d^2$  است وقتی گیاهان پراکنش تصادفی با توزیع پواسون دارند، مقدار  $K(d)$  در مقابل  $\sqrt{K(d)} / \pi - d$  ترسیم می‌شود، یعنی  $L(d) = \sqrt{K(d)} / \pi - d$  که فرم تبدیل شده تابع  $K(d)$  است (Chao et al., 2007). در واقع  $K(d)$  تعداد مورد انتظار درختان در یک فاصله  $d$  از درخت دیگری است که به‌طور تصادفی انتخاب شده است. رابطه مورد استفاده در نرم‌افزار ArcGIS که در قسمت Arc Toolbox وجود دارد مطابق رابطه ۲ می‌باشد:

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N k_c(i, j)}{\pi d N(N-1)}} \quad (۲)$$

از نظر ریاضی این روش فرم تغییر یافته رابطه اصلی است که در آن میانگین فاصله مورد انتظار (حاصل از مجموعه‌ای از نقاط که به‌طور تصادفی پراکنده شده‌اند) با فاصله مورد مشاهده تطبیق داده می‌شود. در این رابطه  $A$ : مساحت منطقه مورد مطالعه،  $N$ : تعداد نقاط (درختان)،  $d$ : فاصله و  $K(I, j)$ : عامل وزن است که اگر فاصله بین دو درخت  $i$  و  $j$  کوچکتر یا مساوی  $d$  باشد، برابر ۱ و اگر بیشتر باشد برابر صفر است (Hou et al., 2004). در این تحقیق برای حذف اثرهای حاشیه‌ای در روش دوم از رابطه مخصوص Ripley (رابطه ۳) استفاده گردید (Dixon, 2002).

دفتری فقط با فراخوانی مختصات مکانی گیاهان و اجرای روش در قسمت Arc Toolbox نرم افزار انجام می شود. اما از آن جا که این روش در جوامعی که به صورت لکه های جدا از هم هستند، اریبی (اختلاف با واقعیت در جهت مثبت یا منفی) دارد، برای اطمینان از این مسئله به کمک ابزار Buffer در نرم افزار Arc Map وضعیت لکه ها و فضاهای خالی نسبت به هم مشخص شد که بخشی از آن در شکل ۷ دیده می شود.

مقدار اخیر برای هر اندازه بلوک به ترتیب از مقدار محاسبه شده برای اندازه بلوک بعدی کسر گردید. درجه آزادی برای هر اندازه بلوک از کسر نمودن تعداد کواتراتها (مربعها) بین بلوکها بدست آمده و سرانجام میانگین مربعات برای هر اندازه بلوک از تقسیم مجموع مربعات به درجه آزادی مربوطه بدست آمد. در پایان اندازه بلوک در مقابل میانگین مربعات ترسیم شده و الگوی پراکنش تعیین گردید (علوی و همکاران، ۱۳۸۴). روش نزدیکترین همسایه از جمله ساده ترین روشهاست که به راحتی و بدون نیاز به کارهای پیچیده



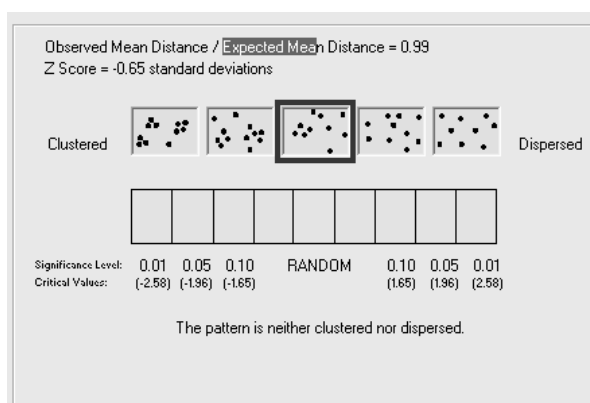
شکل ۷- وضعیت لکه ها و فضاهای خالی بین درختان

(۲/۸۹۷۳۶۵ متر) به میانگین فاصله مورد انتظار (۲/۹۱۵۵۶۳ متر) حدوداً برابر ۰/۹۹ بوده (۰/۹۹۳۷۵۸) و بنابراین الگوی پراکنش، تصادفی ارزیابی شد. برای بررسی اختلاف توزیع مشاهده شده با توزیع تصادفی از آزمون Z استفاده شد. مقدار این آماره برابر ۰/۶۵- و P-value نیز برابر ۰/۵۱۷۲۶۶ بود که نشان دهنده این است که اختلاف معنی داری با توزیع تصادفی وجود ندارد.

