Gonbad Kavous University
Journal of Plant
Ecosystem Conservation
Volume 12, Issu 25
http://pec.gonbad.ac.ir

Investigating the Distribution Pattern of *Fritillaria imperialis* in the Mahenshan Region of Zanjan Province

Latafat Moradi[1], Najmmaddin Mortazavi[*2], Mitra Alaei [3]

[1]Ph.D student, Faculty of Agriculture, University of Zanjn, Zanjn, Iran
[2]Associate Professor of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjn, Zanjn, Iran
[3]Associate Professor of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjn, Iran

Received: 2024/06/24; Accepted: 2024/09/30

Abstract

Selecting appropriate methods for accurately measuring density in shrublands with varying plant densities and distribution patterns is of great importance. *Fritillaria imperialis* grows extensively in the high-altitude regions of Kahkiloyeh and Boyer Ahmad, Ashtrankuh in Lorestan, the Samsami Mountains of Chahar Mahal Bakhtiari, Golestan Kuh in Khansar, and the Al-Arqan Mahenshan area in Zanjan Province. The Mahenshan Protected Area in Zanjan Province is one of the natural habitats of this rare and endangered species in Iran. In the spring of 2023, this study was conducted to plan and manage the conservation of *Fritillaria imperialis* and its habitat conditions, using distribution pattern indices. To determine the spatial distribution pattern of plant species in the Mahenshan Protected Area (Al-Arqan), a fixed-area "sampling plot" method was used. A sampling area of approximately 10,000 m² was selected, and sampling was conducted along two transects (20 × 50 m) with 1 × 1 m quadrats. Each case was measured randomly and systematically, and density was calculated by counting all samples. In this study, the distribution of *Fritillaria imperialis* was analyzed using Taylor, Iwao, and Morris indices. The calculated values for the distribution indices of *Fritillaria imperialis* using the Taylor, Iwao, and Morris methods showed significant differences at the 5% statistical level. The results indicated that at an elevation of 1800–2000 m, the coefficients for Taylor's b, Iwao's β, variance-to-mean ratio (ID), Morisita's Iδ, and k were 1.27, 1.36, 1.37, 1.17, and 14.91, respectively. At an elevation of 2000–2200 m, these values were 1.45, 1.48, 1.45, 1.25, and 21.48, respectively, indicating an aggregated distribution pattern at both elevation levels. However, the comparison of quadratic coefficients across all methods showed that as elevation increased, population aggregation decreased, and the distribution pattern of *Fritillaria imperialis* tended toward randomness. Based on the results and the absence of significant differences among the indices, all three indices (Taylor, Iwao, and Morris) can be used to assess the diversity and distribution of *Fritillaria imperialis*.

Keywords: Distribution indices, Conservation, Environment, Rare and natural resources

*Corresponding author: mortazavi46@gmail.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره دوازدهم، شماره بیست و پنجم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

بررسی الگوی پراکندگی گونه لاله واژگون (*Fritillaria imperialis*) در حال انقراض در منطقه ماهنشان استان زنجان

لطافت مرادی[1]، سید نجم الدین مرتضوی*[2]، میترا اعلایی[3]

[1]دانشجوی دکتری، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان
[2]دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان
[3]دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

چکیده

گزینش روش‌هایی مناسب برای اندازه‌گیری دقیق تراکم در بوته‌زارهای مختلف که از نظر میزان تراکم و الگوی پراکندگی گیاهان متفاوت است، دارای اهمیت زیادی است. گونه گیاهی لاله واژگون در ارتفاعات سردسیر کهکیلویه و بویراحمد، اشترانکوه لرستان، کوه‌های صمصامی چهار محال بختیاری و گلستان کوه در خوانسار و در منطقه الارقان ماهنشان در استان زنجان در سطح وسیع و قابل توجهی می‌روید. منطقه حفاظت‌شده ماهنشان در استان زنجان یکی از رویشگاه‌های طبیعی گونه لاله واژگون در ایران است. این تحقیق در بهار سال ۱۴۰۲ در راستای برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست برای حفاظت این گونه کمیاب و در حال انقراض و شرایط محیط زنده گونه لاله واژگون، از شاخص الگوی پراکندگی برای مطالعه حاضر استفاده شده است. به منظور تعیین الگوی پراکندگی مکانی گونه‌های شاخص گیاهی در منطقه حفاظت شده ماهنشان (الارقان) از روش "قطعه نمونه" با مساحت ثابت استفاده شد که محدوده‌ای با مساحت حدود ۱۰،۰۰۰ متر برای نمونه‌گیری انتخاب و نمونه‌گیری از دو ترانسکت (۲۰ × ۵۰ متر) با کوادرات‌های ۱×۱ در نظر گرفته شد. هر مورد به‌صورت تصادفی و منظم اندازه‌گیری و تراکم با شمارش تمامی نمونه‌ها انجام شد. در این پژوهش پراکندگی گیاه لاله واژگون مطالعه شد و با شاخص های تیلور، ایوائو و موریس محاسبات انجام شد. مقادیر محاسبه شده برای شاخص‌های پراکندگی گیاه لاله واژگون در الگوی پراکندگی با روش تیلور، ایوائو و موریس در سطح آماری پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. نتایج نشان داد در سطح ارتفاع ۲۰۰۰-۱۸۰۰ متر در ارزیابی الگوی پراکندگی، ضرایب روش‌های کوادراتی تیلور b، ایوائو β ، نسبت واریانس به میانگین ID، موریسیتا $I\delta$ و k به ترتیب اعداد ۱/۲۷، ۱/۳۶، ۱/۳۷، ۱/۱۷، ۱۴/۹۱ و برای ارتفاع ۲۲۰۰-۲۰۰۰متر نیز به ترتیب اعداد ۱/۴۵، ۱/۴۸، ۱/۴۵، ۱/۲۵ و ۲۱/۴۸ محاسبه گردید که نشان‌دهنده تجمعی بودن الگوی پراکندگی در هر دو سطح ارتفاعی است. اما مقایسه ضرایب کوادراتی در همه روش‌ها نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از تجمعی بودن جمعیت‌ها کاسته شده و الگوی پراکندگی لاله واژگون به تصادفی تمایل پیدا می‌کند. طبق نتایج حاصل و با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین شاخص‌های ذکر شده، هر سه شاخص تیلور، ایوائو و موریس می‌تواند برای بررسی تنوع و پراکندگی لاله واژگون مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: **شاخص‌های پراکندگی، حفاظت، محیط زیست، کمیاب و منابع طبیعی**

