

استفاده از شاخص‌های کوادراتی در تعیین الگوی پراکنش برخی گونه‌های گیاهی پارک ملی قمیشلو

حمیدرضا عکافی^۱، حمید اجتهادی^{۲*} و عادل سپهری^۳

۱- دانشجوی دکتری، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، پست الکترونیک: hejtehadi@um.ac.ir

۳- استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۸

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۴

چکیده

شناخت الگوی پراکنش مکانی گیاهان در توصیف پایداری اکوسیستم، طراحی طرح‌های مدیریتی و اقدامات حفاظتی و احیایی مفید است. به منظور تعیین الگوی پراکنش برخی از گیاهان پارک ملی قمیشلو، ابتدا ۶ منطقه امن انتخاب شد. سپس تعداد ۳۶۰ کوادرات یک متر مربعی در طول شش ترانسکت به طور سیستماتیک تصادفی مستقر و تعداد پایه‌های گیاهان مورد نظر در هر کوادرات شمارش گردید. در این مطالعه از شاخص‌های پراکنندگی، خوشه‌بندی، گرین، لوید و مورسیتا استفاده شد. از آنجایی که تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی و با تراکم‌های مختلف انتخاب شده است، نتایج حاصل از شاخص‌ها نشان داد که تراکم تأثیری بر نوع الگوی پراکنش ندارد. اعداد حاصل از شاخص گرین الگویی بین دو نوع الگوی پراکنش تصادفی و غیرتصادفی (خوشه‌ای یا کپه‌ای) را نشان داد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود به منظور تعیین دقیق نوع الگوی پراکنش از مقادیر حداکثری کپه‌ای استفاده شود. در میان این شاخص‌ها، برای شاخص‌های لوید و مورسیتا مقدار بیشینه مشخصی برای الگوی کپه‌ای تعریف نشده است. بدین منظور، دو فرمول برای تعیین حداکثر کپه‌ای تعریف شد و نتایج حاصل از شاخص‌ها طبق آنها تفسیر شد.

واژه‌های کلیدی: الگوی پراکنش، حداکثر کپه‌ای، شاخص کوادراتی، پارک ملی قمیشلو.

باشد (Krebs, 1999).

مقدمه

عوامل و فرایندهای تعیین‌کننده متعدد باعث الگوهای پراکنش متفاوت در گیاهان می‌شود. از جمله این فرایندها می‌توان تسهیل یا اثرات مثبت، رقابت یا اثرات منفی، ناهمگنی‌های محیطی، تخریب و راهبردهای تکثیر و تولید مثل را نام برد (Li et al., 2009). در الگوی پراکنش تصادفی، تأثیر مؤثر و مستقیمی از هیچ فرایندی در شکل‌دهی برهم‌کنش‌های مکانی دیده نمی‌شود. یعنی

الگوی پراکنش مکانی جمعیت‌های زیستی که به معنای توزیع جمعیت‌ها در فضا است، یکی از ویژگی‌های مهم هر جمعیت است که با توجه به خصوصیات زیستی گونه‌ها و شرایط محیطی تعیین می‌شود. بررسی الگوی پراکنش گیاهان در جوامع مختلف، از جمله زمینه‌های تحقیقاتی است که می‌تواند در تعیین روش صحیح برآورد تراکم گونه‌های گیاهی و در انتخاب روش‌های نمونه‌برداری در جوامع مؤثر

بررسی و تحلیل الگوهای پراکنش چند گونه گیاهی مراتع حاشیه حوض سلطان قم با استفاده از شاخص‌های شمارشی و فاصله‌ای به این نتیجه رسیدند که الگوهای پراکنش گونه‌های *Halocnemum strobilaceum*, *Artemisia sieberi* و *Seidlitzia rosmarinus* به صورت الگوی تصادفی با گرایش به کپه‌ای است. بررسی الگوی پراکنش مکانی گونه بنه در استان کرمانشاه توسط Safari و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از دو نوع شاخص فاصله‌ای و کوادراتی انجام شد. در این مطالعه، همه شاخص‌ها الگوی پراکنش را خوشه‌ای تشخیص دادند. Baranian و همکاران (۲۰۱۱) الگوی پراکنش پایه‌های گیاهی را در اصفهان بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که پراکنش گونه‌های گیاهی چند ساله موجود از نوع الگوی تصادفی است. رفتار شاخص‌های کوادراتی در تعیین الگوی پراکنش مکانی برخی گونه‌های درختی توسط Hoseini و Hoseini (۲۰۱۱) بررسی شد. نتایج آنان نشان داد بر اساس تمامی شاخص‌ها، الگوی پراکنش گونه‌ها از نوع خوشه‌ای است. همچنین نشان دادند که شاخص مورسیتیای استاندارد و گرین بهتر از دیگر شاخص‌ها مشاهدات صحرایی را تأیید می‌کنند. Mohebbi و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تعیین الگوی پراکنش دو گونه مرتعی، به مقایسه شاخص‌های فاصله‌ای و شمارشی پرداختند. الگوی پراکنش سه گونه غالب از کوه‌های زاگرس بوسپله دو شاخص کوادراتی توسط Jahantab و همکاران (۲۰۱۲) بررسی شد. نتایج آنان نشان داد که الگوی پراکنش گونه‌های *Kelussia odoratissima* و *Prangos ferulaceae* تصادفی با گرایش به حالت خوشه‌ای خفیف تا مترکم و الگوی پراکنش گونه *Artemisia aucheri* به صورت یکنواخت تا تصادفی با گرایش خوشه‌ای بسیار خفیف است. Imani و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از توزیع‌های آماری پواسون و دوجمله‌ای منفی، الگوی پراکنش سه گیاه مرتعی *Bromus tomentellus*, *Festuca ovina* و *Prangos ferulacea* را به ترتیب خوشه‌ای، تصادفی و تعیین کردند. Kiani و همکاران (۲۰۱۳) در مقایسه شاخص‌های مبتنی بر کوادرات و فاصله‌ای برای

پایه‌های گیاهی مستقل از هم قرار گرفته و در واقع حضور یک فرد بر حضور فرد دیگر تأثیر ندارد و به همگنی محیط و یا به الگوهای رفتاری غیر انتخابی اشاره می‌کند. در این الگو، واریانس با میانگین برابر است (Ludwig & Reynolds, 1988). در محیط‌های حاصلخیز با منابع فراوان و قابل دسترس که رقابت‌های بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای غالب است، فاصله بین گیاهان یکسان می‌شود و الگوی پراکنش به سمت منظم تغییر می‌یابد (Getzin, 2006 و Stoll, 2005). در این الگو، واریانس کوچکتر از میانگین است (Ludwig & Reynolds, 1988). الگوی مکانی خوشه‌ای یا کپه‌ای نیز ممکن است نشان‌دهنده این باشد که گونه‌ها نیازهای اکولوژیکی مشابهی دارند (Ruger et al., 2009)، یا تسهیل بین افراد گونه‌ها انجام می‌شود و یا محدودیت پراکنش در مقیاس بزرگ وجود دارد (Bever, 2002). در الگوی پراکنش خوشه‌ای، پایه‌های گیاهی به صورت گروه‌های چندتایی در قسمت‌های مساعدتر رویشگاه در کنار هم تجمع می‌یابند که این الگو ممکن است به دلیل رفتار گروهی، ناهمگنی محیطی، طرز تجدید حیات و ... باشد. در واقع حضور یک فرد به حضور دیگر افراد در آن مکان وابسته است. در این الگو، واریانس بیشتر از میانگین است (Ludwig & Reynolds, 1988).