## نتایج

براساس تجزیه و تحلیل انجام شده با روش نزدیکترین همسایه، الگوی پراکنش درختان در محدوده ۱۰ هکتاری مورد بررسی تصادفی (Random) ارزیابی گردید که در شکل ۸ با کادر تیره رنگ این وضعیت نشان داده شده و شرح مختصری نیز در پایین کادر آمده است. در این روش نسبت میانگین فاصله مشاهده شده





شکل ۸- نتیجه تجزیه و تحلیل الگوی پراکنش به روش نزدیکترین همسایه

حالت تجمعی تمایل پیدا می‌کند. با توجه به مساحت قطعه مورد مطالعه، تا شعاع ۱۰۰ متری تحلیل الگوی مکانی به روش رایپلی انجام شد (شکل ۹).

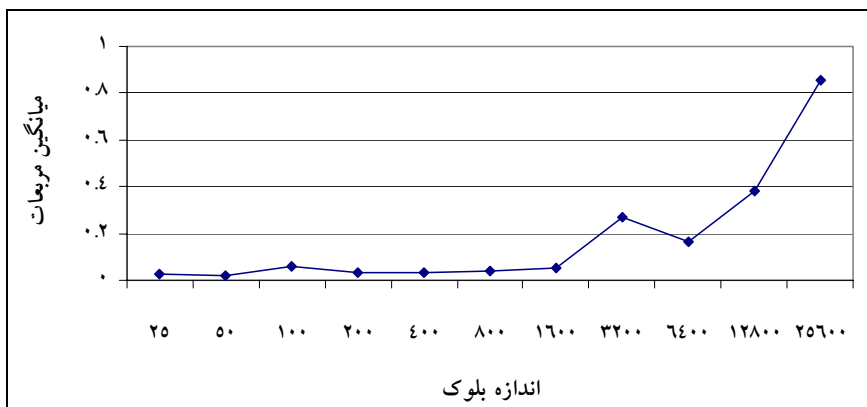
استفاده از تحلیل خوشه‌ای چند فاصله‌ای (Multi-distance spatial cluster analysis) در تحلیل الگوی مکانی به روش Ripley's  $K$ -function نیز نشان دهنده الگوی پراکنش تصادفی است که با افزایش فاصله به سمت



شکل ۹- منحنی ترسیم شده برای الگوی پراکنش به روش رایپلی

در روش سوم، میانگین مربعات تعداد در کوادرات‌ها در مقابل اندازه بلوک ترسیم شد و مشخص گردید که تا مقیاس کوادرات‌های  $۴۰ \times ۴۰$  متر (۱۶۰۰)، حالت تصادفی وجود دارد، اما در کوادرات‌های بزرگتر الگو به سمت تجمعی (کپه‌ای) حرکت می‌کند (شکل ۱۰).

همان‌طور که در شکل ۹ ملاحظه می‌شود، تا فاصله ۱۰ متری، مقدار تابع  $K$  بین حدود مونت کارلو قرار دارد که نشان دهنده توزیع تصادفی است. با افزایش فاصله، الگو به سمت حالت تجمعی (کپه‌ای) حرکت می‌کند و این وضعیت تا رسیدن به شعاع منطقه مورد مطالعه وجود دارد.