مقدمه

لاله واژگون (*Fritillaria imperialis*) گیاهی از خانواده لیلیاسه (*Lilliaceae*). از گل‌های با ارزش و بومی منطقه گسترده‌ای از آناتولی، فلات ایران و کوه پایه‌های هیمالیا که آن را گل اشک، اشک مریم و تاج قیصر نیز نامیده‌اند. علت این نامگذاری آن است که مقداری شبنم در بین این گل‌ها جمع می‌شود و سپس از پائین آن می‌چکد. لاله واژگون از منحصربه‌فردترین و کمیاب‌ترین گونه‌های گل و گیاهان بومی و وحشی در مناطق کوهستانی ایران است. این گونه گیاهی در ارتفاعات سردسیر کهکیلویه

*نویسنده مسئول: mortazavi46@gmail.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

و بویراحمد، اشترانکوه لرستان، کوه‌های صمصامی چهار محال بختیاری و گلستان کوه در خوانسار و در منطقه الارقان ماهنشان در استان زنجان در سطح وسیع و قابل توجهی می‌روید که به عقیده گیاه‌شناسان، این گل به‌سرعت در حال انقراض است و زیستگاه‌ها و تعداد این گونه گیاهی بسیار کمتر از گذشته شده و در حال از بین رفتن است (اسلام‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). گل‌ها به شکل زنگوله و به رنگ قرمز یا زرد و یا صورتی در انتهای ساقه گل‌دهنده یک دسته برگ و در زیر آنها به تعداد ۵ تا ۸ گل که دمگل آن خمیده است، در اردیبهشت ماه ظاهر می‌شوند. قسمت پایین گلها تا حد وسط طول ساقه کاملا عاری از برگ است و مجددا در این قسمت، برگ‌ها به‌صورت فراهم، ساقه را فرامی‌گیرند. این گل سازگاری زیادی با دامنه‌های سنگلاخی و صخره‌ای دارد و در صورت عدم تخریب به واسطه دام و انسان، حتی تا ۱۰ هزار شاخه از آن را در یک دشت می‌توان مشاهده کرد (اسلام‌زاده و همکاران،۱۳۸۸; میردیلمی و همکاران ۱۳۹۱). در مطالعه‌ای باعنوان ارزیابی کارایی شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی در تعیین الگوی پراکندگی، شاخص‌های فاصله‌ای تعیین الگوی پراکندگی (ابرهارت، هاپکینز و هولگیت) و شاخص‌های کوادراتی پراکندگی (نسبت واریانس به میانگین، موریسیتا و موریسیتای استاندارد) چند گونهٔ مرتعی در منطقه نیر استان یزد را محاسبه نمودند و نتایج آنها نشان داد که توزیع گونه‌ها *Seidletzia*، *Cornulaca*، *Haloxylon aphyllum*، *Rosmarinus monocantha* و *Zygophyllum eurypterum* در منطقهٔ مورد مطالعه تابع الگوی تصادفی است درحالی‌که الگوی پراکندگی گونهٔ *Ephedra Strobilceae* از نوع کپه‌ای است. همچنین آن‌ها نشان دادند که شاخص‌های فاصله‌ای مورد استفاده در بیشتر موارد برای هر گونهٔ گیاهی، یک نوع الگو را نشان میدهد. بنابراین دقت این شاخص‌ها مورد استفاده در مقایسه با شاخص‌های کوادراتی بیشتر بوده و تعیین پراکندگی با استفاده از کوادرات به دلیل اثرات ناشی از تعداد، سطح و شکل کوادراتها کارایی کمتری نسبت به شاخص‌های فاصله‌ای دارند (زارع چاهوکی و طویلی، ۱۳۸۹). بررسی رابطه گونه و تعیین محیطی موثر بر پراکندگی گونه‌های گیاهی با استفاده از روش‌های رسته-بندی در پژوهش‌های متعددی به بررسی گذاشته شده و در بررسی منطقه شمال ایران با تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی پرداخته شده و در این بررسی رابطه تنوع گیاهی مراتع استیپی ندوشن یزد با برخی عوامل محیطی موثر بر آن با استفاده از آنالیز کاهشی به این نتیجه رسیدند که روند تغییرات تنوع گیاهی منطقه نیز با نوع سازند زمین‌شناسی گیاهی رابطه معنی‌داری داشته الگوی پراکندگی مکانی (Spatial pattern distribution) بر نحوه اختصاص مکان یا توزیع افراد دلالت دارد که گویای نحوه قرارگیری افراد در فضای افقی است (Kooch et al., 2023). این الگوی پیامد پاسخ‌های چندگانه زیستی جمعیت‌ها، روابط بین‌گونه‌ای، روابط درون‌گونه‌ای و شرایط محیطی است به‌طورکلی سه نوع الگوی مکانی مختلف وجود دارد که عبارتند از الگوی کپه‌ای، منظم و تصادفی (بارانیان و همکاران ۱۳۹۰). شکل‌گیری الگوی مکانی پراکندگی گیاهان نتیجه عمل چندگانه روابط بین‌گونه‌ای و درون-گونه‌ای، ویژگی‌های بیولوژیکی جمعیت و شرایط محیطی است (Gray et al., 2009). بنابراین الگوی مکانی از دو جنبه اهمیت دارد: اول اینکه شکل الگو نتیجه فرآیندها و کنش‌های اکولوژیکی و بیولوژیکی است که ترکیب الگوی مکانی با دیگر اطلاعات می‌تواند در درک عوامل ایجاد کننده الگو مهم باشد. دوم اینکه الگوی مکانی گونه‌ها برای درک الگوهای تنوع زیستی ضروری است (Zhang et al., 2012). الگوی مکانی فقط یک ویژگی مکانی جمعیت نیست، بلکه یکی از شاخص‌های کمی و اساسی جمعیت‌هاست و مهمترین شاخص برای تشریح ساختار توده جنگلی است (Gray et al., 2009). به‌طوری‌که در همین بررسی(توده جنگلی) در نهال‌های صنوبر الگوی کپه‌ای داشته و به درختان مادری نزدیکتر بودند، اما در بررسی الگوی پراکندگی مکانی در توده‌های همسال درختان بلوط در آلمان نتایج نشان داد که توده‌های تنک شده الگوی منظم‌تری داشتند (Longuetaud et al., 2008). طبق نتایج حاصل و با توجه به نبود اختلاف معنی‌دار بین شاخص‌های ذکر شده، هر سه شاخص تیلور، ایوائو و موریس می‌تواند برای بررسی تنوع و پراکندگی لاله واژگون مورد استفاده قرار گیرد. تنوع گونه‌ای بخش عمده‌ای از تنوع زیستی و یکی از مهم‌ترین پارامترهای نشان‌دهنده تغییرات زیست بوم است. مطالعه و اندازه‌گیری تنوع گیاهی رویشگاه‌های مختلف برای دستیابی به اهداف حفظ تنوع گیاهان، بومی شناسایی و محافظت گیاهان غیر بومی و

