مقایسه کارایی شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش در درمنه زارهای استان یزد

محمد موسایی سنجره‌ای و مهدی بصیری[۱]

چکیده

انتخاب شاخص‌هایی مناسب برای نشان دادن و کمی نمودن دقیق الگوهای پراکنش یکنواخت، تصادفی وکپه‌ای گیاهان در جوامع گیاهی مختلف حائز اهمیت فراوانی است. برای مقایسه کارایی شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش، سه تیپ گیاهی در منطقه ندوشن یزد انتخاب و در هر تیپ محدوده‌ای با ابعاد (۱۰۰× ۵۰ متر) برای نمونه برداری انتخاب شد. نمونه برداری به صورت سیستماتیک تصادفی اجرا شد، بدین ترتیب که اندازه‌گیری‌ها در ۵۰ نقطه و کوادرات ۱ و۲ مترمربعی که به صورت تصادفی در امتداد ۴ ترانسکت صد متری در داخل هر محدوده نمونه‌برداری انتخاب شده بودند انجام شد. شاخص‌های پراکنش مطالعه شده شامل شاخص‌های کوادراتی موریسیتای استاندارد، موریسیتا، گرین، پراکنش، کپه‌ای لوید و شاخص‌های فاصله‌ای پیلو، هاپکینز، مربع T، ابرهارت، هینز، جانسون زیمر و هولگیت بودند. نتایج نشان داد که از بین شاخص‌های بررسی شده شاخص مربع T و شاخص هولگیت توانایی زیادی در تفکیک تک بوته‌ها و کپه‌های کوچک مقیاس داشته‌اند و شدت پراکنش کپه‌ای بوته‌ها را در مناطق مورد مطالعه به درستی مشخص نموده‌اند. از بین شاخص‌های فاصله‌ای پراکنش، شاخص جانسون زیمر و از بین شاخص‌های کوادراتی، شاخص موریسیتای استاندارد (در مناطق با پوشش بیش از ۵ ٪) پراکنش خود کپه‌های خفیف و تک بوته‌ها را به خوبی نشان داده‌اند. از بین شاخص‌های بررسی شده، شاخص گرین بالاترین دقت و به استثنای این شاخص، دقت شاخص‌های فاصله‌ای از شاخص‌های کوادراتی بیشتر بوده است.

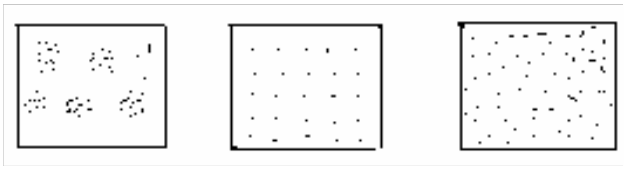
واژه‌های کلیدی: شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش، شاخص‌های فاصله‌ای، شاخص‌های کوادراتی

مقدمه

بررسی الگوهای پراکنش گیاهان نقش بسیار مهمی در ارزیابی یکنواختی و عدم یک‌نواختی محیطی، نوع تکثیر و تولید مثل، انتشار، رقابت، و الگوهای رفتاری گیاهان و تعیین روش‌های مناسب و دقیق برای اندازه‌گیری خصوصیات کمی گیاهان مثل پوشش و تراکم دارد (۵). سه نوع الگوی پراکنش اساسی در جوامع تشخیص داده شده است: الگوی پراکنش تصادفی (Random) و غیر تصادفی که شامل الگوی کپه‌ای (Clumped) و یک‌نواخت (uniform) می‌باشد. در پراکنش تصادفی افراد مستقل از هم قرار گرفته و حضور یک فرد در توزیع (پراکنش) افراد دیگر تأثیری ندارد. پراکنش تصادفی در یک جامعه بر تشابه (یک‌نواختی) محیطی و یا الگوهای رفتاری غیر انتخابی دلالت دارد (۵).

در پراکنش یک‌نواخت افراد با فواصل منظم در کنار هم

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان



الف: پراکنش تصادفی ب: پراکنش یکنواخت ج: پراکنش کپه‌ای

شکل ۱. سه نوع الگوی پراکنش گیاهان (اکولوژی آماری، لودویگ و رینولدز، ۱۹۷۵)

قرار گرفته شده و نشان دهنده تأثیر منفی بین افراد مثل رقابت برای آب و یا مکان می‌باشد. الگوهای پراکنش یک‌نواخت نشان دهنده فشار بر جوامع هستند شکل (۱- ب). در پراکنش کپه‌ای افراد به صورت گروه‌هایی (دستجاتی) در کنار هم قرار می‌گیرند که این الگو می‌تواند به علت رفتار اجتماعی (تمایل در ایجاد گروه) و عدم تجانس (عدم یک‌نواختی) محیطی و نوع تکثیر و تولید مثل گیاهان باشد شکل (۱- ج). شاخص‌های مختلفی با توجه به انتخاب واحد نمونه برداری (کوادرات، نقطه) برای کمی نمودن الگوهای پراکنش گیاهان وجود دارد که عبارت‌اند از شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش با استفاده از کوادرات و شاخص‌های فاصله‌ای پراکنش (۱۰). اندازه پلات و اندازه نمونه در بررسی الگوهای پراکنش نقش مهمی دارند. با توجه به این که حدود اطمینان برای بیشتر شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش در دسترس نیست تخمین اندازه نمونه لازم کار دشواری است. گرین حداقل اندازه نمونه را برای بررسی الگوهای پراکنش ۵۰ کوادرات و درحالت کپه‌ای شدید حداقل ۲۰۰ کودرات ذکر نمود (۴). گیل و اسمیت با مقایسه شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش دریافتند در بین شاخص‌های پراکنش، شاخص موریسیتای استاندارد نسبتا مستقل از اندازه و تعداد کودرات و اندازه جمعیت می‌باشد وتغییرات در تراکم برروی آن اثری ندارد (۱۶). جانسون و زیمر عنوان کردند به علت این که شاخص جانسون وزیمر مستقل از تراکم بوده کارایی بیشتری از شاخص پیلو دارد و شاخص پیلو نیازمند اندازه‌گیری تراکم واقعی جمعیت می‌باشد و این تراکم باید مستقل از فواصل اندازه‌گیری شده محاسبه گردد مثلاً با استفاده از پلات (۵). لوودیک ذکر کرد شاخص مربع T T توانایی زیادی در بررسی و نشان دادن الگوهای یک‌نواخت و کپه‌ای دارد (۹). هدف از این تحقیق انتخاب شاخص‌های مناسبی است که به نحوی مطلوب تمام طیف پراکنش (حداکثر یک‌نواختی تا حداکثر کپه‌ای) را در جوامع مختلف گیاهی نشان داده و تحت تأثیر اندازه نمونه و تراکم گیاهان قرار نگیرند، بدین معنی که شاخص مناسب باید زمانی که الگوی پراکنش گیاهان از حالت ماکزیمم یک‌نواختی به سمت تصادفی و ماکزیمم کپه‌ای گرایش پیدا می‌کند تغییر یابد.

