

## Determining the distribution pattern of indicator elements of the Irano-Turanian zone of Iran in South Khorasan and Khorasan Razavi province

Moslem Rostampour<sup>1\*</sup>, Reza Yari<sup>2</sup> and Samaneh Mohammadi moghaddam<sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, Associate professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran, E-mail: [roustampour@birjand.ac.ir](mailto:roustampour@birjand.ac.ir)

2- Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

3- Ph.D graduate, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received:01/03/2025

Revised: 04/25/2025

Accepted: 01/25/2026

Published:21/02/2026

### Abstract

#### Background and objectives

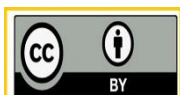
The spatial distribution pattern of plants is one of the most important features of plant communities, a concept related to species condition and distribution within a plant community. Understanding the spatial distribution pattern of plants in any region is fundamental for measuring and evaluating vegetation and is crucial for determining management methods such as rangeland improvement and development. This study analyzed distance indices, probability distribution, and regression to determine the distribution pattern of 17 rangeland species dominant in Southern Khorasan and Razavi Khorasan provinces.

#### Methodology

We identified habitats of 17 plant species in four sub-regions: semi-desert, steppe, semi-steppe, and dry forests located within the Irani-Torani vegetation zone in South Khorasan and Razavi Khorasan provinces. In each habitat, we established 40 plots (1×1 m for herbs, 2×2 m for shrubs, 4×4 m for shrubs, and 10×10 m for trees) along two transects, totaling 80 plots per habitat. We determined species distribution using quadratic indices including Index of Dispersion (ID), Lexis's Index (IL), Charlier's Index (ICh), Index of Cluster Size (ICS), Green's Index (GI), Index of Cluster Frequency (ICF), Index of Mean Crowding (IMC), Index of Patchiness (IP), Morisita's Index (IM), Standardized Morisita Index (Ip), probability distribution indices (Poisson distribution, positive and negative binomial distribution), and regression indices (Taylor and Iwao's patchiness regression and Taylor's power law).

#### Results

Morisita's Index, Index of Cluster Frequency, Standardized Morisita Index, and Lexis's Index yielded similar results. *Stipagrostis*, *Bromus tomentellus*, *Acantholimon scirpinum*, *Stipa barbata*, *Festuca ovina*, *Rhamnus pallasii*, and *Cornulaca monacantha* exhibited clumped patterns based on all quadratic indices. *Berberis vulgaris*, *Onobrychis cornuta*, and *Acantholimon scirpinum* showed random distribution patterns according to Green's Index, while *Stachys inflata* showed random patterns based on both spot and Green's indices. Based on probability distributions applied to density data, *Festuca ovina*, *Cornulaca monacantha*, *Tamarix ramosissima*, *Astragalus gossypinus*, and *Juniperus polycarpus* followed a Poisson distribution,



indicating a random pattern. *Stipa barbata*, *Festuca ovina*, and *Astragalus squarrosus* were the only species following only the positive binomial distribution, indicating a uniform pattern. Regression methods indicated a clumped distribution pattern for all studied plants. Among the studied species, *Astragalus squarrosus* had the lowest values for all indices except Index of Cluster Frequency (ICF) and Charlier's Index (ICh). *Stipa inflata* showed a clumped distribution pattern based on all indices. *Calligonum polygonoides* showed a clumped distribution based on all indices except Z (random) and Charlier's Index (uniform). Morisita's Index, Index of Cluster Frequency (ICF), Standardized Morisita Index, and Lexis's Index (IL) produced similar results.

#### **Conclusion**

In this study, we used quadratic indices, regression, and probability distributions. Among these methods, quadratic indices predicted 65% clumped, 32% uniform, and 3% random distribution patterns. Because the Standardized Morisita Index and Morisita's Index do not depend on N and n, they are better indicators for determining distribution patterns.

**Keywords:** Dispersion pattern, probability distribution, regression, quadratic method.

## تعیین الگوی پراکنش عناصر شاخص منطقه رویشی ایران تورانی در استان‌های خراسان جنوبی و رضوی

مسلم رستم‌پور<sup>۱\*</sup>، رضا یاری<sup>۲</sup> و سمانه محمدی مقدم<sup>۳</sup>

۱- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

پست الکترونیک: roustampour@birjand.ac.ir

۲- استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۳- دانش‌آموخته دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۵

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۲/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۴

### چکیده

سابقه و هدف

الگوی پراکنش مکانی گیاهان یکی از مهمترین ویژگی‌های جوامع گیاهی است که مفهوم آن مربوط به شرایط قرار گرفتن یک گونه و توزیع آن در یک جامعه گیاهی می‌باشد. آگاهی از الگوی پراکنش مکانی گیاهان در هر منطقه، از مقدمات و ضروریات اندازه‌گیری و بررسی پوشش گیاهی است که در تعیین روش‌های مدیریتی مانند اصلاح و توسعه مراتع از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. این تحقیق به منظور تحلیل و بررسی شاخص‌های فاصله‌ای، توزیع احتمالاتی و رگرسیونی در جهت تعیین الگوی پراکنش مکانی ۱۷ گونه مرتعی از گونه‌های غالب منطقه خراسان جنوبی و رضوی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

رویشگاه ۱۷ گونه گیاهی در چهار زیرمنطقه نیمه‌بیابانی، استپی، نیمه‌استپی و جنگل‌های خشک واقع در ناحیه رویشی ایران-تورانی در استان‌های خراسان جنوبی و رضوی شناسایی شد. در هر رویشگاه تعداد ۴۰ پلات ۱×۱ متر برای علفی‌ها، ۲×۲ متر برای بوته‌ای‌ها، ۴×۴ متر برای درختچه‌ای‌ها و ۱۰×۱۰ متر برای درختان در امتداد ۲ ترانسکت (جمعاً ۸۰ پلات در هر رویشگاه) مستقر شد. تراکم (تعداد پایه در سطح) و فراوانی گونه‌ای (تعداد پایه در گستره‌ای با ابعاد مشخص) گونه‌های شاخص هر رویشگاه به روش شمارشی محاسبه شد. با محاسبه شاخص‌های کوادراتی شامل شاخص‌های چالیر، لکسیس، گرین، موربستای استاندارد، شاخص موربستا، شاخص پراکنش، شاخص اندازه خوشه، شاخص لکه‌ای، شاخص میانگین ازدحام، شاخص فراوانی خوشه و شاخص‌های توزیع احتمالاتی شامل پواسون، دو جمله‌ای مثبت و منفی و شاخص‌های رگرسیونی تیلور و آیوا الگوی پراکنش گونه‌ها تعیین گردید.

یافته‌ها

براساس نتایج شاخص موربستا، شاخص فراوانی خوشه و شاخص موربستای استاندارد و شاخص لکسیس به یکدیگر نزدیک هستند. گونه‌های *Rhamnus pallasii*, *Festuca ovina*, *Stipa barbata*, *Acantholimon scirpinum*, *Bromus tomentellus*, *Stipagrostis* و *Cornulaca monacantha* براساس تمام شاخص‌های کوادراتی پراکنش کپه‌ای دارند. گونه‌های *Berberis vulgaris*, *Onobrychis cornuta* و *Acantholimon scirpinum* براساس شاخص گرین و گونه *Stachys inflata* براساس شاخص‌های لکه‌ای و گرین الگوی پراکنش تصادفی دارد. براساس توزیع‌های احتمال مطالعه شده بر روی داده‌های تراکم، گونه‌های *Festuca ovina*, *Cornulaca monacantha*, *Tamarix ramosissima* و *Astragalus gossypinus* گونه‌هایی بودند که از توزیع پواسون که نشان‌دهنده الگوی تصادفی است تبعیت می‌کنند. *Stipa barbata*، *Festuca ovina* و *Astragalus squarrosus* تنها گونه‌هایی بودند که فقط از توزیع دو جمله‌ای مثبت که حکایت از الگوی یکنواخت دارد تبعیت می‌کنند. براساس روش‌های رگرسیونی، الگوی کلی پراکنش گیاهان مورد مطالعه کپه‌ای تعیین شد. از بین گونه‌های مورد مطالعه،

*Astragalus squaresus* کمترین مقدار همه شاخص‌های مورد مطالعه (به‌جز شاخص فروانی خوشه و چالیر) را داراست. *Stipa inflata* براساس همه شاخص‌ها توزیع کپه‌ای داشت. *Caligonium polygonoide* براساس تمام شاخص‌ها جزء Z و Charlier's Index (به ترتیب تصادفی و یکنواخت) پراکنش کپه‌ای دارد. نتیجه شاخص موریتا، شاخص فراوانی خوشه (ICF) و شاخص موریتای استاندارد و شاخص لکسیس (IL) به یکدیگر نزدیک هستند.

#### نتیجه‌گیری

در این پژوهش، از میان روش‌های تعیین الگوی پراکنش گیاهان، از سه روش کوادراتی، رگرسیونی و توزیع‌های احتمال استفاده شد. روش‌های کوادراتی ۶۵ درصد پراکنش گونه‌ها را کپه‌ای، ۳۲ درصد یکنواخت و ۳ درصد تصادفی پیش‌بینی کردند. از آنجایی که شاخص موریتا و موریتای استاندارد، تحت تأثیر اندازه جمعیت (N) قرار نمی‌گیرند، بنابراین شاخص‌های مناسب‌تری برای تعیین الگوی پراکنش هستند.