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

حفظ گونه‌های نادر ضروری است، به‌طوری‌که هر چه تنوع گونه‌ای در اکوسیستم بیشتر باشد، زنجیره‌های غذایی طولانی‌تر خواهد بود(Omidi et al., 2010). از جنبه‌های کاربردی الگوی پراکندگی گیاهان می‌توان به کاربرد آن در مدل‌سازی، تعیین روش مناسب نمونه‌برداری و طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری، ارائه طرح‌های مدیریتی مناسب، اقدامات حفاظتی و احیایی مراتع، ارزیابی یکنواختی و عدم یکنواختی متغیرهای محیطی، تولید مثل گونه ها، رقابت و الگوهای رفتاری گیاهان اشاره کرد (Maestre et al., 2005). شاخص‌های پراکندگی با استفاده از کوادرات به خاطر مشکلات ناشی از تعداد، سطح و شکل کوادرات هوای، نسبت به شاخص‌های هوای و فاصله‌ای، کارایی کمتری نشان می دهد. در مناطقی که تراکم گیاهان کمتر بوده در محل قرارگیری کوادرات ممکن است کوادرات یک یا تعداد کمی گیاه را در خود جای دهد. بنابراین واریانس در هر کواردات نمونه‌برداری شده نسبت به میانگین بیشتر می‌شود و نتایج تحقیق فوق مطابق با نتایج کارایی بهتر شاخص‌های کوادراتی است (Jannat Rostami et al., 2008). مدیریت اصولی و برنامه‌ریزی‌شده گیاه لاله واژگون نیازمند مطالعات اکولوژیکی و شناسایی ویژگی‌های رویشگاهی آنها است تا بر این اساس بتوان رویشگاه‌های بالقوه لاله واژگون را با هدف احیاء و توسعه رویشگاه‌ها تعیین و از این‌رو در این تحقیق با توجه به اهمیت گونه لاله واژگون، این روش در این گیاه برای شناسایی و تعیین رویشگاه بالقوه انتخاب شده است. با توجه به این اصل مهم که گیاه لاله واژگون یک گیاه کمیاب و در حال انقراض هست، در این منطقه مورد بررسی(استان زنجان) تا الان هیچگونه پژوهش و مطالعه‌ای بر روی گیاه لاله واژگون انجام نگرفته، هدف از این پژوهش معرفی و شناسایی گیاه لاله واژگون در منطقه ماهنشان، استان زنجان بوده تا بتوان قدمی کوچک برای حفاظت و جلوگیری از انقراض این گونه با ارزش گیاهی برداشت و همین‌طور میزان و نوع پراکندگی این گیاه با ارزش مشخص و بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در منطقه ماهنشان

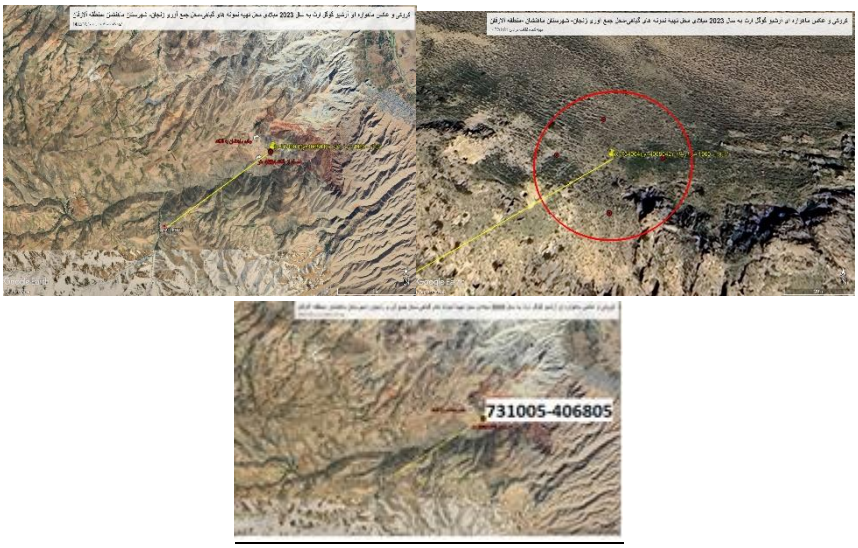
منطقه مورد مطالعه گیاه لاله واژگون در منطقه ماهنشان با وسعتی بالغ بر پنج هزار هکتار است. که در دو منطقه کوهستانی واقع شده است. شهرستان ماهنشان از شمال به شهرستان زنجان، از شمال باختری به شهرستان چاراویماق (استان آذربایجان شرقی)، از باختر به شهرستان تکاب (استان آذربایجان غربی)، از خاور به شهرستان زنجان، از جنوب خاوری به شهرستان ایجرود و از جنوب به شهرستان بیجار (استان کردستان) محدود می‌شود. این شهرستان در ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۹ دقیقه درازای خاوری و ۳۶ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه پهنای شمالی واقع شده است. مرکز این شهرستان نیز در ۴۷ درجه و ۴۰ دقیقه درازای خاوری و۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه و ارتفاع ۱۳۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است. بر اساس مطالعات انجام شده ۲۹ گونه بوته و درختچه، ۹۶ گونه علفی‌های پهن برگ و ۴۶ گونه گندومیان و شبه گندومیان در محدوده مورد مطالعه وجود دارد. این تحقیق در منطقه حفاظت‌شده الارقان واقع در استان زنجان (شهرستان ماهنشان) انجام شده است. در این بررسی که به منظور تعیین الگوی پراکندگی انجام شده است، از گونه‌های شاخص گیاهی که با روش قطعه نمونه استفاده شد. برای جمع‌آوری اطلاعات دو قطعه زمین در دو منطقه ثابت که در منطقه ماهنشان محدوده‌ای با مساحت ۱۰۰۰۰ متر برای نمونه‌گیری انتخاب شد.