مواد و روش‌ها

برای مقایسه کارایی شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش سه تیپ گیاهی در منطقهٔ ندوشن یزد به شرح زیر انتخاب گردید.

۱. منطقه فولاد میبد

این منطقه با گونه غالب *Artemisia sieberi* با پوشش حدود ۳ درصد و تراکم ۰/۲۵ در متر مربع (۲۵۰۰ در هکتار) و گونه *Fortuynia bungei* با پوشش کمتر از ۰/۵ درصد پوشیده شده است. تیپ گیاهی این منطقه *Ar.Fo* بوده، نوع خاک *Calcaric regosols, Calcaric yermosols ،Gypsic yermosols* و اقلیم، خشک سرد و بارندگی سالانه ۷۰ میلی‌متر می‌باشد و در ارتفاع حدود ۱۰۰۰ متر قرار دارد. وسعت تیپ *Ar.Fo* در حدود ۵۶۴۱۰ هکتار می‌باشد (۱) (شکل ۲).

۲. منطقه حسن آباد

پوشش گیاهی این منطقه حدود ده درصد بوده به طوری که *Artemisia sieberi* با پوشش حدود ۹ درصد و تراکم آن در حدود ۰/۶۶ در متر مربع (۶۶۰۰ در هکتار) بوده وگونه‌های همراه آن *Scariola orientalis, Salsola arbusculiformis* با پوشش کمتر از یک درصد را شامل می‌شوند. تیپ گیاهی این منطقه Ar. Sa می‌باشد. این منطقه با وسعتی معادل ۸۱۰۵ هکتار بر روی دشت سرهای اپانداژ و لخت با حدود ارتفاعی ۱۹۶۰ تا

شکل ۲. منطقه فولاد میبد ندوشن یزد

شکل ۳. منطقه حسن آباد ندوشن یزد

۲۱۴۰ متر قرار دارد. نوع خاک شنی لومی، اقلیم خشک سرد و میانگین بارندگی در حدود ۱۸۰ میلی‌متر می‌باشد (۱) (شکل ۳).

۳. منطقه صدرآباد

پوشش گیاهی در این منطقه حدود ۱۵ درصد می‌باشد به طوری که *Artemisia sieberi* با پوشش حدود ۱۴ درصد و تراکم حدود ۰/۹۵ در متر مربع (۹۵۰۰ در هکتار) و *Astragalus glaucacanthus* با پوشش کمتر از ۱ درصد می‌باشد. تیپ گیاهی این منطقه *Ar. As* می‌باشد. این منطقه با وسعتی معادل ۵۸۱۷ هکتار بر روی دشت سرهای لخت و اپانداژ با حدود ارتفاعی ۲۴۰۰ متر قرار دارد. نوع خاک لومی شنی، اقلیم خشک سرد و میانگین بارندگی در حدود ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد (۱) (شکل ۴).

در هرمنطقه محدوده‌ای به مساحت ۵۰۰۰ متر مربع (ابعاد ۵۰ ×۱۰۰ متر) برای نمونه برداری انتخاب و میزان پوشش درمنه با استفاده از ترانسکت و میزان تراکم درمنه با شمارش کلیه بوته‌ها

شکل ۴. منطقه صدرآباد ندوشن یزد

محاسبه گردید. نمونه برداری در هر محدودهٔ ۵۰۰۰ متر مربعی به صورت سیستماتیک تصادفی اجرا شد. هر یک از شاخص‌های الگوی پراکنش در هر سایت با ۴ تکرار اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که در هر تکرار ۴ ترانسکت ۱۰۰ متری به صورت تصادفی در داخل محدودهٔ ۵۰۰۰ متر مربعی قرار داده شد و سپس در امتداد ۴ ترانسکت استقرار یافته در هر تکرار، ۵۰ نقطه به صورت تصادفی انتخاب شد. برای این که فاصلهٔ بین نقاط به اندازه‌ای باشد که یک گیاه دو بار اندازه‌گیری نشود، ابتدا ۱۰۰ نقطه به فاصلهٔ ۴ متر از هم در امتداد ۴ ترانسکت در نظر گرفته شد (۲۵ نقطه با فاصلهٔ ۴ متر از هم در امتداد یک ترانسکت) و از بین این ۱۰۰ نقطه، ۵۰ نقطه به صورت تصادفی انتخاب و شاخص‌های فاصله‌ای محاسبه شدند. برای محاسبه شاخص‌های فاصله‌ای پراکنش در هر نقطه فاصله نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه درمنه، فاصله این گیاه تا نزدیک‌ترین گیاه همسایه‌اش و فاصله هر نقطه تا دومین گیاه نزدیک آن اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص‌های کوادراتی پراکنش در هر منطقه، ۵۰ کوادرات (۱×۱) و (۲×۱) متر، به صورت تصادفی در امتداد ۴ ترانسکت در هر تکرار قرار داده شد. سپس تعداد درمنه در کوادرات‌های استقرار یافته شمرده شدند و شاخص‌های کوادراتی پراکنش محاسبه شد. سپس مقدار به دست آمده از هر یک از شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی محاسبه شده در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از تست آماری مربوط به همان شاخص آزمون شد تا اختلاف هر یک از پراکنش تصادفی مشخص گردد (۱۰). برای مقایسهٔ شاخص‌های الگوی پراکنش از نظر دقت، از طرح کاملاً تصادفی و جدول تجزیهٔ واریانس استفاده شد، بدین ترتیب که واریانس بین ۱۲عدد به دست آمده از هر شاخص در سه منطقه محاسبه و سپس (MSE) میانگین مربعات خطای آزمایشی و (S_E) خطای استاندارد برای هر شاخص محاسبه گردید.