واژه‌های کلیدی: الگوی پراکنش، توزیع احتمال، رگرسیون، روش کوادراتی

#### مقدمه

شناخت و تحلیل ویژگی‌های محیط طبیعی هر منطقه یکی از گام‌های اساسی در آمایش سرزمین آن محدوده است. در این میان پوشش گیاهی یکی از اجزای مهم بوم‌نظام‌های (اکوسیستم) طبیعی است که نقش مهمی در قابلیت‌ها و ظرفیت‌های مورد انتظار از هر منطقه ایفا می‌کند (Kiani et al., 2020). مطالعه پوشش گیاهی اولین قدم در راه شناخت دقیق‌تر هر اکوسیستم و نقطه شروعی برای مطالعات بعدی است، زیرا گیاهان بهترین نماینده شرایط محیط از نظر فیزیکی و بیولوژیکی هستند (Heydari et al., 2016). تجزیه و تحلیل ویژگی‌های پوشش گیاهی نقش مهم و بنیادی در بوم‌شناسی و مدیریت پوشش گیاهی در رویشگاه‌های طبیعی دارد. تصمیم‌گیری‌های آگاهانه نیازمند بررسی و ارزیابی دقیق از منابع تحت مدیریت و برنامه‌ریزی است و در گام اول برای مدیریت صحیح و علمی زیست‌بوم‌های طبیعی، شناخت و کسب اطلاعات دقیق از عوامل تشکیل دهنده آن است (Asaadi 2025). الگوی پراکنش مکانی گیاهان از جنبه‌های اساسی و کاربردی بوم‌شناسی گیاهی است که ارزیابی آن در جوامع گیاهی، به‌منظور درک و شناخت این جوامع ضروریست. مطالعه ساختار فضایی افراد یک گیاه و محیط اطراف آنها در یک فضای کوچک می‌تواند به‌طور دقیق راهبردهای تخصیص منابع مورد نیاز گونه‌ها در زیستگاه‌های

ناهمگن را توضیح دهد. الگوی مکانی به نحوی به توزیع و قرارگیری افقی گیاهان در یک رویشگاه اشاره دارد که رابطه بین افراد گیاهی در یک فضای افقی را منعکس می‌کند. این ویژگی اثر چندگانه ویژگی‌های بیولوژیکی جمعیت، رابطه درون و برون گونه‌ای و شرایط محیطی را نشان می‌دهد و به عنوان یکی از مهمترین و بنیادی‌ترین ویژگی‌های کمی جمعیت است (Asaadi 2025).

آرایش فضایی یا الگوی پراکنش، در واقع نحوه قرار گرفتن افراد یک گونه یا گونه‌های مختلف نسبت به هم در یک منطقه است. بررسی الگوهای پراکنش گیاهان نقش بسیار مهمی در تأثیر آشفستگی در اکوسیستم‌ها، ارزیابی یکنواختی و عدم یکنواختی محیطی، نوع تکثیر و تولیدمثل، انتشار، رقابت و الگوهای رفتاری گیاهان و تعیین روش‌های مناسب و دقیق برای اندازه‌گیری خصوصیات کمی گیاهان مانند پوشش و تراکم دارد (Asaadi, 2025). آگاهی از پراکنش مکانی گیاهان در هر منطقه از مقدمات و ضروریات اندازه‌گیری و بررسی پوشش گیاهیست. شناخت الگوی پراکنش مکانی ابزاری لازم برای مدیریت بهینه مراتع است (Nazarpoorfard and Pourbabaei, 2020). به دلیل چنین ارتباطی، کمی کردن این الگوها در تحلیل ساختار، وقایع و فرایندهای اکوسیستم ضروری می‌باشد. کمی‌سازی شامل اندازه‌گیری اساسی و محاسبه شاخص‌هایی است که ویژگی‌های ساختاری خاصی مانند تراکم، تداخل یا تجمع بین

انعطاف‌پذیری جمعیت‌های گیاهیست. الگوی توزیع فضایی جمعیت‌های گیاهی نه تنها به ویژگی‌های بیولوژیکی گونه‌ها و رقابت بین جمعیت‌ها بستگی دارد بلکه ارتباط نزدیکی در رویشگاه گونه‌ها بین شرایط خاک، توپوگرافی و شکل زمین وجود دارد. گیاهان مرتعی همیشه در معرض آشفتگی‌های محیطی و تخریب قرار دارند. این آشفتگی‌ها بر ساختار مکانی جمعیت‌ها و جوامع گیاهی و محدود شدن پراکنش مؤثر است (Fallahchay and Khoshmanzar, 2019).

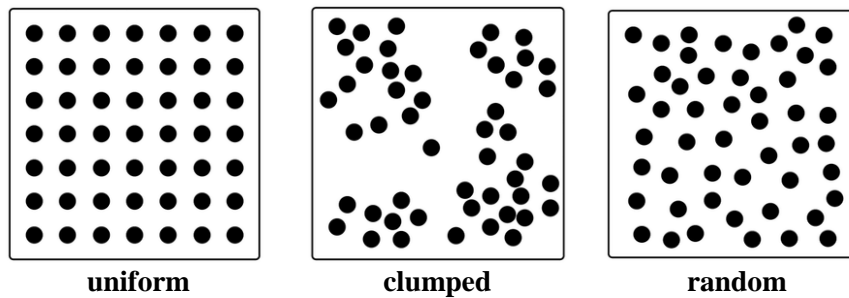
به‌طورکلی سه نوع الگوی پراکنش شامل کپه‌ای، تصادفی و یکنواخت وجود دارد (شکل ۱). در الگوی پراکنش تصادفی هر عضو مستقل و تأثیرناپذیر از سایر اعضاست و در واقع حضور یک فرد بر حضور فرد دیگر تأثیر ندارد. این الگو بر تشابه محیطی و یا الگوهای رفتاری غیرانتخابی دلالت دارد اما در پراکنش یکنواخت، افراد با فواصل منظم در کنار هم قرار گرفته و این الگو نشان‌دهنده تأثیر منفی بین افراد مانند رقابت در یافتن غذا یا آشیان است. در محیط‌های حاصلخیز با منابع فراوان و قابل دسترس که رقابت‌های بین گونه‌ای و درون گونه‌ای غالب است، فاصله بین گیاهان یکسان می‌شود و الگوی پراکنش به سمت منظم تغییر می‌یابد (Akafi et al., 2017). ولی پراکنش کپه‌ای زمانی اتفاق می‌افتد که بیشتر یا تمام افراد جمعیت تمایل دارند در قسمت‌های به خصوص از محیط حضور داشته باشند، بنابراین به نظر می‌رسد تکثیر غیرجنسی و بذریزی فراوان دو عامل اصلی تجمع گیاهان باشد. بنابراین این الگو ناشی از تأثیر عوامل محیطی، رفتار بین گونه‌ای و یا خصوصیات فردی گونه‌های گیاهی است (Garavand et al., 2019). به‌منظور کمی کردن الگوهای پراکنش از روش‌های گوناگونی استفاده می‌شود که یکی از آنها با توجه به انتخاب واحد نمونه‌برداری (نقطه و کوادرات) و استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای (غیرکوادراتی) و کوادراتی است. در این تحقیق از شاخص‌های فاصله‌ای (جانسون و زیمر، هاپکینز، ابره‌ارت، هینز، هولگیت و مربع) و شاخص‌های کوادراتی (نسبت واریانس به میانگین، گرین، کپه‌ای لیود، موریسیتا و موریسیتای استاندارد) استفاده شد. به‌طورکلی شاخص مناسب باید ویژگی‌های زیر را داشته باشد. شاخص ایده‌آل باید زمانی که الگوی

گونه‌ها، پراکنش، چیرگی و غالبیت گونه‌ای را نشان می‌دهد (Mehdizadeh et al., 2020). به‌طورکلی می‌توان گفت یافته‌های پژوهشی که به الگوهای پراکنش گیاهان و پویایی منابع زیستی می‌پردازند می‌تواند مبنای منطقی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در مورد بوم‌سازگان فراهم کند. همچنین آگاهی از الگوی پراکنش گیاهان به درک الگوهای رفتاری گیاهان و حتی نوع مدیریت کمک می‌کند (Rostampour, 2024). آگاهی از پراکنش مکانی گیاهان در هر منطقه از مقدمات و ضروریات اندازه‌گیری و بررسی پوشش گیاهی بوده و تجزیه و تحلیل پراکنش گیاهان از مهمترین ابزار برای انتخاب روش‌های نمونه‌برداری در مطالعات الگوی بوم‌شناسی است. بدیهی است شناخت روش‌های مطمئن و کم هزینه در انجام مطالعات پوشش گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. این نکته تقریباً مورد تأکید تمامی دانشمندان علوم اندازه‌گیری پوشش گیاهیست. بنابراین توجه داشتن به الگوی پراکنش گیاهان در هر رویشگاه می‌تواند اطلاعاتی از قبیل رقابت برای آب یا مکان، تأثیر فشار چرا بر گونه‌ها، شناخت گونه‌ها از نظر رفتار اجتماعی (تمایل در ایجاد گروه) و عدم تجانس (عدم یکنواختی) محیطی و نوع تکثیر و تولیدمثل گیاهان را ارائه دهد. از جمله مطالعاتی که در زمینه بررسی الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی انجام شده است می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (Sadeghinia et al., 2018).

