

الگوی پراکنش گیاهان رویشگاه بادام کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach.) در منطقه حفاظت شده شاسکوه،

خراسان جنوبی

مسلم رستم پور*

- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری و گروه پژوهشی خشکسالی و تغییر اقلیم، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
(rostampour@birjand.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶

چکیده

مقدمه و هدف: ساختار افقی جنگل به نحوه توزیع درختان در یک بوم‌سازگان جنگلی اشاره دارد. الگوهای مکانی درختان و درختچه‌ها، اطلاعات مهمی را در مورد یکپارچگی ساختار جوامع جنگلی، پویایی جوامع گیاهی، فرآیند توالی و همزیستی گونه‌ها فراهم می‌کند. پژوهش‌های متعددی در خصوص تعیین الگوی پراکنش در حوزه علوم جنگل انجام شده است و کاربرد این گونه پژوهش‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل‌ها، ارزیابی و آنالیز و همچنین طرح‌های احیا و توسعه جنگل‌ها گزارش شده است. به نظر می‌رسد الگوی پراکنش درختان و درختچه‌ها، تحت تاثیر درجه غالبیت و فرم رویشی گیاهان قرار می‌گیرد. از این رو، در این پژوهش، علاوه بر تعیین الگوی پراکنش حدود ۶۴ گونه گیاهی در رویشگاه بادام کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach.) در دامنه‌های جنوبی منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی، رابطه بین فرم رویشی، دوره زندگی و درجه غالبیت گونه‌ای با الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی بررسی شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، چهار منطقه معرف رویشگاه بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*) در دامنه‌های جنوبی منطقه حفاظت شده شاسکوه انتخاب شدند. در هر منطقه معرف تعداد ۲۰ کوادرات مربعی مستقر شد (در مجموع ۸۰ کوادرات). برای شمارش پایه‌های گونه‌های گندمی و علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای و درختی به ترتیب از کوادرات با ابعاد ۱×۱ متر، ۴×۴ متر و ۱۰×۱۰ متر استفاده شد. پس از شناسایی و شمارش گونه‌های گیاهی در کوادرات، تراکم گونه‌ای، وفور گونه‌ای و فراوانی گونه‌ای تعیین شد. سپس غالبیت گونه‌ای براساس روش طبقه‌بندی (Weigmann (1973) در پنج طبقه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین الگوی پراکنش از شاخص‌های نسبت وفور به فراوانی، نسبت واریانس به میانگین، اندازه خوشه (ICS)، شاخص گرین (GI) و میانگین تجمع (IMC) استفاده شد. برای مقایسه دقت روش‌های کوادراتی مورد بررسی در تعیین الگوی پراکنش، از ضریب تغییرات (CV) استفاده شد. از آزمون استقلال کای اسکوئر

برای بررسی رابطه بین فرم رویشی، دوره زندگی و درجه غالبیت گونه‌ای با الگوی پراکنش استفاده شد. اندازه اثر و توان آزمون کای اسکوئر در سطح ۰/۰۵ محاسبه شد. کفایت نمونه‌برداری با استفاده از منحنی تجمع گونه‌ای (Species Accumulation Curve) تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد از نظر الگوی پراکنش، براساس شاخص نسبت وفور به فراوانی، حدود ۹۷ درصد گونه‌های موردبررسی دارای الگوی کپه‌ای و ۳ درصد دارای الگوی تصادفی هستند. براساس شاخص‌های کوادراتی: نسبت واریانس به میانگین (ID) و اندازه خوشه (ICS)، ۸۴ درصد گونه‌ها دارای الگوی کپه‌ای و ۱۶ درصد گونه‌ها دارای الگوی تصادفی هستند. براساس شاخص گرین (GI) ۶۱ درصد الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی منطقه موردبررسی از نوع کپه‌ای و ۳۹ درصد از نوع تصادفی است. نتایج نشان داد که الگوی پراکنش گونه‌های فراغالب و غالب موردبررسی از نوع کپه‌ای است. تنها گونه درختی منطقه موردبررسی، بنه (*Pistacia atlantica Desf*) دارای الگوی تصادفی است. نتیجه آزمون استقلال کای اسکوئر نشان داد که بین فرم رویشی، دوره زندگی و درجه غالبیت گونه‌ای با الگوی پراکنش، رابطه معنی‌داری وجود ندارد ($p \geq 0.05$). نتایج نشان داد که شاخص فیشر یا نسبت واریانس به میانگین (ID) با کمترین ضریب تغییرات (۱/۸۶)، بیشترین دقت لازم برای تعیین الگوی پراکنش را دارد. از بین شاخص‌های مورد بررسی، نتیجه شاخص گرین با واقعیت زمینی بیشتر تطابق دارد. منحنی تجمع گونه‌ای نشان داد که با افزایش تعداد کوادرات به ۸۰ عدد، ۶۰ گونه گیاهی در منطقه موردبررسی مشاهده شد و برای ارزیابی غنای گونه‌ای کافی است.

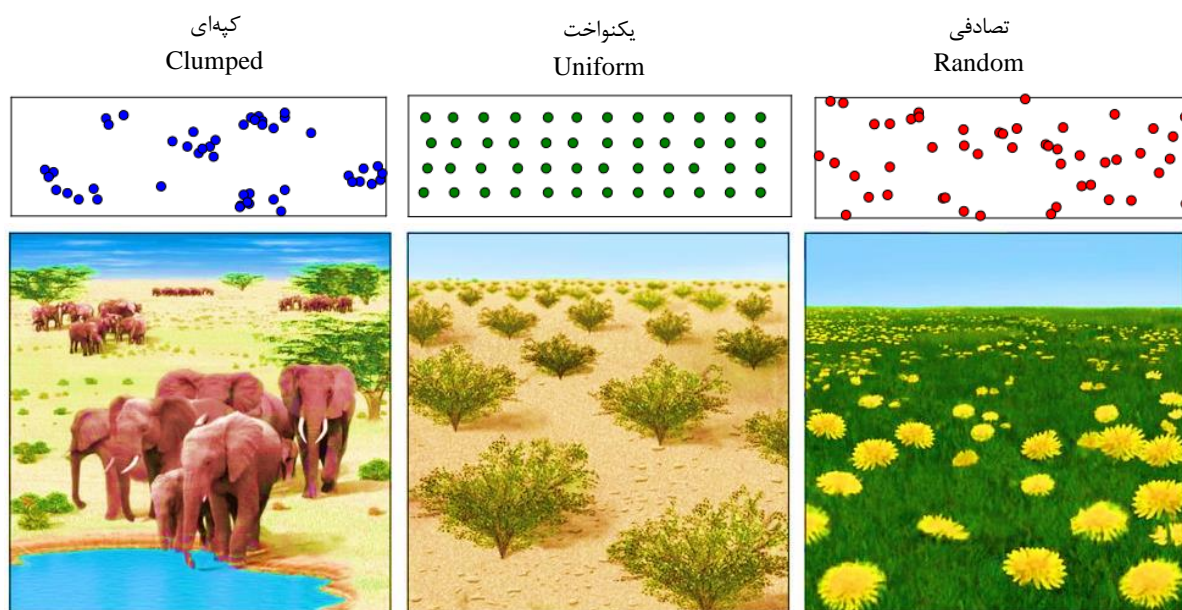
نتیجه‌گیری کلی: نتایج شاخص‌های مختلف نشان داد که الگوی پراکنش بین ۶۱ تا ۹۷ درصد گونه‌های موردبررسی از نوع کپه‌ای است. از آنجایی که یک شاخص به تنهایی نمی‌تواند تخمین‌های دقیقی از الگوی پراکنش ارائه دهد، در این پژوهش از پنج شاخص کوادراتی رایج استفاده شد. از بین شاخص‌های موردبررسی، شاخص میانگین تجمع (IMC) الگوی پراکنش حدود ۲۴ درصد از گونه‌های مورد بررسی را یکنواخت تشخیص داد، چندان با واقعیت هم‌خوانی ندارد. نتایج این پژوهش نشان داد که الگوی پراکنش گیاهان مستقل از فرم رویشی و درجه غالبیت گیاهان است. با این وجود، سهم گونه‌های کمیاب در الگوی پراکنش تصادفی، بیشتر از الگوی کپه‌ای است. در نهایت پیشنهاد می‌شود برای تعیین راهبرد نمونه‌برداری و انتخاب فواصل کشت گیاهان، به کپه‌ای بودن گیاهان غالب منطقه توجه شود.

واژه‌های کلیدی: توزیع کپه‌ای، جنگل‌های مناطق خشک، شاخص‌های کوادراتی، فرم رویشی.

به صورت کلی الگوی پراکنش موجودات زنده به دو صورت تصادفی و غیرتصادفی است. با مروری بر منابع علمی، الگوی پراکنش تصادفی با واژه random و انواع الگوی پراکنش غیرتصادفی شامل منظم یا یکنواخت با واژه‌های spaced, uniform, regular, overdispersed, even یا repulsed و الگوی کپه‌ای یا توده‌ای با واژه‌های aggregated, patchy, clumped یا underdispersed یا contagious شناخته می‌شود. الگوهای پراکنش، در واقع رفتار یک موجود زنده در یک جمعیت در ابعاد مکانی یا زمانی است. با این تعریف، واژه پراکنش (Dispersion) با انتشار (Dispersal) یعنی حرکت موجودات زنده یا بذر از یک مکان به مکان دیگر متفاوت است و همینطور الگوهای پراکنش با مدل‌های توزیع گونه‌ای (Species distribution models: SDMs) متفاوت است.

نمونه‌ای از پراکنش تصادفی، در گیاهانی که بذور آنها توسط باد منتشر می‌شوند و هر جا که در یک محیط مساعد اتفاق بیفتد، جوانه می‌زنند، رخ می‌دهد. در الگوی یکنواخت، افراد در یک جمعیت به‌طور مساوی از هم فاصله دارند. در الگوی کپه‌ای، گیاهان بدون الگوی قابل پیش‌بینی پراکنده می‌شوند (شکل ۱). به‌طور کلی اعتقاد بر این است که شکل‌گیری الگوهای پراکنش مکانی را می‌توان به دو جنبه نسبت داد. یکی ویژگی‌های زیستی گیاهان، مانند باززایی، تولید مثل، پراکندگی بذر و رقابت بین گونه‌ای است. از سوی دیگر، عوامل محیطی خارجی مانند دما و بارندگی وجود دارد (Legendre and Legendre, 2012).

مناطق کوهستانی به‌عنوان بوم‌سازگان‌های بیولوژیکی متنوع شناخته می‌شوند که از نسبت‌های بالایی از گیاهان و جانوران حمایت می‌کنند و تعداد زیادی از مناطق حفاظت‌شده را در خود جای داده‌اند. بوم‌سازگان‌های کوهستانی با توجه به توپوگرافی، شرایط خرد و کلان اقلیمی مختلف، متشکل از طیف وسیعی از زیستگاه‌ها هستند که گونه‌های متعدد گیاهی و جانوری را در خود سکونت داده‌اند (Sekar et al., 2023). عوامل مختلفی بر توزیع و ترکیب جوامع گیاهی در جنگل‌های کوهستانی تأثیر می‌گذارند، مانند ارتفاع و عوامل خاکی و اقلیمی مرتبط، ناهمگنی توپوگرافی، ویژگی‌های شیمیایی خاک، رقابت گونه‌ها برای مواد مغذی، بافت خاک و در دسترس بودن نور (Rahman et al., 2023). الگوهای مکانی درختان و درختچه‌ها، اطلاعات مهمی را در مورد یکپارچگی ساختار جوامع جنگلی، پویایی جوامع گیاهی، فرآیند توالی و همزیستی گونه‌ها فراهم می‌کند (Hesabi et al., 2022; He et al., 2022) و به‌طور معنی‌داری تولید مثل، رشد، مرگ و میر، انتشار، بهره‌برداری از منابع، ناهمگنی محیطی، آشفستگی‌های طبیعی و توسعه گیاهان زیراشکوب خود را تعیین می‌کند (Akhtari et al., 2023; Zhang et al., 2022). پراکنش مکانی درختان و درختچه‌ها، نتیجه بسیاری از فرآیندهای بوم‌شناسی است و می‌تواند بر مقدار رقابت بین درختان همسایه، تراکم درختان، تغییر در اندازه و توزیع درختان و تنوع زیستی در جوامع جنگلی تأثیر بگذارد (Wehenkel et al., 2015).



شکل ۱- طرح شماتیک سه الگوی کپهای، یکنواخت و تصادفی

Figure 1. Schematic diagrams of clumped, uniform, and random distributions

بر روی شاخص‌های محاسباتی غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌ای تاثیرگذار است (Fakhar Izadi and Keshtkar, 2020).