شاخص‌های فاصله‌ای تعیین الگوی پراکنش در این تحقیق عبارت‌اند از :

۱. شاخص فاصله‌ای پراکنش جانسون وزیمر (Johnson and Zimer's Index)

در این روش فاصله هر یک از نقاط تصادفی تا نزدیک‌ترین گیاه اندازه‌گیری می‌گردد و شاخص با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$I = (N+1)\frac{\sum_{i=1}^{N}(d_i^2)^2}{[\sum_{i=1}^{N}(d_i^2)]^2}$$

در این شاخص d : فاصله نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین گیاه و n

تعداد نقاط تصادفی می‌باشد. در حالت تصادفی I = ۲، در حالت کپه‌ای I ⟩۲ (I به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بزرگ‌تر از ۲ می‌باشد) و در حالت یک‌نواخت I ⟨۲ (I به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ کوچک‌تر از۲ باشد). برای تست معنی‌دار بودن آن از حالت تصادفی (I = ۲) از مقدار Z استفاده می‌شود:

$$Z = \frac{I - ۲}{\sqrt{۴(N-۱)/(N+۲)(N+۳)}}$$

در این تست N : تعداد نقاط تصادفی می‌باشد. به طوری که z به دست آمده با مقدارz جدول مقایسه شده در صورتی که Z جدول بزرگ‌تر از Z محاسبه شده باشد اختلاف از حالت تصادفی معنی‌دار نمی‌باشد (۵، ۱۰ و ۱۱).

۲. شاخص پیلو (Pielou's Index)

این شاخص برپایه اندازه‌گیری فواصل بین نقاط تصادفی تا نزدیک‌ترین گیاه می‌باشد.

$$P = \pi D(\frac{\sum_{i=۱}^{N} x_i}{N})^۲$$

در این شاخص π: عدد ۳/۱۴، $\sum X_i$: مجموع فواصل اندازه‌گیری شده نقاط تا نزدیک‌ترین گیاه، N: تعداد نقاط و D: تراکم واقعی گیاهان در متر مربع می‌باشد. تراکم واقعی گیاهان باید با استفاده از یک روش دقیق اندازه‌گیری تراکم محاسبه گردد. اگر (P=۱) نشان دهنده الگوی پراکنش تصادفی، (P<۱) پراکنش یک‌نواخت و (P > ۱) پراکنش کپه‌ای را نشان می‌دهد. در منابع بررسی شده، تست آماری برای آزمون معنی‌دار بودن مقدار به دست آمده از این شاخص ذکر نشده است (۱۵).

۳. شاخص هاپکینز (Hopkines Index)

برای تعیین الگوی پراکنش با استفاده از این شاخص، فاصله هر نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین گیاه و سپس فاصله این گیاه تا نزدیک‌ترین گیاه همسایه‌اش اندازه‌گیری می‌شود.

$$H = \frac{\sum_{i=۱}^{N} (x_i^۲)}{\sum_{i=۱}^{N} (x_i^۲) + \sum_{i=۱}^{N} (r_i^۲)}$$

در این شاخص Xi: فاصله نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین گیاه و ri: فاصله نزدیک‌ترین گیاه تا گیاه اول است. H =۰/ ۵ نشان دهنده الگوی تصادفی، H=1 نشان دهنده الگوی کپه‌ای، H =۰ نشان دهنده الگوی یک‌نواخت می‌باشد. برای تست معنی‌دار بودن آزمون (اختلاف معنی‌دار از حالت تصادفی (H=۰/۵) از روش زیر استفاده می‌گردد (۷).

$$h = \frac{\sum(x_i^۲)}{\sum(r_i^۲)}$$

برای محاسبه F جدول با درجه آزادی $n_۱$ در صورت کسر و $n_۲$ در مخرج کسر $F_a[n_۱, n_۲] = \frac{۱}{F_۱ - a[n_۲, n_۱]}$، به طوری که وقتی $n_۱ = n_۲$ باشد، $F_{۰/۰۵} = \frac{۱}{F_{۰/۹۵}}$, $F_{۰/۰۲۵} = \frac{۱}{F_{۰/۹۷۵}}$.

۴. شاخص مربع T (T Square Index)

در این روش ابتدا فاصله (X) نقطه (O) تا نزدیک‌ترین گیاه (P) اندازه‌گیری شده، سپس یک خط عمود بر این خط (OP) در نظر گرفته شده و فاصله (Y) گیاه (P) تا نزدیک‌ترین گیاه همسایه‌اش (Q) در پشت خط عمود بر فاصله (X) اندازه‌گیری می‌گردد (شکل ۵).

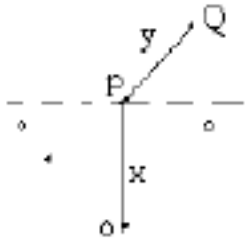
$$C = \frac{\sum_{i=۱}^{N} [x_i^۲ / (x_i^۲ + \frac{۱}{۲} y_i^۲)]}{N} \quad \text{(شاخص مربع T)}$$

در این شاخص N: تعداد نقاط نمونه برداری ، *Xi* : فاصله نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه و *Yi*: فاصله نزدیک‌ترین گیاه تا گیاه اول (به روش مربع T) می‌باشد.

($C = \frac{۱}{۲}$ نشان دهنده الگوی تصادفی)، ($C < \frac{۱}{۲}$ نشان دهنده الگوی یک‌نواخت (c به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ کوچک‌تر از $\frac{۱}{۲}$ باشد) و ($C > \frac{۱}{۲}$ نشان دهنده الگوی کپه‌ای (c به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بزرگ‌تر از $\frac{۱}{۲}$ باشد). برای تست معنی‌دار بودن اختلاف C از حالت تصادفی مقدار Z محاسبه می‌گردد.

$$Z = \frac{C - ۰/۵}{\sqrt{۱/(۱۲N)}}$$

در این تست N: تعداد نقاط تصادفی و C: عدد به دست آمده از شاخص مربع T می‌باشد. در صورتی که در سطح احتمال ۵٪ ،



شکل ۵. روش اندازه‌گیری شاخص مربع T

Z محا سبه شده بزرگ‌تر از Z جدول باشد اختلاف از حالت تصادفی معنی‌دار می‌باشد (۱۰).

۵ . شاخص ابرهارت (Eberhardt's Index)

در این روش فاصله هر یک از نقاط تا نزدیک‌ترین گیاه اندازه‌گیری می‌گردد و میانگین و انحراف معیار فواصل اندازه‌گیری شده محاسبه می‌گردد.

$$I_E = (\frac{S}{\overline{X}})^2 + 1$$ (شاخص ابرهارت)

در این شاخص S : انحراف معیار فواصل و $\overline{X}$: میانگین فواصل اندازه‌گیری شده می‌باشد. I_E در جوامع تصادفی ۱/۲۷ . و در جوامع یک‌نواخت کمتر از ۱/۲۷ (.I_E محاسبه شده کوچک‌تر از مقدار بحرانی آن (I_E جدول) در سطح احتمال ۵٪ با درجه آزادی (n) باشد) و در جوامع کپه‌ای I_E بیش از ۱/۲۷ (.I_E محاسبه شده بیشتر از مقدار بحرانی آن (I_E جدول) در سطح احتمال ۵٪ با درجه آزادی (n) باشد) می‌باشد. n : تعداد نقاط تصادفی می‌باشد (۷).