به‌طورکلی اعتقاد بر این است که شکل‌گیری الگوهای پراکنش مکانی را می‌توان به دو جنبه نسبت داد. یکی از ویژگی‌های زیستی گیاهان، مانند بازایی، تولیدمثل، پراکندگی بذر و رقابت بین گونه‌ای است. از سوی دیگر، عوامل محیطی خارجی مانند دما و بارندگی وجود دارد (Rostampour, 2024). همبستگی بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی یکی از مهمترین مسائل تأثیرگذار در شکل‌گیری ساختار جوامع گیاهی و پراکنش آنها در هر ناحیه است (Sadeghinia et al., 2018). الگوی مکانی یک جمعیت گیاهی به ساختار توزیع واقعی آن در یک فضا اشاره دارد که ناشی از تعامل طولانی مدت گیاهان با محیط است. الگوی مکانی جمعیت گیاهی یک ویژگی مهم است که بستگی دارد به نیچ‌های منابع گیاهی، رقابت و سازش‌پذیری محیطی گیاهان که منعکس‌کننده سازگاری بوم‌شناختی و

کوادرات قرار گیرد؛ باید از نظر آماری انعطاف پذیر باشد، به طوری که بتوان حدود اطمینانی را برای آن معین کرد و معنی داری آن قابل آزمون باشد (Jannat Rostami *et al.*, 2009).

پراکنش گیاهان از حالت حد اکثر یکنواختی به سمت تصادفی و حد اکثر کپه‌ای گرایش پیدا می‌کند، تغییر یابد، یعنی به نحوی مطلوب تمام طیف پراکنش را نشان دهد؛ نباید تحت تأثیر اندازه نمونه (تعداد کوادرات)، تراکم جمعیت و تغییر در شکل و اندازه



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

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

نیمه‌بیابانی، استپی، نیمه‌استپی و جنگل‌های خشک واقع در ناحیه ریشی ایران-تورانی در استان‌های خراسان جنوبی و رضوی شناسایی شد. در هر رویشگاه تعداد ۴۰ پلات ۱×۱ متر برای علفی‌ها، ۲×۲ متر برای بوته‌های ۴×۴ متر برای درختچه‌های ۱۰×۱۰ متر برای درختان در امتداد ۴ ترانسکت، ترانسکت ۱۰۰ متری انجام شد. فاصله بین ترانسکت‌ها، ۱۰۰ متر بود. در امتداد هر ترانسکت ۱۰ نقطه تصادفی به فاصله ۱۰ متر از هم انتخاب و جمعاً ۸۰ پلات در هر رویشگاه مستقر شد. تراکم (تعداد پایه در سطح) و فراوانی گونه‌ای (تعداد پایه در گستره‌ای با ابعاد مشخص) (Moghaddam, 2008) گونه‌های شاخص هر رویشگاه به روش شمارشی محاسبه شد. سپس براساس تراکم یا فراوانی گونه‌ای، به روش‌های کوادراتی و توزیع‌های آماری، الگوی پراکنش گونه‌های مورد مطالعه تعیین شد. گونه‌های جدول ۱ به منظور بررسی الگوی پراکنش گیاهان در منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند.

تعیین الگوی پراکنش براساس شاخص‌های کوادراتی

پس از اندازه‌گیری تراکم ۱۷ گونه غالب هر یک از رویشگاه‌های مورد مطالعه، شاخص‌های کوادراتی زیر محاسبه گردید (Rostampour, 2024).

بنابراین با توجه به موارد گفته شده می‌توان دریافت که یکی از موارد ضروری در مطالعات بوم‌شناسی و گیاهی، تعیین الگوی پراکنش جوامع گیاهی است و انتخاب شاخص‌های مناسب برای نشان دادن و کمی نمودن دقیق الگوهای پراکنش یکنواخت، تصادفی و کپه‌ای گیاهان در جوامع گیاهی مختلف بسیار حائز اهمیت است. این موضوع به‌ویژه زمانی بیشتر اهمیت خود را نشان می‌دهد که وضعیت اکوسیستم‌ها نامناسب و شکننده باشد. استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی در منطقه ایرانی تورانی قرار گرفته که مراتع این ناحیه ریشی در حدود بخشی از توان تولیدی خود را در مقایسه با توان بالقوه خود از دست داده‌اند و به اکوسیستم‌های ضعیف و شکننده تبدیل شده‌اند. با توجه به اهمیت این جوامع و به‌منظور اعمال مدیریت حفاظتی صحیح برای جلوگیری از تخریب و کمک به احیای آن، لازم است که مطالعات جامعی در ارتباط با ساختار مکانی در این جوامع انجام شود. از این رو، هدف از این تحقیق بررسی الگوی پراکنش گونه‌های غالب در ناحیه ایرانی تورانی با هدف تعیین ساختار جامعه گیاهی است.

## مواد و روش‌ها

شیوه نمونه‌برداری

در این پژوهش، رویشگاه ۱۷ گونه گیاهی در چهار زیرمنطقه

جدول ۱- گونه‌های مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

Table 1- Species of the study area

Spicies	Habitat	Region
<i>Acantholimon scirpinum</i> Bunge	Semi-Steppe	Irano-Turanian
<i>Achillea millefolium</i> L.	Semi-Steppe	Irano-Turanian/ Europe-Siberian
<i>Artemisia sieberi</i> Besser	Steppe	Irano-Turanian
<i>Astragalus gossypinus</i> Fischer.	Steppe	Irano-Turanian
<i>Astragalus squarrosus</i> Bunge	Desert	Irano-Turanian
<i>Berberis vulgaris</i> L.	Forest and Shrubland	Europe-Siberian
<i>Bromus tomentellus</i> Boiss.	Semi-Steppe	Irano-Turanian
<i>Calligonum polygonoides</i> L.	Desert	Irano-Turanian / Sahara-Sindian
<i>Cornulaca monacantha</i> Delile	Semi-Desert	Irano-Turanian / Sahara-Sindian
<i>Festuca ovina</i> L.	Semi-Steppe	Polyregional
<i>Juniperus polycarpus</i> K.Koch	Dry Forest	Irano-Turanian
<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	Semi-Steppe	Irano-Turanian
<i>Rhamnus pallasii</i> Fisch. & C.A.Mey.	Woodland and Shrubland	Irano-Turanian/ Europe-Siberian
<i>Stachys inflata</i> Benth.	Semi-Steppe	Irano-Turanian/ Europe-Siberian
<i>Stipa barbata</i> Desf.	Steppe	Irano-Turanian
<i>Stipagrostis pennata</i> (Trin.) De Winter	Steppe	Irano-Turanian / Sahara-Sindian
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Desert	Irano-Turanian/ Europe-Siberian

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

**شاخص پراکندگی (Index of Dispersion:ID)**

شاخص پراکندگی همچنین به عنوان نسبت واریانس به میانگین نیز شناخته می‌شود (رابطه ۱). تحت توزیع تصادفی، انتظار می‌رود که مقادیر ID مساوی با ۱ باشد. مقادیر بیشتر از ۱ نشان‌دهنده پراکنش کپه‌ای و مقادیر کمتر از ۱ نشان‌دهنده پراکنش یکنواخت است.

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

**شاخص اندازه خوشه (Index of Cluster Size :ICS)**

این شاخص به عنوان شاخص کپه‌ای شناخته می‌شود و تابع مستقیم از شاخص پراکندگی است (رابطه ۲). تحت یک توزیع تصادفی از نقاط، انتظار می‌رود ICS برابر با صفر باشد. مقادیر مثبت نشان‌دهنده توزیع کپه‌ای و مقادیر منفی نشان‌دهنده توزیع یکنواخت است.

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

**شاخص گرین (Green's Index :GI)**

شاخص گرین شکل اصلاح شده شاخص اندازه خوشه است که مستقل از n است (رابطه ۳). این شاخص بین صفر برای توزیع های تصادفی و ۱ برای توزیع حداکثر کپه‌ای متغیر است.