تعیین الگوی پراکنش به دو صورت کلی تهیه نقشه مکانی کامل گیاهان و روش‌های آماری امکان‌پذیر است. الگوی پراکنش بر اساس تهیه نقشه مکانی گیاهان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و در مقیاس کوچک (تیپ گیاهی تا سیمای سرزمین) تا مقیاس قاره‌ای قابل ارزیابی است (Kimberly, 2019). (Gholami et al., 2021) و (Darabi et al., 2016) از روش‌های زمین‌آمار برای بررسی الگوی مکانی درختان استفاده کردند. با این حال، چنین نقشه‌هایی به‌طور کلی کار فشرده، زمان‌بر و در نتیجه تهیه آنها پرهزینه هستند؛ زیرا معمولاً به بررسی‌های میدانی دقیق روی زمین نیاز دارند (Butler and Sanderson, 2022).

روش‌های آماری برای تعیین الگوی پراکنش موجودات زنده (گیاهی و جانوری) وجود دارد که

کاربردهای متعددی برای بررسی الگوی پراکنش در علوم جنگل، در برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل‌ها، ارزیابی و آنالیز و همچنین طرح‌های احیا و توسعه جنگل‌ها گزارش شده است (Li et al., 2017؛ Ghanbari et al., 2018؛ Erfanifard et al., 2008). به‌عنوان نمونه انتخاب روش‌های نمونه‌برداری به نوع الگوی پراکنش گیاهان غالب در یک تیپ گیاهی بستگی دارد. (Krebs (2014 توصیه می‌کند اگر الگوی پراکنش تصادفی است، تراکم گونه‌ای به روش فاصله‌ای و اگر الگوی پراکنش غیرتصادفی است، تراکم به روش کودارت یا ترانسکت خطی برآورد شود. یا انتخاب فواصل کشت نهال بستگی به نوع الگوی پراکنش دارد (Alijani et al., 2020). به‌طور کلی می‌توان گفت یافته‌های پژوهشی که به الگوهای پراکنش گیاهان و پویایی منابع زیستی می‌پردازند می‌تواند مبنای منطقی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در مورد بوم-سازگان‌های جنگلی فراهم کند (Gairola et al., 2011). همچنین در بررسی‌های تنوع زیستی نیز، الگوی پراکنش

بیشتر پژوهش‌ها نشان داده‌اند که الگوی درختان از نوع کپه‌ای است (Haq et al., 2022; Malik and Bhatt, 2016; Sharma et al., 2009). با این وجود در برخی از پژوهش‌های انجام شده، نتایج متناقضی گزارش شده است. به‌عنوان نمونه در گونه‌های یک جنس، نتایج متفاوتی به‌دست آمده است، (Pirozi et al. (2017) الگوی پراکنش گونه بلوط (*Quercus brantii* Lindl.) در چهارم‌حال و بختیاری را با از شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی مثل نسبت واریانس به میانگین، گرین، لیود و موربیتا بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشتر شاخص‌های مورد استفاده پراکنش گونه بلوط را از نوع کپه‌ای تشخیص داد؛ تنها شاخص گرین، الگوی بلوط را از نوع تصادفی نشان داد. الگوی پراکنش همین گونه در جنگل‌های چغاسبز ایلام بر اساس شاخص رایپلی، تصادفی و بر اساس شاخص‌های فاصله‌ای ابره‌ارت، هینز، C و هاپکینز، کپه‌ای تعیین شد (Mirzaei et al., 2016). Pirozi et al. (2018) الگوی پراکنش همین گونه را در جنگل نوزیان خرم‌آباد از نوع تصادفی تعیین کردند. نتیجه پژوهش Safari et al. (2019) در مورد گونه بلوط اوری (*Quercus macranthera* Fisch. & C.A.Mey. ex Hohen) در جنگل‌های ارسباران نشان داد که شاخص هاپکینز، الگوی پراکنش گونه موردبررسی را کپه‌ای و شاخص‌های ابره‌ارت و جانسون-زایمر الگو را یکنواخت تشخیص دادند. حتی در یک گونه اما در مناطق مختلف، نیز نتایج متناقضی حاصل شده است؛ به‌عنوان مثال نتیجه پژوهش Safari et al. (2014) نشان داد که الگوی بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در جنگل‌های جوانرود کرمانشاه به‌شکل کپه‌ای متمایل به تصادفی است؛ در حالی که Karimi et al. (2012) الگوی همین گونه را در جنگل باینگان استان کرمانشاه به‌صورت تصادفی تشخیص

عموماً به دو دسته روش‌های کوادراتی و فاصله‌ای تقسیم می‌شوند. در روش‌های کوادراتی از معیار تراکم استفاده می‌شود. معیارهایی مثل تراکم، فراوانی و وفور گونه‌ای به‌عنوان غالبیت زیستی پوشش گیاهی برای توصیف ترکیب گونه‌ای و الگوهای مکانی پوشش گیاهی در مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی استفاده می‌شوند (Chen et al., 2008). همچنین وفور گونه‌ای به عنوان یک معیار جمعیتی کلیدی است که امکان تشخیص پویایی جمعیت‌های گیاهی را فراهم می‌کند (Monnier-Corbel et al., 2023). شاخص نسبت واریانس به میانگین به‌عنوان یک روش کوادراتی از قدیمی‌ترین روش‌ها است و در حوزه علوم جنگل عموماً از این شاخص استفاده شده است (Raj and Lal, 2013; Gosain et al., 2015; Haq et al., 2022; Kumar and Bhatt (2006). (Rawat et al., 2023) الگوی پراکنش گونه‌های درختی مناطق هیمالیا را بررسی کردند. نتیجه نسبت وفور به فراوانی نشان داد که بیشتر گونه‌های گیاهی دارای الگوی کپه‌ای هستند، به جز چند گونه اندک که از توزیع تصادفی تبعیت می‌کنند. Sharma and Raina (2018) الگوی پراکنش و تنوع گونه‌ای گونه‌های گیاهی چوبی رشته لامبری از بخش جنگلی راجوری را با استفاده از نسبت وفور به فراوانی (A/F) در ۱۰۰ کوادرات (اندازه ۵×۵ متر) برای درختچه‌ها بررسی کردند. نتایج نشان داد که الگوی پراکنش تمام گونه‌های موردبررسی از نوع کپه‌ای است. نتیجه پژوهش Thakur et al (2020) در هیمالیای غربی نشان داد که براساس نسبت وفور به فراوانی، از بین ۲۲۶ درخت مورد بررسی، ۱۰ گونه درختی دارای الگوی پراکنش منظم، ۱۹۲ گونه به‌صورت کپه‌ای و ۲۵ گونه به‌طور تصادفی توزیع شدند.

پژوهش‌های متعددی در خصوص الگوی پراکنش در حوزه علوم جنگل انجام شده است و با وجود آنکه

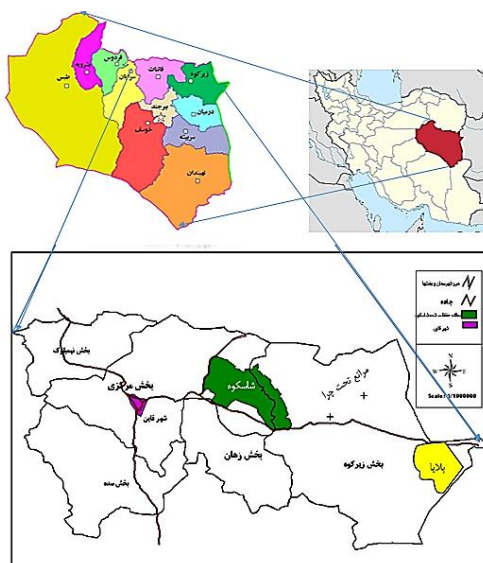
منطقه حفاظت شده شاسکوه به وسعت ۷۰ هزار و ۳۰۰ هکتار در شهرستان‌های زیرکوه و قاین در سال ۱۳۸۶ به‌عنوان یکی از مناطق حفاظت شده استان خراسان جنوبی معرفی شد. اقلیم منطقه به روش دومارتن از نوع نیمه‌خشک سرد با میانگین بارندگی سالانه در حدود ۱۵۶ میلی‌متر است. منطقه حفاظت شده شاسکوه، قسمتی از رشته‌کوه آهنگران است. مواد تشکیل دهنده رشته کوه شاسکوه مربوط به دوران کرتاسه پایین است که بیشتر از جنس آهک است. رویشگاه‌های این منطقه بر روی اراضی سنگ‌های دولومیتی، ماسه‌سنگی، آذرآواری در شیب‌های بیش از ۳۰ درصد واقع شده است. دامنه ارتفاعی بین ۱۰۰۰ تا ۲۸۵۰ متر است. خاک‌های منطقه حفاظت شده شاسکوه از تخریب سنگ‌های رسوبی اواخر دوران دوم (کرتاسه) تشکیل شده‌اند. گروه عمده خاک‌های منطقه، خاک‌های آهکی هستند. پوشش گیاهی غالب آن، *Artemisia aucheri* Boiss.، *Amygdalus scoparia* Spach و *Poa bulbosa* L. است. این منطقه زیستگاه گربه‌سانان و کل و بز است (Rostampour et al., 2018).

دادند. (2012) Erfanifard et al. الگوی پراکنش درختان بنه در توده موردبررسی در استان فارس را کپه‌ای تعیین کردند. حتی در یک گونه و در یک منطقه نیز ممکن است نتیجه شاخص‌های محاسباتی متفاوت باشد؛ به‌عنوان نمونه، Fallahchay and Khoshmanzar (2019) الگوی پراکنش افراپلت (*Acer velutinum* Boiss.) را در جنگل اسالم بر اساس شاخص‌های هاپکینز و نسبت واریانس به میانگین به ترتیب تصادفی و یکنواخت تشخیص دادند.

از این رو به نظر می‌رسد هنوز الگوی پراکنش در فرم‌های رویشی مختلف به‌طور کامل شناخته نشده است. هدف از این پژوهش، علاوه بر تعیین الگوی پراکنش ۶۴ گونه گیاهی در رویشگاه بادام کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach.) در دامنه‌های جنوبی منطقه حفاظت شده شاسکوه، خراسان جنوبی، بررسی رابطه بین فرم رویشی، دوره زندگی و درجه غالبیت گونه‌ای با الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی منطقه موردبررسی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی



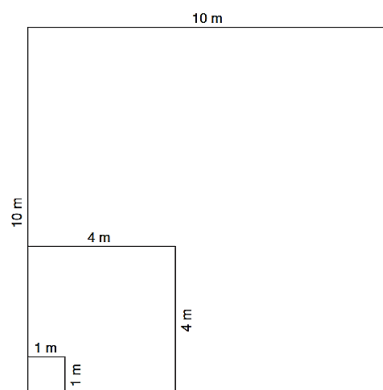
شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه موردبررسی

Figure 2. Location of study area

اندازه‌گیری پوشش گیاهی

پس از شناسایی و شمارش گونه‌های گیاهی در کوادرات، تراکم گونه‌ای (تعداد پایه در واحد سطح)، وفور گونه‌ای (تعداد پایه در گستره‌ای با ابعاد مشخص) و فراوانی گونه‌ای (تعداد دفعات حضور) تعیین شد (Bonham, 2013). سپس غالبیت گونه‌ای بر اساس روش طبقه‌بندی Weigmann (1973) در پنج طبقه مورد ارزیابی قرار گرفت. گونه‌هایی که فراوانی آنها بیش از ۳۰ درصد جامعه بود، به‌عنوان گونه‌های فراغالب یا فوق غالب (Eudominant)، گونه‌هایی که فراوانی آنها بین ۱۰-۳۰ درصد بود به‌عنوان گونه غالب (Dominant)، گونه‌هایی که فراوانی آنها بین ۱-۵ درصد بود به‌عنوان گونه نیمه‌غالب (Subdominant)، گونه‌هایی که فراوانی آنها بین ۱-۵ درصد بود به‌عنوان گونه‌های کمیاب (Rare) و گونه‌هایی که فراوانی آنها کمتر از یک درصد بود به‌عنوان گونه‌های نادر (Subrare) نام‌گذاری شدند.