شکل ۱۰- منحنی اندازه بلوک در مقابل میانگین مربعات

## بحث

روش رایپلی در بسیاری از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله متاجی و همکاران (۱۳۸۷) که حفره‌های تجدید حیات را در توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده راش شرقی (*Fagus orientalis*) با استفاده از شکل اصلاح شده تابع رایپلی مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که الگوی پراکنش آنها تا شعاع ۶۰ تا ۸۰ متر یکنواخت و در شعاع بیشتر به صورت تصادفی است. در تحقیق حاضر نیز ملاحظه شد که با افزایش فاصله (شعاع جستجو) الگوی پراکنش درختان از حالت تصادفی به سمت کپه‌ای تغییر می‌نماید. این نتیجه گویای این واقعیت است که الگوی پراکنش بستگی زیادی به مقیاس دارد (Dale, 1999). در مطالعه بر روی الگوی پراکنش زادآوری‌ها در جنگل‌های *Abies-Tsuga* به روش رایپلی مشخص شد که این روش قابلیت زیادی در بررسی آماری الگوی پراکنش دارد، اما برای بررسی تشریحی الگو بهتر است از فرم تغییر یافته این تابع که  $g(t)$  نام دارد استفاده شود (Kubota, 2006). این روش در مطالعه Mateu et al. (1998) در جنگل‌های کاج حلب (*Pinus halepensis*) و بلوط همیشه‌سبز (*Quercus ilex*) نیز مورد استفاده قرار گرفته و مشخص گردید که پایه‌های

کاج الگوی یکنواخت دارند. بلوط‌ها نیز تا فاصله ۴ تا ۶ متر به صورت یکنواخت پراکنش دارند، اما با افزایش فاصله به سمت حالت تجمعی (کپه‌ای) گرایش پیدا می‌کنند. در مورد روش رایپلی باید گفت که این روش در فواصل زیاد از پایه مورد اندازه‌گیری مزیت خود را از دست می‌دهد و نیز وجود اثر حاشیه‌ای نتایج آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد، زیرا درختانی که در حاشیه منطقه مورد مطالعه قرار می‌گیرند، همسایه‌های کمتری نسبت به دیگران دارند (Mitchell, 2005). بنابراین اصلاح اثرات حاشیه‌ای در این تحقیق با کمک رابطه مخصوص رایپلی انجام شد.

این اعتقاد وجود دارد که روش‌های مبتنی بر کوادرات محدودیتهای مختلفی دارند و ممکن است برای تشخیص برخی الگوهای خاص کافی و مناسب نباشند (Erfanifard et al., 2008). محدودیت دیگر این است که اندازه کوادرات نتایج را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Krebs, 1999). در تحقیق موسایی سنجره‌ای و همکاران (۱۳۸۶) که در درمنه‌زارهای استان یزد انجام گرفت، مشخص شد که به‌استثنای شاخص گرین (Green)، دقت شاخص‌های فاصله‌ای بیشتر از شاخص‌های کوادراتی است، اما ممکن است با توجه به تراکم و شرایط پوشش گیاهی این مسئله

کوچک حالت یکنواخت دارد، گرایش برای تجمع دیده نمی‌شود. از طرفی درختچه‌های تاغ با شرایط سخت محیطی مواجه هستند و این سبب می‌شود که اغلب به صورت منفرد دیده شده و کمتر در کنار هم باشند. با افزایش مقیاس، با توجه به فاصله گرفتن از حاشیه کویر و کاهش شوری، میل به تجمع در قسمتهای بالای قطعه ملاحظه می‌شود که تأییدی بر گریز تاغ از شوری زیاد است. علت مشاهده الگوی کپه‌ای در فواصل بیش از ۱۰ متر نیز همین است.

روش نزدیکترین همسایه در این تحقیق، الگوی پراکنش را تصادفی نشان داد. این روش در عین حال یکی از ساده‌ترین روشهاست که با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS به راحتی اجرا شده و تفسیر نتایج آن نیز ساده است. البته در جوامعی که گیاهان به صورت لکه‌ای هستند، روش نزدیکترین همسایه اریبی خواهد داشت (Krebs, 1999)، اما ترسیم محدوده بافر در اطراف درختان نشان داد که محدوده مورد مطالعه گیاهان به صورت پیوسته قرار داشته و در فضاهای بین آنها حفره‌های خالی وجود دارد.