**شاخص فراوانی خوشه (Index of Cluster Frequency :ICF)**

شاخص فراوانی خوشه میزان تجمع یا کپه‌ای بودن را اندازه‌گیری می‌کند و برابر با K توزیع دو جمله‌ای منفی است. شاخص ICF متناسب با سطح کوادرات نمونه‌برداری است و مانند شاخص گرین، براساس شاخص اندازه خوشه محاسبه می‌شود (رابطه ۴). براساس این شاخص، مقادیر صفر نشان‌دهنده توزیع تصادفی، مقادیر مثبت نشان‌دهنده توزیع کپه‌ای و مقادیر منفی نشان‌دهنده توزیع یکنواخت است.

$$ICF = \frac{\bar{X}}{s^2} - 1 = \bar{X} / ICS \quad \text{رابطه (۴)}$$

**شاخص میانگین تجمع (Index of Mean Crowding :IMC)**

شاخص میانگین تجمع، میانگین تعداد سایر نقاط موجود در کوادرات است که حاوی یک نقطه‌ای است که به طور تصادفی انتخاب شده است. این شاخص نیز براساس شاخص اندازه خوشه محاسبه می‌شود (رابطه ۵). براساس این شاخص،

$$Mu = x_{0/975}^2 - n + \sum X_i / (\sum X_i) - 1 \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$Mu = x_{0/025}^2 - n + \sum X_i / (\sum X_i) - 1 \quad \text{رابطه (۹):}$$

#### شاخص لکسیس (Lexis's Index :IL)

این شاخص از جذر نسبت واریانس به میانگین نیز محاسبه می‌شود (رابطه ۱۰). تحت توزیع تصادفی، انتظار می‌رود که مقادیر  $I_L$  مساوی با ۱ باشد. مقادیر بیشتر از ۱ نشان‌دهنده پراکنش کپه‌ای و مقادیر کمتر از ۱ نشان‌دهنده پراکنش یکنواخت است.

$$I_L = \sqrt{\frac{S^2}{\bar{X}}} \quad \text{رابطه (۱۰):}$$

#### شاخص چارلیر (Charlier's Index :Ich)

شاخص چارلیر در رابطه (۱۱) ارائه شده است. تحت توزیع تصادفی، انتظار می‌رود که مقادیر  $I_{Ch}$  مساوی با صفر باشد. مقادیر بیشتر از صفر نشان‌دهنده پراکنش کپه‌ای و مقادیر کمتر از صفر نشان‌دهنده پراکنش یکنواخت است.

$$I_{Ch} = \frac{S^2 - \bar{x}}{\bar{x}^2} \quad \text{رابطه (۱۱):}$$

کلید شاخص‌های کوادراتی با استفاده از بسته vegan (Oksanen et al., 2022) در محیط R-4.3.3 و نرم‌افزارهای Ecological PAST4.3 (Hammer et al., 2001) و methodology7.4 (Krebs and Kenney, 2019) محاسبه شد.

#### تعیین الگوی پراکنش براساس توزیع‌های احتمال

از بین توزیع‌های گسسته برای داده‌های تراکم (شمارشی)، سه توزیع دوجمله‌ای منفی، پواسون و دوجمله‌ای مثبت انتخاب شد (جدول ۲). داده‌های تراکم گونه‌های غالب با هر سه توزیع برازش داده شد و معنی‌داری برازش هر یک از توزیع‌های احتمال، نشان‌دهنده الگوی پراکنش گونه گیاهی مورد نظر است.

مقادیر مساوی ۱ نشان‌دهنده الگوی تصادفی، بیشتر از ۱ نشان‌دهنده پراکنش کپه‌ای و کمتر از ۱ نشان‌دهنده پراکنش یکنواخت است.

$$IMC = \bar{X} + \frac{S^2}{\bar{X}} - 1 = \bar{X} + ICS \quad \text{رابطه (۵):}$$

#### شاخص لکه‌ای (Index of Patchiness :IP)

شاخص لکه‌ای مربوط به شاخص اندازه خوشه و شاخص میانگین تجمع است (رابطه ۶) و شبیه به شاخص مورسیتا است. این شاخص تحت تأثیر حذف تصادفی نقاط قرار نمی‌گیرد. براساس این شاخص، مقادیر مساوی ۱ نشان‌دهنده الگوی تصادفی، بیشتر از ۱ نشان‌دهنده پراکنش کپه‌ای و کمتر از ۱ نشان‌دهنده پراکنش یکنواخت است.

$$IP = \bar{X} + \frac{S^2}{\bar{X}} - 1 / \bar{X} = IMC / \bar{X} \quad \text{رابطه (۶):}$$

#### شاخص مورسیتا (Morisita's Index :IM)

شاخص مورسیتا مربوط به شاخص لکه‌ای (IP) است (رابطه ۷). این شاخص، احتمال اینکه دو نقطه انتخاب شده به طور تصادفی از کل جمعیت در یک کوادرات یکسان قرار دارند را محاسبه می‌کند. هرچه مقدار این شاخص بالاتر باشد، توزیع به سمت کپه‌ای بودن تمایل دارد.

$$I_m = \frac{n \sum x(x-1)}{n\bar{x}(n\bar{x}-1)} = \frac{n\bar{x}IP}{(n\bar{x}-1)} \quad \text{رابطه (۷):}$$

#### شاخص مورسیتای استاندارد (Standardized)

##### (Morisita index :Ip)

با قرار دادن شاخص مورسیتا در یک مقیاس مطلق از ۱- تا ۱+ اصلاحاتی در شاخص مورسیتا ایجاد شده است. پس از محاسبه شاخص مورسیتا، شاخص تجمع (Clumpedness index) و شاخص یکنواختی (Uniform index) براساس روابط ۸ و ۹ محاسبه می‌شود.

جدول ۲- خلاصه‌ای از توزیع‌های احتمال مورد استفاده در تعیین الگوی پراکنش

Table 2- Summary of probability distributions used in determining the dispersion pattern

Distribution	Type	Range	Skewness	Mean and variance status	Distribution pattern
Negative binomial	Discrete	$\infty$ to 0	Right	$\sigma^2 > \mu$	Clumped
Poisson	Discrete	$\infty$ to 0	Right to Skewness	$\sigma^2 = \mu$	Random
Positive binomial	Discrete	N 0 to	Right and left	$\sigma^2 < \mu$	Uniform

patchiness regression) رابطه بین میانگین ( $\bar{x}$ ) و شاخص میانگین تجمع (IMC) محاسبه و ضرایب  $\alpha$  و  $\beta$  تعیین شد. معنی‌داری هر یک از ضرایب  $b$  و  $\beta$  دو مدل رگرسیونی توسط آزمون  $t$  بررسی شد (رابطه ۱۶). محاسبه تمام شاخص‌های کوادراتی، ضرایب مدل‌های رگرسیونی و برازش توزیع‌های احتمال در محیط R انجام شد.

$$IMC = \alpha + \beta \bar{x} \quad \text{رابطه (۱۶):}$$

### نتایج

الگوی پراکنش گونه‌های مورد بررسی به روش کوادراتی: مقادیر شاخص‌های کوادراتی اندازه‌گیری شده در این پژوهش در جدول (۳) ارائه شده است. شکل (۲) نیز مقادیر شاخص مورسیتا در گونه‌های گیاهی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، گونه‌های *Stipa barbata*, *Tamarix pennata*, *Stipagrostis ramosissima* و *Artemisia sieberi* بیشترین واریانس تراکم را دارند. در مقابل گونه‌های *Cornulaca monacantha*, *Calligonum polygonium*, *Berberis vulgaris* و *Juniperus polycarpus* واریانس کمتری دارند. از بین گونه‌های مورد مطالعه، *Astragalus squarresus* کمترین مقدار همه شاخص‌های مورد مطالعه (به جز شاخص فراوانی خوشه و چالیر) را داراست. در نتیجه شاخص مورسیتا، شاخص فراوانی خوشه (ICF) و شاخص مورسیتای استاندارد و شاخص لکسیس (IL) به یکدیگر نزدیک هستند.

معکوس  $K$  توزیع دوجمله‌ای منفی و انحراف از توزیع پواسون ( $I_D$ ) نیز به ترتیب براساس روابط (۱۲) و (۱۳) محاسبه شد. شاخص انحراف از توزیع پواسون ( $I_D$ ) با  $Z$  آزمون شد. براساس معکوس  $K$  توزیع دوجمله‌ای منفی، مقادیر مساوی صفر نشان‌دهنده الگوی تصادفی، بیشتر از ۱ صفر نشان‌دهنده پراکنش کپه‌ای و کمتر از صفر نشان‌دهنده پراکنش یکنواخت است. براساس مقادیر  $Z$ ، مقادیر مساوی بین ۱/۹۶ و -۱/۹۶ نشان‌دهنده الگوی تصادفی، بیشتر از ۱/۹۶ نشان‌دهنده پراکنش کپه‌ای و کمتر از -۱/۹۶ نشان‌دهنده پراکنش یکنواخت است.

$$IK = \frac{\bar{x}^2}{(s^2 - \bar{x})} \quad \text{رابطه (۱۲):}$$

$$I_D = \frac{(n-1)s^2}{\bar{x}} \quad \text{رابطه (۱۳):}$$

$$Z = \sqrt{2I_D} - \sqrt{2(n-1)} - 1 \quad \text{رابطه (۱۴):}$$

تعیین الگوی پراکنش به روش رگرسیون

براساس رابطه رگرسیونی نمایی تیلور (Taylor's power law model) و یا خطی لگاریتمی بین میانگین ( $\bar{x}$ ) و واریانس ( $s^2$ )، ضرایب  $a$  و  $b$  الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه تعیین شد (رابطه ۱۵).

$$\log s^2 = \log a + b \log \bar{x} \quad \text{رابطه (۱۵):}$$

$$s^2 = a\bar{x}^b$$

براساس مدل رگرسیونی لکه‌ای ایوا (Iwao's)