روش‌های مختلفی برای کمی کردن و بررسی الگوهای پراکنش گیاهان وجود دارد و با توجه به انتخاب واحد نمونه‌برداری، شاخص‌های متفاوتی از جمله شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی یا شمارشی برای بررسی الگوهای پراکنش تعریف شده است. (Arzani & Abedi, 2015). Ludwig & Reynolds, 1988 و Basiri و همکاران در سال ۲۰۰۶ میلادی، الگوی مکانی گونه‌های درختی را با استفاده از شاخص‌های کوادراتی مطالعه کردند و در نتایج خود اعلام کردند که شاخص گرین و مدل توزیع دوجمله‌ای منفی برای نمایش الگوی خوشه‌ای مناسب‌ترند. کارایی شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی در تعیین الگوی پراکنش چند گونه مرتعی توسط Zare Chahouki و Tavili (۲۰۰۸) ارزیابی شد. Jannat Rostami و همکاران (۲۰۰۹) در

مجموعه رستنی‌های این مناطق شامل ۲۸۷ گونه گیاهی متعلق به ۱۸۲ جنس و ۴۸ خانواده بود. بزرگترین خانواده‌های گیاهی از نظر جنس و گونه عبارتند از: Asteraceae با ۳۰ جنس و ۴۸ گونه، Brassicaceae با ۱۹ جنس و ۲۳ گونه، Poaceae با ۱۷ جنس و ۲۲ گونه، Lamiaceae با ۱۴ جنس و ۲۷ گونه و Caryophyllaceae با ۱۲ جنس و ۱۶ گونه. در میان گیاهان منطقه، به ترتیب همی‌کریپتوفیت‌ها با ۴۷ درصد، تروفیت‌ها با ۳۲ درصد، کامه‌فیت‌ها با ۱۱ درصد و ژئوفیت‌ها با ۹ درصد، مهمترین شکل‌های زیستی منطقه بودند.

یوسفی (۱۳۸۵) در این منطقه بر اساس گونه‌های غالب ۲۰ واحد رویشی تشخیص داد. برخی از گونه‌های غالب این واحدهای رویشی عبارتند از: *Scariola orientalis*, *Centaurea gaubae*, *Artemisia sieberi*

جمع‌آوری و آنالیز داده‌ها

به منظور تعیین الگوی پراکنش برخی گونه‌های گیاهی، شش منطقه امن در پارک ملی و پناهگاه حیات وحش قمیشلو در استان اصفهان انتخاب شد. در هر منطقه، نمونه‌برداری به روش سیستماتیک - تصادفی در امتداد شش ترانسکت انجام شد. در هر منطقه حدود ۶۰ پلات یک متر مربعی (اندازه پلات با کمک روش سطح حداقل تعیین شد) انتخاب و تعداد پایه‌های گیاهان در آنها شمارش شد. با استفاده از داده‌های بدست آمده، شاخص‌های کوادراتی برای گونه‌هایی که فراوانی آنها بیشتر از ۳۰ فرد بود، محاسبه شد. به منظور محاسبه شاخص‌ها و تعیین الگوی پراکنش گیاهان از نرم‌افزارهای صفحه گسترده اکسل و SDR (Species Diversity and Richness) استفاده شد. در تأیید الگوی پراکنش تعیین شده با شاخص‌ها، برای دو تا از گونه‌ها (*Stachys inflata* و *Bromus tectorum*) نیز از آزمون پواسون در نرم‌افزار Ecological Methodology استفاده شد.

تعیین الگوی پراکنش تاغ به این نتیجه رسیدند که شاخص مورسیتا در بین شاخص‌های کوادراتی، نتیجه الگوی تصادفی برای تاغ را بهتر نشان می‌دهد. Rashtian و Karimian (۲۰۱۴) در بررسی اثر قرق بر الگوی پراکنش گیاه درمنه به این نتیجه رسیدند که الگوی پراکنش در منطقه قرق از نوع یکنواخت و در منطقه چراشده، خوشه‌ای است. بنابراین موضوع الگوی پراکنش گیاهان در مطالعات بوم‌شناسی به ویژه در مدیریت اکوسیستم و برنامه‌های اصلاحی مراتع مهم است. زیرا الگوی پراکنش با فرایند استقرار، رشد، رقابت و تولید مثل گیاه ارتباط داشته و بر ساختار رویشگاه و توزیع مواد غذایی و پراکنش بذر مؤثر است (Arzani & Abedi, 2015). همچنین به دلیل عدم انجام مطالعات مشابه در پارک ملی قمیشلو، این مطالعه طراحی و اجرا شد. از اهداف این مطالعه می‌توان به ۱- تعیین الگوی پراکنش گونه‌های غالب منطقه، ۲- مقایسه شاخص‌های کوادراتی و ۳- تعیین حد بیشینه برای شاخص‌های لوید و مورسیتا اشاره کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پناهگاه حیات وحش قمیشلو با مساحت ۸۵۷۵۰ هکتار در بخش مرکزی ایران و در ۴۵ کیلومتری شمال غربی اصفهان واقع شده است. این منطقه در حد فاصل $50^{\circ} 52' 32''$ تا $51^{\circ} 09' 28''$ طول شرقی و $32^{\circ} 43' 05''$ تا $33^{\circ} 04' 08''$ عرض شمالی می‌باشد.

اقلیم منطقه مورد مطالعه از نوع سرد و خشک با تابستان‌های گرم و خشک است. میزان متوسط بارندگی سالیانه حدود ۱۸۸ میلی‌متر است که بخش عمده آن در فصل زمستان رخ می‌دهد و در حدود ۷/۵ ماه از سال خشک و بدون بارندگی است. حداکثر میانگین دمای مطلق ۳۸/۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن ۱۲/۵- درجه سانتی‌گراد است. میزان تبخیر سالیانه منطقه، بالا و در حدود ۱۷۵۵ میلی‌متر در سال است (Moenian, 1991).