۶. شاخص هینز (Hines Index)

اندازه‌گیری برای محاسبه این شاخص همانند شاخص مربع T می‌باشد.

$$h_T = \frac{2n[2\sum_{i=1}^{N}(x_i^2) + \sum_{i=1}^{N}(z_i^2)]}{[\sqrt{2}\sum_{i=1}^{N}(x_i) + \sum_{i=1}^{N}(z_i)]^2}$$

در این شاخص Xi: فاصله اندازه‌گیری شده نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه و Zi: فاصله اندازه‌گیری شده گیاه تا نزدیک‌ترین همسایه بروش مربع T می‌باشد. در پراکنش تصادفی h_T=۱/۲۷، در پراکنش کپه‌ای (h_T>۱/۲۷، (hT محاسبه شده بیشتر از مقدار بحرانی آن (h_T جدول) در سطح احتمال ۵٪ با درجه آزادی (۲n) باشد و در پراکنش یک‌نواخت (h_T<۱/۲۷)، h_T محاسبه شده کوچک‌تر از مقدار بحرانی آن (h_T جدول) در سطح احتمال ۵٪ با درجه آزادی (۲n) باشد (۷).

۷. شاخص هولگیت (Holgate's Index)

شاخص هولگیت بر پایه اندازه گیری فواصل نقطه تا گیاه می‌باشد. به طوری که ابتدا فاصله هر نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه (di) اندازه‌گیری شده و سپس فاصله نقطه تا دومین گیاه نزدیک (di') نیز اندازه‌گیری می‌گردد.

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{N}\frac{d_i^2}{d_i'^2}}{N} - 0/5$$ (شاخص هولگیت)

در این شاخص di: فاصله نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین گیاه، (di'): فاصله نقطه تصادفی تا دومین گیاه نزدیک و N:تعداد نقاط تصادفی می‌باشد. در پراکنش تصادفی A=۰، در پراکنش کپه‌ای A>۰ (A به طور معنی‌داری بزرگ‌تر از صفر در سطح احتمال ۵٪ باشد) و در پراکنش یک‌نواخت، A به طور معنی‌داری کوچک‌تر از صفر در سطح احتمال ۵٪ باشد (A<۰). بررسی معنی‌دار بودن آزمون (اختلاف از تصادفی بودن (A=۰) با تست t انجام می‌گیرد (۱۱).

$$t = \frac{|A|}{\sqrt{n/12}}$$

شاخص‌های پراکنش کوادراتی استفاده شده در این تحقیق عبارت‌اند از :

۱. شاخص پراکنش (نسبت واریانس به میانگین (Index of Dispersion (variance /mean Ratio

این شاخص با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$ID = \frac{S^2}{\overline{X}}$$

در این شاخص $\overline{X}$: میانگین تعداد افراد در واحدهای نمونه‌برداری (کوادرات‌ها) و S^2 واریانس تعداد افراد می‌باشد.

اگر ID=1 ⇐ پراکنش کاملاً تصادفی، ID=0 ⇐ پراکنش کاملاً یک‌نواخت و در حالت ماکزیمم کپه‌ای این شاخص تابعی از n (اندازه نمونه می‌باشد). برای تست معنی‌دار بودن آزمون، برای تعیین این که آیا عدد به دست آمده از شاخص اختلاف معنی‌داری از حالت تصادفی دارد یا خیر از آزمون کای اسکوئر استفاده می‌شود:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}{\bar{x}} = ID(N-1)$$

در این تست Xi : تعداد افراد در هر کوادرات و N : تعداد کل کوادرات‌ها می‌باشد. زمانی که اندازه نمونه کمتر از ۳۰ باشد χ^2 تخمین خوبی از کای اسکوئر با درجه آزادی $\tilde{N}_1$ می‌باشد، به طوری که اگر مقدار χ^2 به دست آمده بین مقدار کای اسکوئر در سطح احتمال ۰/۰۲۵ و ۰/۹۵۷ باشد نشان دهنده الگوی پراکنش تصادفی است $(s^2 = \bar{x})$ و اگر مقدار χ^2 کمتر از سطح احتمال ۰/۹۷۵ باشد الگوی یک‌نواخت $(s^2 < \bar{x})$ و اگر χ^2 بیش از سطح احتمال ۰/۰۲۵ باشد الگوی کپه‌ای $(s^2 > \bar{x})$ رانشان می‌دهد. اگر اندازه نمونه $(N \geq 30)$ باشد از آزمون $d = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2(N-1)-1}$ برای معنی‌دار بودن می‌توان استفاده کرد. به طوری که اگر ۱/۹۶> |d| باشد پراکنش تصادفی در سطح احتمال (P>۰/۰۵) را نشان می‌دهد. اگر d<-۱/۹۶ باشد پراکنش یک‌نواخت و اگر ۱/۹۶< d باشد الگوی کپه‌ای را نشان می‌دهد. به طوری که d: انحراف نرمال استاندارد می‌باشد (۷ و ۱۰).

۲. شاخص گرین (Green's Index)

از این شاخص می‌توان برای محاسبه درجه کپه‌ای بودن استفاده کرد.

$$GI = \frac{(\frac{s^2}{\bar{x}}) - 1}{n-1}$$ (شاخص گرین)

در این شاخص $\bar{X}$: میانگین تعداد افراد در واحدهای نمونه‌برداری (کوادرات‌ها) و S^2: واریانس تعداد افراد در کوادرات‌ها و n: تعداد کل افراد در واحدهای نمونه‌برداری (کوادرات‌ها) می‌باشد. در حالت تصادفی GI=۰ و در حالت ماکزیمم کپه‌ای GI =۱ می‌باشد و مقادیر منفی GI<۰ نشان دهنده الگوی یک‌نواخت می‌باشد (۱۰).