در این پژوهش، چهار منطقه معرف رویشگاه بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*) در دامنه‌های جنوبی منطقه حفاظت شده شاسکوه با فاصله تقریبی ۱۰ کیلومتر (روستاهای آبیز، دوست‌آباد، اسفدن و شیخ علی) انتخاب شدند. از آنجایی که احتمالاً اثر جهت بر روی تراکم گونه‌ای معنی‌دار است، تمامی مناطق در یک جهت جغرافیایی انتخاب شدند. در هر منطقه معرف تعداد ۲۰ کوادرات مربعی مستقر شد (در مجموع ۸۰ کوادرات). برای شمارش پایه‌های گندمی و علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای و درختی به ترتیب از کوادرات با ابعاد ۱×۱ متر، ۴×۴ متر و ۱۰×۱۰ متر استفاده شد (Bonham, 2013). گیاهان بر اساس فرم رویشی در چهار گروه علفی، بوته‌ای، درختچه‌ای و درختی و بر اساس دوره زندگی در دو گروه یکساله و چندساله طبقه‌بندی شدند.



شکل ۳- کوادرات‌های آشیانه‌ای برای شمارش گیاهان گندمی و علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای و درختی، به ترتیب ۱، ۱۶ و

۱۰۰ مترمربع (اقتباس از Bonham, 2013)

Figure 3. Nested quadrats used to count grass and herbaceous plants, bushes, and shrubs and trees, respectively, for 1, 16, and 100 m² (Bonham, 2013)

مقادیر بیشتر از ۰/۰۵ بیانگر توزیع کپه‌ای، بین ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵ بیانگر توزیع تصادفی و کمتر از ۰/۰۲۵ نشان‌دهنده توزیع یکنواخت است.

تعیین الگوی پراکنش

شاخص وایتفورد یا نسبت وفور به فراوانی (A/F)

$$IMC = \bar{x} + \frac{s^2}{\bar{x}} - 1 \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$= \bar{x} + ICS$$

مقادیر IMC بیشتر از یک نشان‌دهنده توزیع کپه‌ای، مساوی یک بیانگر توزیع تصادفی و کمتر از یک نشان‌دهنده توزیع یکنواخت است.

تجزیه و تحلیل آماری

برای مقایسه روش‌های کوداراتی موردبررسی در تعیین الگوی پراکنش، از شاخص ضریب تغییرات (CV) استفاده شد. از آزمون استقلال کای اسکوتر برای بررسی رابطه بین فرم رویشی، دوره زندگی و درجه غالبیت گونه‌ای با الگوی پراکنش استفاده شد. اندازه اثر و توان آزمون کای اسکوتر در سطح ۰/۰۵ محاسبه شد. اندازه اثر قراردادی برای اندازه کوچک، ۰/۱، متوسط، ۰/۳ و بزرگ، ۰/۵ در نظر گرفته شد. برای رسیدن به توان مطلوب (۸۰ درصد) در سطح اطمینان ۰/۰۵، تعداد گونه گیاهی مورد نیاز تعیین شد. برای تعیین کفایت نمونه‌برداری از منحنی تجمع گونه‌ای (Species Accumulation Curve) استفاده شد. نمودار تعداد گونه مشاهده‌شده در برابر شدت نمونه‌برداری یا تعداد کودارات اندازه‌گیری شده منحنی تجمع گونه‌ای نامیده می‌شود. بر اساس این منحنی، با افزایش تعداد کودارات، به تدریج تعداد بیشتری از گونه‌های گیاهی مشاهده و شمارش می‌شوند، تا زمانی که در نهایت فقط نادرترین گونه‌ها باقی بمانند. هنگامی که این اتفاق می‌افتد، افزایش تعداد نمونه سبب افزایش تعداد گونه‌های ثبت‌شده نخواهد شد و منحنی به صورت خط مستقیم ظاهر خواهد شد. هنگامی که منحنی تجمع گونه‌ای به جانب نزدیک می‌شود، نمونه‌برداری برای جمع‌آوری بیشتر گونه‌های موجود کافی خواهد بود. تمام آزمون‌های آماری توسط بسته‌های stats، pwr و vegan در محیط R (R Core Team, 2021) انجام شد.

شاخص فشر یا شاخص پراکنندگی (Index of Dispersion: ID)

یا نسبت واریانس به میانگین (V/M)

این شاخص از رابطه ۱ محاسبه شد (Henderson and Southwood, 2016).

$$ID = \frac{s^2}{\bar{x}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن s^2 و \bar{x} به ترتیب واریانس و میانگین تعداد افراد در واحدهای نمونه‌برداری (کودارات) است. مقادیر ID بیشتر از یک نشان‌دهنده توزیع کپه‌ای، مساوی یک بیانگر توزیع تصادفی و کمتر از یک نشان‌دهنده توزیع یکنواخت است.

شاخص دیوید و مور یا اندازه خوشه (Index of Cluster Size: ICS)

این شاخص از رابطه ۲ محاسبه شد (Henderson and Southwood, 2016).

$$ISC = \frac{s^2}{\bar{x}} - 1 = ID - 1 \quad \text{رابطه (۲)}$$

مقادیر ICS بیشتر از صفر نشان‌دهنده توزیع کپه‌ای، مساوی صفر بیانگر توزیع تصادفی و کمتر از صفر نشان‌دهنده توزیع یکنواخت است.

شاخص گرین (Green's Index: GI)

شاخص گرین در حقیقت همان شاخص اصلاح شده ICS است که مستقل از N است. این شاخص از رابطه ۳ محاسبه شد (Henderson and Southwood, 2016).

$$GI = \frac{\frac{s^2}{\bar{x}} - 1}{n - 1} = \frac{ICS}{n - 1} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن، n تعداد کل افراد در کودارات‌ها است. مقادیر GI بیشتر از صفر نشان‌دهنده توزیع کپه‌ای، مساوی صفر بیانگر توزیع تصادفی و کمتر از صفر نشان‌دهنده توزیع یکنواخت است.

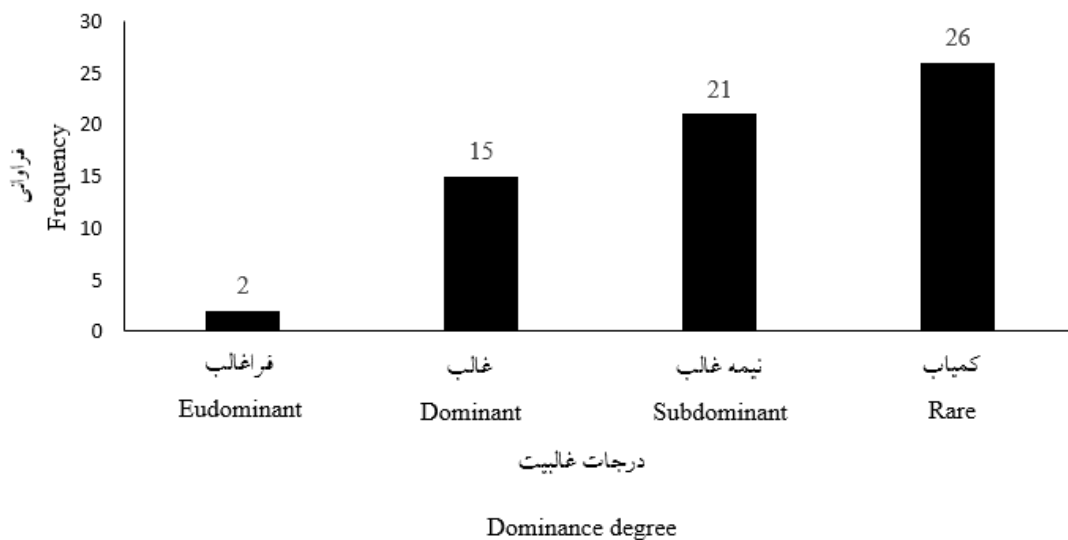
شاخص لوید یا میانگین تجمع (Index of Mean Crowding: IMC)

این شاخص از رابطه ۴ محاسبه شد (Henderson and Southwood, 2016).

نتایج

فراغالب منطقه موردبررسی هستند. از نظر درجه غالبیت، تعداد گونه‌های کمیاب، نیمه‌غالب، غالب و فراغالب به ترتیب ۲۶، ۲۱، ۱۵ و دو است (شکل ۴). از نظر الگوی پراکنش، براساس شاخص نسبت وفور به فراوانی، حدود ۹۷ درصد گونه‌ها دارای الگوی کپه‌ای و سه درصد دارای الگوی تصادفی هستند.

۶۴ گونه گیاهی در ۸۰ کودرات اندازه‌گیری شده شناسایی شد. نتایج نشان می‌دهد که گونه‌های *Poa bulbosa L.* و *Artemisia aucheri Boiss.* با بیشترین فراوانی (به ترتیب ۶۲/۵۰ و ۵۰ درصد) گونه‌های



شکل ۴- نمودار ستونی درجات غالبیت گونه‌های گیاهی منطقه موردبررسی

Figure 4. Bar chart of the dominance degree of plant species in the study area

جدول ۱- تراکم، فراوانی، وفور و نسبت وفور به فراوانی به همراه درجه غالبیت گونه‌های گیاهی در مناطق موردبررسی

Table 1. Density, frequency, abundance and abundance frequency ratio (A/F) and dominance degree of plant species in the study area

گونه Species	تراکم Density	فراوانی (درصد) Frequency (%)	وفور Abundance	وفور/فراوانی A/F	الگوی پراکنش Distribution	درجه غالبیت Dominance degree
1. <i>Poa bulbosa L.</i>	168.3	62.5	53.86	0.86	Clumped کپه‌ای	Eudominant فراغالب
2. <i>Artemisia aucheri Boiss.</i>	30.31	50	12.13	0.24	Clumped کپه‌ای	Eudominant فراغالب
3. <i>Euphorbia falcata L.</i>	2.13	28.75	1.48	0.05	Random تصادفی	Dominant غالب
4. <i>Gundelia tournefortii L.</i>	3.69	28.75	2.57	0.09	Clumped کپه‌ای	Dominant غالب
5. <i>Amygdalus lycioides Spach</i>	1.81	26.25	1.38	0.05	Random تصادفی	Dominant غالب
6. <i>Acanthophyllum pungens</i> (Bunge) Boiss	2.13	25	1.7	0.07	Clumped کپه‌ای	Dominant غالب

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

گونه Species	تراکم Density	فراوانی (درصد) Frequency (%)	وفور Abundance	وفور/فراوانی A/F	الگوی پراکنش Distribution	درجه غالبیت Dominance degree
7. <i>Eryngium bungei</i> Boiss.	12.06	22.5	10.72	0.48	Clumped کپهای	Dominant غالب
8. <i>Artemisia sieberi</i> Besser	10.69	20	10.69	0.53	Clumped کپهای	Dominant غالب
9. <i>Stipa barbata</i> Desf.	3.5	20	3.5	0.18	Clumped کپهای	Dominant غالب
10. <i>Bromus danthoniae</i> Trin.	2.63	17.5	3	0.17	Clumped کپهای	Dominant غالب
11. <i>Acantholimon erinaceum</i> (Jaub. & Spach) Linz.	2.13	17.5	2.43	0.14	Clumped کپهای	Dominant غالب
12. <i>Ephedra procera</i> Fisch. & C. A. Mey.	4.88	16.25	6	0.37	Clumped کپهای	Dominant غالب
13. <i>Teucrium polium</i> L.	1.94	16.25	2.38	0.15	Clumped کپهای	Dominant غالب
14. <i>Alyssum minus</i> L.	1.63	13.75	2.36	0.17	Clumped کپهای	Dominant غالب
15. <i>Matricaria matricarioides</i> (Less.) Porter	1.25	12.5	2	0.16	Clumped کپهای	Dominant غالب
16. <i>Noaea mucronata</i> Asch. & Schweinf.	0.81	11.25	1.44	0.13	Clumped کپهای	Dominant غالب
17. <i>Agropyron desertorum</i> (Fisch. ex Link) Schult.	1.94	10	3.88	0.39	Clumped کپهای	Dominant غالب
18. <i>Pistacia atlantica</i> Desf	0.44	8.75	1	0.11	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
19. <i>Echinops robustus</i> Bunge	0.94	8.75	2.14	0.24	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
20. <i>Marrubium vulgare</i> L.	0.94	8.75	2.14	0.24	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
21. <i>Bromus sterilis</i> L.	0.5	8.75	1.14	0.13	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
22. <i>Scorzonera cinerea</i> Boiss.	2.94	8.75	6.71	0.77	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
23. <i>Bromus tectorum</i> L.	3.63	7.5	9.67	1.29	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
24. <i>Sophora pachycarpa</i> Schrenk ex C. A. Mey	6.31	7.5	16.83	2.24	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
25. <i>Astragalus Pellitus</i> (Bunge.)	0.44	7.5	1.17	0.16	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
26. <i>Amygdalus scoparia</i> Spach	1.38	6.25	4.4	0.7	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
27. <i>Bromus madritensis</i> L.	1.44	6.25	4.6	0.74	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب
28. <i>Avena sativa</i> L.	0.88	6.25	2.8	0.45	Clumped کپهای	Subdominant نیمه غالب

ادامهٔ جدول ۱.