جدول ۱- شاخص‌های کوادراتی (شمارشی) مورد استفاده در تعیین الگوی پراکنش گیاهان پارک ملی قمیشلو

شاخص	فرمول	پارامترهای فرمول	مقدار شاخص در حالت		
			تصادفی	حداکثر کپه‌ای	حداکثر یکنواختی
پراکندگی	$ID = S^2 / \bar{X}$	میانگین تعداد افراد در واحدهای نمونه‌برداری \bar{X} S: واریانس تعداد افراد n: تعداد افراد در واحدهای نمونه‌برداری	ID=1	n	ID=0
خوشه‌بندی	IC=ID-1	n: تعداد افراد در واحدهای نمونه‌برداری	IC=0	n-1	IC=-1
گرین	$GI = \left(\frac{s^2}{\bar{x}} \right) - 1$	میانگین تعداد افراد در واحدهای نمونه‌برداری \bar{x} S: واریانس تعداد افراد n: تعداد افراد در واحدهای نمونه‌برداری	GI=0	GI=1	GI<0
کپه‌ای لیود	$LI = \frac{\bar{x} + \left(\frac{s^2}{\bar{x}} - 1 \right)}{\bar{x}}$	میانگین تعداد افراد در واحدهای نمونه‌برداری \bar{x} S: واریانس تعداد افراد	LI=1	LI>1	LI<1
موریسیتا	$I_d = n \left[\frac{\sum X_i^2 - \sum X_i}{(\sum X_i^2) - \sum X_i} \right]$	n: تعداد کوادرات X: تعداد افراد هر کوادرات	Id=1	Id>1	Id<1

Arzani & Abedi, 2015 Ludwig & Reynolds, 1988

نتایج

برای گیاه *Bromus tectorum* برابر ۰/۰۲ بدست آمد. این عدد از صفر یعنی الگوی تصادفی (GI=0) بزرگتر است، پس توزیع این گیاه تصادفی نیست. از سویی حداکثر کپه‌ای با عدد یک مشخص می‌شود و ۰/۰۲ از یک اختلاف زیادی دارد. پس به نظر می‌آید انتخاب الگوی تصادفی برای این گیاه منطقی‌تر است. بنابراین به منظور تعیین دقیق‌تر الگوی پراکنش چنین گیاهانی بهتر است آزمون تطابق با نوع الگوی پراکنش انجام شود. جدول ۳ و ۴ نتیجه این آزمون را برای دو گیاه *Stachys inflata* و *Bromus tectorum* به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد.

ابتدا بر اساس پایه‌های شمارش شده از گیاهان در هر کوادرات و در هر منطقه، تراکم کل گیاهان محاسبه گردید (جدول ۲). سپس با توجه به فرمول‌های مربوط به هر یک از شاخص‌ها، مقدار عددی آنها تعیین و در ادامه الگوی پراکنش مربوطه به دست آمد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، بیشتر گیاهان به‌جز چند مورد، الگوی پراکنش کپه‌ای را انتخاب کرده‌اند. در بسیاری از موارد نیز اعداد به گونه‌ای است که حدواسط دو نوع الگوی پراکنش تصادفی و کپه‌ای را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، عدد حاصل از شاخص گرین

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های کوادراتی و نوع الگوی پراکنش برخی از گونه‌های گیاهی در پارک ملی قمیشلو - اصفهان

گونه	تراکم در کل منطقه	تعداد افراد	میانگین	واریانس	شاخص پراکنندگی (ID)	کای اسکویر	الگوی پراکنش	شاخص خوشه‌بندی (IC)	الگوی پراکنش	شاخص گرین (GI)	الگوی پراکنش	شاخص لوید (LI)	الگوی پراکنش	شاخص موربیتا (Id)	الگوی پراکنش
<i>Bromus tectorum</i>	۵/۸۹	۲۱۲۵	۳۵۴/۲	۱/۲۷E+۰/۰۴	۳۵/۸۳	۱۷۹/۱۵	کپه‌ای	۳۴/۸۳	کپه‌ای	۰/۰۲	تصادفی	۱/۱۰	تصادفی	۱/۰۸	تصادفی
<i>Psathyrostachys fragilis</i>	۳/۲۳	۱۱۶۵	۱۹۴/۲	۵/۰۴E+۰/۰۴	۲۵۹/۶۳	۱۲۹۸/۱۵	کپه‌ای	۲۵۸/۶۳	کپه‌ای	۰/۲۲	ت - ک	۲/۳۳	کپه‌ای	۲/۱۱	کپه‌ای
<i>Minuartia meyeri</i>	۲/۸۸	۱۰۳۸	۱۷۳	۱/۳۲E+۰/۰۴	۷۶/۱۸	۳۸۰/۹	کپه‌ای	۷۵/۱۸	کپه‌ای	۰/۰۷	تصادفی	۱/۴۳	کپه‌ای	۱/۳۶	کپه‌ای
<i>Taeniatherum crinitum</i>	۲/۸۶	۱۰۳۳	۱۷۲/۲	۶/۷۲E+۰/۰۴	۳۹۰/۱۹	۱۹۵۰/۹۵	کپه‌ای	۳۸۹/۱۹	کپه‌ای	۰/۳۸	ت - ک	۳/۲۶	کپه‌ای	۲/۸۹	کپه‌ای
<i>Scandix aucheri</i>	۱/۶۸	۶۰۵	۱۰۰/۸	۶۰۹۴	۶۰/۴۶	۳۰۲/۳	کپه‌ای	۵۹/۴۶	کپه‌ای	۰/۱	ت - ک	۱/۵۹	کپه‌ای	۱/۴۹	کپه‌ای
<i>Astragalus tribuloides</i>	۱/۵۵	۵۵۸	۹۳	۲/۰۷E+۰/۰۴	۲۲۲/۶۹	۱۱۱۳/۴۵	کپه‌ای	۲۲۱/۶۹	کپه‌ای	۰/۴	ت - ک	۳/۳۸	کپه‌ای	۲/۹۹	کپه‌ای
<i>Boissiera squarrosa</i>	۱/۳	۴۷۰	۷۸/۳۳	۵۴۲۲	۶۹/۲۲	۳۴۶/۱	کپه‌ای	۶۸/۲۲	کپه‌ای	۰/۱۵	ت - ک	۱/۸۷	کپه‌ای	۱/۷۳	کپه‌ای
<i>Nardurus maritimus</i>	۱/۰۷	۳۸۵	۶۴/۱۷	۶۵۹۳	۱۰۲/۷۴	۵۱۳/۷	کپه‌ای	۱۰۱/۷۴	کپه‌ای	۰/۲۷	ت - ک	۲/۵۸	کپه‌ای	۲/۳۲	کپه‌ای
<i>Senecio glaucus</i>	۰/۷۷	۲۷۸	۴۶/۳۳	۴۲۰۵	۹۰/۷۶	۴۵۳/۸	کپه‌ای	۷۹/۷۶	کپه‌ای	۰/۳۲	ت - ک	۲/۹۴	کپه‌ای	۲/۶۲	کپه‌ای
<i>Crepis sancta</i>	۰/۶۶	۲۳۷	۳۹/۵	۶۹۴/۳	۱۷/۵۸	۸۷/۹	کپه‌ای	۱۶/۵۸	کپه‌ای	۰/۰۷	تصادفی	۱/۴۲	کپه‌ای	۱/۳۵	کپه‌ای
<i>Ziziphora tenuior</i>	۰/۶۲	۲۲۵	۳۷/۵	۲۰۸۵	۵۵/۶	۲۷۸	کپه‌ای	۵۴/۶	کپه‌ای	۰/۲۴	ت - ک	۲/۴۵	کپه‌ای	۲/۲۲	کپه‌ای
<i>Bromus danthoniae</i>	۰/۵۲	۱۸۸	۳۱/۳۳	۱۰۱۲	۳۲/۳	۱۶۱/۵	کپه‌ای	۳۱/۳	کپه‌ای	۰/۱۷	ت - ک	۱/۹۹	کپه‌ای	۱/۸۴	کپه‌ای
<i>Erodium cicutarium</i>	۰/۴۲	۱۵۱	۲۵/۱۷	۱۸۲۵	۷۲/۵۱	۳۶۲/۵۵	کپه‌ای	۷۱/۵۱	کپه‌ای	۰/۴۸	ت - ک	۳/۸۴	کپه‌ای	۳/۳۸	کپه‌ای
<i>Lappula sessiliflora</i>	۰/۳۳	۱۱۸	۱۹/۶۷	۳۲۹/۹	۱۶/۷۷	۸۳/۸۵	کپه‌ای	۱۵/۷۷	کپه‌ای	۰/۱۳	ت - ک	۱/۸۰	کپه‌ای	۱/۶۷	کپه‌ای
<i>Centaurea gaubae</i>	۰/۳۲	۱۱۴	۱۹	۱۴۳/۲	۷/۵۴	۳۷/۷	کپه‌ای	۶/۵۴	کپه‌ای	۰/۰۶	تصادفی	۱/۳۴	کپه‌ای	۱/۲۹	کپه‌ای
<i>Zoega purpurea</i>	۰/۳۱	۱۱۲	۱۸/۶۷	۴۱۵/۹	۲۲/۲۸	۱۱۱/۴	کپه‌ای	۲۱/۲۸	کپه‌ای	۰/۱۹	ت - ک	۲/۱۴	کپه‌ای	۱/۹۶	کپه‌ای
<i>Sterigmostemum longistylum</i>	۰/۲۷	۹۹	۱۶/۵	۱۶۳۴	۹۹/۰۳	۴۹۵/۱۵	کپه‌ای	۹۸/۰۳	کپه‌ای	۱/۰۰	کپه‌ای	۶/۹۴	کپه‌ای	۱/۰۰	تصادفی