۳. شاخص کپه‌ای لوید (Lloyd's Index of Patchiness)

$$LI = \frac{\bar{x} + (\frac{S^2}{\bar{x}} - 1)}{\bar{x}}$$ (شاخص کپه‌ای لوید)

در این شاخص $\bar{X}$: میانگین تعداد افراد در کوادرات‌ها و S^2 واریانس آنها می‌باشد. اگر (LI <۱ «نشان دهنده پراکنش یک‌نواخت ») اگر (LI =۱ پراکنش تصادفی) و اگر (LI >۱ پراکنش کپه‌ای ») را نشان می‌دهد. در منابع بررسی شده، تست آماری برای آزمون معنی‌دار بودن مقدار به دست آمده از این شاخص ذکر نشده است (۱۰).

۴. شاخص موریسیتا (Morisita 's Index of Dispersion)

موریسیتا (۱۹۶۲) برای تعیین الگوی پراکنش شاخص زیر را ارائه نمود.

$$Id = n[\frac{\sum x_i^2 - N}{N(N-1)}] = n[\frac{\sum x_i^2 - \sum x_i}{(\sum x_i)^2 - \sum x_i}]$$

که Id: شاخص پراکنش موریسیتا، n: اندازه نمونه (تعداد کوادرات)، $\sum X_i = N$: مجموع تعداد افراد شمارش شده در کودرات‌ها و $\sum X_i^2$: مجموع مربعات تعداد افراد در کودرات‌ها می‌باشد. به‌طوری که اگر Id=۱ پراکنش کاملا تصادفی می‌باشد. اگر Id>۱ باشد، (اگر Id به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بزرگ‌تر از ۱ باشد نشان دهنده پراکنش کپه‌ای می‌باشد) و اگر Id به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ کوچک‌تر از ۱ باشد نشان دهنده پراکنش یک‌نواخت می‌باشد (Id<۱). برای بررسی معنی‌دار بودن آزمون (اختلاف معنی‌دار از حالت تصادفی) از کای اسکوئر استفاده می‌شود.

$\chi^2 = Id(\sum Xi - 1) + n - \sum Xi$ و یا $\chi^2 = [\frac{n \times \sum Xi^2}{N}] - N$

$(dF = n-1)$. در این تست N : تعداد افراد در کوادرات‌ها و n: تعداد کوادرات‌ها می‌باشد. اگر χ^2 بزرگ‌تر از مقدار بحرانی آن در

سطح احتمال مورد نظر باشد اختلاف از (Id=1 جالت تصادفی معنی‌دار خواهد بود (۷، ۸، ۱۱ و۱۲).

۵ . شاخص استاندارد موریسیتا (Standardized Index of Morisita)

اسمیت و گیل شاخص موریستا را با قرار دادن آن در یک مقیاس مطلق ۱- تا ۱+ اصلاح کردند، به طوری که ابتدا شاخص موریسیتا (Id)، شاخص یک‌نواختی و شاخص کپه‌ای محاسبه می‌گردد:

$$Mu = \frac{\chi^2_{0/975} - n + \sum x_i}{(\sum x_i) - 1}$$ (شاخص یک‌نواختی)

$$Mc = \frac{\chi^2_{0/025} - n + \sum x_i}{(\sum x_i) - 1}$$ شاخص کپه‌ای)

$\chi^2_{0/975}$ = مقدارکای اسکوئر از جدول با درجه آزادی $\tilde{n}$ که دارای ۹۷/۵درصد مساحت در سمت راست می‌باشد و $\chi^2_{0/025}$: مقدار کای اسکوئر از جدول با درجه آزادی n-۱ که دارای ۲/۵ درصد مساحت در سمت راست است. در این دو فرمول $\sum x_i$: مجموع تعداد افراد شمارش شده در کودارت‌ها و n :تعداد کوادرات و Id عدد محاسبه شده از شاخص موریسیتا می‌باشد. سپس شاخص استاندارد موریسیتا توسط یکی از ۴ فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

اگر $I_P = 0/5 + 0/5(\frac{Id - Mc}{n - Mc}) \Leftarrow Id \geq Mc > 1$

اگر $I_P = 0/5(\frac{Id - 1}{Mc - 1}) \Leftarrow Mc > Id \geq 1$

اگر $I_P = -0/5(\frac{Id - 1}{Mu - 1}) \Leftarrow 1 > Id > Mu$

اگر $I_P = -0/5 + 0/5(\frac{Id - Mu}{Mu}) \leftarrow 1 > Mu > Id$

شاخص استاندارد موریسیتا (I_P) از ۱- تا ۱+ و با حدود اطمینان ٪ ۹۵ در محدوده ۰/۵ + تا ۰/۵- نوسان دارد.

اگر پراکنش تصادفی باشد $I_P = 0$، در پراکنش یک‌نواخت $I_P < 0$، و در پراکنش کپه‌ای $I_P > 0$ می‌باشد (۱۶).

نتایج

جدول ۱ شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی محاسبه شده، الگوی پراکنش درمنه و دقت برآورد شده برای هر شاخص را در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد. میزان تراکم درمنه در واحد سطح در منطقه ۱ و ۲ و۳ به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۶۶، ۰/۹۵ در متر مربع و میزان پوشش درمنه در واحد سطح به ترتیب ۳، ۹ و ۱۳ درصد محاسبه گردید. نتایج نشان داد که از بین شاخص‌هایی که بر اساس اندازه‌گیری فاصله بین نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه و گیاه تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش می‌باشند شاخص مربع T قدرت بالایی در تفکیک تک بوته‌ها و کپه‌های کوچک مقیاس داشته و بنابراین توانسته شدت پراکنش کپه‌ای خفیف و کوچک مقیاس بوته‌های درمنه را در مناطق مورد مطالعه نشان دهد که این نتیجه نظریه برخی محققان نظیر لودویگ و دیگل را مبنی بر کارایی بالای شاخص مربع T تایید می‌نماید. هم‌چنین شاخص هولگیت نیز که بر اساس اندازه‌گیری نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه و نقطه تا دومین گیاه نزدیک است توانایی زیادی در نشان دادن پراکنش کپه‌ای گیاهان و شدت کپه‌ای بودن داشته است. اما شاخص‌های استفاده از کوادرات و شاخص‌های فاصله‌ای که تنها بر اساس اندازه‌گیری نقطه تا نزدیک‌ترین فرد بوده‌اند قادر به تفکیک تک بوته‌ها با بوته‌هایی که در حاشیهٔ کپه‌های متراکم قرار گرفته نبوده و نتوانسته‌اند شدت پراکنش کپه‌ای خفیف گیاهان را مشخص سازند، ولی در عوض الگوی پراکنش خود کپه‌ها و تک بوته‌هارا نشان داده‌اند. از بین شاخص‌های فاصله‌ای که تنها بر اساس اندازه‌گیری نقطه تا نزدیک‌ترین فرد بوده، شاخص فاصله‌ای جانسون و زیمر و از بین شاخص‌های کوادراتی، شاخص موریسیتای استاندارد الگوی پراکنش خود کپه‌های خفیف و تک بوته‌ها را نشان داده‌اند. نتایج نشان داد که الگوی پراکنش درمنه در منطقه اول (کم تراکم) گرایش به سمت کپه‌ای خفیف و متراکم داشته که این کپه‌های خفیف و کوچک به همراه تک بوته‌ها به صورت یک‌نواخت توزیع شده‌اند.