Continued table 1.

گونه Species	تراکم Density	فراوانی Frequency (%)	وفور Abundance	وفور/فراوانی A/F	الگوی پراکنش Distribution	درجه غالبیت Dominance degree
29. <i>Prangos ferulacea</i> L.	3.5	6.25	11.2	1.79	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
30. <i>Lolium multiflorum</i> Lam.	2.25	6.25	7.2	1.15	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
31. <i>Ziziphora tenuir</i> L.	0.44	6.25	1.4	0.22	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
32. <i>Ferula ovina</i> L.	0.56	6.25	1.8	0.29	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
33. <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	1.06	6.25	3.4	0.54	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
34. <i>Tulipa stylosa</i> Fisch. ex Fisch. & C.A.Mey.	2.25	6.25	7.2	1.15	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
35. <i>Salsola richteri</i> (Moq.) Karel ex Litv.	0.5	5	2	0.4	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
36. <i>Astragalus campylorhynchus</i> Fisch.	0.25	5	1	0.2	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
37. <i>Malcolmia strigosa</i> Boiss.	0.69	5	2.75	0.55	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
38. <i>Silene conoidea</i> L.	0.81	5	3.25	0.65	Clumped کپه‌ای	Subdominant نیمه‌غالب
39. <i>Peganum harmala</i> L.	0.75	3.75	4	1.07	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
40. <i>Avena fatua</i> L.	1.63	3.75	8.67	2.31	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
41. <i>Ferula gummosa</i> Boiss.	0.25	3.75	1.33	0.36	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
42. <i>Dianthus orientalis</i> Rech.F.	2.31	3.75	12.33	3.29	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
43. <i>Papaver rhoaes</i> L.	0.31	2.5	2.5	1	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
44. <i>Zygophyllum atriplicoides</i> Fisch. & C.A.Mey.	0.13	2.5	1	0.4	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
45. <i>Scariola orientalis</i> (Boiss.) Soják	0.13	2.5	1	0.4	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
46. <i>Stachys lavandulifolia</i> Vahl.	0.13	2.5	1	0.4	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
47. <i>Achillea tenuifolia</i> Lam.	7.94	2.5	63.5	25.4	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
48. <i>Achillea nobilis</i> L.	1.13	2.5	9	3.6	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
49. <i>Onopordon heteracanthum</i> C. A. Mey.	0.25	2.5	2	0.8	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
50. <i>Alhagi persarum</i> Boiss. & Buhse.	0.19	2.5	1.5	0.6	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

گونه Species	تراکم Density	فراوانی (درصد) Frequency (%)	وفور Abundance	وفور/فراوانی A/F	الگوی پراکنش Distribution	درجه غالبیت Dominance degree
51. <i>Artemisia scoparia</i> Waldst. et Kit.	0.44	2.5	3.5	1.4	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
52. <i>Oryzopsis molinioides</i> (Boiss.) Hack. ex paulsen	0.44	2.5	3.5	1.4	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
53. <i>Ferula foetida</i> (Bunge) Regel	0.13	2.5	1	0.4	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
54. <i>Tulipa montana</i> Lindl.	0.13	2.5	1	0.4	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
55. <i>Ziziphora tenuior</i> L.	0.06	1.25	1	0.8	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
56. <i>Scabiosa olivieri</i> Coult.	0.06	1.25	1	0.8	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
57. <i>Allium borszczowii</i> Regel	0.13	1.25	2	1.6	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
58. <i>Polygonum aviculare</i> L.	0.06	1.25	1	0.8	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
59. <i>Astragalus commixtus</i> Bunge	0.44	1.25	7	5.6	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
60. <i>Echium italicum</i> L.	0.13	1.25	2	1.6	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
61. <i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	0.13	1.25	2	1.6	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
62. <i>Malva neglecta</i> Wallr.	0.13	1.25	2	1.6	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
63. <i>Thymus pubescens</i> Boiss. & Kotschy ex celak	0.44	1.25	7	5.6	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب
64. <i>Launaea acanthodes</i> Boiss. O.Kuntze	0.13	1.25	2	1.6	Clumped کپه‌ای	Rare کمیاب

موردبررسی از نوع کپه‌ای و ۳۹ درصد از نوع تصادفی است. نتیجه شاخص میانگین تجمع (IMC) متفاوت از بقیه شاخص‌ها به دست آمد. براساس این شاخص، الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی کپه‌ای، یکنواخت و تصادفی به ترتیب ۶۷، ۲۴ و ۹ درصد بودند.

براساس شاخص‌های کوادراتی نسبت واریانس به میانگین (ID) و اندازه خوشه (ICS)، ۸۴ درصد گونه‌ها دارای الگوی کپه‌ای و ۱۶ درصد گونه‌ها دارای الگوی تصادفی هستند (جدول ۳). براساس شاخص گرین (GI) ۶۱ درصد الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی منطقه

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های کوادراتی محاسبه‌شده در تعیین الگوی پراکنش گونه‌های در مناطق موردبررسی

Table 2. Quadrature indices values to determine the distribution pattern of plant species in the study area

گونه‌های گیاهی Species	واریانس Variance	میانگین Mean	شاخص پراکنش ID	پراکنش Distribution	اندازه خوشه ICS	پراکنش Distribution	میانگین تجمع IMC	پراکنش Distribution	شاخص گرین GI	پراکنش Distribution
1	2942.18	33.66	87.4	Clumped کپه‌ای	86.4	Clumped کپه‌ای	120.06	Clumped کپه‌ای	1.09	Clumped کپه‌ای
2	119.5	6.06	19.71	Clumped کپه‌ای	18.71	Clumped کپه‌ای	24.77	Clumped کپه‌ای	0.24	Clumped کپه‌ای
3	0.6	0.43	1.42	Clumped کپه‌ای	0.42	Clumped کپه‌ای	0.84	Uniform یکنواخت	0.01	Random تصادفی
4	2.17	0.74	2.94	Clumped کپه‌ای	1.94	Clumped کپه‌ای	2.68	Clumped کپه‌ای	0.02	Clumped کپه‌ای
5	0.49	0.36	1.34	Clumped کپه‌ای	0.34	Clumped کپه‌ای	0.71	Clumped کپه‌ای	0	Random تصادفی
6	0.73	0.43	1.71	Clumped کپه‌ای	0.71	Clumped کپه‌ای	1.14	Clumped کپه‌ای	0.01	Random تصادفی
7	47.76	2.41	19.8	Clumped کپه‌ای	18.8	Clumped کپه‌ای	21.21	Clumped کپه‌ای	0.24	Clumped کپه‌ای
8	32.65	2.14	15.28	Clumped کپه‌ای	14.28	Clumped کپه‌ای	16.41	Clumped کپه‌ای	0.18	Clumped کپه‌ای
9	3.2	0.7	4.57	Clumped کپه‌ای	3.57	Clumped کپه‌ای	4.27	Clumped کپه‌ای	0.05	Clumped کپه‌ای
10	3.67	0.53	6.99	Clumped کپه‌ای	5.99	Clumped کپه‌ای	6.52	Clumped کپه‌ای	0.08	Clumped کپه‌ای
11	1.29	0.43	3.02	Clumped کپه‌ای	2.02	Clumped کپه‌ای	2.45	Clumped کپه‌ای	0.03	Clumped کپه‌ای
12	20.81	0.98	21.34	Clumped کپه‌ای	20.34	Clumped کپه‌ای	21.32	Clumped کپه‌ای	0.26	Clumped کپه‌ای
13	0.95	0.39	2.45	Clumped کپه‌ای	1.45	Clumped کپه‌ای	1.84	Clumped کپه‌ای	0.02	Clumped کپه‌ای
14	0.86	0.33	2.63	Clumped کپه‌ای	1.63	Clumped کپه‌ای	1.96	Clumped کپه‌ای	0.02	Clumped کپه‌ای
15	0.54	0.25	2.18	Clumped کپه‌ای	1.18	Clumped کپه‌ای	1.43	Clumped کپه‌ای	0.01	Random تصادفی
16	0.32	0.16	1.94	Clumped کپه‌ای	0.94	Clumped کپه‌ای	1.1	Clumped کپه‌ای	0.01	Random تصادفی
17	2.9	0.39	7.48	Clumped کپه‌ای	6.48	Clumped کپه‌ای	6.87	Clumped کپه‌ای	0.08	Clumped کپه‌ای
18	0.08	0.09	0.92	Random تصادفی	-0.08	Random تصادفی	0.01	Uniform یکنواخت	0	Random تصادفی
19	0.61	0.19	3.25	Clumped کپه‌ای	2.25	Clumped کپه‌ای	2.44	Clumped کپه‌ای	0.03	Clumped کپه‌ای
20	0.56	0.19	2.98	Clumped کپه‌ای	1.98	Clumped کپه‌ای	2.17	Clumped کپه‌ای	0.03	Clumped کپه‌ای
21	0.12	0.1	1.16	Clumped کپه‌ای	0.16	Clumped کپه‌ای	0.26	Uniform یکنواخت	0	Random تصادفی
22	6.83	0.59	11.62	Clumped کپه‌ای	10.62	Clumped کپه‌ای	11.21	Clumped کپه‌ای	0.13	Clumped کپه‌ای
23	8.23	0.73	11.35	Clumped کپه‌ای	10.35	Clumped کپه‌ای	11.07	Clumped کپه‌ای	0.13	Clumped کپه‌ای
24	34.5	1.26	27.33	Clumped کپه‌ای	26.33	Clumped کپه‌ای	27.59	Clumped کپه‌ای	0.33	Clumped کپه‌ای
25	0.11	0.09	1.21	Clumped کپه‌ای	0.21	Clumped کپه‌ای	0.3	Uniform یکنواخت	0	Random تصادفی
26	2.4	0.28	8.74	Clumped کپه‌ای	7.74	Clumped کپه‌ای	8.02	Clumped کپه‌ای	0.1	Clumped کپه‌ای
27	1.63	0.29	5.65	Clumped کپه‌ای	4.65	Clumped کپه‌ای	4.94	Clumped کپه‌ای	0.06	Clumped کپه‌ای

ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

گونه‌های گیاهی Species	واریانس Variance	میانگین Mean	شاخص پراکنندگی ID	پراکنش Distribution	اندازه خوشه ICS	پراکنش Distribution	میانگین مجموع IMC	پراکنش Distribution	شاخص گرین GI	پراکنش Distribution
28	0.65	0.18	3.73	Clumped کپه‌ای	2.73	Clumped کپه‌ای	2.9	Clumped کپه‌ای	0.03	Clumped کپه‌ای
29	19.2	0.7	27.43	Clumped کپه‌ای	26.43	Clumped کپه‌ای	27.13	Clumped کپه‌ای	0.33	Clumped کپه‌ای
30	4.43	0.46	9.72	Clumped کپه‌ای	8.72	Clumped کپه‌ای	9.18	Clumped کپه‌ای	0.11	Clumped کپه‌ای
31	0.16	0.09	1.79	Clumped کپه‌ای	0.79	Clumped کپه‌ای	0.88	Uniform یکنواخت	0.01	Random تصادفی
32	0.28	0.11	2.47	Clumped کپه‌ای	1.47	Clumped کپه‌ای	1.59	Clumped کپه‌ای	0.02	Clumped کپه‌ای
33	1.87	0.21	8.78	Clumped کپه‌ای	7.78	Clumped کپه‌ای	7.99	Clumped کپه‌ای	0.1	Clumped کپه‌ای
34	4.48	0.45	9.95	Clumped کپه‌ای	8.95	Clumped کپه‌ای	9.4	Clumped کپه‌ای	0.11	Clumped کپه‌ای
35	0.22	0.1	2.18	Clumped کپه‌ای	1.18	Clumped کپه‌ای	1.28	Clumped کپه‌ای	0.01	Random تصادفی
36	0.05	0.05	0.96	Random تصادفی	-0.04	Random تصادفی	0.01	Uniform یکنواخت	0	Random تصادفی
37	0.47	0.14	3.45	Clumped کپه‌ای	2.45	Clumped کپه‌ای	2.59	Clumped کپه‌ای	0.03	Clumped کپه‌ای
38	0.57	0.16	3.5	Clumped کپه‌ای	2.5	Clumped کپه‌ای	2.66	Clumped کپه‌ای	0.03	Clumped کپه‌ای
39	0.76	0.15	5.08	Clumped کپه‌ای	4.08	Clumped کپه‌ای	4.23	Clumped کپه‌ای	0.05	Clumped کپه‌ای
40	6.12	0.33	18.83	Clumped کپه‌ای	17.83	Clumped کپه‌ای	18.16	Clumped کپه‌ای	0.23	Clumped کپه‌ای
41	0.07	0.05	1.47	Clumped کپه‌ای	0.47	Clumped کپه‌ای	0.52	Uniform یکنواخت	0.01	Random تصادفی
42	15.32	0.46	33.11	Clumped کپه‌ای	32.11	Clumped کپه‌ای	32.58	Clumped کپه‌ای	0.41	Clumped کپه‌ای
43	0.16	0.06	2.57	Clumped کپه‌ای	1.57	Clumped کپه‌ای	1.63	Clumped کپه‌ای	0.02	Clumped کپه‌ای
44	0.02	0.03	0.99	Random تصادفی	-0.01	Random تصادفی	0.01	Uniform یکنواخت	0	Random تصادفی
45	0.02	0.03	0.99	Random تصادفی	-0.01	Random تصادفی	0.01	Uniform یکنواخت	0	Random تصادفی
46	0.02	0.03	0.99	Random تصادفی	-0.01	Random تصادفی	0.01	Uniform یکنواخت	0	Random تصادفی
47	143.13	1.59	90.16	Clumped کپه‌ای	89.16	Clumped کپه‌ای	90.75	Clumped کپه‌ای	1.13	Clumped کپه‌ای
48	3.24	0.23	14.4	Clumped کپه‌ای	13.4	Clumped کپه‌ای	13.62	Clumped کپه‌ای	0.17	Clumped کپه‌ای
49	0.12	0.05	2.48	Clumped کپه‌ای	1.48	Clumped کپه‌ای	1.53	Clumped کپه‌ای	0.02	Clumped کپه‌ای
50	0.06	0.04	1.65	Clumped کپه‌ای	0.65	Clumped کپه‌ای	0.69	Uniform یکنواخت	0.01	Random تصادفی
51	0.31	0.09	3.53	Clumped کپه‌ای	2.53	Clumped کپه‌ای	2.62	Clumped کپه‌ای	0.03	Clumped کپه‌ای
52	0.31	0.09	3.53	Clumped کپه‌ای	2.53	Clumped کپه‌ای	2.62	Clumped کپه‌ای	0.03	Clumped کپه‌ای
53	0.02	0.03	0.99	Random تصادفی	-0.01	Random تصادفی	0.01	Uniform یکنواخت	0	Random تصادفی
54	0.02	0.03	0.99	Random تصادفی	-0.01	Random تصادفی	0.01	Random تصادفی	0	Random تصادفی

ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

گونه‌های گیاهی Species	واریانس Variance	میانگین Mean	شاخص پراکنندگی ID	پراکنش Distribution	اندازه خوشه ICS	پراکنش Distribution	میانگین تجمع IMC	پراکنش Distribution	شاخص گرین GI	پراکنش Distribution
55	0.01	0.01	1	Random تصادفی	0	Random تصادفی	0.01	Random تصادفی	0	Random تصادفی
56	0.01	0.01	1	Random تصادفی	0	Random تصادفی	0.01	Random تصادفی	0	Random تصادفی
57	0.05	0.03	2	Clumped کپه‌ای	1	Clumped کپه‌ای	1.03	Random تصادفی	0.01	Clumped کپه‌ای
58	0.01	0.01	1	Random تصادفی	0	Random تصادفی	0.01	Uniform یکنواخت	0	Random تصادفی
59	0.61	0.09	6.77	Clumped کپه‌ای	5.77	Clumped کپه‌ای	6.09	Clumped کپه‌ای	0.08	Clumped کپه‌ای
60	0.05	0.03	2	Clumped کپه‌ای	1	Clumped کپه‌ای	1.03	Random تصادفی	0.01	Random تصادفی
61	0.05	0.03	2	Clumped کپه‌ای	1	Clumped کپه‌ای	1.03	Random تصادفی	0.01	Random تصادفی
62	0.05	0.03	2	Clumped کپه‌ای	1	Clumped کپه‌ای	1.03	Random تصادفی	0.01	Random تصادفی
63	0.61	0.09	6.77	Clumped کپه‌ای	5.77	Clumped کپه‌ای	6.09	Clumped کپه‌ای	0.08	Clumped کپه‌ای
64	0.05	0.03	2	Clumped کپه‌ای	1	Clumped کپه‌ای	1.03	Random تصادفی	0.01	Random تصادفی

نتایج نشان داد که شاخص فیشر یا نسبت واریانس به میانگین (ID) با کمترین ضریب تغییرات (۱/۸۶)، بیشترین دقت لازم برای تعیین الگوی پراکنش را دارد (جدول ۳).

جدول ۳- مقادیر ضریب تغییرات (CV) روش‌های کودراتی استفاده شده در تعیین الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی در منطقه مورد بررسی

Table 3. Coefficient of variation (CV) values of quadrate indices to determine the distribution pattern of plant species in the study area

وفور به فراوانی A/F	شاخص پراکنندگی ID	اندازه خوشه ICS	میانگین تجمع IMC	شاخص گرین GI	انحراف معیار SD
3.26	16.23	16.23	19.33	0.21	میانگین Mean
1.30	8.74	7.74	8.68	0.10	ضریب تغییرات CV
2.51	1.86	2.10	2.23	2.10	

نمودار موزاییک (Mosaic plot)، یک نمودار ستونی انباشته دو بعدی است که برای نمایش داده‌های طبقه‌بندی ترسیم می‌شود و درصدی از داده‌ها را در گروه‌ها نشان می‌دهد. برای دو متغیر، عرض ستون‌ها متناسب با تعداد مشاهدات در هر سطح از متغیر رسم شده در محور افقی است. طول عمودی ستون‌ها متناسب با تعداد مشاهدات در متغیر دوم در هر سطح از متغیر اول است. نسبت عمودی در نمودار شکل ۵،

علفی در الگوی پراکنش کپه‌ای بیشتر از سایر فرم‌های رویشی است. سهم گیاهان علفی در هر دو الگو به نسبت یکسان است. در فرم رویشی درختچه‌ای، الگوی تصادفی بیشتر از الگوی کپه‌ای مشاهده می‌شود.

نشان‌دهنده نسبت فرم‌های رویشی در هر کدام از انواع الگوی پراکنش است، در حالی که نسبت افقی، نسبت هر کدام از الگوهای پراکنش را در همان فرم رویشی نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، سهم گیاهان



شکل ۵- نمودار موزاییک سهم نسبی فرم‌های رویشی در هر کدام از الگوهای پراکنش. ستون‌های عمودی نشان‌دهنده سهم نسبی فرم‌های رویشی و ستون‌های افقی بیانگر سهم نسبی هر کدام از الگوهای پراکنش است.

Figure 5. Mosaic plot showing growth form relative proportions for distribution. The bars height corresponds with each growth form category relative proportion and the width represents the relative proportion of the distribution patterns.

تصادفی، بیشتر از الگوی کپه‌ای است. نمودار موزاییکی در شکل ۷ نشان می‌دهد که سهم گونه‌های یکساله و چندساله در الگوهای پراکنش کپه‌ای و تصادفی یکسان است.

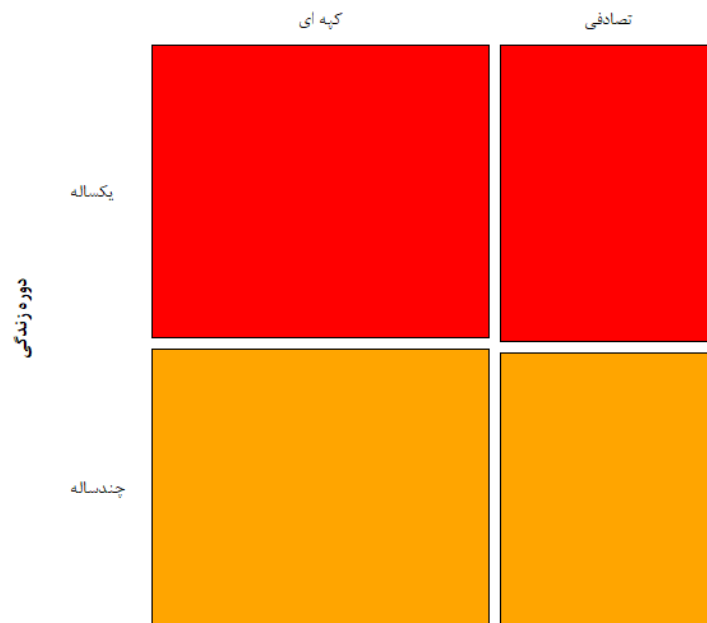
نمودار موزاییکی در شکل ۶ نشان می‌دهد که گونه‌های غالب و نیمه‌غالب درصد بیشتری از الگوی پراکنش کپه‌ای را نسبت به الگوی تصادفی دارند. برعکس، سهم گونه‌های کمیاب در الگوی پراکنش



الگوی پراکنش

شکل ۶- نمودار موزاییک سهم نسبی درجه غالبیت در هر کدام از الگوهای پراکنش. ستون‌های عمودی نشان‌دهنده سهم نسبی درجه غالبیت و ستون‌های افقی بیانگر سهم نسبی هر کدام از الگوهای پراکنش است.

Figure 6. Mosaic plot showing dominance degree relative proportions for distribution. The bars height corresponds with each dominance degree category relative proportion and the width represents the relative proportion of the distribution patterns.



الگوی پراکنش

شکل ۷- نمودار موزاییک سهم نسبی گیاهان یکساله و چندساله در هر کدام از الگوهای پراکنش. ستون‌های عمودی نشان‌دهنده سهم نسبی دوره های زندگی و ستون‌های افقی بیانگر سهم نسبی هر کدام از الگوهای پراکنش است.

Figure 7. Mosaic plot showing annuals and perennials relative proportions for distribution. The bars height corresponds with each life cycles category relative proportion and the width represents the relative proportion of the distribution patterns.

توان کافی برخوردار نیست (حداکثر توان: ۴۳ درصد). برای رسیدن به توان مطلوب (۸۰ درصد) در سطح اطمینان ۰/۰۵ چیزی حدود ۱۴۴ تا ۱۶۷ گونه گیاهی می‌بایست مورد بررسی قرار بگیرد (جدول ۴).

نتیجه آزمون استقلال کای اسکوتر نشان می‌دهد که بین فرم رویشی، دوره زندگی و درجه غالبیت گونه‌ای با الگوی پراکنش، رابطه معنی‌داری وجود ندارد ($p \geq 0.05$). اثر موارد مورد بررسی بر الگوی پراکنش، کم تا متوسط است (کمتر از ۰/۳). همچنین این آزمون از

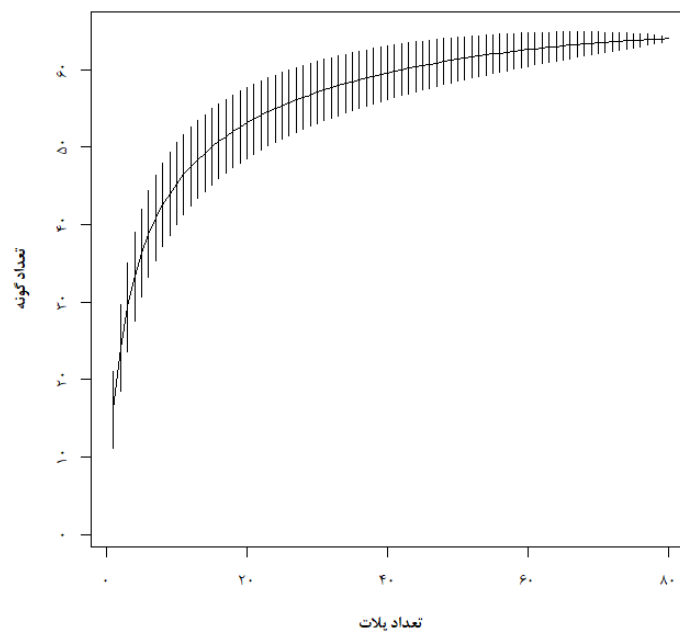
جدول ۴- اندازه نمونه، توان و اندازه اثر آزمون استقلال کای اسکوتر برای ویژگی‌های گیاهی مورد بررسی

Table 4. Sample size (N), power, specify effect size (w) for chi-square tests of association for plant traits

ویژگی Trait	آماره کای اسکوتر Chi-square	سطح معنی‌داری P.value	اندازه اثر Effect size	توان آزمون Power	تعداد نمونه مورد نیاز (توان ۰/۸۰) Sample size (power=0.80)
فرم رویشی Growth form	4.19	0.24	0.26	0.37	167
دوره زندگی Life cycle	0	1	0	0.05	-
درجه غالبیت Dominance degree	4.85	0.18	0.27	0.43	144

مورد بررسی مشاهده شد و برای ارزیابی غنای گونه‌ای کافی است (شکل ۸).