گونه	تراکم در کل منطقه	تعداد افراد	میانگین	واریانس	شاخص پراکندگی (ID)	کای اسکویر	الگوی پراکنش	شاخص خوشه‌بندی (IC)	الگوی پراکنش	شاخص گرین (GI)	الگوی پراکنش	شاخص لوید (LI)	الگوی پراکنش	شاخص مورسینتا (Id)	الگوی پراکنش
<i>Roemeria hybrida</i>	۰/۲۵	۸۹	۱۴/۸۳	۱۷۷/۸	۱۱/۹۹	۵۹/۹۵	کپه‌ای	۱۰/۹۹	کپه‌ای	۰/۱۲	ت - ک	۱/۷۴	کپه‌ای	۱/۶۲	کپه‌ای
<i>Stachys inflata</i>	۰/۲۵	۸۴	۱۴	۳۰/۴	۲/۱۷	۱۰/۸۵	تصادفی	۱/۱۷	کپه‌ای	۰/۰۱	تصادفی	۱/۰۸	تصادفی	۱/۰۷	تصادفی
<i>Anthemis odontostephana</i>	۰/۲۳	۸۱	۱۳/۵	۴۷۳/۵	۳۵/۰۷	۱۷۵/۳۵	کپه‌ای	۳۴/۰۷	کپه‌ای	۰/۴۲	ت - ک	۳/۵۲	کپه‌ای	۳/۱۳	کپه‌ای
<i>Cyperus stenophyllus</i>	۰/۲۲	۷۹	۱۳/۱۷	۵۶۰/۲	۴۲/۵۴	۲۱۲/۷	کپه‌ای	۴۱/۵۴	کپه‌ای	۰/۵۳	ت - ک	۴/۱۵	کپه‌ای	۳/۶۶	کپه‌ای
<i>Stipa arabica</i>	۰/۲	۷۲	۱۲	۲۴۰/۴	۲۰/۰۳	۱۰۰/۱۵	کپه‌ای	۱۹/۰۳	کپه‌ای	۰/۲۷	ت - ک	۲/۵۸	کپه‌ای	۲/۳۴	کپه‌ای
<i>Alyssum szowitsianum</i>	۰/۲	۷۱	۱۱/۸۳	۱۰۵	۸/۸۸	۴۴/۴	کپه‌ای	۷/۸۸	کپه‌ای	۰/۱۱	ت - ک	۱/۶۷	کپه‌ای	۱/۵۶	کپه‌ای
<i>Callipeltis cucullaria</i>	۰/۱۹	۷۰	۱۱/۶۷	۳۰۳/۵	۲۶/۰۱	۱۳۰/۰۵	کپه‌ای	۲۵/۰۱	کپه‌ای	۰/۳۶	ت - ک	۳/۱۴	کپه‌ای	۲/۸۱	کپه‌ای
<i>Cerastium inflatum</i>	۰/۱۹	۷۰	۱۱/۶۷	۵۰۵/۹	۴۳/۳۵	۲۱۶/۷۵	کپه‌ای	۴۲/۳۵	کپه‌ای	۰/۶۱	کپه‌ای	۴/۶۳	کپه‌ای	۴/۰۷	کپه‌ای
<i>Hordeum glaucum</i>	۰/۱۹	۷۰	۱۱/۶۷	۲۴۵/۱	۲۱	۱۰۵	کپه‌ای	۲۰	کپه‌ای	۰/۲۹	ت - ک	۲/۷۱	کپه‌ای	۲/۴۵	کپه‌ای
<i>Arrhenatherum kotschy</i>	۰/۱۸	۶۵	۱۰/۸۳	۶۵۳/۸	۶۰/۳۷	۳۰۱/۸۵	کپه‌ای	۵۹/۳۷	کپه‌ای	۰/۹۳	کپه‌ای	۶/۴۸	کپه‌ای	۵/۶۴	کپه‌ای
<i>Bromus gracillimus</i>	۰/۱۶	۵۷	۹/۵	۵۴۱/۵	۵۷	۲۸۵	کپه‌ای	۵۶	کپه‌ای	۱/۰۰	کپه‌ای	۶/۸۹	کپه‌ای	۳/۴۵	کپه‌ای
<i>Holosteum umbellatum</i>	۰/۱۶	۵۷	۹/۵	۲۶۹/۵	۲۸/۳۷	۱۴۱/۸۵	کپه‌ای	۲۷/۳۷	کپه‌ای	۰/۴۹	ت - ک	۳/۸۸	کپه‌ای	۱/۶۰	کپه‌ای
<i>Lappula spinocarpos</i>	۰/۱۴	۵۱	۸/۵	۲۸۲/۳	۳۳/۲۱	۱۶۶/۰۵	کپه‌ای	۳۲/۲۱	کپه‌ای	۰/۶۴	کپه‌ای	۴/۷۹	کپه‌ای	۷/۵۲	کپه‌ای
<i>Gundelia tournefortii</i>	۰/۱۴	۵۰	۸/۳۳	۱۸۰/۳	۲۱/۶۴	۱۰۸/۲	کپه‌ای	۲۰/۶۴	کپه‌ای	۰/۴۲	ت - ک	۳/۴۸	کپه‌ای	۴/۴۰	کپه‌ای
<i>Lasiopogon muscoides</i>	۰/۱۴	۴۹	۸/۱۷	۱۱۷/۸	۱۴/۴۲	۷۲/۱	کپه‌ای	۱۳/۴۲	کپه‌ای	۰/۲۸	ت - ک	۲/۶۴	کپه‌ای	۳/۲۴	کپه‌ای
<i>Phagnalon nitidum</i>	۰/۱۴	۴۹	۸/۱۷	۱۴۳/۴	۱۷/۵۶	۸۷/۸	کپه‌ای	۱۶/۵۶	کپه‌ای	۰/۳۵	ت - ک	۳/۰۳	کپه‌ای	۲/۴۰	کپه‌ای
<i>Scariola orientalis</i>	۰/۱۳	۴۸	۸	۱۶۹/۶	۲۱/۲	۱۰۶	کپه‌ای	۲۰/۲	کپه‌ای	۰/۴۳	ت - ک	۳/۵۳	کپه‌ای	۲/۸۴	کپه‌ای