در منطقهٔ اول تراکم بوته‌ها در واحد سطح بسیار کم بوده (حدود ۰/۲۵ در متر مربع) و گیاهان فاصلهٔ زیادی از یکدیگر دارند. بدین شکل کپه‌های کوچک درمنه (متشکل از دو، سه و یا چهار فرد) در بین تک بوته‌ها به خوبی نمایان و قابل تشخیص‌اند، به طوری که شاخص مربع T و هولگیت بالا بودن شدت کپه ای بوته‌ها را نشان داده و

جدول ۱. شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی محاسبه شده و الگوی پراکنش تعیین شده درمنه و شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش به ترتیب دقت برآورد شده در هر شاخص در مناطق مورد مطالعه

	منطقه اول (فولاد مبید)		منطقه دوم (حسن آباد)		منطقه سوم (صدر آباد)		شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش به ترتیب دقت برآورد شده		
شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی پراکنش	مقدار محاسبه شده	الگوی پراکنش درمنه در سطح احتمال ۵درصد	مقدار محاسبه شده	الگوی پراکنش درمنه در سطح احتمال ۵درصد	مقدار محاسبه شده	الگوی پراکنش درمنه در سطح احتمال ۵درصد	شاخص‌های تعیین الگوی پراکنش	میانگین مربعات خطای آزمایشی *Mse*	خطای استاندارد *SE*
مربعT	./۶۷	کپه‌ای	۰/۶۲	کپه‌ای	۰/۶	کپه‌ای	شاخص گرین با پلات ۱ متر مربعی	۰	۰
جانسون و زیمر	۱/۴	یکنواخت	۱/۷۸	تصادفی تمایل به سمت یکنواختی	۱/۴۶	یکنواخت	شاخص گرین با پلات ۲متر مربعی	/۰۰۰۰۱	/۰۰۱۵
پیلو	۱/۱۸	تصادفی تمایل به سمت کپه‌ای	۱	کاملاً تصادفی	۰/۹۱۹	تصادفی تمایل به سمت یکنواختی	هاپکینز	/۰۰۰۶۶	/۰۱۲۸
هاپکینز	۰/۴۹۸	تصادفی	۰/۵۰۱	کاملاً تصادفی	۰/۴۷۱	تصادفی تمایل به سمت یکنواختی	مربعT	/۰۰۰۸۶	/۰۱۴۵
هولگیت	۰/۱۹	تصادفی تمایل بسمت کپه‌ای	۰/۰۸۶	تصادفی تمایل بسمت کپه‌ای	۰/۰۶۶	تصادفی تمایل بسمت کپه‌ای	ابرهارت	/۰۰۲۱	/۰۲۲۹
هینز	۱/۱۷	تصادفی ← یکنواختی	**۱/۲۱**	تصادفی ← یکنواختی	۱/۱۶	تصادفی ← یکنواختی	هولگیت	/۰۰۲۶	/۰۲۵
ابرهارت	۱/۱	تصادفی ← یکنواختی	۱/۲	تصادفی ← یکنواختی	۱/۱۲	تصادفی ← یکنواختی	هینز	/۰۰۳	/۰۲۷۳
موریسیتا با کوادرات ۲ متر مربعی	۰/۷۹	تصادفی ← یکنواختی	۰/۷۴	تصادفی ← یکنواختی	۰/۸۱۳	تصادفی ← یکنواختی	پراکنش با پلات ۲ متر مربعی	/۰۰۸۶	/۰۴۶
موریسیتای استاندارد با کوادرات ۲ متر مربعی	-۰/۱۷۸	تصادفی ← یکنواختی	-۰/۴۸۸	تصادفی ← یکنواختی	-۰/۵۰۲	یکنواخت	موریسیتای استاندارد با پلات ۲ متر مربعی	/۰۱۱۹	/۰۵۴۵
پراکنش با کوادرات ۲ متر مربعی	۰/۸۶۷	تصادفی ← یکنواختی	۰/۶۱۵	یکنواخت	۰/۵۹۷	یکنواخت	شاخص پراکنش با پلات ۱ متر مربعی	/۰۱۴۲	/۰۵۹۵
گرین با کوادرات ۲ متر مربعی	-۰/۰۰۱۱	تصادفی ← یکنواختی	-/۰۰۱۷	تصادفی ← یکنواختی	-۰/۰۰۱۲	تصادفی ← یکنواختی	پیلو	/۰۱۴۴	/۰۶
کپه ای لوید با کوادرات ۲ متر مربعی	۰/۷۸۹	تصادفی ← یکنواختی	۰/۷۳۹	تصادفی ← یکنواختی	۰/۸۱۲	تصادفی ← یکنواختی	کپه ای لوید با پلات ۲ متر مربعی	/۰۱۹۲	/۰۶۹۲
موریسیتا با کوادرات ۱ متر مربعی	۰/۴۴۷	یکنواخت	./۷۹	تصادفی ← یکنواختی	۰/۷۸۱	تصادفی ← یکنواختی	شاخص موریسیتا با پلات ۲ متر مربعی	/۰۱۹۹	/۰۷۰۵
موریسیتای استاندارد با کوادرات ۱ متر مربعی	-۰/۲۱۲	تصادفی ← یکنواختی	-./۲۴۱	تصادفی ← یکنواختی	-۰/۳۳۷	تصادفی ← یکنواختی	موریسیتای استاندارد با پلات ۱ متر مربعی	/۰۲۰۹	/۰۷۷۲
پراکنش با کوادرات ۱ متر مربعی	۰/۸۳۸	تصادفی ← یکنواختی	./۸۲۳	تصادفی ← یکنواختی	۰/۷۶۱	یکنواخت	جانسون و زیمر	/۰۲۹	/۰۸۵۱
گرین با کوادرات ۱ متر مربعی	-۰/۰۰۲۸	تصادفی ← یکنواختی	-./۰۰۱۴	تصادفی ← یکنواختی	-۰/۰۰۱۳	تصادفی ← یکنواختی	کپه ای لوید با پلات ۱ متر مربعی	/۰۶۳۱	/۱۲۵
کپه ای لوید با کوادرات ۱ متر مربعی	۰/۴۷۹	یکنواخت	./۷۹	تصادفی ← یکنواختی	۰/۷۸۱	تصادفی ← یکنواختی	موریسیتا با پلات ۱ متر مربعی	/۰۶۷	/۱۲۹

شاخص فاصله‌ای جانسون و زیمر پراکنش یکنواخت خود کپه‌ها و تک بوته‌ها را نشان داده است. الگوی پراکنش درمنه در منطقه دوم (با تراکم متوسط) گرایش زیادی به سمت پراکنش تصادفی داشته است.