منحنی تجمع گونه‌ای نشان می‌دهد که با افزایش تعداد کوادرات به ۸۰ عدد، ۶۰ گونه گیاهی در منطقه



شکل ۸- منحنی تجمع گونه‌ای، بیانگر تعداد گونه (غنای گونه‌ای) در برابر تعداد کوادرات نمونه‌برداری شده (۸۰ عدد)

Figure 8. Species accumulation curve showing the cumulative richness against the unit sampling effort (80 quadrats)

بحث

بنه را تشخیص دهد. نتیجه (Rawat et al., 2023) در هیمالیا نشان داد که *Rosa* و *Juniperus communis* و *Pinus webbiana* از توزیع کپه‌ای و گونه‌های *Abies pindrow* و *Picea smithiana.wallichiana* نیز یک الگوی تصادفی را نشان داد. هیچ یک از گونه‌ها با الگوی پراکنش یکنواخت ثبت نشد.

الگوی کپه‌ای رایج‌ترین الگو در جنگل‌های طبیعی است (Sharma et al., 2009). در جنگل‌ها ممکن است در اثر ریزش بذور سنگین در اطراف پایه مادری باشد. در مناطق کوهستانی، به دلیل تغییرات دما، بارندگی، طول فصل رشد، تغییر در شدت تابش خورشیدی، بادهای تند در ارتفاع بالا و شیب تند، در توزیع، ترکیب و تنوع گونه‌ای تغییرات زیادی مشاهده می‌شود (Rahman et al., 2023). در بوم‌سازگان‌های مناطق خشک، به علت محدودیت‌های منابع غذایی و آب، پراکنندگی بذور، رقابت‌های درون و بین گونه‌ای، چرای دام و فعالیت‌های انسانی، گونه‌های گیاهی در میکروتوپوگرافی‌ها تجمع پیدا می‌کنند (Zhang et al., 2021; Rawat et al., 2022). بنابراین الگوی کپه‌ای بیشتر به دلیل توزیع نابرابر مواد غذایی یا سایر منابع در محیط رخ می‌دهد (Hailu, 2017). Zolfaghari et al. (2022) وجود الگوی کپه‌ای در توده‌های *Tecomella undulata* R. را به شرایط خشک و کمبود رطوبت نسبت داد. همچنین نوع تکثیر رویشی نیز تاثیرگذار است. به‌عنوان نمونه، گیاهانی که قادر به تکثیر از طریق پنجه، ریزوم یا استولون هستند، گاهی اوقات می‌توانند یک توده بزرگ متشکل از یک فرد را تشکیل دهند (Zang et al., 2022).

الگوی پراکنش تصادفی گیاهان اگرچه ممکن است در طبیعت غیر عادی باشد، اما در جوامع بالغ‌تر ممکن است رخ دهد (Bonham, 2013). انتشار بذور از طریق

این پژوهش به بررسی الگوی پراکنش گیاهان منطقه حفاظت‌شده شاسکوه پرداخت. رویشگاه اصلی موردبررسی، رویشگاه *Amygdalus scoparia* Spach با زیراشکوب *Poa* و *Artemisia aucheri* Boiss. و *bulbosa* L. بود. نتایج نشان داد که الگوی پراکنش گونه‌های فراغالب و غالب موردبررسی از نوع کپه‌ای است. تک درخت منطقه موردبررسی، بنه (*Pistacia atlantica* Desf) دارای الگوی تصادفی است. Haq et al. (2022) در جنگل غرب هیمالیا گزارش کردند که ۹۵ درصد درختان دارای الگوی کپه‌ای هستند و پنج درصد گونه‌های باقی‌مانده الگوهای پراکنش تصادفی و یکنواخت را نشان می‌دهند. نتایج پژوهش Akhavan and Hassani (2023) نشان داد که الگوی پراکنش درختان در جنگل‌های خالص راش اغلب تصادفی است.

همان‌طور که اشاره شد، در بیشتر پژوهش‌های علوم جنگل، از شاخص نسبت واریانس به میانگین استفاده می‌شود. Freitas Alves and Santana (2022) دلیل رایج بودن شاخص‌های کلاسیک مثل نسبت واریانس به میانگین را ارتباط این مقادیر به توزیع‌های احتمال پواسون، دوجمله‌ای منفی و دوجمله‌ای مثبت دانستند. نتیجه این پژوهش نشان داد که شاخص نسبت واریانس به میانگین، الگوی پراکنش هیچ گونه‌ای را از نوع یکنواخت شناسایی نکرد. بر اساس این شاخص، الگوی پراکنش تنگرس (*Amygdalus lycioides* Spach) از نوع تصادفی و الگوی پراکنش بنه (*Pistacia atlantica* Desf) از نوع کپه‌ای بود که این با نتیجه Karimi et al. (2012) مطابقت دارد. نتایج Erfanifard et al. (2012) نشان داد از بین شاخص‌های کودارتنی، شاخص نسبت وفور به فراوانی نتوانست الگوی مکانی کپه‌ای درختان

به نظر می‌رسد علاوه بر ویژگی‌های محیطی (اقلیم، خاک و پستی و بلندی)، مراحل توالی جنگل، شدت نمونه‌برداری (تعداد نمونه و اندازه نمونه)، روش نمونه‌برداری (کوداراتی یا فاصله‌ای)، شاخص مورد استفاده نیز بر روی نتیجه تاثیرگذار باشد. در پژوهش‌های مختلفی روش‌های فاصله‌ای و کوداراتی مقایسه شده است (Bidarnamani and Shabanipour, 2017; Nobahar et al., 2018; Vahidi et al., 2018). اگرچه انتقاداتی به روش‌های کوداراتی وجود دارد (Bonham, 2013). نتیجه پژوهش Erfanifard et al. (2012) و Yari et al. (2018) نشان داد که شاخص‌های کوداراتی به مراتب بهتر از شاخص‌های فاصله‌ای عمل کردند. برعکس، نتایج تحلیل‌های آماری Bidarnamani and Shabanipour (2018) نشان داد که شاخص‌های فاصله‌ای نسبت به شاخص‌های کوداراتی دقت بیشتری داشتند. با این حال، شاخص‌های فاصله‌ای تنها می‌توانند وضعیت متوسط ساختار یک جنگل خاص را ارائه دهند و نمی‌توانند برای توصیف تغییرات زیاد الگوهای مکانی، به‌ویژه در جنگل‌های بسیار پیچیده و ناهمسال که دارای ویژگی‌های ساختاری بسیار متغیری در مقیاس خرد هستند، استفاده شود (Dong et al., 2020). تجربه نشان می‌دهد که اجرا و اندازه‌گیری تراکم به روش‌های فاصله‌ای زمان‌بر است. Goze et al. (2023) توصیه می‌کنند روش‌های اندازه‌گیری تراکم ترجیحاً می‌بایست مقرون به صرفه، به کارگیری آسان و از پروتکل‌هایی استفاده شود که از خطاهای ارزیابی جلوگیری کند.

از آنجایی که یک شاخص نمی‌تواند به تنهایی تخمین‌های دقیقی از الگوی پراکنش ارائه دهد، در پژوهش حاضر از پنج شاخص کوداراتی رایج استفاده شد. از بین شاخص‌های مورد بررسی، شاخص میانگین تجمع (IMC) الگوی پراکنش حدود ۲۴ درصد از

آب، باد، چسبیدن به پوست و بدن دام و حیات وحش از دلایل احتمالی الگوی تصادفی گیاهان محسوب می‌شود. Zabiolahi et al. (2015) قطع و سرشاخه زنی درختان را عامل قطع پیوستگی تاج پوشش جنگل بلوط شهرستان بانه دانست که این به تغییر الگوی پراکنش کپه‌ای به الگوی تصادفی منجر شد.

الگوی پراکنش یکنواخت در بوم‌سازگان‌های طبیعی نادر است (Krebs, 2014). Shabanian (2013) الگوی پراکنش *Quercus libani Oliv* و *Quercus infectoria Oliv* در جنگل‌های شمالی زاگرس را از نوع یکنواخت تشخیص داد، وی این نتیجه را به استفاده شدید انسانی نسبت داد. به‌طور کلی کشت یکنواخت گیاهان در قالب طرح‌های جنگلکاری یکی از دلایل الگوی پراکنش یکنواخت گیاهان محسوب می‌شود. همچنین ترشح مواد آلوکمی‌کال (Allelochemicals) در اطراف پایه گیاهی که مانع رشد گیاهان مجاور می‌شود نیز به پراکنش یکنواخت گیاهان کمک می‌کند؛ به‌عنوان مثال گونه خاصی از مریم‌گلی (*Salvia leucophylla Greene*) مواد سمی ترشح می‌کند که گیاهان مجاور را از بین می‌برد. از آنجایی که منطقه اطراف مریم‌گلی توسط سم غیرقابل سکونت می‌شود، گیاهان با شعاع خالی مشخصی در اطراف مریم‌گلی قرار می‌گیرند و این منجر به توزیع یکنواخت می‌شود (Sakai and Yoshimura, 2012).

Wehenkel et al. (2015) خود تنکی (Self-thinning) به دلیل مرگ و میر ناشی از رقابت درون-گونه‌ای را علت اصلی کاهش شدت تجمع *Picea chihuahuana Mtz.* دانستند. درختان به دلیل رشد و سایه‌اندازی بیشتر و افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و بین-گونه‌ای بر سر منابع غذایی، آب و نور قادر به حذف گیاهان ضعیف‌تر خواهند شد که به این پدیده اصطلاحاً خودتنکی گفته می‌شود.

گونه‌های موردبررسی را یکنواخت تشخیص داد، چندان با واقعیت هم‌خوانی ندارد.

نتایج این پژوهش نشان داد که الگوی پراکنش گیاهان مستقل از فرم رویشی و درجه غالبیت گیاهان است. با این وجود، سهم گونه‌های کمیاب در الگوی پراکنش تصادفی، بیشتر از الگوی کپه‌ای است. Condit et al. (2000) نظر متفاوتی دارند، نتیجه پژوهش آنها نشان داد که الگوی پراکنش گیاهان کمیاب نسبت به گونه‌های غالب، کپه‌ای‌تر است.

در این پژوهش، ساختار غالب ترکیب گونه‌ای به روش Weigmann (1973) که بر مبنای فراوانی گونه‌ای است، طبقه‌بندی شد. اگرچه این روش در پژوهش‌های علوم جنگل، بیشتر برای جوامع جانوری استفاده شده است (Zamani et al., 2023; Mirab-balou and Miri, 2020)، اما مانند تمام شاخص‌های موردبررسی در این پژوهش و شاخص‌های تنوع گونه‌ای که در بوم‌شناسی جانوری نیز به کار می‌روند، منعی برای استفاده از آن در پژوهش‌های جوامع گیاهی وجود ندارد.

از بین شاخص‌های موردبررسی، اگر چه نسبت واریانس به میانگین به دلیل اینکه کمترین ضریب تغییرات را دارد، احتمالاً بهترین شاخص برای تعیین الگوی پراکنش باشد، اما در عمل آنچه که در طبیعت و در حین نمونه‌برداری مشاهده می‌شد، بخش اعظم گونه‌های کمیاب تنها در یک یا دو کوادرات به صورت تصادفی حضور داشتند و حتی در پیمایش میدانی برای شناسایی فلور منطقه نیز به ندرت مشاهده می‌شدند، از این رو منطقی است که به صورت تصادفی حضور دارند. Rostami and Rafiei (2018) نیز نتیجه نسبت واریانس به میانگین را برای گونه‌های با فراوانی کم مثل کیکم (*Acer monspessolanum* L.) و زالزالک (*Cratagus azarolus* L.) در منطقه حفاظت‌شده

قلارنگ استان ایلام قابل قبول ندانستند.

از بین شاخص‌های موردبررسی، شاخص گرین، بیشتر گونه‌های کمیاب را به صورت الگوی تصادفی تشخیص داده است. بنابراین به نظر می‌رسد، شاخص گرین با واقعیت زمینی در منطقه موردبررسی بیشتر مطابقت دارد. Keren (2020) برای تعیین الگوی پراکنش جوامع گیاهی *Piceo-Abieti-Fagetum dinaricum* شامل درختان *Fagus sylvatica* L. در *Picea abies* (L.) H. Karst و *Abies alba* Mill. بوسنی و هرزگوین، از روش‌های کوارداتی و توزیع‌های آماری استفاده کرد، نتیجه روش نسبت واریانس به میانگین نشان داد که الگوی اشکوب فوقانی عمدتاً از نوع تصادفی و اشکوب تحتانی از نوع کپه‌ای بود. نتیجه توزیع‌های آماری با اندکی اختلاف نشان داد که بیشتر گونه‌ها به ترتیب با توزیع پواسون (تصادفی)، دوجمله‌ای (یکنواخت) و دوجمله‌ای منفی (کپه‌ای) مطابقت دارد.