گونه	تراکم در کل منطقه	تعداد افراد	میانگین	واریانس	شاخص پراکنندگی (ID)	کای اسکویئر	الگوی پراکنش	شاخص خوشه‌بندی (IC)	الگوی پراکنش	شاخص گرین (GI)	الگوی پراکنش	شاخص لوید (LI)	الگوی پراکنش	شاخص مورسیتا (Id)	الگوی پراکنش
<i>Lappula microcarpa</i>	۰/۱۳	۴۷	۷/۸۲	۸۳/۷۷	۱۰/۶۹	۵۳/۴۵	کپه‌ای	۹/۶۹	کپه‌ای	۰/۲۱	ت - ک	۲/۲۴	کپه‌ای	۳/۲۹	کپه‌ای
<i>Jurinea carduiiformis</i>	۰/۱۲	۴۲	۷	۱۲۱/۶	۱۷/۳۷	۸۶/۸۵	کپه‌ای	۱۶/۳۷	کپه‌ای	۰/۴۰	ت - ک	۳/۳۴	کپه‌ای	۲/۹۹	کپه‌ای
<i>Scorzonera mucida</i>	۰/۱۱	۴۰	۶/۶۷	۱۳۱/۹	۱۹/۷۸	۹۸/۹	کپه‌ای	۱۸/۷۸	کپه‌ای	۰/۴۸	ت - ک	۳/۸۲	کپه‌ای	۳/۴۱	کپه‌ای
<i>Teucrium polium</i>	۰/۱۱	۳۸	۶/۳۳	۶۴/۲۷	۱۰/۱۵	۵۰/۷۵	کپه‌ای	۹/۱۵	کپه‌ای	۰/۲۵	ت - ک	۲/۴۴	کپه‌ای	۲/۲۴	کپه‌ای
<i>Glaucium elegans</i>	۰/۱	۳۵	۵/۸۲	۴۰/۱۷	۶/۸۹	۳۴/۴۵	کپه‌ای	۵/۸۹	کپه‌ای	۰/۱۷	ت - ک	۲/۰۱	کپه‌ای	۱/۸۶	کپه‌ای
<i>Scabiosa olivieri</i>	۰/۱	۳۵	۵/۸۲	۴۲/۹۷	۷/۳۷	۳۶/۸۵	کپه‌ای	۶/۳۷	کپه‌ای	۰/۱۹	ت - ک	۲/۰۹	کپه‌ای	۱/۹۴	کپه‌ای
گونه	تراکم در کل منطقه	تعداد افراد	میانگین	واریانس	شاخص پراکنندگی (ID)	کای اسکویئر	الگوی پراکنش	شاخص خوشه‌بندی (IC)	الگوی پراکنش	شاخص گرین (GI)	الگوی پراکنش	شاخص لوید (LI)	الگوی پراکنش	شاخص مورسیتا (Id)	گونه
<i>Anthemis gayana</i>	۰/۰۹	۳۴	۵/۶۷	۲۱/۸۷	۳/۸۶	۱۹/۳	کپه‌ای	۲/۸۶	کپه‌ای	۰/۰۹	تصادفی	۱/۵۰	کپه‌ای	۱/۴۳	کپه‌ای
<i>Demavendia pastinacifolia</i>	۰/۰۹	۳۲	۵/۳۳	۶۴/۶۷	۱۲/۱۳	۶۰/۶۵	کپه‌ای	۱۱/۱۳	کپه‌ای	۰/۳۶	ت - ک	۳/۰۹	کپه‌ای	۲/۷۹	کپه‌ای
<i>Ebenus stellata</i>	۰/۰۹	۳۲	۵/۳۳	۲۳/۰۷	۴/۳۳	۲۱/۶۵	کپه‌ای	۳/۳۳	کپه‌ای	۰/۱۱	ت - ک	۱/۶۲	کپه‌ای	۱/۵۴	کپه‌ای
<i>Eryngium billardieri</i>	۰/۰۹	۳۲	۵/۳۳	۲۴/۶۷	۴/۶۳	۲۳/۱۵	کپه‌ای	۳/۶۳	کپه‌ای	۰/۱۲	ت - ک	۱/۶۸	کپه‌ای	۱/۵۸	کپه‌ای
<i>Achillea pachycephala</i>	۰/۰۹	۳۱	۵/۱۷	۲۲/۹۷	۴/۴۵	۲۲/۲۵	کپه‌ای	۳/۴۵	کپه‌ای	۰/۱۲	ت - ک	۱/۶۷	کپه‌ای	۱/۵۷	کپه‌ای
<i>Silene swertiaefolia</i>	۰/۰۹	۳۱	۵/۱۷	۵۱/۳۷	۹/۹۴	۴۹/۷	کپه‌ای	۸/۹۴	کپه‌ای	۰/۳۰	ت - ک	۲/۷۳	کپه‌ای	۲/۴۹	کپه‌ای

ت - ک: تصادفی با گرایش به سمت کپه‌ای

جدول ۳- نتایج آزمون پوآسون برای گیاه *Stachys inflata* پس از تعیین کلاس‌های فراوانی