نمونه‌گیری از دو ترانسکت(هر ترانسکت ۲۰ در ۵۰ متر) با پلات‌های ۱×۱ به‌صورت تصادفی سیستماتیک و اندازه‌گیری تراکم با شمارش تمامی نمونه‌ها انجام گرفت و تعداد گیاهان موجود در این قطعه از زمین شمرده شد. با شاخص تیلور (Taylor)، ایوائو (Iwao)، موریس (Mauritius) اندازه گرفته و محاسبات شد. شاخص‌های بررسی شده شاخص موریسیتا، تیلور و موریس توانایی بالاتری در تعیین پراکندگی بوته‌ها نشان دادند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول ۱- میانگین پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک منطقه مورد مطالعه (ماهنشان) در دوره رشد گیاه لاله واژگون (۱۴۰۲)

ماه	دما حداکثر (°C)	دمای حداقل (°C)	میانگین رطوبت نسبی (%)	ساعات آفتابی	مجموع تبخیر (mm)	مجموع بارندگی (mm)
فروردین	۱۰/۴	۶/۲	۸/۳	/۹	۰/۸	۹
اردیبهشت	۸	۴/۶	۶/۳	۰	۱	۰/۲
خرداد	۱۴/۴	۵	۹/۸	۸/۱	۳/۸	۰
تیر	۱۸/۴	۳/۶	۰/۱۱	۸/۸	۳/۱	۰
مرداد	۲۰/۴	۶/۶	۱۳/۵	۹/۳	۴/۴	۰
شهریور	۲۰	۷/۲	۱۳/۳۶	۲/۶	۳/۲	۱/۶



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی محل اندازه‌گیری پراکندگی گیاه لاله واژگون

روش نمونه‌برداری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

نمونه‌گیری از دو ترانسکت(۲۰ در ۵۰) با پلات ۱×۱ متر به صورت تصادفی سیستماتیک اندازه‌گیری و تراکم با شمارش تمامی نمونه‌ها انجام گرفت. اندازه‌ی نمونه‌ها با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید (بیدرنامنی و همکاران،۱۳۹۸).

رابطه ۱ $N = ((t^2 \times x^2)/(\bar{x} \times k)^2$

در رابطه ۱ مؤلفه‌ها به‌صورت زیر تعریف می‌شوند: N: اندازه نمونه، t: مقدار استیودنت با درجه آزادی n-1، $\bar{x}$ میانگین نمونه و k: خطای تخمین که در این پژوهش ۵ درصد در نظر گرفته شد. برای ارزیابی شاخص‌های کوادراتی، تعداد گونه لاله واژگون در هر کوادرات شمارش گردید و شاخص‌های کوادراتی پراکندگی آن محاسبه شد. برای ارزیابی پراکندگی گونه گیاه لاله واژگون از پنج شاخص تیلور، ایوائو، موریسیتا، شاخص تجمع و نسبت واریانس به میانگین استفاده شد (جدول ۲). به‌منظور برآورد الگوی پراکندگی جمعیت گونه لاله واژگون S.striata از پنج شاخص تیلور (Taylor, 1961)، ایوائو (Iwao, 1968)، موریسیتا (Morisita, 1962)، نسبت واریانس به میانگین (Wei-dong *et al.*, 2001) و k (Chawla *et al.*, 2008) استفاده شد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول ۲- روابط برآورد کننده‌های شاخص پراکندگی

برآورد کننده	مشخصات	دامنه	رابطه
شاخص تیلور	میانگین (m) واریانس (S^2)	b<1 یکنواخت b=1 تصادفی b>1 تجمعی	$\text{Log}(S^2) = \text{Log}(a) + b\,\text{Log}(m)$
شاخص ایوائو	شاخص انبوهی متوسط (m^*)	β<1 یکنواخت β =1 تصادفی β>1 تجمعی	$m^* = \alpha + \beta m$ $m^* = m + (\frac{S^2}{m} - 1)$
شاخص‌نسبت واریانس به میانگین		ID <0 یکنواخت ID =0 تصادفی ID >0 تجمعی	$ID = \frac{s^2}{\bar{x}}$
شاخص موریسیتا	n تعداد کل افراد در تمام نمونه‌های برداشته شده N تعداد کل نمونه‌ای برداشته شده N_i تعداد افراد در نمونه شماره i است	Iδ<1 یکنواخت $I\delta$ =1 تصادفی $I\delta$>1 تجمعی	$I\delta = N\frac{\sum n_i (n_i - 1)}{n(n-1)}$
شاخص تجمع ($\hat{k}$)	N تعداد نمونه A_x مجموع فراوانی‌های مشاهده شده‌ای از واحدهای نمونه‌برداری‌که بیش از χ فرد دارند	$\hat{k}$<8 تصادفی $\hat{k}$>8 تجمعی	$NLn\left(1+\frac{m}{\hat{k}}\right) - \sum\left(\frac{A_x}{\hat{k}}\right) = 0$

۱- برآوردکننده‌های شاخص جمعیت

۱-۲- تیلور

اساس و مبنای شاخص تیلور به واسطه روابط نمایی بین واریانس (S^2) و میانگین (m) تعیین شده‌است. فرمول (۲) درصورتی‌که مقادیر به‌دست‌آمده بزرگ‌تر، کوچک‌تر و مساوی b به ترتیب حالات تجمعی، یکنواخت و تصادفی پراکندگی گیاه لاله واژگون را نشان می‌دهند. در این فرمول شیب (b) به‌عنوان شاخص تیلور برای ارزیابی پراکندگی جمعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$\text{Log}(S^2) = \text{Log}(a) + b\,\text{Log}(m)$ رابطه ۲