در منطقهٔ دوم، تراکم بوته‌ها در واحد سطح زیادتر شده (۰/۶۶ در متر مربع) و بوته‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شوند و اگر چه این حالت کپه‌ای خفیف و کوچک مقیاس هنوز وجود دارد ولی به دلیل کمتر شدن فاصله بین تک بوته‌ها و کپه‌ها، حالت کپه‌ای خفیف گیاهان کمتر شده و الگوی پراکنش گیاهان گرایش بیشتری به سمت حالت تصادفی پیدا کرده و شاخص مربع T و هولگیت شدت کپه‌ای بودن را کمتر نشان داده و شاخص فاصله‌ای جانسون و زیمر پراکنش تصادفی بوته‌ها و گرایش کم به سمت یک‌نواختی را نشان می‌دهد. در منطقه سوم (پرتراکم)، تک بوته‌ها گرایش زیادی به سمت یک‌نواختی داشته‌اند. در منطقه سوم تراکم از منطقه اول و دوم بیشتر شده (۰/۹۵ در متر مربع) و گیاهان بسیار به هم نزدیک می‌شوند به طوری که فواصل بین کپه‌ها به فواصل گیاهان در داخل کپه‌ها نزدیک‌تر شده و تک بوته‌ها گرایش بیشتری به سمت پراکنش یک‌نواخت پیدا می‌کنند و شدت کپه‌ای بودن کم می‌باشد و شاخص مربع T و هولگیت شدت کپه‌ای بودن را کمتر نشان داده و شاخص فاصله‌ای جانسون و زیمر پراکنش یک‌نواخت بوته‌ها را نشان می‌دهند. بنابراین پراکنش تک بوته‌ها در منطقهٔ سوم (پر تراکم) و پراکنش کپه‌ها به همراه تک بوته‌ها در منطقه اول (کم تراکم) یکنواخت و پراکنش بوته‌ها در منطقه دوم (با تراکم متوسط) تصادفی می‌باشد. نتایج به دست آمده از مقایسهٔ دقت شاخص‌های الگوی پراکنش نشان داد که در بین کلیهٔ شاخص‌ها، شاخص گرین با کمترین خطای استاندارد، دقیق‌ترین شاخص بوده و پس از آن شاخص هاپکینز، مربع T، ابرهارت، هولگیت و هینز قرار دارند (جدول ۱). علی‌رغم دقت بالای شاخص گرین، این شاخص تحت تأثیر میانگین تراکم بوته‌ها قرار گرفته و قادر به تفکیک و نشان دادن پراکنش تصادفی، یک‌نواخت و کپه‌ای خفیف افراد درمنه در مناطق مورد مطالعه نبوده است. مقایسه نتیجه به دست آمده با نتایج مطالعات انجام شده توسط می‌یرز (۱۹۷۸) این مطلب را به روشنی مشخص می‌نماید. کمترین دقت مربوط به شاخص موریسیتا با پلات ۱ متر مربعی بوده و پس از آن شاخص کپه‌ای لیود قرار دارد. در بین کلیهٔ شاخص‌ها، به استثنای شاخص گرین که با استفاده از کوادرات محاسبه می‌شود، شاخص‌های فاصله‌ای پراکنش دقت بالاتری نسبت به شاخص‌های استفاده از کوادرات داشته‌اند. اساس محاسبهٔ شاخص‌های کوادراتی، برآورد واریانس و میانگین تعداد افراد شمارش شده در کوادرات‌ها می‌باشد. متفاوت بودن الگوی پراکنش گیاهان حتی در یک سایت، باعث شده تا در هنگام کوادرات گذاری، ضریب تغییرات تعداد افراد شمارش شده در کوادرات‌ها نسبت به ضریب تغییرات فواصل اندازه‌گیری شده بین گیاهان بیشتر باشد و در محاسبه هر شاخص کوادراتی، در تکرارهای مختلف نتایج متفاوتی حاصل گردد و بنابراین شاخص‌های کوادراتی دقت کمتری نسبت به شاخص‌های فاصله‌ای دارند.

بحث

به طور کلی ماهیت پراکنش بوته‌های درمنه به دلیل شرایط ادافیکی و مورفولوژیکی و محیطی بدین صورت است که بوته‌ها در بعضی قسمت‌ها به صورت جفتی، سه تایی و یا حتی ۴ تایی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و کپه‌های خفیف و کوچکی متشکل از تعداد کم بوته‌ها را ایجاد می‌نمایند. حضور این کپه‌های کوچک در بین تک بوته‌های درمنه باعث ایجاد تغییراتی در شاخص‌های پراکنش می‌گردد. در جوامع کم تراکم که الگوی پراکنش گیاهان گرایش کمی به سمت پراکنش کپه‌ای پیدا می‌کند به طوری که کپه‌های کوچک مقیاس و متشکل از تعداد افراد کم و متراکم حضور داشته باشند در هنگام انتخاب نقاط تصادفی، این نقاط بیشتر در بین این کپه‌های کوچک قرار می‌گیرند تا در داخل کپه‌ها و بنابراین فواصل اندازه‌گیری شدهٔ نقاط تصادفی تا گیاهان در حاشیهٔ کپه‌ها بزرگ و فواصل اندازه‌گیری شده گیاهان در داخل کپه‌ها کوچک خواهد بود. بنابراین شاخص‌هایی که بر پایهٔ اندازه‌گیری نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه و گیاه تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش هستند و شاخص‌هایی که بر پایهٔ اندازه‌گیری نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه و نقطه تا دومین گیاه نزدیک هستند می‌توانند این کپه‌ها را متمایز ساخته و نشان دهند، اما شاخص‌هایی که تنها بر اساس اندازه‌گیری نقاط تا نزدیکترین گیاه