مقدار احتمال	مربع کای جدول در سطح ۰/۰۵	درجه آزادی	مربع کای مشاهده شده	آزمون توزیع پوآسون
۰/۰۰۰	۱۱/۰۷	۶	۱۵۲۰۰/۴۶	

جدول ۴- نتایج آزمون پوآسون برای گیاه *Bromus tectorum* پس از تعیین کلاس‌های فراوانی

مقدار احتمال	مربع کای جدول در سطح ۰/۰۵	درجه آزادی	مربع کای مشاهده شده	آزمون توزیع پوآسون
۰/۰۰۰	۶۷/۵ - ۷۹	۴۶	۷/۱۳	

بحث

با توجه به شاخص‌های کوادراتی محاسبه شده، الگوی پراکنش اکثریت گونه‌ها به صورت کپه‌ای است که یکی از دلایل آن را می‌توان نوع زادآوری این گونه‌ها پیشنهاد کرد. یعنی این گیاهان بذرهای خود را به فراوانی در زیر خود ریخته و عاملی برای پراکنش آنها انتخاب نکرده‌اند و یا از تکثیر غیرجنسی هم استفاده می‌کنند (Azarnivand & Zare, 2015). طبق نظرات Pielou (۱۹۷۷) و Krebs (۱۹۹۹) الگوی کپه‌ای غالب‌ترین الگوی پراکنش در میان گیاهان است. همچنین، نتایج مطالعه Shaukat و Sidiqqi (۲۰۰۴) که بر روی الگوی پراکنش علف‌های هرز یک بانک بذر از خاک‌های زراعی انجام شد، نشان داد که همه گیاهان به جز یک گیاه از الگوی کپه‌ای تبعیت می‌کنند.

شاخص پراکنندگی یا نسبت واریانس به میانگین، برای همه گونه‌ها با هر میزان تراکمی به جز گونه *Stachys inflata* الگوی پراکنش کپه‌ای را پیشنهاد کرده است. این نتیجه با پیشنهاد Myerz (۱۹۷۸) که بیان کرد شاخص پراکنندگی نسبت واریانس به میانگین همبستگی ضعیفی با تراکم دارد، همخوانی داشت.

طبق داده‌های جدول ۱، کمترین مقدار شاخص پراکنندگی ($ID = 2/17$) مربوط به این گیاه است. از آنجا که حداکثر حالت کپه‌ای زمانی است که مقدار شاخص برابر تعداد کل افراد باشد ($n=84$)، بنابراین عدد $2/17$ میزان بسیار پایینی از الگوی کپه‌ای را نشان می‌دهد و به این معنی است که نتیجه توزیع تصادفی دور از ذهن نیست. مشاهدات صحرایی نیز نشان داد که تراکم گیاه *Stachys inflata* در شش منطقه نسبتاً برابر بوده که می‌تواند دلیلی بر توزیع تصادفی باشد. ضمناً شاخص‌های دیگر نیز فرض تصادفی بودن توزیع را تأیید کرده‌اند. مثلاً شاخص گرین درجه کپه‌ای بودن آن را بسیار پایین و نزدیک به صفر نشان داده است. برای اطمینان، کلاس‌های فراوانی این گونه تعیین و با کمک نرم‌افزار، آزمون تطابق پوآسون انجام شد. همانطور که نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد چون مربع کای مشاهده شده از مقدار مربع کای جدول در سطح خطای ۵ درصد بزرگ‌تر است، فرض

صفر یعنی تطابق داده‌ها با توزیع پوآسون (الگوی تصادفی) پذیرفته می‌شود. Arzani و Abedi (۲۰۱۵) بیان کرده‌اند که شاخص پراکنندگی به شدت تحت تأثیر تعداد افراد نمونه است و شاخص مناسبی برای بیان درجه کپه‌ای بودن نیست ولی نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص پراکنندگی به خوبی الگوی کپه‌ای را نشان داده است.

شاخص خوشه‌بندی یا IC برای همه گیاهان حتی برای گیاه *Stachys inflata*، توزیع کپه‌ای را پیشنهاد کرده است. از آنجا که حداکثر مقدار کپه‌ای برای این شاخص برابر با تعداد کل افراد شمارش شده منهای یک است، بنابراین عدد $1/17$ در مقابل عدد ۸۴ بسیار کوچک است و توزیع کپه‌ای بسیار ضعیف را نشان می‌دهد.

شاخص گرین برای سه گیاه *Bromus gracillimus*، *Arrhenatherum* و *Sterigmostemum longistylum* کپه‌ای طور مطلق، حداکثر توزیع کپه‌ای را نشان داده است. مشاهدات صحرایی نشان داد که گیاه *Bromus gracillimus* در یکی از شش منطقه امن حضور دارد. همچنین، از این گیاه تعداد ۵۷ پایه در یک کوادرات یافت شد. بنابراین، این مشاهدات می‌تواند تأییدی بر نتیجه‌گیری شاخص‌ها باشد. Imani و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از توزیع‌های آماری پوآسون و دو جمله‌ای منفی، الگوی پراکنش گونه دیگری از *Bromus* به نام *Bromus tomentellus* را کپه‌ای تعیین کردند. همچنین، Jafarian و همکاران (۲۰۱۶) قابلیت شاخص‌های مختلف در تعیین الگوی پراکنش گونه *Bromus tomentellus* را مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج آنان نشان داد که بر اساس تمامی شاخص‌ها به جز شاخص لوید، الگوی پراکنش گیاه از نوع کپه‌ایست.

مقدار شاخص گرین برای بقیه گیاهان، بین صفر تا یک متغیر است. در بیشتر مقاله‌ها، زمانی که مقدار شاخص گرین به صفر یا یک نزدیک باشد، عبارتی شبیه توزیع تصادفی با گرایش به سمت کپه‌ای نوشته می‌شود (Zare Chahooki & Tavili, 2008; Jannat Rostami et al., 2009; Baranian et al., 2011; Jahantab et al., 2012; Mohebbi et al., 2012). ولی بهتر است با توجه به مقدار شاخص در حداکثر

بزرگتر از نیمی از تعداد افراد است ($n=70$ و $ID=43/35$). Moosae و Basiri (۲۰۰۷) در مطالعه خود تحت عنوان مقایسه کارایی شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش در درمنه‌زارهای استان یزد به این نتیجه رسیدند که از بین شاخص‌های شمارشی، شاخص گرین بالاترین دقت را داشته است. Myers (۱۹۷۸) دریافت که شاخص گرین با میانگین تراکم همبستگی ندارد و این شاخص برای بررسی تغییرات الگوهای پراکنش مناسب است.