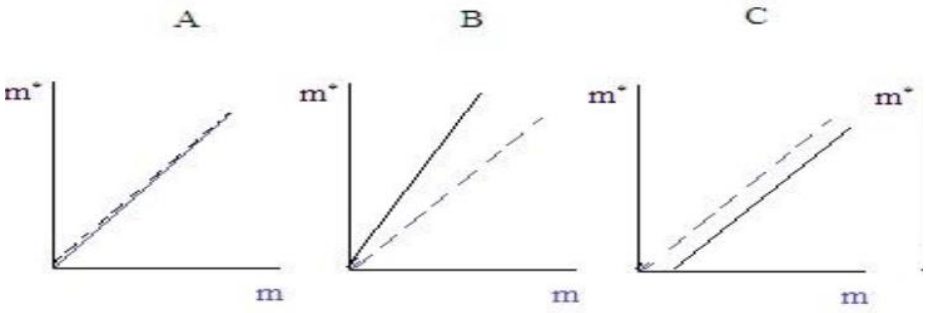
۱-۳- ایوائو

شاخص ایوائو بر پایه‌ی خط رگرسیون بین میانگین و میانگین انبوهی محاسبه می‌گردد (رابطه ۳ و۴). در تشخیص پراکندگی‌های یکنواخت، تصادفی و تجمعی مقادیر به‌دست‌آمده به ترتیب کوچک‌تر، مساوی و بزرگ‌تر از β بودند. در رابطه‌ی ایوائو m^*: شاخص انبوهی متوسط و مقدار آن محاسبه گردید، a: عرض از مبدأ وابسته به روش‌های نمونه‌برداری ، β: شیب رابطه است که از آن به‌عنوان شاخص تیلور استفاده می‌گردد و m بیانگر میانگین انبوهی متوسط است. از مقادیرF به‌دست‌آمده از ارتباط‌های رگرسیونی به منظور آزمون معنی‌داری اختلاف ضرایب b تیلور و β ایوائو با صفر استفاده گردید. شکل ۳ و جدول ۳ با استفاده از مقادیر a و β انواع حالات پراکندگی گونه‌ای را با استفاده از شاخص ایوائو نشان می‌دهد.

$m^* = \alpha + \beta m$ رابطه ۳

$m^* = m + ((S^2/m) - 1)$ رابطه ۴

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



شکل ۱- حالات پراکندگی نمونه بر اساس ضرایب مقادیر α و β شاخص ایوائو

جدول۳- حالات پراکندگی نمونه براساس مقادیر a و β شاخص ایوائو

نمودار	مقادیر ضرایب α و β	نوع پراکندگی
A	α =0 و β=1	تصادفیrandom
B	α =0 و β>1	کپه‌ایheap
C	α <0 و β=1	منظمorderly

۱-۴-شاخص نسبت واریانس به میانگین

(ID) مشخصه‌ی شاخص نسبت واریانس به میانگین است و برای هر نوبت نمونه‌برداری به‌صورت جدا در این پژوهش محاسبه شد (رابطه ۵). اساس عددی این شاخص اصولاً توزیع یک مربع کای است که با درجه آزادی n-1 با مربع کای مقایسه گردید (رابطه ۶) (Taylor, 1961).

$$ID = \frac{s^2}{\bar{x}}$$ رابطه ۵

$$ID = \frac{(n-1)s^2}{\bar{x}}$$ رابطه ۶

۱-۵- شاخص موریسیتا

شاخص موریسیتا توسط رابطه (۷) در هر بار نمونه‌برداری به‌صورت مجزا محاسبه گردید. مقیاس احتمال دو نقطه از جمعیتی که به‌صورت تصادفی انتخاب شده و در یک کادر قرار گیرند توسط این شاخص نشان داده می‌شود (رابطه۷). در این رابطه n بیانگر تعداد کل افراد در تمام نمونه‌های جمع‌آوری‌شده n_i تعداد افراد در نمونه شماره i می‌باشد. مقادیر $I\delta>1$، $I\delta=1$، $I\delta<1$ به ترتیب بیانگر پراکندگی‌های تجمعی، تصادفی و منظم است (Morisita, 1962).

$$I\delta = N\frac{\sum n_i(n_i-1)}{n(n-1)}$$ رابطه ۷

۱-۶- شاخص تجمع (k)

ارزیابی میزان تجمعی بودن پراکندگی توسط این شاخص صورت می‌گیرد (رابطه۸). در این رابطهN: تعداد نمونه ،$\bar{x}$: میانگین جمعیت و A_x مجموع فراوانی‌های مشاهده‌ای از واحدهای نمونه‌برداری با بیش از x فرد است. مقادیر $\hat{k}$ در شرایط بزرگ‌تر از ۸ و کوچک‌تر از ۸ به ترتیب نشان‌دهنده پراکندگی تصادفی و تجمعی است.

$$NLn\left(1+\frac{m}{\hat{k}}\right)-\sum\left(\frac{A_x}{\hat{k}}\right)=0$$ رابطه ۸

نتایج و بحث

نتایج آنالیز داده‌های اندازه‌گیری‌شده نشان داد که در الگوی پراکندگی گونه لاله واژگون با روش تیلور، ایوائو و موریس در سطح آماری پنج درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جداول ۵، ۶ و ۷) که نشان‌دهنده وجود تنوع قابل‌توجهی در گیاه لاله واژگون در منطقه ماهنشان است. برطبق نتایج حاصل تفاوت چشم‌گیری بین این شاخص‌ها وجود نداشت و هر سه شاخص اندازه‌گیری، تنوع و پراکندگی یکسانی در این منطقه نشان داد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول ۴- مشخصات ارتفاعات مختلف از سطح دریا (۱۸۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۲۰۰متر) در منطقه ماهنشان

ارتفاع (متر)	شن	رس	سیلت	N	P	K	PH
۲۰۰۰-۱۸۰۰	۲۶	۴۹	۲۵	۰/۱۱	۹/۳۲	۱۶۷/۵۴	۷/۶
۲۲۰۰-۲۰۰۰	۳۰	۵۴	۱۶	۰/۱۴	۱۳/۱۱	۱۳۱/۴۸	۷/۶

جدول ۵- آماره‌های رگرسیونی روش تیلور برای محاسبه الگوی پراکندگی گیاه گل لاله واژگون *F. imperialis*

ارتفاع (متر)	b±SE	R^2	F	T
۲۰۰۰-۱۸۰۰	۱/۲۷±۰/۰۲	۰/۹۶۷	۱۰۳/۲۴*	۱۰/۳۲*
۲۲۰۰-۲۰۰۰	۱/۴۵±۰/۰۶	۰/۹۵۵	۱۲۲/۶۲*	۱۶/۴۱*

*: معنی‌دار بودن اختلاف ضرایب با صفر در سطح احتمال پنج درصد. ^{ns}: عدم معنی‌دار بودن اختلاف ضرایب با صفر در سطح احتمال پنج درصد. *b*: ضریب تیلور. R^2: ضریب تبیین. F: آزمون تجزیه واریانس رگرسیون. t: آزمون معنی داری اختلاف ضریب تیلور با عدد ۱.