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های کوادراتی محاسبه شده در تعیین الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه

Table 3- Values of quadratic indices for determining the distribution pattern of the studied species

Spicies	I <sub>Ch</sub>	I <sub>L</sub>	GI	Ip	ID	ICS	IP	IMC	ICF	I <sub>M</sub>	Variance	Mean
<i>St.in</i>	0.98	0.69	6.42	0.18	12.97	6.49	10.97	0.97	0.57	0.28	3.46	4.98
<i>Br.to</i>	2.68	8.74	4.96	0.25	24.46	5.04	19.61	20.61	0.55	0.50	4.54	3.25
<i>Ac.mi</i>	0.98	1.20	9.52	0.12	5.14	9.34	4.59	5.59	0.60	0.12	2.36	9.16
<i>St.ba</i>	7.88	62.47	3.07	0.48	4.48	3.09	3.03	4.03	0.52	0.08	2.00	1.77
<i>St.pe</i>	4.23	18.38	1.18	5.49	3.87	1.18	0.60	1.60	0.50	0.02	1.26	-0.51
<i>Fe.ov</i>	1.45	5.84	3.22	0.45	3.79	3.23	2.62	3.62	0.52	0.07	1.90	2.07
<i>Rh.pa</i>	0.78	0.54	2.17	0.87	1.29	2.15	0.69	1.69	0.50	0.02	1.30	1.82
<i>Co.mo</i>	0.43	0.40	1.24	4.14	1.21	1.24	0.24	1.24	0.24	0.01	1.11	0.26
<i>Ca.po</i>	0.38	0.50	1.19	5.10	1.67	1.20	0.27	1.27	0.28	0.01	1.12	-0.08
<i>Ta.ra</i>	4.85	99.98	0.30	-1.43	0.22	0.30	0.51	0.49	-0.67	-0.01	0.70	-0.31
<i>As.sq</i>	1.18	4.25	0.00	-1.02	0.01	0.02	-0.54	0.46	-1.00	0.01	0.67	-0.16
<i>Be.vu</i>	0.08	0.07	0.00	-1.09	0.02	0.09	-0.20	0.79	-0.26	0.00	0.88	2.53
<i>Ar.si</i>	2.00	23.95	0.60	-2.53	0.47	0.61	-0.31	0.69	-0.39	0.01	0.83	-0.10
<i>On.co</i>	0.55	3.07	0.88	-8.80	0.38	0.89	-0.05	0.95	-0.06	0.00	0.97	1.23
<i>As.go</i>	1.23	1.05	1.90	1.15	0.70	1.87	0.32	1.32	0.33	0.01	1.15	2.53
<i>Ac.sc</i>	0.60	1.02	0.00	-1.46	0.02	0.32	-0.05	0.95	-0.07	0.00	0.97	11.64
<i>Ju.po</i>	0.23	0.18	0.88	-8.61	1.08	0.88	-0.14	0.86	-0.18	0.00	0.92	-0.29

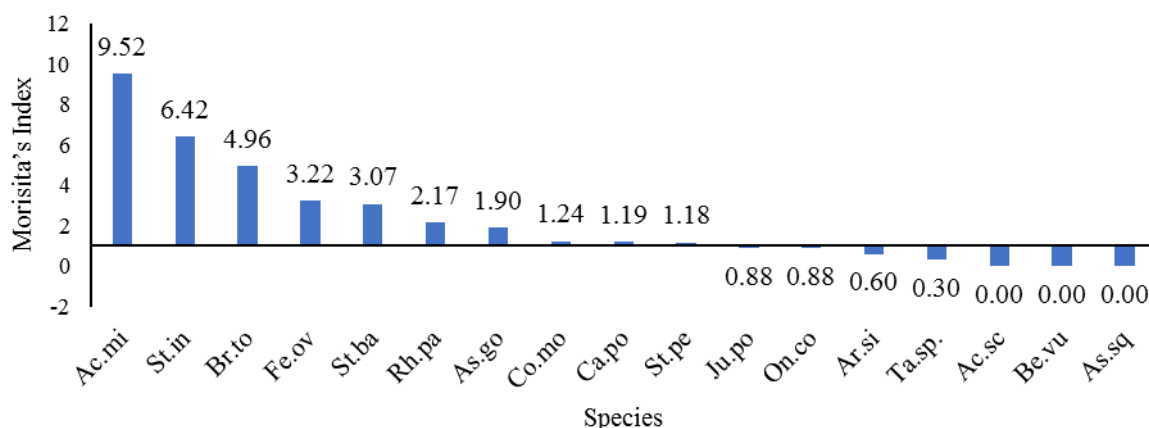
پاسخ تقریباً تمامی شاخص‌ها یکسان بود. گونه‌های *Onobrychis cornuta*، *Berberis vulgaris* و *Acantholimon scirpinum* براساس شاخص گرین و گونه *Stachys inflata* براساس شاخص‌های لکه‌ای و گرین الگوی پراکنش تصادفی دارند (جدول ۴).

شاخص پراکنش (ID)، پراکنش همه گونه‌ها را کپه‌ای تعیین کرد. گونه‌های *Bromus tomentellus*، *Stipagrostis*، *Festuca*، *Stipa barbata*، *Acantholimon scirpinum*، *Cornulaca monacantha* و *Rhamnus pallasii* براساس تمام شاخص‌های کوادراتی پراکنش کپه‌ای دارند.

جدول ۴- الگوی پراکنش گونه‌های مورد بررسی براساس شاخص‌های کوادراتی

Table 4- Distribution pattern of the studied species based on quadratic indices

Spicies	I <sub>Ch</sub>	I <sub>L</sub>	GI	Ip	ID	ICS	IP	IMC	ICF	I <sub>M</sub>
<i>St.in</i>	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped
<i>Br.to</i>	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped
<i>Ac.mi</i>	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped
<i>St.ba</i>	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped
<i>St.pe</i>	Clumped	Uniform	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped
<i>Fe.ov</i>	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped
<i>Rh.pa</i>	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped
<i>Co.mo</i>	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped
<i>Ca.po</i>	Clumped	Uniform	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped
<i>Ta.ra</i>	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform	Clumped	Clumped	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform
<i>As.sq</i>	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform	Clumped	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform
<i>Be.vu</i>	Uniform	Clumped	Random	Uniform	Clumped	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform
<i>Ar.si</i>	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform	Clumped	Uniform	Clumped	Uniform	Uniform	Uniform
<i>On.co</i>	Uniform	Clumped	Random	Uniform	Clumped	Uniform	Clumped	Uniform	Uniform	Uniform
<i>As.go</i>	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Clumped	Uniform	Clumped	Clumped
<i>Ac.sc</i>	Uniform	Clumped	Random	Uniform	Clumped	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform
<i>Ju.po</i>	Uniform	Uniform	Random	Uniform	Clumped	Uniform	Random	Clumped	Uniform	Uniform



شکل ۲- مقادیر شاخص مورسیتا برای گونه‌های گیاهی مورد مطالعه  
**Figure 2- Morisita's index values in the studied plant species Index**

که نشان‌دهنده الگوی تصادفی است تبعیت می‌کنند. *Stipa* تراکم، گونه‌های *Cornulaca monacantha*، *Festuca ovina barbata* و *Astragalus squarrosus* گونه‌هایی بودند که فقط از توزیع دو جمله‌ای مثبت که حکایت از الگوی یکنواخت دارد تبعیت می‌کنند (جدول ۵).

براساس توزیع‌های احتمال مطالعه شده بر روی داده‌های تراکم، گونه‌های *Cornulaca monacantha*، *Festuca ovina barbata* و *Astragalus gossypinus*، *Tamarix ramosissima* و *Juniperus polycarpus* گونه‌هایی بودند که از توزیع بواسون

جدول ۵- الگوی پراکنش گونه‌ها براساس توزیع‌های احتمال

**Table 5- The distribution pattern of the studied species based on probability distribution**

Species	Negative binomial			Positive binomial			Deviation from the Poisson distribution		Poisson distribution	
	p	distribution	Invers K	distribution	p	distribution	Z	Distribution	p	distribution
<i>Ju.po</i>	0.00	-	0.18	Clumped	0.00	-	22.7	Clumped	0.00	-
<i>St.in</i>	0.00	-	0.24	Clumped	0.038	-	31.3	Clumped	0.00	-
<i>Br.to</i>	0.02	-	0.11	Clumped	0.00	-	12.10	Clumped	0.00	-
<i>Ac.mi</i>	0.07	-	0.47	Clumped	0.43	uniform	8.95	Clumped	0.00	-
<i>St.ba</i>	0.00	-	5.48	Clumped	0.00	-	2.38	Clumped	0.00	-
<i>St.pe</i>	0.45	Clumped	0.44	Clumped	0.15	uniform	8.02	Clumped	0.26	Random
<i>Fe.ov</i>	0.04	-	0.86	Clumped	0.08	-	2.71	Clumped	0.01	-
<i>Rh.pa</i>	0.91	Clumped	4.14	Clumped	0.08	-	1.04	Random	0.87	Random
<i>Co.mo</i>	0.10	Clumped	5.09	Clumped	0.00	-	1.19	Random	0.01	-
<i>Ca.po</i>	0.18	Clumped	-1.43	uniform	0.08	-	-2.56	Uniform	0.08	Random
<i>Ta.ra</i>	0.02	-	-1.02	uniform	0.63	uniform	-2.77	Uniform	0.00	-
<i>As.sq</i>	0.00	-	-1.09	uniform	0.00	-	-0.90	Random	0.00	-
<i>Be.yu</i>	0.28	Clumped	-2.53	uniform	0.15	-	-1.41	Random	0.15	-
<i>Ar.si</i>	0.00	-	-8.80	uniform	0.08	-	-0.15	Random	0.00	-
<i>On.co</i>	0.00	-	1.15	Clumped	0.00	-	1.39	Random	0.08	Random
<i>As.go</i>	0.00	-	-1.46	uniform	0.00	-	-0.17	Random	0.00	-
<i>Ac.sc</i>	0.34	Clumped	-8.60	uniform	0.00	-	-0.59	Random	0.15	Random