شاید این سوال به ذهن خطور کند که آیا ۸۰ کوادرات استفاده شده در این پژوهش به اندازه کافی بزرگ است که الگوی پراکنش را تشخیص دهد؟ منحنی تجمع گونه‌ای نشان داد که با افزایش تعداد ۸۰ کوادرات، منحنی به مجانب نزدیک شده و تقریباً بیشتر گونه‌های غالب و نیمه‌غالب موجود در منطقه در نمونه‌برداری مشاهده شده‌اند. تعداد ۶۴ گونه مشاهده شده در کوادرات‌ها، مسلماً کمتر از تعداد گونه‌های واقعی موجود در منطقه است. از این رو تعداد ۸۰ کوادرات شاید برای پژوهش‌های اندازه‌گیری پوشش گیاهی و تعیین الگوی پراکنش کافی باشد، اما همانطور که نتایج نشان داد برای بررسی اثر فرم رویشی بر الگوی پراکنش، حدود ۱۶۷ گونه گیاهی می‌بایست بررسی شود، در حالی که حداکثر گونه گیاهی با ۸۰ کوادرات،

مقیاس نمونه‌برداری تغییر می‌کند، تعداد گونه‌های رایج و کمیاب تغییر می‌کند و ترکیب گونه‌ای و روابط بین گونه‌ای جوامع گیاهی نیز تغییر می‌کند (Zang et al., 2022). از این رو نتایج خیلی قابل مقایسه نیست. در نهایت پیشنهاد می‌شود، برای تعیین الگوی پراکنش جوامع گیاهی در گستره وسیع، علاوه بر روش‌های کودارتی، از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی توسط پهپاد نیز استفاده شود تا نتیجه واقعی تری به دست آید.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که الگوی پراکنش بین ۶۱ تا ۹۷ درصد گونه‌های موردبررسی از نوع کپه‌ای است. نتیجه شاخص گرین نسبت به بقیه شاخص‌ها منطقی‌تر به نظر می‌رسد. الگوی پراکنش ارتباط معنی‌داری با فرم رویشی، دوره زندگی و درجه غالبیت گیاهان موردبررسی ندارد. در نهایت پیشنهاد می‌شود برای تعیین راهبرد نمونه‌برداری و انتخاب فواصل کشت گیاهان، به کپه‌ای بودن گیاهان غالب منطقه توجه شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از جناب آقای مهندس بهمن مودی معاون محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان جنوبی و محیط‌بانان زحمت کش پاسگاه محیط بانی شهید ناصری واقع در منطقه حفاظت شده شاسکوه به خاطر فراهم کردن امکانات لازم و تهیه وسیله ایاب و ذهاب برای انجام این پژوهش، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.

References

Akhavan, R.; Hassani, M., Quantifying the structure of pure beech forests using spatial structural indices (case study: Hyrcanian forests of Mazandaran province, Iran). *Forest*

۶۴ گونه بود، بنابراین برای آزمون آماری کای اسکوتر، ۸۰ کودارات اصلاً کافی نیست. البته شرط استفاده از منحنی تجمع گونه‌ای برای تعیین کفایت نمونه‌برداری این است که نمونه‌ها می‌بایست همگی از یک زیستگاه واحد و به نسبت همگن جمع‌آوری شده باشند (Seaby and Henderson, 2006) که در مناطق کوهستانی، انتخاب مناطق همگن از نظر ویژگی‌های توپوگرافی و حتی خاکی بسیار مشکل است. مشابه این پژوهش Keren (2020) نیز از ۸۰ کودارات استفاده کرد. Chen (2019) and Shiyomi (2019) برای ارزیابی الگوی پراکنش در گراسلندها از ۵۰ تا ۱۰۰ کودارات بهره بردند. Hoseinpoor et al. (2017) برای تعیین الگوی پراکنش *Berberis integerrima* Bunge در ارتفاعات بلده نور از ۳۰ کودارات استفاده کرد. Krebs (2014) برای استفاده از شاخص گرین، حداقل اندازه نمونه ۵۰ کودارات را توصیه می‌کند.

یک نکته محتاطانه در مورد پیمایش میدانی این است که نتایج نمونه‌برداری به دست آمده با استفاده از روش‌های کودارات، تحت تاثیر اندازه کودارات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bonham, 2013). Bonham (2013) معتقد است که اندازه کودارات، توزیع آماری داده‌ها (پواسون، دوجمله‌ای و دوجمله‌ای منفی) را تحت تاثیر قرار می‌دهد، نه الگوی پراکنش گیاهان را. اندازه کودارات (با هر شکل) در تحقیقات اشاره شده در این پژوهش، از ۰/۰۱ مترمربع (Chen and Shiyomi, 2019) و ۲۵۰۰ مترمربع (Erfanifard et al., 2008) تا آماربرداری صددرصد در ۱۴۰ هکتار (Ghanbari et al., 2018) متغیر بوده است. هنگامی که

Research and Development 2023, 9(2), 221-235. (In Persian)

Akhtari, M. H.; Mataji, A.; Babaei Kafaki, S.; Kiadaliri, H., Spatiotemporal dynamics of trees distribution patterns following disturbance caused by decline in the oak

- forests of Lorestan province. *Forest Research and Development* **2023**, 9(3), 401-418. (In Persian)
- Alijani, V.; Sadeghi, S.M. M.; Namiranian, M.; Akhavan, R., Determination of the optimum plot size to study the spatial patterns of *Juniperus Excelsa* trees (Case study: Atashgah; Karaj). *Journal of Environmental Science and Technology* **2020**, 22(7), 113-123. (In Persian)
- Bidarnamani, F.; Shabanipour, M., Comparison of distance's indicators and quadrates' indicators in determination of dispersion pattern of *Fritillaria imperialis* L. Ilam. *Journal of Ornamental Plants* **2018**, 8(3); 193-203. (In Persian)
- Bonham, C. D.; *Measurements for terrestrial vegetation*, John Wiley and. Sons, New York. 2nd ed.; **2013**; p 272.
- Butler, L.; Sanderson, R., National-scale predictions of plant assemblages via community distribution models: Leveraging published data to guide future surveys. *Journal of Applied Ecology* **2022**, 59 (6), 1559-1571.
- Chen, J.; Shiyomi, M., A power law model for analyzing spatial patterns of vegetation abundance in terms of cover; biomass; density; and occurrence: derivation of a common rule. *Journal of plant research* **2019**, 132(4), 481-497.
- Chen, J.; Shiyomi, M.; Hori, Y.; Yamamura Y., Frequency distribution models for spatial patterns of vegetation abundance. *Ecological Modelling* **2008**, 211(3-4), 403-410.
- Condit, R.; Ashton, P. S.; Baker, P.; Bunyavejchewin, S.; Gunatilleke, S.; Gunatilleke, N.; Hubbell, S. P.; Foster, R. B.; Itoh, A.; LaFrankie, J. V.; Lee, H. S.; Losos, E.; Manokaran, N.; Sukumar, R.; Yamakura, T., Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* (New York; N.Y.) **2000**, 288(5470), 1414-1418.
- Darabi, H.; Gholami, Sh.; Sayad, E., Spatial distribution of oak decline in relation to trees morphologic properties in Zagros Forests; Kermanshah. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2016**, 23(Supplement 2), 1-21. (In Persian)
- Dong, L.; Wei, H.; Liu, Z., Optimizing Forest Spatial Structure with Neighborhood-Based Indices: Four Case Studies from Northeast China. *Forests* **2020**, 11(4), 413.
- Erfanifard, Y.; Fegghi, J.; Zobeiri, M.; Namiranian, M., Investigation on the spatial pattern of trees in Zagros forests. *Iranian Journal of Natural Resources* **2008**, 60, 1319-1328. (In Persian)
- Erfanifard, Y.; Mahdian, F.; Fallah Shamsi, R.; Bordbar, K., The efficiency of distance- and density-based indices in estimating the spatial pattern of trees in forests (Case study: Wild Pistachio Research Forest; Fars province; Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2012**, 20(3); 392-379. (In Persian)
- Fakhar Izadi, N.; Keshtkar, H., Investigating the effects of distribution patterns on ecological indices of plant species in a simulated environment. *Desert* **2020**, 25(2), 201-211.
- Fallahchay, M.; Khoshmanzar, S., Determination of Spatial Distribution Pattern Analysis of *Acer Velutinum* Species in two Elevation Classes using Distance Sampling Methods (Case Study: Asalem Nav Forests; Series No. 2). *Iranian Forest Ecology Journal* **2019**, 7(13), 83-90. (In Persian)
- Freitas Alves, G.; Santana, D.G., Why do traditional dispersion indices used for analysis of spatial distribution of plants tend to become obsolete? *Population Ecology* **2022**, 64(2), 80-92
- Gairola, S.; Sharma, C.M.; Suyal, S.; Ghildiyal, S.K., Composition and diversity of five major forest types in moist temperate climate of the western Himalayas. *Forest Ecosystems* **2011**, 13(2), 139-153.
- Ghanbari, S.; Abbasnezhad alchin, A.; Moradi, G.; Khlegi, B., Spatial distribution pattern and economic value map of five species, walnut, plum, cornelian cherry, hawthorn, and medlar in Arasbaran protected area. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2018**, 25(2), 1-33. (In Persian)
- Gholami, Sh.; Ahmadiyan, Z.; Sayad, E., Spatial analysis of tree regeneration in a preserved area in Zagros forests; Iran. *Environmental Resources Research* **2021**, 9(1), 31-42.
- Gosain, B. G.; Negi, G. C. S.; Dhyani, P. P.; Bargali, S. S.; Saxena, R., (2015). Ecosystem services of forests: Carbon Stock in vegetation and soil components in a watershed of Kumaun Himalaya, India. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* **2015**, 41 (3-4), 177-188.

- Gozá, L.; Ekström, M.; Sandring, S.; Jonsson, B.; Wallerman, J.; Ståhl, G., Estimation of plant density based on presence/absence data using hybrid inference. *Ecological Informatics* **2023**, 102377.
- Haq, SM; Khan, I; Malik, ZA; Singh, B., Plant diversity and species distribution pattern across the Pir Panjal Mountain Forest range in the Western Himalayas. In *Biodiversity; Conservation and Sustainability in Asia*; Öztürk, M; Khan, SM; Altay, V; Efe, R; Egamberdieva, D; Khassanov, FO (eds) Springer, Berlin, **2022**; pp 67-84.
- He, C.; Jia, S.; Luo, Y.; Hao, Z.; Yin, Q. Spatial Distribution and Species Association of Dominant Tree Species in Huangguan Plot of Qinling Mountains, China. *Forests* **2022**, *13*, 866.
- Henderson, T.; Southwood, R. E., *Ecological Methods*, 4th Edition, Wiley-Blackwell, **2016**; 614 p.
- Hesabi, A.; Alavi, S. J.; Esmailzadeh, O., 2022. Determination of spatial pattern and interspecific competition in mixed yew stand in Afratakhteh Forest of Aliabad. *Forest Research and Development* **2022**, *7*(4), 545-559. (In Persian)
- Hoseinpoor, L; Jafarian, Z; Rastgar, S; Ghlichnia, H., Determination of spatial pattern of *Berberis integerrima* using hundred percent sampling methods; distance and point indices in Asbchar woody rangeland in Mazandaran province. *Journal of Plant Ecosystem Conservation* **2017**, *5* (10), 139-153. (In Persian)
- Karimi, M.; Pormajidian, M. R.; Jalilvand, H.; Safari, A., Preliminary study for application of O-ring function in determination of small-scale spatial pattern and interaction species (Case study: Bayangan forests; Kermanshah). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2012**, *20*(4), 621-608. (In Persian)
- Keren, S., Modeling Tree Species Count Data in the Understory and Canopy Layer of Two Mixed Old-Growth Forests in the Dinaric Region. *Forests* **2020**, *11*(5), 531.
- Kimberly, A. W., *Essentials of Landscape Ecology* (Oxford, 2019; online edn, Oxford Academic, 22 Aug. 2019), <https://doi.org/10.1093/oso/9780198838388.001.0001>, accessed 19 Dec. **2019**.
- Krebs, C.J., *Ecological Methodology*. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc, 3rd ed.; **2014**; p 620.
- Kumar, M.; Bhatt, V., Plant Biodiversity and Conservation of Forests in Foot Hills of Garhwal Himalaya. *Lyonia* **2006**, *11*(2), 43-59.
- Legendre, P.; Legendre, L., *Numerical Ecology*. Elsevier Scientific Publishing Company; Amsterdam. 3rd ed.; **2012**; p 990.
- Li, Y.; Hui, G.; Wang, H.; Zhang, G.; Ye, S.; Selection priority for harvested trees according to stand structural indices. *iForest* **2017**, *10*, 561-566.
- Malik, A.Z; Bhatt, A.B.; Regeneration Status of Tree Species and Survival of Their Seedlings in Kedarnath Wildlife Sanctuary and Its Adjoining Areas in Western Himalaya, India. *Tropical Ecology* **2016**, *57*, 677-690.
- Mirab-balou, M.; Miri, B., A Survey of Diversity and Frequency of Oak Thrips during Different Seasons in Eyvan County (Ilam Province). *Taxonomy and Biosystematics* **2020**, *12*(42), 83-92. (In Persian)
- Mirzaei, M.; Bonyad, A. E.; Aziz, J., Investigation comparison of K-Ripley and distance indices in order to determinate of spatial pattern of *Quercus Brantii* Lindl. in Zagros forests. *Forest Research and Development* **2016**, *1*(3), 231-240. (In Persian)
- Monnier-Corbel, A.; Robert, A.; Hingrat, Y.; Benito, B.M.; Monnet, A-Ch.; Hingrat, Y.; Species Distribution Models predict abundance and its temporal variation in a steppe bird population. *Global Ecology and Conservation* **2023**, *43*, e02442.
- Nobahar, S.; Sefidi, K.; Sagheb Talebi, K., Quantifying the structure of beech stands at old growth phase (Case study: Asalem forests, northern Iran). *Forest research and development* **2018**, *4* (1), 85-96. (In Persian)
- Pirozi, N; Kohandel, A; Jafari, M; Tavili, A; Mortezaei Farizhendi, G., Distribution pattern of oak species (*Quercus brantii*) and its relationship with some soil factors (case study: in Khanmirza region; Chaharmahal va Bakhtiari). *Journal of Plant Ecosystem Conservation* **2017**, *5* (10), 101-117. (In Persian)
- Piroozy, F.; Soosani, J.; adeli, K.; Maleknia, R.; Naghavi, H.; Hossinzadeh, R., The comparison of forest structure in Oak stands with different density and mixture (Case study: Noyjian forests of Khorramabad). *Forest Research and Development*, **2018**, *4*(1), 15-28. (In Persian)