در یک نتیجه‌گیری کلی باید اشاره کرد که بهتر است قضاوت الگوی پراکنش بین توزیع تصادفی و کپه‌ای بر اساس مقدار بیشینه شاخص برای حداکثر کپه‌ای انجام شود. در مورد نتایج حاصل از شاخص لوید باید گفت همه اعداد از یک بزرگ‌ترند (از $1/0.8$ تا $6/94$). همانطور که گفته شد قضاوت در مورد این اعداد باید بر اساس مقدار شاخص در حداکثر خوشه‌بندی انجام شود. طبق بررسی‌های انجام شده، مقداری برای شاخص لوید در حالت حداکثر کپه‌ای تعریف نشده است. بنابراین، فرمول زیر توسط نویسندگان پیشنهاد شد تا بر اساس آن بتوان درجه کپه‌ای را تعریف کرد.

فرمول ۱ (حداکثر کپه‌ای شاخص لوید)

$$1 + \frac{n-1}{\bar{x}}$$

در این فرمول، n برابر با تعداد کل افراد شمارش شده و \bar{x} برابر میانگین است.

در این مطالعه، حداکثر مقدار شاخص لوید در توزیع کپه‌ای طبق فرمول ۱ برابر $6/8$ تا $6/99$ است. بنابراین، گونه‌های *Sterigmostemum longistylum*، *Bromus gracillimus* و *Arrhenatherum kotschy* به ترتیب با مقادیر $6/94$ ، $6/89$ و $6/48$ توزیع کپه‌ای دارند. این نتیجه، نتایج دیگر شاخص‌ها را تأیید می‌کند. به‌منظور تعیین دقیق‌تر الگوی پراکنش بقیه گونه‌ها نیز باید گفت هرچه مقدار شاخص لوید از مقدار بیشینه بیشتر فاصله داشته باشد، الگوی پراکنش به توزیع تصادفی نزدیک‌تر است (*Bromus tectorum* با مقدار $1/1$ و *Stachys inflata* با مقدار $1/0.8$).

کپه‌ای و حداکثر یکنواختی (به‌عنوان مثال، حداکثر کپه‌ای برای یک گونه زمانی است که مقدار شاخص گرین برابر یک باشد) تصمیم‌گیری بهتری انجام شود. اگر شاخص پراکنندگی برای گونه‌ای برابر یک باشد (الگوی تصادفی)، صورت کسر در شاخص گرین برابر صفر شده و مقدار شاخص صفر بدست می‌آید و بیانگر الگوی تصادفی است. اگر شاخص پراکنندگی صفر باشد (الگوی یکنواخت)، صورت کسر منفی می‌شود و در نهایت عدد حاصل منفی بدست می‌آید و الگوی یکنواخت را نشان می‌دهد. البته تنها زمانی مقدار یک (الگوی کپه‌ای) برای شاخص گرین بدست می‌آید که شاخص پراکنندگی برابر با تعداد کل افراد محاسبه شده باشد ($ID = n$, $GI = n-1/n-1$). در غیر این صورت، هرچه شاخص پراکنندگی از تعداد کل افراد فاصله بیشتری بگیرد، کسر به سمت صفر پیش می‌رود و الگو از نوع تصادفی خواهد شد. به‌عنوان مثال، در مورد گونه *Bromus tectorum* شاخص گرین برابر $0/0.2$ است. این عدد زمانی بدست می‌آید که شاخص پراکنندگی خیلی کوچکتر از تعداد کل افراد باشد ($ID = 35/82$ و $n = 2125$). بنابراین، به نظر می‌رسد بیان عبارت تصادفی متمایل به کپه‌ای صحیح نباشد. به‌منظور اعتماد یا عدم اعتماد به این مقادیر، کلاس‌های فراوانی این گونه تعیین شد و با کمک نرم‌افزار، آزمون توزیع پواسون انجام شد. داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که مربع کای مشاهده شده کوچکتر از مقدار مربع کای جدول در سطح خطای ۵ درصد است، در نتیجه فرض صفر یعنی تطابق توزیع داده‌ها با توزیع پواسون تأیید می‌شود. بنابراین، باید الگوی پراکنش گونه *Bromus tectorum* را از نوع تصادفی در نظر گرفت. به همین ترتیب، هرچه مقدار شاخص گرین به یک نزدیک‌تر شود، دلیل بر نزدیک شدن شاخص پراکنش به تعداد کل افراد (میل به سمت کپه‌ای شدن) است. به‌عنوان مثال، برای گونه *Erodium cicutarium* مقدار شاخص گرین برابر $0/48$ است. پس می‌توان نتیجه گرفت که مقدار شاخص پراکنندگی تقریباً نصف تعداد کل افراد است ($72/51$ $ID = n = 151$). برای گونه *Cerastium inflatum* با $GI = 0/61$ نیز می‌توان حدس زد که شاخص پراکنندگی

منابع مورد استفاده

- Arzani, H. and Abedi, M., 2015. Rangeland assessment: vegetation measurement. University of Tehran Press, Iran, 346p.
- Azarnivand, H. and Zare chahouki, M. A., 2015. Rangeland Ecology. University of Tehran Press, Iran, 305p.
- Baranian, E., Basiri, M., Bashari, H. and Tarkesh, M., 2011. Study of spatial pattern of Plants using point pattern analysis, spatial and quadratic indices (Rangeland of Fereidan in Isfahan province). Rangeland Journal, 5(3): 258-269.
- Basiri, R., Sohrabi, H. and Mozayen, M., 2006. A statistical analysis of the spatial pattern of tree species in Ghamisheleh, Marivan region, Iran. Journal of Iranian Natural Resources, 59(2): 579-588.
- Bever, J., 2002. Host-specificity of AM fungal population growth rates can generate feedback on plant growth. Plant and Soil, 244: 281-290.
- Getzin, S., Dean, C., He, F., Trofymow, J., Wiegand, K. and Wiegand, T., 2006. Spatial patterns and competition of tree species in a Douglas-fir chronosequence on Vancouver Island. Ecography, 29: 671-682.
- Hoseini, A. and Hoseini, S. M., 2011. Behavior of dispersion indices in spatial pattern determination of Quercus, Pistacia, Acer and Lonicera species in Middle Zagros forests. Quarterly Scientific Journal of Iranian Natural Ecosystems, 1(2): 138-145.
- Imani, J., Arzani, H. and Zare Chahooki, M. A., 2013. Comparison of efficiency of density measurement methods in three rangeland species (Case study: Saral rangeland in Kordestan). Journal of Range and Watershed, 66(2): 179-190.
- Jafarian, Z., Hoseipoor, L., Rastegar, Sh. and Ghelichnia, H., 2016. Evaluating of capability of different indices in determination of distribution pattern of *Artemisia fragrans* and *Bromus tomentellus* species (Case study: Balade rangeland in Mazandaran province). Rangeland Journal, 10(2): 144-157.
- Jahantab, E., Ghasemi Aryan, Y., Sepehri, A., Hanafi, B. and Yazdan Panah, E. A., 2012. Study on distribution pattern of dominant plant species of mountainous rangelands in central Zagros (Case study: Dyshmuk region in Kohgiluyeh and Boyerahmad province). Iranian Journal of Range and Desert Research, 19 (3): 482-489.
- Jannat Rostami, M., Zare Chahooki, M. A., Azarnivand, H. and Ebrahimi, Kh., 2009. Survey and analysis of spatial pattern of plant species in marginal rangelands Hoz-e-Soltan Qom. Watershed Management Researches, 84: 72-80.