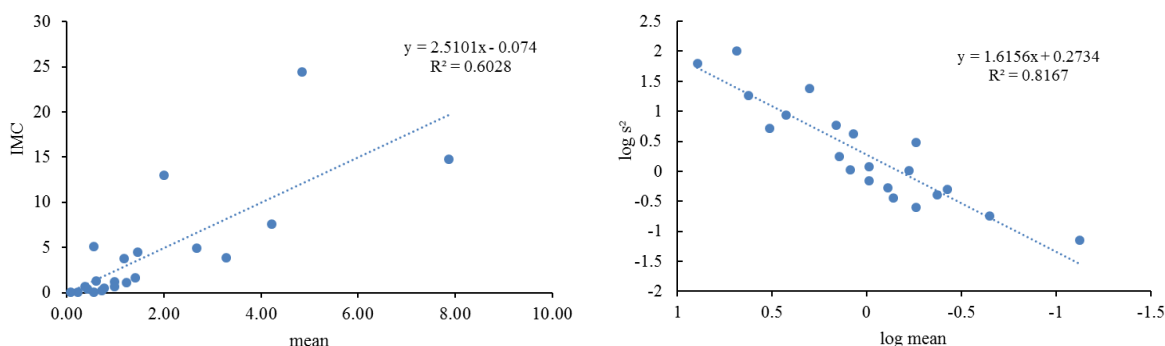
مطالعه کپه‌ای است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد رابطه بین میانگین (mean) و شاخص میانگین تجمع (IMC) داده‌های تراکم نیز خطی است (ضریب تبیین ۰/۶۰)، در اینجا نیز معنی‌داری ضریب  $\beta$  بررسی شد (شکل ۳). از آنجاکه شیب خط رگرسیون ( $\beta$ ) بیشتر از ۱ است، با این روش نیز الگوی کلی پراکنش گیاهان مورد مطالعه، کپه‌ای تعیین شد.

الگوی پراکنش گونه‌ای براساس روش‌های رگرسیونی از آنجایی که رابطه خطی بین لگاریتم میانگین و لگاریتم واریانس داده‌های تراکم از نظر آماری معنادار بود (با ضریب تبیین ۰/۸۱)، معادله کلی مربوطه برای تعیین الگوی پراکنش به کار گرفته شد (جدول ۶). معنی‌داری ضریب  $\beta$  یا شیب خط رگرسیون با استفاده از آزمون t انجام شد. نتایج نشان داد که مقدار b بیشتر از ۱ است؛ از این‌رو الگوی کلی پراکنش گیاهان مورد

جدول ۶- پارامترهای مدل‌های رگرسیونی تیلور و آیوا برای تعیین الگوی پراکنش گونه‌های مورد مطالعه

Table 6- Parameters of Taylor and Iwao regression models for determining the distribution pattern of the studied species

Regression	$\alpha$	B	SE <sub>b</sub>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	P <sub>reg</sub>	Distribution
Taylor's power law	0.273	1.615	0.37	0.80	0.00	Clumped
Iwao's patchiness	-0.081	2.509	4	0.60	0.00	Clumped



شکل ۳- قانون توان تیلور، رابطه بین لگاریتم میانگین ( $\bar{x}$ ) و لگاریتم واریانس ( $s^2$ ) و رگرسیون لکه‌ای آیوا، رابطه بین میانگین ( $\bar{x}$ ) و شاخص میانگین تجمع (IMC)

Figure 3- Taylor's power law, relationship between log variance ( $s^2$ ) and log mean ( $\bar{x}$ ) and Iwao's patchiness regression, relationship between mean crowding index (IMC) and mean ( $\bar{x}$ ) density of the studied species

که الگوی پراکنش گونه‌های مختلف جنس *Juniperus*، *Acantholimon* و *Astragalus* براساس تمامی شاخص‌ها، از نوع کپه‌ای است. آنها همچنین در مورد علت عدم مشاهده الگوی تصادفی برای گونه‌های منطقه بیان کردند که الگوی پراکنش تصادفی در موقعیت‌هایی ایجاد می‌شود که شرایط یکنواخت برای استقرار و رشد گونه‌ها مهیا باشد، که با توجه به قرار گرفتن جنگل‌های زاگرس و منطقه مورد مطالعه در شرایط ناهمگن فیزیوگرافی، اقلیمی و غیره امکان ایجاد این الگو وجود نخواهد داشت. برای گونه‌هایی که زادآوری طبیعی

#### بحث

در این پژوهش، از میان روش‌های تعیین الگوی پراکنش گیاهان، از سه روش کوادراتی، رگرسیونی و توزیع‌های احتمال استفاده شد. روش‌های کوادراتی ۶۵ درصد پراکنش گونه‌ها را کپه‌ای، ۳۲ درصد یکنواخت و ۳ درصد تصادفی پیش‌بینی کردند. از مجموع نتایج مشخص می‌شود که تمام شاخص‌ها، الگوی پراکنش گونه‌های مورد مطالعه را اغلب کپه‌ای تعیین کردند. Heydari و همکاران (۲۰۱۶) نیز در منطقه حفاظت شده مانشت استان ایلام به این نتیجه رسیدند

است، بدین شکل که کپه‌های کوچک درمنه در بین تک بوته‌ها به خوبی نمایان و قابل تشخیص هستند. به‌طور کلی ماهیت پراکنش بوته‌های درمنه به دلیل شرایط ادا فیزیکی و مورفولوژیکی و محیطی بدین صورت است که بوته‌ها در بعضی قسمت‌ها به صورت جفتی، سه تایی و گاهی ۴ و ۵ تایی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و کپه‌های کوچکی را ایجاد می‌نمایند. البته گونه *Artemisia sieberi* به عنوان گونه شاخص منطقه ایران-تورانی، در مراتع استپی ایران سازگاری و تطابق بالایی دارد و انتظار هم بر این است که الگوی پراکنش یکنواخت تا کمی تصادفی داشته باشد. Kamali و همکاران (۲۰۲۰) فرق مرتع را موجب یکنواختی الگوی پراکنش درمنه دشتی دانستند. آنها اذعان داشتند که گونه‌های درمنه با اینکه در مقایسه با سایر گیاهان به‌ویژه گونه‌های خوش‌خوراک مانند گراس‌ها و گیاهان علفی بدون اسانس، مقاومت بیشتری نسبت به چرا از خود نشان می‌دهند اما در رویشگاه‌هایی که تیپ یا جوامع درمنه با گیاهان خوش خوراک شکل گرفته است، در چرای متعادل، پوشش گیاهی مختلط درمنه و سایر گیاهان در میان مدت به سمت تیپ خالص درمنه تغییر می‌کند.

*Caligonium polygonoides* براساس تمام شاخص‌ها جز Z و Charlier's Index (به ترتیب تصادفی و یکنواخت) پراکنش کپه‌ای دارد. Bidarnamani و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که الگوی پراکنش اسکنبیل در سیستان و بلوچستان به صورت تصادفی است. بهترین شاخص‌های کوادراتی برای تعیین الگوی پراکنش این گونه، تیلور و مورسیستا و در بین شاخص‌های فاصله‌ای پیلو و مربع T ارزیابی شد. نتایج کلی نشان داد که شاخص‌های کوادراتی نسبت به شاخص‌های فاصله‌ای از دقت بیشتر و عملکرد یکسانی در ارزیابی الگوی پراکنش این گیاه برخوردار هستند. عوامل زیادی از جمله رقابت، آفات و بیماری‌ها باعث از بین رفتن الگوی پراکنش کپه‌ای است که با این شرایط پراکنش گونه‌های گیاهی به سمت الگوی تصادفی است. پراکنش گیاهان می‌تواند به دلیل رقابت گیاهان در اثر ناهمگنی شرایط محیطی از کم تا زیاد متغیر باشد. بنابراین به نظر می‌رسد