- R Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing; Vienna. **2021**.
<https://www.R-project.org>
- Rahman, I.U.; Hart, R.E.; Afzal, A. *et al.* Vegetation–environment interactions: plant species distribution and community assembly in mixed coniferous forests of Northwestern Himalayas. *Scientific Reports* **2023**, *13*, 17228.
- Raj, A.J.; Lal, S.B., *Forestry Principles and Applications*. Scientific Publishers, **2013**; p 805.
- Rawat, B.; Gaira, K.; Gairola, S.; Tewari, L.; Rawal, R., Spatial prediction of plant species richness and density in high-altitude forests of Indian west Himalaya. *Trees; Forests and People* **2021**, *6*. 100132.
- Rawat, Y.S.; Negi, V.S.; Moussa, I.M; Zaman, W.; Elansary, H.O., Diversity; Distribution and Vegetation Assessment of Woody Plant Species in the Cold Desert Environment; North-Western Himalaya; India. *Sustainability* **2023**, *15*(13), 10429.
- Rostami, A.; Rafiei, S.F., The evaluation of spatial distribution pattern of Indicator species forests of Ghalarang protected area in Ilam province. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2018**, *30*(4), 843-852. (In Persian)
- Rostampour, M.; Jafari, M.; Tavili, A.; Azarnivand, H.; Eslami, S.V., Plant Species Richness and Diversity Patterns along Elevation Gradient in Shaskouh Protected Area; South Khorasan. *Journal of Plant Ecosystem Conservation* **2018**, *5* (11), 217-231. (In Persian)
- Safari, A.; Heidari, R. H.; Shabaniyan, N.; Karimi, M., An investigation of spatial pattern in *Pistacia atlantica* Desf. stands by angular method in Javanroud region of Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014**, *22*(2), 347-357. (In Persian)
- Safari, M.; Sefidi, K.; Alijanpour, A.; Elahian, M. R., Efficiency evaluation of the plotless method methods for estimating the spatial structure of Persian oak (*Quercus macranthera*) stands in Arasbaran forests. *Forest Research and Development* **2019**, *5*(4), 559-612. (In Persian)
- Sakai, A; Yoshimura, H., Monoterpenes of *Salvia leucophylla*. *Current Bioactive Compounds* **2012**, *8*(1), 90-100.
- Seaby, R. M.; Henderson, P. A., *Species Diversity and Richness Version 4*. Pisces Conservation Ltd.; **2006**.
- Sekar, K. C.; Thapliyal, N.; Pandey, A.; et al., Plant species diversity and density patterns along altitude gradient covering high-altitude alpine regions of west Himalaya; India. *Geology; Ecology; and Landscapes* **2023**, 1-15.
- Shabaniyan, N., 2013. Tree spatial patterns in the Zagros forests. *European Journal of Experimental Biology* **2013**, *3*(3), 121-125.
- Sharma, C.M.; Ghildiyal, S.K.; Gairola, S., Vegetation structure; composition and diversity in relation to the soil characteristics of temperate mixed broad-leaved forest along an altitudinal gradient in Garhwal Himalaya. *Indian Journal of Science and Technology* **2009**, *2*, 39-45
- Sharma, J.; Raina; A., Quantitative analysis; distributional pattern and species diversity of woody plant species of Lamberi Forest Range; Rajouri; J&K; India. *Journal of Applied and Natural Science* **2018**, *10*, 522-527.
- Soltanian, S.; Heydari, M.; Khosropour, E., Spatial pattern of Lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) in Baneh forests; Kurdistan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, *25*(3), 463-473. (In Persian)
- Thakur, A. K.; Kumar, R.; Verma, R. K., Abundance; frequency and distribution pattern of tree species in recorded forest area of Western Himalaya. *Notulae Scientia Biologicae* **2020**, *12*(2), 341-355.
- Vahidi, K.; Gholi-nejad, B.; Karami, P., Comparing distance and quadrature indices in determining the distribution pattern of three shrub species (Case study: suburban rangeland of Kurdistan). *Iranian Journal of Range and Desert Research* **2017**, *23*(4), 856-863. (In Persian)
- Wehenkel, C.; Brazão-Protázio, J.M.; Carrillo-Parra, A.; Martínez-Guerrero, J.H.; Crecente-Campo, F., Spatial Distribution Patterns in the Very Rare and Species-Rich *Picea chihuahuana* Tree Community (Mexico). *PLoS ONE* **2015**, *10*(10), e0140442.
- Weigmann, G., Zur ökologie der collembohlen und oribatiden im grenzbereich land-meer (Collembola, Insecta - Oribatei, Acari). *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* **1973**, *186*, 295-391.

- Yari, R.; Gholami, A.; Jafari Shalamzari, M.; Heshmati, Gh., Evaluation of Distance and Quadratic Indices for Determination of Plant Species Distribution Pattern in Khoosef Rangelands; Birjand; Iran. *Journal of Rangeland Science* **2018**, 8(4), 373-382.
- Zabiolahi, S.; Shabaniyan, N.; Namiranian, M.; Heudari, M., Spatial distribution of wooden species in Northern Zagros forests (Case study: Havare-khol forests). *Forest Research and Development* **2015**, 1(1), 17-29. (In Persian).
- Zamani, S.; Kazerani, F.; Rabbani nasab, H.; Ghanaei, S.; Gholami Ghavam abad, R., Diversity and population structure of ectomycorrhizal fungi in forest habitats of summer truffle (*Tuber aestivum* Vittad.). *Iranian Journal of Forest* **2023**, 14(4), 407-424. (In Persian)
- Zang, Z.; Zeng, Y.; Wang, D.; Shi, F.; Dong, Y.; Liu, N.; Liang, Y., Species-Abundance Distribution Patterns of Plant Communities in the Gurbantünggüt Desert; China. *Sustainability* **2022**, 14(20), 12957.
- Zhang, L.; Gao, Y.; Li, J. et al., Effects of grazing disturbance of spatial distribution pattern and interspecies relationship of two desert shrubs. *Journal of Forestry Research* **2022**, 33, 507-518.
- Zhang, M.; Wang, J.; Kang, X., Spatial distribution pattern of dominant tree species in different disturbance plots in the Changbai Mountain. *Scientific reports* **2022**, 12(1), 14161.
- Zolfaghari, Z.; Moradi, M.; Basiri, R.; Ghasemi, A., Evaluation of *Tecomella undulata* R. spatial distribution pattern in Bushehr province. *Journal of Environmental Science and Technology* **2022**, 24(3), 131-143. (In Persian)

Spatial distribution pattern of plant species in mountain almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) habitat in Shaskouh protected area, South Khorasan

Moslem Rostampour*

- Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management and Research Group of Drought and Climate Change, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, I. R. Iran. (rostampour@birjand.ac.ir)

Received: 06 January 2024

Accepted: 14 April 2024

Abstract

Background and objectives: The horizontal structure of a forest refers to how individual trees are distributed within a forest ecosystem. Spatial patterns of trees and shrubs provide important information about the integrity of forest community structure, plant community dynamics, succession processes, and species coexistence. Several studies have been conducted regarding the distribution pattern in the forest sciences, and the application of such studies in forest planning and management, evaluation and analysis, as well as forest restoration and development plans, has been reported. It seems that the distribution pattern of trees and shrubs is affected by the degree of plant dominance and growth form. In this research, in addition to determining the distribution pattern of 64 plant species in the mountain almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) habitat on the southern slopes of the Shaskouh protected area in South Khorasan, the relationship between growth form, life cycle and the degree of species dominance with the distribution pattern of plant species was investigated.

Methodology: In the present study, four key areas of the mountain almond (*Amygdalus scoparia*) habitat were selected on the southern slopes of the Shaskouh protected area. In each key area, 20 quadrats were established (80 quadrats in total). Quadrats with dimensions of 1×1 m, 4×4 m, and 10×10 m were used to count individuals of grasses and forbs, bushes, shrubs, and trees, respectively. After identifying and counting plant species in the quadrat, species density, abundance and frequency were determined. Then, species dominance was evaluated based on Weigmann's classification method (1973) in five classes. In order to determine the distribution pattern, the indices of abundance to frequency ratio (A/F), variance-to-mean ratio (ID), Index of Cluster Size (ICS), Green's index (GI), and Index of Mean Crowding (IMC) were used. The coefficient of variation (CV) was used to compare the accuracy of the investigated quadratic methods to determine the distribution pattern. A chi-square test of independence was used to examine the relationship between plant growth form, life cycle and dominance degree with distribution patterns. The effect size and power of the chi-square test were calculated at the 0.05 level. Sampling adequacy was determined using the species accumulation curve.

Results: The results showed that in terms of the distribution pattern, based on the abundance-to-frequency ratio, about 97% of the studied species have a clumped pattern and 3% have a random pattern. Based on the quadratic indices: the variance-to-mean ratio (ID) and cluster size (ICS), 84% of the species have a clumped pattern, and 16% of the species have a random pattern. Based on Green's index (GI), 61% of the distribution pattern of plant species in the studied area is clumped, and 39% is random. The results showed that the prevalence pattern of the studied eudominant and dominant species is clumped. The single tree in the studied area, *Pistacia atlantica* Desf., has a random pattern. The result of the chi-square test of independence showed that there is no significant relationship between growth form, the life cycle and the degree of dominance of species with distribution pattern ($p \geq 0.05$). The results showed that the Fisher index, i.e. variance-to-mean ratio (ID), with the lowest coefficient of variation (1.86) has the most accuracy for determining the distribution pattern. Among the studied quadratic indices, the result of Green's index corresponds better to reality. The species accumulation curve showed that by increasing the number of quadrats to 80, 60 plant species were observed in the studied area, and this is enough to evaluate species richness.

* Corresponding author

Tel: +989151637869

Conclusion: The results of various indices showed that the distribution patterns of 61–97% of the studied species are clumped. Since a single index cannot provide accurate estimates of the distribution pattern, five common quadratic indices were used in the present study. Among the studied indices, the Index of Mean Crowding (IMC) found the distribution pattern of about 24% of the studied species to be uniform, which is not consistent with reality. The results of the present study showed that the distribution pattern of plants is independent of the vegetative form and the degree of dominance of plants. Nevertheless, the contribution of rare species in the random distribution pattern is greater than the cluster pattern. Finally, it is suggested to pay attention to the clumped pattern of the dominant plants in the region to determine the sampling strategy and choose the planting intervals.

Keywords: Clumped distribution, Dryland forests, Growth form, Quadratic indices.