هستند، تنها می‌توانند الگوی پراکنش خود کپه‌ها و تک بوته‌ها را مشخص سازند، زیرا در این شاخص‌ها بیشتر فواصل اندازه‌گیری شده فواصل بین نقطه تا نزدیک‌ترین گیاه که در حاشیه کپه‌های متراکم قرار دارد می‌باشد نه فواصل گیاهان در داخل کپه‌ها که این نتیجه تأکیدی بر نظریه برخی محققان همانند دیگل می‌باشد. شاخص‌های پراکنش با استفاده از کوادرات به خاطر مشکلات ناشی از تعداد، سطح و شکل کوادرات‌ها، کارایی کمتری نسبت به شاخص‌های فاصله‌ای دارند، به طوری که در مناطقی که تراکم گیاهان بسیار کم باشد، در هنگام استقرار کوادرات‌ها تعداد زیادی از کوادرات‌ها بدون فرد و در تعدادی ممکنست یک یا چند فرد جای گیرند. بنابراین واریانس تعداد افراد شمارش شده در کوادرات‌ها بیشتر شده و شاخص‌های کوادراتی در مناطق کم تراکم گرایش به سمت حالت تصادفی را نشان می‌دهند. اما با کاهش تراکم در مناطق کویری اگرچه واریانس فواصل اندازه‌گیری شده بین گیاهان نسبت به مناطقی که تراکم بیشتری دارند، بیشتر است ولی به خاطر وجود فواصل بسیار بزرگ بین گیاهان، نسبت انحراف معیار به میانگین فواصل کاهش یافته و یک‌نواختی گیاهان و کپه‌های کوچک بیشتر می‌شود، از طرفی تأثیر گیاهان بر روی یکدیگر در نتیجه رقابت برای آب از عوامل ایجاد پراکنش یک‌نواخت در جوامع کم تراکم می‌باشد. بنابراین شاخص‌های استفاده از کوادرات قادر به نشان دادن الگوی پراکنش گیاهان و تفکیک کپه‌های خفیف و متراکم در این گونه جوامع نیستند. در مناطق پر تراکم، تغییرات تعداد افراد در کوادرات‌های استقرار یافته کمتر شده و واریانس تعداد افراد کاهش یافته و شاخص‌های کوادراتی، پراکنش یک‌نواخت گیاهان را مشخص می‌نمایند. از بین شاخص‌های کوادراتی بررسی شده شاخص موریسیتای استاندارد و شاخص پراکنش (نسبت واریانس به میانگین) توانایی بالاتری در نشان دادن پراکنش بوته‌ها داشته‌اند. گیل و اسمیت نیز با مقایسه شاخص‌های پراکنش بر بالا بودن کارایی شاخص موریسیتای استاندارد تاکید کرده‌اند. اما برخی محققان نظیر الیوت عنوان نمودند با توجه به اینکه شاخص پراکنش (نسبت واریانس به میانگین) در جوامع کپه‌ای تحت تأثیر تعداد افراد در نمونه قرار می‌گیرد بهتر است از این شاخص برای مقایسه الگوی پراکنش کپه‌ای جوامعی که تراکم تقریباً یکسانی دارند استفاده شود. از بین شاخص‌های بررسی شده شاخص پیلو نیز الگوی پراکنش گیاهان را به خوبی نشان داده اما همان طور که برخی محققان نظیر جانسون و زیمر نشان دادند با توجه به این که برای تعیین الگوی پراکنش با استفاده از شاخص پیلو نیاز به محاسبه دقیق تراکم گیاهان می‌باشد استفاده از این شاخص محدودیت بیشتری خواهد داشت. پیشنهاد می‌شود برای مطالعه الگوی پراکنش گیاهان، هم شدت پراکنش کپه‌ای گیاهان و هم الگوی پراکنش خود کپه‌ها و تک بوته‌ها مشخص گردد. به طوری که از بین شاخص‌های فاصله‌ای پراکنش، برای نشان دادن پراکنش کپه ای گیاهان و شدت کپه‌ای بودن ازشاخص‌های مربع T و هولگیت و برای نشان دادن الگوی پراکنش خود کپه‌ها و تک بوته‌ها از شاخص جانسون و زیمر استفاده شود و از بین شاخص‌های کوادراتی پراکنش پیشنهاد می‌شود از شاخص موریسیتای استاندارد در جوامع با پوشش بیش از ۵٪ استفاده گردد.

منابع مورد استفاده

۱. باغستانی میبدی، ن. ۱۳۷۲. بررسی اکولوژیکی جوامع گیاهی با توجه به واحدهای ژئومرفولوژیکی خاک در حوزه ندوشن استان یزد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

2. Diggle, P. J.1983. Statistical Analysis of Spatial Point Pattern. Academic Press, New York.
3. Elliot, J. M. 1973. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Freshwater Biol. Assoc. Sci. Publ. 25.
4. Green, R. H. 1966. Measurement of non-randomness in spatial distributions. Res. Population Ecol. 8:1–7.
5. Johnson, R. B. and W.J. Zimmer. 1985. A more powerful test for dispersion using distance measurements. Ecol. 66: 1084–1085
6. Kershaw, K. A. 1964. Quantitative and dynamic plant ecology, Edward Arnold, London.
7. Krebs, Ch. 1989. Ecological Methodology. Harper and Row Pub., USA.

8. Ludwig .J .A. and J. F. Reynolds. 1975. Dispersion and sampling characteristics. J. Entomol. 23:234-238
9. Ludwig, J. A., 1979. A test of different quadrat variance methods for the analysis of spatial PP. 284-304. *In*: R. M. Cormack and J. K. Ord (Eds.), Spatial and Temporal Analysis in Ecology. International Cooperative Publishers, Fairland.
10. Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. A Wiely - Interscience Pub., USA.
11. Mcmurry, M.A. 2000. Population dispersion pattern in Ash juniper. J. Biol. 34:208-212
12. Morisita, M. 1962. I_δ index, a measure of dispersal of individuals. Res. Population Ecol. 4:1-7
13. Myers, J. H. 1978. Selecting a measure of dispersion. Environment Entomol. 7:619-621
14. Pauley, E. and j. Hutchens. 1989. Plant association of Ilex glabra. J. Biol. 34:370-376
15. Pielou, E. C. 1959. The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant population. J. Ecol. 47:607-613.
16. Smith-Gill, S. J. 1975. Cytophysiological basis of disruptive pigmentary pattern in the leopard frog, Rana pipiens. II. Wild type and mutant cells specific pattern. J. Morphology146: 35-54.