روش تیلور

ارزیابی آمارهای به‌دست‌آمده از برقراری ارتباط رگرسیونی بین لگاریتم واریانس و میانگین جمعیت (رابطه تیلور) برای بررسی پراکندگی گیاه لاله واژگون در جدول ۵ نشان داده شدند. در پراکندگی گیاه لاله واژگون مقدار F در سطح احتمال ۵٪، در هردو طبقه ارتفاعی معنی‌دار ظاهرشده و F (ضریب تبیین) در حد بالایی قرار گرفت. با استفاده از نتایج این پژوهش نشان داده شد که ضریب تیلور (b) در طبقه ارتفاعی بالاتر (۲۲۰۰-۲۰۰۰متر) با مقدار ۱/۴۵ بیشتر از طبقه ارتفاعی پایین‌تر (۲۰۰۰-۱۸۰۰) بود. ضریب تبیین در ارتفاع ۲۲۰۰-۲۰۰۰ بالاتر بود و نشان می‌دهد که این ارتفاع بهتر توانسته ضریب تیلور را تبیین کند. در مطالعه‌ای مشابه که بر روی سه تالاب سیستان و بلوچستان انجام شد سه تالاب زهک، جازموریان و تهلاب دارای ارتفاعات مختلفی بودند، اما میزان ضرایب تیلور اختلاف چندانی نداشت (بیدرنامنی و همکاران، ۱۳۹۸) که با نتایج این مطالعه مبنی بر متفاوت بودن ضرایب تیلور در ارتفاعات مختلف جغرافیایی مطابقت داشت.

روش ایوائو

در جدول ۶ آمارهای حاصل از ایجاد ارتباط رگرسیونی بین شاخص انبوهی متوسط و میانگین جمعیت (رابطه ایوائو) در کوادرات‌های نمونه‌برداری شده برای بررسی پراکندگی لاله واژگون ارائه گردیده است. در پراکندگی گیاه لاله واژگون ضریب تبیین (F) در سطح احتمال پنج درصد در هردو ارتفاع مورد بررسی معنی‌دار و در سطح بالایی قرار داشت. در ارتفاع ۲۰۰۰-۲۲۰۰ متر ضریب ایوائو با مقدار ۱/۴۸ بیشتر از ارتفاع ۱۸۰۰۰-۲۲۰۰ با مقدار ۱/۳۶ ثبت گردید. ضریب تبیین در آمار ایوائو در ارتفاع ۲۲۰۰-۲۰۰۰ متر بالاتر بود که برعکس ضریب تیلور در این ارتفاع بیشترین مقدار بود. در مطالعه‌ای که بر روی پراکندگی گیاه اسکنبیل در سه ارتفاع جغرافیایی انجام شد نتایج نشان داد که ضریب ایوائو در ارتفاعات مختلف متفاوت بود و در مناطق با ارتفاع بیشتر ضریب ایوائو بالا بود (بیدرنامنی و همکاران، ۱۳۹۸) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

جدول ۶- آمارهای رگرسیونی روش ایوائو برای برای محاسبه الگوی پراکندگی گیاه گل لاله واژگون *F. imperialis*

ارتفاع (متر)	β±SE	R^2	F	T
۲۰۰۰-۱۸۰۰	۱/۳۶±۰/۱۲	۰/۹۱۷	۱۴۵/۱۴*	۱۳/۶۵*
۲۲۰۰-۲۰۰۰	۱/۴۸±۰/۰۶	۰/۹۴۱	۱۷۸/۸۴*	۲۵/۱۱*

*: معنی‌دار بودن اختلاف ضرایب با صفر در سطح احتمال پنج درصد. ^{ns}:عدم معنی‌دار بودن اختلاف ضرایب با صفر در سطح احتمال پنج درصد. *β*: ضریب ایوائو. R^2: ضریب تبیین. *F*: آزمون تجزیه واریانس رگرسیون. *t*: آزمون معنی داری اختلاف ضریب تیلور با عدد ۱.

مقادیر محاسبه‌شده برای شاخص‌های پراکندگی موریسیتا، نسبت واریانس به میانگین و k برای گیاه لاله واژگون در کوادرات‌های مختلف مورد بررسی و در جدول ۷ نشان داده شد. نتایج به دست‌آمده در روش موریسیتا نشان داد که ضریب موریسیتا (Iδ) در هر دو ارتفاع مورد بررسی تفاوت معنی‌داری با عدد ۱ داشت. بیشترین تفاوت ضریب (Iδ) با عدد ۱ در ارتفاع ۲۲۰۰-۲۰۰۰ ثبت گردید. نتایج این مطالعه با نتایجی که نشان داد شاخص موریسیتا در ارتفاعات بیشتر بالا بود (بیدرنامنی و همکاران، ۱۳۹۸) مطابقت داشت. در روش نسبت واریانس به میانگین نتایج

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

به دست آمده گویای این بود که در بررسی مقایسه‌های میانگین در مورد پراکندگی گیاه لاله واژگون، روش نسبت واریانس به میانگین برای در هر دو طبقه ارتفاعی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با صفر از خود نشان دادند. تفاوت معنی‌دار ضریب نسبت واریانس به میانگین در ارتفاع ۲۲۰۰-۲۰۰۰ متر بیشتر ثبت گردید. نتایج این مطالعه با نتایجی که نشان داد نسبت واریانس به میانگین در ارتفاعات بیشتر بالاتر بود (بیدرنامنی و همکاران، ۱۳۹۸) مطابقت داشت. در روش k با بررسی نتایج آزمون مقایسات میانگین در مورد گیاه لاله واژگون نشان داده شد که روش k در هر دو طبقه ارتفاعی با سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با عدد ۸ داشت. روش k در ارتفاع ۲۲۰۰-۲۰۰۰ متر در سطح احتمال پنج درصد با مقدار ۳۱/۱۶ تفاوت بیشتری با عدد ۸ نسبت به ارتفاع ۲۲۰۰-۲۰۰۰ نشان داد. نتایج این مطالعه با نتایجی که نشان داد روش K در ارتفاعات بیشتر بالاتر بود (بیدرنامنی و همکاران، ۱۳۹۸)مطابقت داشت.