به طور کلی الگوی پراکنش یک جمعیت تحت تأثیر تنوع زیستی، عادات گلدهی و میوه‌دهی گونه‌ها، شرایط رویشگاهی و سرانجام دخالت‌های انسانی است (Wei-dong et al., 2001). با وجود این، مسئله مهمی که باید به آن اشاره نمود، این است که تنها دانستن نوع پراکنش (تجمعی، تصادفی و یکنواخت) کافی نیست، اگرچه مبین اطلاعات اکولوژیکی زیادی می‌باشد (Dale, 1999). لازم است اطلاعات کافی در مورد فواصل گیاهان در پراکنش یکنواخت و میزان آن برای گونه‌های مختلف، ابعاد کپه‌ها هنگامی که پراکنش کپه‌ای است، فضاهای خالی بین لکه‌های واجد پوشش گیاهی و شکل آنها و موارد متعدد دیگر که هر یک در نوع خود اهمیت زیادی دارند، بدست آید که خود نیازمند بررسی و تحلیل بیشتر و دقیق‌تر داده‌های بدست آمده است. با توجه به این که منطقه مورد مطالعه تحت حفاظت قرار دارد و رویش‌ها تحت شرایط

متفاوت باشد که نیاز به بررسی همزمان تعداد زیادی از این روشها در تعیین الگو و سپس معرفی بهترین روش برای آن شرایط را دارد.

به‌رغم این که روش کوادرات‌های بلوکی نتایج سایر روشها را تأیید نموده، اما مشکلی که در مورد این روش وجود دارد این است که نتایج از برخی جهات وابسته به نقطه شروعی هستند که برای بلوک‌بندی در نظر گرفته می‌شود (Dale, 1999). همچنین اندازه بلوک‌ها متأثر از فاصله بین مراکز آنها خواهد بود؛ در واقع نقاط اوج منحنی با توجه به نقطه شروع بلوک‌بندی متفاوت هستند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که از روشهای کوادرات واریانس مبتنی بر اندازه‌گیری اختلاف تراکم در کوادرات‌های مجاور از قبیل 3TLQV و TTLQV استفاده شود. مسئله دیگر در مورد این روش وقت‌گیر بودن آن است و نیز فقط برای هنگامی که بلوک‌ها زوج باشند قابل اجراست (Dale, 1999). اگر به هر علت تعداد بلوک‌ها فرد باشد، بلوک‌های ناقص بوجود می‌آیند که به‌ناچار باید مختصات آنها را با نقشه کنترل نمود و یکسری اصلاحات در مورد تراکم بدست آمده انجام داد که کاری وقت‌گیر و خسته کننده است. طبق نظر (Krebs, 1999)، در روش کوادرات‌های بلوک شده به‌جای این که بلوک‌بندی را تا رسیدن به دو بلوک بزرگ ادامه دهیم، بهتر است این کار تا رسیدن به ۱۰ بلوک ادامه یابد. انجام این کار در تحقیق حاضر سبب شد تا نمودار شکل متعادل‌تری به‌خود بگیرد و منطقی‌تر به نظر آید.

در این بررسی مشاهده شد که الگوی پراکنش گیاهان تصادفی بوده و این الگو با افزایش فاصله جستجو به بیش از ۱۰ متر از پایه‌ها، به سمت تجمعی سوق پیدا می‌کند. این وضعیت نشان دهنده این است که حضور افراد (پایه‌ها) در قسمتهای مختلف منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر دیگر پایه‌ها نیست. در واقع در برخی قسمتها گیاهان به صورت منفرد می‌رویند و در دیگر قسمتها به صورت چندتایی در مجاور هم قرار دارند. با توجه به این که شرایط در مقیاس

- متاجی، ا.، بابایی کفاکی، س.، صفایی، ح. و کیادلیری، ه.، ۱۳۸۷. الگوی مکانی حفره‌های تجدید حیات در توده‌های مدیریت شده و مدیریت نشده در جنگلهای طبیعی راش شرقی (مطالعه موردی: جنگل خیرودکنار- نوشهر). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶ (۱): ۱۵۷-۱۴۹.