آنها از طریق بذر انجام می‌شود، الگوی مکانی با نحوه پراکنش بذر آنها ارتباط دارد. افتادن بذرها به صورت خوشه‌ای در زیر تاج پوشش و حاشیه‌های گیاهان می‌تواند علت شکل‌گیری الگوی پراکنش کپه‌ای برای این دسته از گیاهان باشد (Zolfaghari et al., 2022). همچنین تجمع نسبی و در کنار هم قرار گرفتن گونه‌های بوته‌ای و درختچه‌ای سبب ایجاد یک خرد اقلیم می‌شود که شرایط مساعدتری از نظر ایجاد سایه، میزان رطوبت و افزایش مواد غذایی خاک شده و باعث حفاظت و بقا یافتن زادآوری گونه‌ها می‌شود. در مقیاس کوچک بذرهای گیاهان تمایل دارند تا نزدیک پایه مادری افتاده و جوانه بزنند، این عمل باعث افزایش حالت کپه‌ای یا انبوهی گیاهان در رویشگاه خواهد شد (Asaadi, 2025). *Astragalus squarrosus Bunge* کمترین مقدار تمامی شاخص‌های مورد مطالعه (به جز شاخص فراوانی خوشه و چالیر) را دارا است و برای همه شاخص‌های کوادراتی به جز شاخص پراکنش الگو یکنواخت می‌باشد. Darvish و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از شاخص‌های کوادراتی پراکنش نسبت واریانس به میانگین، گرین، کپه‌ای لوید، مورسیستا و مورسیستای استاندارد الگوی پراکنش دو گونه گون را بررسی کردند. نتایج نشان داد که براساس همه شاخص‌ها الگوی پراکنش گونه *Astragalus gossypinus* به صورت کپه‌ای و یا تصادفی با گرایش کپه‌ای و پراکنش گونه *Astragalus paralogues* از الگوی پراکنش تصادفی تبعیت می‌کند. Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیق خود نشان دادند که پراکنش گونه *Astragalus effusus* در منطقه مورد مطالعه از الگوی یکنواخت پیروی می‌کند و این گونه در ارتفاعات بالادست دارای بیشترین فاصله از پایه‌های دیگر می‌باشد.

گونه *Artemisia sieberi* براساس تمام شاخص‌های کوادراتی به جز شاخص لکه‌ای و شاخص پراکنش، الگوی یکنواخت دارد. Jahantab و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود نشان دادند که گیاه درمنه کوهی در منطقه دیشموک استان کهگیلویه و بویراحمد دارای تراکم کمی است و گیاهان فاصله زیادی از یکدیگر دارند. الگوی توزیع این گونه یکنواخت تا تصادفی با گرایش به حالت کپه‌ای بسیار خفیف

نمونه قرار می‌گیرد، بهتر است از این دو شاخص برای مقایسه الگوی پراکنش جوامعی که تراکم گونه‌ای تقریباً یکسانی دارند استفاده شود (Bidarnamani et al., 2017).

شاخص‌های توزیع احتمال با دقت بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها الگوی پراکنش گونه‌ها را تعیین می‌کنند. Salimi Mostaali (۲۰۱۶) در تحقیق خود بیان کرد که شاخص‌های فاصله دقت بیشتری نسبت به شاخص‌های کوادراتی داشتند و الگوی مناسب را برای گون کتیرایی و دافنه نشان دادند، در حالی که شاخص‌های کوادراتی الگوی مشخصی را برای گونه دافنه ارائه نکردند، که ممکن است ناشی از ضعف شاخص کوادراتی باشد که به دلیل مشکلات اندازه، شکل و سطح پلات است. Ramezani و همکاران (۲۰۱۷) نیز در تحقیق خود بیان کرد در مرادعی با تراکم گیاهی کم، روش‌های فاصله‌ای در مقایسه با روش‌های کوادرات عملکرد بهتری دارند. به دلیل عدم آشنایی زیاد افراد در به کار گرفتن این روش‌ها، کمتر مورد استقبال قرار گرفته‌اند. کاهش زمان نمونه‌برداری، سرعت اجرا و دقت بالاتر، کاهش خطای مرز، نیاز کمتر به تجهیزات و نیروی انسانی، از دیگر مزایای این روش است. عیبی که می‌توان در روش فاصله‌ای به آن اشاره کرد، وابستگی این روش‌ها به الگوی پراکنش مکانی گیاهان است که ممکن است برآوردها اریب شوند.

در بین شاخص‌های کوادراتی شاخص اندازه خوشه الگوی پراکنش یکسان را برای همه گونه‌ها نشان داد که بیانگر عدم کارایی این شاخص در نمایش الگوی پراکنش گونه‌های مورد مطالعه است. در حالی که شاخص میانگین تجمع با دقت بیشتری الگوی پراکنش گونه‌ها را مشخص کرده است. Salimi Mostaali (۲۰۱۶) در تحقیق خود بیان کرد که در بین شاخص‌های کوادراتی تنها شاخص گرین توانسته است الگوی متفاوتی را برای گون کتیرایی نشان دهد و به نظر می‌رسد شاخص‌های لیود و مورسیتا عملکرد مناسبی در نمایش الگوی پراکنش گونه‌های گون کتیرایی و دافنه نداشته باشد. این مسئله را می‌توان با یک ارتباط منطقی به معیارهایی دانست که این شاخص‌ها بر آن اساس عمل می‌کنند. شاخص گرین براساس نسبت واریانس به میانگین، الگوی پراکنش را

عوامل زیستی مانند اثرهای متقابل با گونه‌های مجاور و عوامل غیر زنده مانند شرایط آب و هوا، خاک و نوع بذر در پراکنش تصادفی گیاه اسکنبیل نقش دارد.

در این پژوهش، *Stachys inflata* براساس همه شاخص‌ها توزیع کپه‌ای داشت. نتایج تحقیق Akafi و همکاران (۲۰۱۷) در منطقه پارک قمیشلو متفاوت با نتایج این تحقیق است. آنها بیان کردند که الگوی پراکنش *stachys infalata* براساس شاخص‌های پراکندگی شاخص، شاخص گرین، شاخص لوید و شاخص مورسیتا به‌جز شاخص خوشه‌بندی (کپه‌ای) تصادفی است. مشاهدات میدانی آنها نیز نشان داد که تراکم گیاه *Stachys inflata* در شش منطقه نسبتاً برابر بوده که می‌تواند دلیلی بر توزیع تصادفی باشد. Rostampour (۲۰۲۴) با مروری بر تحقیقات انجام شده در مناطق کوهستانی، به این نتیجه اشاره کرد که حتی در یک گونه اما در مناطق مختلف نیز نتایج متناقضی حاصل شده است، برای نمونه، نتیجه پژوهش Safari و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که الگوی بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در جنگل‌های جوانرود کرمانشاه به‌شکل کپه‌ای متمایل به تصادفی است، در حالی که Karimi و همکاران (۲۰۱۲) الگوی همین گونه را در جنگل باینگان استان کرمانشاه به صورت تصادفی تشخیص دادند.

در این پژوهش، علاوه بر شاخص‌های ساده کوادراتی که فقط دو فاکتور میانگین و واریانس را در نظر می‌گرفتند، از روش‌های آماری مانند قانون توان تیلور و توزیع‌های احتمال نیز استفاده شده است. Bidarnamani و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند در مقایسه با مدل تیلور، در مدل ایوانو ضرایب تبیین به دست آمده بسیار کوچک‌تر و خطای استاندارد ضرایب رگرسیونی بسیار بزرگتر است. بنابراین، می‌توان گفت که در برآورد الگوی پراکنش اسکنبیل، شاخص تیلور کارایی بیشتری نسبت به شاخص ایوانو نشان داد. یکی از روش‌های تعیین الگوی پراکنش از بین روش‌های آماربرداری سددرد، تابع K و مشتقات آن است که به دلیل توانایی‌های آن بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجایی که شاخص‌های نسبت واریانس به میانگین و K تحت تأثیر تعداد افراد در

مورد بررسی، گیاهان با تراکم‌های متنوع و با الگوهای پراکنش گوناگون می‌تواند منجر به نتایج متفاوت شود، بنابراین گزینش یک شاخص مناسب برای ارزیابی گیاهان رویشگاه از اهمیت زیادی برخوردار بوده و می‌بایست در اولویت قرار بگیرد. بنابراین، استفاده از شاخص‌های مناسب بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش، نتایج حاصل از سه روش کوادراتی، توزیع احتمال و رگرسیون، مکمل یکدیگر بودند و از آنجایی که مقادیر محاسباتی دارای مقادیر مثبت، منفی و صفر است، امکان مقایسه ضریب تغییرات (CV) و خطای استاندارد (SE) برای انتخاب دقیق‌ترین روش وجود ندارد. به دلیل تغییرات زیاد تراکم گونه‌ای در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک، واریانس داده‌ها نیز بسیار زیاد است. با نگاهی به فرمول‌های روش‌های کوادراتی می‌توان دریافت که تنها در فرمول شاخص مورسیتا و مورسیتای استاندارد، از آماره واریانس استفاده نمی‌شود، همچنین این دو شاخص تحت تأثیر اندازه جمعیت (N) قرار نمی‌گیرند (de Freitas Alves and de Santana, 2022)، بنابراین این شاخص‌ها کمتر تحت تأثیر روش نمونه‌برداری قرار می‌گیرند و شاخص‌های مناسب تری برای تعیین الگوی پراکنش هستند. شایان ذکر است که استفاده از روش‌های رگرسیونی و توزیع‌های احتمال نیز به حجم نمونه‌برداری بیشتری نسبت به روش‌های کوادراتی نیاز دارد.