جدول ۷- مقادیر محاسبه شده برای شاخص‌های پراکندگی گیاه گل لاله واژگون *F. imperialis*

شاخص های پراکندگی					
موریستا		نسبت واریانس به میانگین		k	
ارتفاع (متر)	F	P	K±SE	F	P
۲۰۰۰-۱۸۰۰	۶۷/۷۲	۰/۰۰*	۱۴/۰±۹۱/۱۷	۲۰/۲۳	۰/۰۰*
۲۲۰۰-۲۰۰۰	۸۸/۱۴	۰/۰۰*	۲۱/۰±۴۸/۰۸	۳۱/۱۶	۰/۰۰*

*: معنی‌دار بودن اختلاف ضرایب با صفر در سطح احتمال پنج درصد. ^{ns}: عدم معنی‌دار بودن اختلاف ضرایب با صفر در سطح احتمال پنج درصد.Iδ :ضریب موریسیتا. ID: ضریب نسبت واریانس به میانگین. K: کای عمومی.

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه شاخص‌های پراکندگی در طبقات ارتفاعی مختلف

در هر دو طبقه ارتفاعی تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری پراکندگی ،تیلور، ایوائو، موریسیتا ، نسبت واریانس به میانگین و k الگوی پراکندگی تجمعی را برای گیاه لاله واژگون نشان دادند. در ارزیابی الگوی پراکندگی گیاه لاله واژگون در دو طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰-۱۸۰۰ و ۲۲۰۰-۲۰۰۰ متر از سطح دریا در منطقه ماهنشان زنجان توسط شاخص-های ترانسکت، ضرایب فرمول‌های ترانسکت (تیلور، ایوائو، موریسیتا، نسبت واریانس به میانگین و k) در سطح احتمال ۵٪ معنادار بودند. در سطح ارتفاعی ۲۰۰۰-۱۸۰۰ متر در ارزیابی الگوی پراکندگی، ضرایب روش‌های کوادراتی تیلور b، ایوائو β، نسبت واریانس به میانگین ID، موریسیتا Iδ و k به ترتیب ۱/۲۷، ۱/۳۶، ۱/۳۷، ۱/۱۷، ۱۴/۹۱ و برای ارتفاع ۲۲۰۰-۲۰۰۰ متر نیز به ترتیب ۱/۴۵، ۱/۴۸، ۱/۴۵، ۱/۲۵ و ۲۱/۴۸ محاسبه گردید که نشان‌دهنده تجمعی بودن الگوی پراکندگی در هر دو سطح ارتفاعی بود، اما مقایسه ضرایب کوادراتی در همه روش‌ها نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از تجمعی بودن جمعیت‌ها کاسته شده و الگوی پراکندگی لاله واژگون به تصادفی میل پیدا می‌کند. بیشتر زیستگاه‌های گیاه لاله واژگون در آسیای مرکزی در معرض تهدید هستند، بنابراین اطلاعات جامع در مورد پراکندگی گونه‌ها نه تنها در سطح منطقه‌ای، بلکه در سراسر محدوده جغرافیایی، برای حمایت از طرح-های حفاظتی ضروری به نظر می‌رسد. اطلاعات دقیقی در مورد پراکندگی گیاه واژگون در منطقه جغرافیایی طبیعی در منطقه الارقان ماهنشان وجود ندارد و هیچ گونه بررسی انجام نشده تا بتوانیم با داده‌های به‌دست‌آمده مقایسه انجام بدهیم. در پژوهشی بررسی شاخص‌های کوادراتی در تعیین الگوی پراکندگی اسکنبیل هفت‌بندی (*Calligonum polygonoides*) در منطقه زهک سیستان و بلوچستان نشان داد که پراکندگی این گیاه در شاخص‌های تیلور، ایوائو، موریسیتا، k و نسبت واریانس به میانگین به صورت تصادفی بود (بیدرنامنی و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه‌ای که اثر عوامل محیطی بر پراکندگی گونه‌های مرتعی را بررسی کردند، دریافتند که مهم‌ترین عوامل خاکی مؤثر بر پراکندگی و استقرار گونه‌های گیاهی، درصد رطوبت و اسیدیته، و از بین عوامل پستی و بلندی، ارتفاع از سطح دریا می‌باشد (Trugilho, et al,. 2003). در بررسی‌های انجام شده در رویشگاه‌های استان مرکزی کارایی شاخص-های فاصله‌ای و شمارشی را برای تعیین الگوی پراکندگی دو گونه مرتعی *Artemisia sieberi* و *Astragalus ammodendron* مورد مقایسه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