- مقدم، م.ر.، ۱۳۸۰. اکولوژی توصیفی و آماری پوشش گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۸۵ صفحه.

- موسایی سنجره‌ای، م. و بصیری، م.، ۱۳۸۶. مقایسه کارایی شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش در درمنه‌زارهای استان یزد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۰ (ب): ۴۹۲-۴۸۳.

- میرجلیلی، ع.ب.، دیان‌تی تیلکی، ق. و باغستانی، غ.، ۱۳۸۷. مقایسه پنج روش اندازه‌گیری فاصله‌ای تعیین تراکم در بوته‌زارهای تنگ لایید یزد. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵ (۳): ۳۰۳-۲۹۵.

- Camarero, J.J., Gutierrez, E. and Fortin, M.J., 2000. Spatial pattern of sub-alpine grassland ecotones in the Spanish central Pyrenees. *Forest Ecology and Management*, 134: 1-16.
- Chao, W.Ch., Wu, Sh.H., Lin, H.Y., Hsieh, Ch.F. and Chao, K.J., 2007. Distribution patterns of tree species in the Lanjenchi Lowland Rain Forest. *Taiwania*, 52 (4): 343-351.
- Dale, M.R.T., 1999. *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*. Cambridge University Press, 326 p.
- Dixon, P.M., 2002. Ripley's *K*-function. In: El-Shaarawi, A.H. and Piegorsch, W.W., (eds.), *Encyclopedia of Environmetrics*. John Wiley and Sons, Chichester, Vol. 3: 1796-1803.
- Erfanifard, Y., Fegghi, J., Zobeiri, M. and Namiranian, M., 2008. Comparison of two distance methods for forest spatial analysis (case study: Zagros forests of Iran). *Journal of Applied Sciences*, 8 (1): 152-157.
- Hou, J.H., Mi, X.C., Liu, C.R. and Ma, K.P., 2004. Spatial patterns and associations in a *Quercus-Betula* forest in northern China. *Journal of Vegetation Science*, 15: 407-414.
- Krebs, Ch.J., 1999. *Ecological Methodology*. University of Columbia, 620 p.
- Kubota, Y., 2006. Spatial pattern and regeneration dynamics in a temperate *Abies-Tsuga* forest in southwestern Japan. *Journal of Forestry Research*, 11: 191-201.
- Mateu, J., Uso, J.L. and Montes, F., 1998. The spatial pattern of a forest ecosystem. *Ecological Modeling*, 108: 163-174.
- Mitchell, A., 2005. *The ESRI guide to GIS analysis*, Vol. 2. ESRI press, USA, 252 p.
- Snakey, T.T., 2008. Spatial patterns of Douglas-fir and Aspen forest expansion. *New Forests Journal*, 35: 45-55.

کاملاً طبیعی هستند، قضاوتها در مورد الگوی توزیع گیاهی با واقعیات طبیعی انطباق داشته و می‌توان از نتایج بدست آمده استفاده‌های زیادی در مباحث حفاظتی به‌ویژه در مورد گونه‌های مهم و مدیریت پوشش‌های گیاهی در این منطقه بیابانی نمود.