نتایج حاصل از شاخص مورسیتا نشان می‌دهد به جز برای گونه *Sterigmostemum longistylum* با مقدار شاخص $Id =$ که تصادفی بودن توزیع آن نتیجه‌گیری می‌شود، بقیه مقادیر بین حداقل کپه‌ای و حداکثر کپه‌ای قرار می‌گیرند. برای محاسبه حداکثر کپه‌ای شاخص مورسیتا نیز فرمول زیر توسط نویسندگان پیشنهاد می‌شود. بر اساس این فرمول می‌توان تعیین کرد که گونه‌ها چه میزانی از درجه کپه‌ای را دارند.

فرمول ۲ (حداکثر کپه‌ای شاخص مورسیتا)

$$\frac{\bar{x} + N - 1}{\bar{x} - \frac{1}{n}}$$

در این فرمول، \bar{x} میانگین، N تعداد کل افراد شمارش شده و n اندازه نمونه یا تعداد کوادرات است.

در پایان پیشنهاد می‌شود به منظور تعیین دقیق‌تر الگوی پراکنش گیاهان، همه شاخص‌های کوادراتی همزمان استفاده شود تا انتخاب بهتری برای تعیین الگو انجام شود. زیرا همه شاخص‌ها تابعی از نسبت واریانس به میانگین هستند. همچنین، اعدادی که بطور مستقیم در محدوده‌های تعریف شده شاخص‌ها نیستند حتماً با مقادیر حداکثری یکنواختی یا کپه‌ای مقایسه شوند و یک نتیجه واحد ارائه شود. در نهایت برای اطمینان، کلاس‌های فراوانی هر گونه تشکیل شود و آزمون‌های معناداری توزیع یوآسون، دوجمله‌ای منفی و دوجمله‌ای مثبت انجام شود.

سپاسگزاری

این پژوهش با کد ۳/۳۳۴۵۰ و با حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است و نویسندگان سپاس خود را در این رابطه اعلام می‌دارند. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مسئولان محترم اداره کل محیط‌زیست استان اصفهان به دلیل همکاری‌های لازم در ورود به منطقه و جمع‌آوری داده‌ها، قدردانی نمایند.

- steppes of Iran (Case study: Nodoushan rangelands of Yazd province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(4): 747-755.
- Ruger, N., Huth, A., Hubbell, S. and Condit, R., 2009. Response of recruitment to light availability across a tropical lowland rain forest community. *Journal of Ecology*, 97: 1360-1368.
 - Safari, A., Shabaniyan, N., Erfanifard, S. Y., Heidari, R. H. and Purreza, M., 2010. Investigation of spatial pattern of wild pistachio (Case study: Bayangan forests, Kirmanshah). *Iranian Journal of Forest*, 2(2):177-185.
 - Shaukat, S. S and Siddiqu, I. A., 2004. Spatial pattern analysis of seeds of an arable soil seed bank and its relationship with above ground vegetation in an arid region. *Journal of Arid Environment*, 57(3): 311-327.
 - Stoll, P. and Bergius, E., 2005. Pattern and process: Competition causes regular spacing of individuals within plant populations. *Journal of Ecology*, 93: 395-403.
 - Yousofi, M., 2006. An introductory survey of the vegetation units of Ghameshloo Wildlife Refuge. *Iranian Journal of Biology*, 19(3): 355-362.
 - Zare Chahooki, M. A. and Tavili, A., 2008. Evaluation of distance and quadratic indices efficiency to determine spatial pattern of some rangeland species of dry area. *Journal of Rangeland*, 2(2): 101-112.
 - Krebs, C. J., 1999. *Ecological Methodology*. Jim Green, University of Columbia, USA, 620p.
 - Li, L., Huang, Z., Ye, W., Cao, H., Wei, S., Wang, Z., Lian, J., Sun, I., Ma, K. and He, F., 2009. Spatial distributions of tree species in a subtropical forest of China. *Oikos*. 118(4):495-502.
 - Ludwig, J. A. and Reynolds, J. F., 1988. *Statistical Ecology: A primer on methods and computing*. John Wiley and Sons, New York, 337p.
 - Moeenian, M. T., 1991. *Ghamishloo wildlife shelter*. Office of Environmental Protection in Isfahan, Iran, 40p.
 - Moosae Sanjerehee, M. and Basiri, M., 2007. Comparison of efficiency of dispersion pattern indices in *Artemisia siberi* shrublands in Yazd province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(40):483-495.
 - Mohebbi, Z., Zare Chahouki, M. A., Tavili, A., Jafari, M. and Fahimipour, A., 2012. Comparing the efficiency of distance and quadrature indices in determining *Artemisia sieberi* and *Astragalus ammodendron* distribution pattern in Markazi province. *Watershed Management Research*, 94: 27-35.
 - Myers, J. H., 1978. Selecting a measure of dispersion. *Environmental Entomology*. 7(5): 619-621.
 - Pielou, E. C., 1977. *Mathematical Ecology*. John Wiley and Sons, New York, USA, 385p.
 - Rashtian, A. and Karimian, A. A., 2014. Effects of enclosure on some vegetative characteristics and distribution pattern of *Artemisia sieberi* in central

Archive

Determining the spatial distribution pattern of certain plant species in Ghamishloo National Park using quadrature indices

H. R. Akkafi¹, H. Ejtehadi^{2*} and A. Sepehry³

1-Ph.D Student, Department of Biology, Faculty of Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

2*- Corresponding author, Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran,
Email: hejtehadi@um.ac.ir

3-Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received:2/22/2017

Accepted:10/30/2017

Abstract

Recognition of spatial distribution pattern of plants is useful in describing the ecosystem stability, designing management plans and protective rehabilitative measures. In order to determine the distribution pattern of certain plant species in Ghamishloo National Park, six safe regions were selected. Three hundred sixty quadrates with the size of $1 \times 1 \text{ m}^2$ were established by using random-systematic method along six transects and the number of individuals of each species was recorded. In this study, dispersion indices such as clustering, Green, Lloyd and Morisita were used. Since a large number of plants with different densities were selected, the results of indices showed that density had no effect on distribution pattern. The values of Green's index showed a pattern between random and non-random (clumped) distribution pattern. Therefore, it is recommended to use maximum clumped values to determine the exact type of distribution pattern. Among the study indices, no specified maximum value was defined for Lloyd and Morisita regarding the clumped pattern. For this purpose, two formulas were defined to determine the maximum clumping and the results of indices were interpreted according to these formula.

Keywords: Distribution pattern, maximum clumping, quadrature indices, Ghamishloo National Park.