مشخص می‌کند که در مورد گون‌کنیایی که سطح تاج پوشش تقریباً یکسانی در چهار وضعیت داشته الگوی پراکنش متناسب نمایش داده است اما در مورد گونه دافنه چون سطح تاج پوشش در وضعیت‌های مختلف متفاوت است این شاخص (گرین) دقت لازم برای تعیین الگوی پراکنش برای این گونه را نداشته است. در حالی که Ramezani (۲۰۱۷) بیان کرد که مقایسه شاخص‌های کوادراتی تعیین الگوی پراکنش در منطقه مورد مطالعه نشان داد که الگوی پراکنش گون خاردار در این منطقه، نسبتاً مستقل از شکل و اندازه پلات است و شاخص‌های مختلف کوادراتی الگوی پراکنش نسبتاً یکسانی (کپه‌ای) را برای گون خاردار معرفی کردند. البته باید خاطر نشان کرد که علاوه بر روش نمونه‌برداری و ابعاد و تعداد پلات، خصوصیات رویشی نیز بر الگوی پراکنش تأثیرگذار است. برای 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 و باعث الگوی کپه‌ای گونه‌های گیاهی شوند (Zang et al., 2022).

به‌طورکلی، کاربرد الگوی پراکنش در انتخاب روش مناسب نمونه‌برداری، تفسیرهای بوم‌شناسی و تعیین فاصله کشت مناسب برای برنامه‌های اصلاح و احیای مراتع مفید است، اما در عین حال باید توجه داشت که استفاده از شاخص‌های مختلف تعیین الگوی پراکنش، می‌تواند منجر به نتایج متفاوت و گاه غیر واقعی شود. باید توجه داشت که نوع گونه‌های گیاهی غالب هر رویشگاه و شرایط خاص گیاهان

## References

- Ahmadi, A., Tatian, M., Tamertash, R. and Yeganeh, H., 2015. Determining the distribution pattern of *Astragalus effusus* species in Qarabagh rangelands of West Azerbaijan province. Second National Conference on Protection of Natural Resources and Environment, Ardabil.
- Akafi, H., Ejtehadi, H. and Sepehri, A., 2017. Spatial Distribution Pattern of Certain Plant Species Use of Quadratic Indices in Ghamishloo National Park. Iranian Journal of Range and Desert Research, 24(4): 907-919. <https://doi:10.22092/ijrdr.2017.114899>
- Asaadi, A. M., 2025. Analysis of distance indices to evaluate the spatial distribution pattern of *Artemisia absinthium* and *Lychnis coronaria* medicinal species in northwest rangelands of Bojnord. Journal of Environmental Science Studies, 9(4): 9687-9676. <https://doi:10.22034/jess.2024.448805.2243>
- Bidarnamani, F., Fahmideh, L. and Shabanipoor, M., 2019. Comparison of Distance-based and Quadratic-based Methods to Determine the Dispersion Methods of *Calligonum polygonoides* in Sistan Province, Iran. Journal of Arid Biome, 9(1): 113-123. <https://doi:10.29252/aridbiom.2019.1567>

- Darvishi, L., Zare Chahoki, M.A. and Yousefi Valik Chali, M., 2014. Investigation and analysis of the distribution pattern of two species *Astragalus gossypinus* and *Astragalus paralogues* in the rangelands of Middle Taleghan. First National Conference on Sustainable Development of Renewable Natural Resources, Hamadan.
- De Freitas Alves, G., and de Santana, D. G., 2022. Why do traditional dispersion indices used for analysis of spatial distribution of plants tend to become obsolete?. *Population Ecology*, 64(2): 80-92. <https://doi.org/10.1002/1438-390X.12105>
- Fallahchay, M. and khoshmanzar S., 2019. Determination of Spatial Distribution Pattern Analysis of *Acer Velutinum* Species in two Elevation Classes using Distance Sampling Methods (Case Study: Asalem Nav Forests). *Ecol Iran Forest*, 7(13): 83-90. <https://doi.org/10.29252/ifej.7.13.83>
- Garavand, Y., Hosseini, S.M, Ahmadi, K. and Ghomi Avili, A., 2019. Etermining the Distribution Pattern of Pistachio Trees in1 Closed and Grazed Areas (Case Study: Baghe Shadi Protected Area in Yazd). *Plant and ecosystem*, 15(59): 3-13
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., and Ryan, P. D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 9 p. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Heydari, M., Karimikia, H., Jafarzadeh, A.A. and Naderi M., 2016. Study of Spatial Pattern of Indicator Plant Species in Ecological Species Groups (Case Study: Manesht Protected Area, Ilam Province). *Iranian Journal of Applied Ecology*, 5 (17): 65-76. <http://ijae.iut.ac.ir/article-1-790-en.html>
- Jahantab, E., Ghasemi Aryan, Y., Sepehri, A., Hanafi, B. and Yazdan panah, E. A., 2012. Study on distribution pattern of dominant plant species of mountainous rangelands in Central Zagros (Case Study: Dyshmuk region in Kohgilouyeh and Boyerahmad province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 19(3): 482-489. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2012.3793>
- Jannat Rostami, M., Zare Chahoki, M.A., Azarnivand, H. and Ebrahimi Darcheh, Kh., 2009. Survey and analysis of spatial pattern of plant species in marginal rangelands Hoz-e-Soltan Qom. *Whatershed Management Research*, 22(84): 72-80.
- Kamali, N., Jalili, A., Ashouri, P. and Khodagholi, M., 2021. *Artemisia*, the largest rangeland ecosystem in Iran. *Iran Nature*, 6(5), 35-43. <https://doi.org/10.22092/irn.2021.354616.1363>
- Karimi, M., Pormajidian, M. R., Jalilvand, H., and Safari, A., 2012. 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*, 20(4): 621-608. <https://doi.org/10.22092/ijfpr.2012.107471>
- Kiani, B., Rahiminia, G. and Emtehani, M., H. 2020. 'Investigation of the Structure, Distribution Pattern and Regeneration of Taradeh Desert Forest, Kerman. *Desert Management*, 8(15): 85-100. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2020.44931>
- Krebs, C.J. and Kenny, A.J., 2001. *Ecological methodology program package, version 6.0*. University of British Columbia, Canada.
- Mehdizadeh, S.H. and Rostami, A., 2020. Evaluation of Different Methods in Spatial Distribution Pattern of Trees Species in Kalkhani Forest in Kouhdasht, Lorestan - Zagros. *Ecol Iran Forest*, 8(15): 136-145. <https://doi.org/10.52547/ifej.8.15.136>
- Moghaddam, M.R., 2008. *Statistical and descriptive ecology of vegetation*. Tehran University Press. 285 pp.
- Nazarpoorfard, K. and Pourbabaei, H., 2020. Studying the Spatial Distribution Pattern using Distance and Quadratic Methods in the Zagros Recreational Areas. *Journal of Environmental Research and Technology*, 6(4): 31-37. <https://doi.org/10.29252/4.6.31>
- Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M, De Caceres M, Durand S, Evangelista H, FitzJohn R, Friendly M, Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M., Lahti, L., McGlenn, D., Ouellette, M., Ribeiro Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Ter Braak C. and Weedon, J., 2022. *\_vegan: Community Ecology Package\_*. R package version 2.6-4. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.vegan>
- Ramezani, Z., 2017. Investigating the spatial distribution pattern of *Astragalus Olivier* verus using quadrat and distance methods in the Mayan rangelands of Mashhad. Master's thesis, Ferdowsi University of Mashhad.

- Rostampour, M., 2024. Spatial distribution pattern of plant species in mountain almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) habitat in Shaskouh protected area, South Khorasan. *Forest Research and Development*, 10(3): 295-322. <https://doi.org/10.30466/jfrd.2024.55097.1708>
- Sadeghinia, M., Zakeri, H., Jafari Nadushan, Z. and Asadi, M., 2018. Determining the distribution pattern of *Zygophyllum eurypteru* and *Artemisia sieber* species using distance indices in Nadushan rangelands of Yazd. 7th National Conference on Rangeland and Rangeland Management of Iran.
- Safari, A., Heidari, R. H., Shabaniyan, N., and Karimi, M., 2014. 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*, 22(2): 347-357. <https://doi.org/10.22092/ijfpr.2014.11158>
- Salimi Mostaali, L., 2016. Study of the spatial distribution pattern of Asteraceae and Daphne species in different conditions (Case study: Mahidasht rangelands of Kermanshah). Master's thesis, University of Kurdistan.
- Zhang, M., Wang, J., and Kang, X., 2022. Spatial distribution pattern of dominant tree species in different disturbance plots in the Changbai Mountain. *Scientific reports*, 12(1): 14161. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18621-x>
- Zolfaghari, Z., Moradi, M., Basiri, R., Ghasemi, A. 2022. Evaluation of spatial pattern *Tecomella undulata* R. in Bushehr province. *Journal of environmental science and technology*. 24(3): 131-143