## منابع مورد استفاده

- اخوان، ر.، ثاقب طالبی، خ.، حسنی، م. و پرهیزکار، پ.، ۱۳۸۹. بررسی الگوی مکانی درختان طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش (*Fagus orientalis Lipsky*) در کلاردشت. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۲): ۳۳۶-۳۲۲.
- ایران‌نژاد پاریزی، م.ح.، سرهنگ‌زاده، ج.، عظیم‌زاده، ح.، علمی، م.، حسینی، س.ز. و حاضری، ف.، ۱۳۸۵. توانمندیهای زیستی و تنگناهای موجود در منطقه حفاظت شده سیاه‌کوه اردکان (یزد). مجله محیط‌شناسی، ۳۹: ۸۹-۱۰۰.
- بصیری، ر.، سهرابی، ه. و مزین، م.، ۱۳۸۵. تحلیل آماری الگوی پراکنش مکانی گونه‌های درختی در منطقه قامیشلو مریوان. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۳): ۵۷۹-۵۸۸.
- ثابتی، ح.، ۱۳۷۳. جنگلها، درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات دانشگاه یزد، ۸۱۰ صفحه.
- حیدری، ح.، ۱۳۸۵. بررسی روشهای مختلف آماربرداری فاصله‌ای در جنگلهای زاگرس (منطقه سرخه‌دیزه کرمانشاه). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۱۲ صفحه.
- زارع چاهوکی، م.ع. و طویلی، ع.، ۱۳۸۷. ارزیابی کارایی شاخص‌های فاصله‌ای در تعیین الگوی پراکنش چند گونه مرتعی مناطق خشک. مجله علمی- پژوهشی مرتع، ۲: ۱۱۰-۱۰۱.
- علوی، س.ج.، زاهدی امیری، ق. و مروی مهاجر. م.، ۱۳۸۴. تعیین الگوی پراکنش مکانی گونه ملج در جنگلهای شمال ایران (مطالعه موردی در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرودکنار، نوشهر). مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۴): ۷۹۳-۸۰۴.

Guangdong province. Journal of Forestry Research,  
12 (2): 101-104.

- Wei-dong, H., Xiu-mei, G., Lin-feng, L. and Chang-yi,  
L., 2001. Spatial pattern of dominant tree species  
of the secondary monsoon rain forest in Linjiang,

## The use of Nearest Neighbor, Mean Square and Ripley's *K*- function methods to determine spatial pattern of Saxaul (*Haloxylon ammodendron* C.A.Mey) in Siahkoooh protected area, Yazd province

B. Kiani <sup>1</sup>, M. Tabari <sup>2\*</sup>, A. Fallah <sup>3</sup>, S.M. Hosseini <sup>4</sup> and M.H. Iran-nejad Parizi <sup>5</sup>

1- Ph.D. Student of Forestry, Department of Forest Sciences, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

2\*- Corresponding author, Associate Prof., Department of forest Science, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. E-mail: masoudtabari@yahoo.com

3- Associate Prof., Department of forest Science, Faculty of Natural Resources, University of Agricultural and Natural Resource Sciences, Sari, Iran.

4- Associate Prof., Department of Forest Sciences, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

5- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran.

Received: 14.09.2010 Accepted: 10.01.2011

### Abstract

Saxaul (*Haloxylon ammodendron* C.A.Mey) communities are important part of vegetations in central deserts of Iran. Due to their protective and conservative role specially in providing habitat for wildlife and soil erosion control, any research about them has an outstanding worth. In this research, primarily a 10 ha shrub-land of Saxaul in Siahkoooh of Yazd was selected and fully callipered in 30×30 meters quadrates. In each quadrate, species, crown diameters, distance and azimuth from left downside angle were measured. Stem map of all plants was drawn by ArcMap software. Then spatial pattern of plants was determined by three methods: i) Nearest Neighbor, ii) Ripley's *K*- function and iii) mean square method which is a kind of quadrate variance methods. Results of Nearest Neighbor method showed that, spatial pattern of plants is random. Other methods showed that spatial pattern is random, but by increasing the distance over 10 meters, the pattern tended to be clumped. Overall, the spatial pattern of Saxaul was random and tended to be clumped by increasing the distance. It seems that homogenous site conditions are the most important causes of random pattern for Saxaul species in small scale. In larger scale (far from playa), Saxaul shrubs were more dense and the spatial pattern tended to be clumped.

**Key words:** desert plants, spatial pattern, Ripley's *K*- function, quadrate variance, spatial analysis.