داد که پراکندگی گونه *A. sieber* از الگوی یکنواخت و توزیع گونه *A. ammodendron* از الگوی تصادفی با گرایش به توزیع کپه‌ای تبعیت می‌کند (بیدرنامنی و همکاران، ۱۳۹۸). در پژوهش حاضر مشاهده گردید با افزایش ارتفاع مواد و ساختار خاک (جدول ۴)، به غیراز pH خاک که در هر دو سطح ارتفاعی ثابت ماند تغییر کرده و روند کاهشی داشتند که می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر ساختار و مواد غذایی خاک بر الگوی پراکندگی لاله‌واژگون باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گیاه لاله‌واژگون در ارتفاعات بالاترتر نسبت به ارتفاعات پایین‌تر، پراکندگی بیشتر و تجمعی‌تر داشته است. در این تحقیق الگوی پراکندگی گیاه لاله واژگون در منطقه ماهنشان، استان زنجان به صورت تصادفی سیستماتیک و اندازه‌گیری تراکم با شمارش تمامی نمونه‌ها انجام گرفت. پراکندگی گیاهان می‌تواند به‌دلیل رقابت گیاهان در اثر ناهمگنی شرایط محیطی از کم تا زیاد متغیر است. فلور ایران به علت وسعت و تنوع شرایط اقلیمی بسیار غنی است، از آنجا که یکی از پیش نیازهای اساسی در دستیابی به توسعه پایدار، مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است، به‌دست‌آوردن اطلاعات پایه از راه برآورد و تهیه فهرست پوشش گیاهی هر منطقه و شناخت انواع پوشش‌های گیاهی، جوامع و گونه‌ها در برنامه‌های مدیریتی امری ضروری است. به‌نظر می‌رسد فاکتورهای زنده مانند تعامل با افراد همسایه و عوامل غیرزنده مانند شرایط آب و هوا، خاک و نوع بذر در پراکندگی تصادفی گیاهان لاله واژگون نقش دارد. الگوهای پراکندگی در بررسی ساختار جوامع گیاهی از اهمیت خاصی برخوردار است و نتایج برآورد پارامترهای گیاهی به‌دست آمده ممکن است تحت تاثیر الگوی پراکندگی قرار گیرد. با بررسی الگوی پراکندگی گیاهان می‌توان اطلاعات زیادی در مورد یکنواختی و عدم یکنواختی محیطی، نوع تکثیر و تولید مثل انتشار گیاهان، رقابت و الگوهای رفتاری گیاهان را به دست آورد. الگوی پراکندگی گیاهان نیز بر روی روش نمونه‌برداری و به طور قطع بر روی حجم نمونه تاثیرگذار است. در هر منطقه با توجه به نوع پوشش گیاهی غالب در آن و شرایط خاص گیاه مورد مطالعه، گیاهان با الگو آب و هوای پراکندگی متفاوت و تراکم‌های مختلف حضور دارند. انتخاب روشی مناسب و بدون اریب یا با اریبی کم برای اندازه‌گیری میزان پوشش تاجی گیاهان از اهمیت زیادی برخوردار است تا بدین ترتیب با صرف کم‌ترین هزینه و البته با دقت و صحتی مناسب در کوتاه‌ترین زمان به بررسی و آنالیز پوشش گیاهی و پارامتر هوای مربوط با آن امکان‌پذیر است. الگوی پراکندگی گیاهان می‌تواند در تعیین روش صحیح برآورد تراکم جوامع گیاهی موثر باشد. تجزیه و تحلیل الگوی پراکندگی گیاهان یکی از مهمترین ابزار برای انتخاب روش‌های نمونه برداری در مطالعات بوم‌شناسی است. این پژوهش و پژوهش‌های دیگری از این دست، علاوه بر نشان دادن اهمیت الگوی پراکندگی گیاهان کمیاب در پژوهش‌های کاربردی، زمینه‌ساز ورود منابع دارویی سنتی به عرصه درمان هستند و همچنین می‌توانند منجر به برنامه‌ریزی صحیح زیست محیطی شوند تا با رعایت اصول برداشت از منابع طبیعی علاوه بر حفاظت از تنوع گونه‌های گیاهی زمینه بهره‌برداری پایدار از این منابع ارزشمند فراهم آید.

تشکر و قدردانی

تشکر و قدردانی از مسئولان محترم منابع طبیعی و اداره محیط زیست شهرستان ماهنشان و سازمان هواشناسی استان زنجان، که در انجام این پژوهش دانشجویی مساعدت کافی داشته‌اند.

منابع

اسلام زاده ن.، حسینی س.م.، مرادی ح.ر.، دهکردی ف.ع. ۱۳۸۸. معرفی زیستگاه های جدید برای Fritillaria imperialis با استفاده از GIS. مجله علوم و فناوری محیطی. شماره ویژه بهار.

بارانیان، ع.، بصری، م.، بشیری، ح.، ترکش، م. ۱۳۹۰. بررسی الگوی فضایی گیاهان به روش تحلیل نقطه ای، فاصله و کوادرات (مطالعه موردی: فریدون رجیون در اصفهان)، مجله مرتع، ۵(۳).): ۲۵۸-۲۶۹.

بیدرنامنی ، ف.، فهمیده، ل.، شعبانی پور، م. ۱۳۹۸. مقایسه روش‌های مبتنی بر فاصله و چهارتایی برای تعیین روش‌های پراکندگی چند ضلعی Calligonum در استان سیستان، ایران. مجله بیوم خشک. ۹ (۱): ۱۱۳-۱۲۲.

زارع چاهوکی، م.ع.، طویلی، ع. ۱۳۸۹. ارزیابی کارایی شاخص‌های فاصله‌ای و کوادراتی در تعیین الگوی پراکندگی چند گونهٔ مرتعی مناطق خشک (مطالعه موردی: مراتع جنوب منطقه نیر استان یزد). مجلهٔ علمی پژوهشی مرتع، سال دوم، شماره ۱۰۱- ۱۱۲.

میردیلمی، ز.، حشمتی، غ.، مازندرانی، م. ۱۳۹۱. مقدمه ای بر فلور، اشکال زندگی و تنوع جغرافیایی گیاهان دارویی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

مناطق خشک و نیمه خشک شمال شرق استان گلستان. مجله تحقیقات بوم فیزیولوژی گیاهی ایران، ۷(۲۶)، ۲۷-۳۷.

Chawla, A., Rajkumar, S., Singh, K. N., BrijLaland, R.D.S., Thukral, A.K. 2008. Plant species diversity along an altitudinal gradient of Bhabha Valley in Western Himalaya. Journal of Mountain Science. 5:157-177.

Gray, L., He, F.L. 2009. Spatial point-pattern analysis for detecting densitydependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. Forest Ecology and Management, 259: 98-106.

Iwao, S. 1968. A New Regression Method for Analyzing the Aggregation Pattern of Populations. Researches on Population Ecology Journal, 10: 1- 20.

Jennett Rostami, M., Zare Chahoki, M., Azarnivand, H., Ebrahimi Darche, Kh. 2008. Investigating and analyzing the distribution patterns of several plant species in the pastures on the edge of Sultan Qom reservoir. Journal of Watershed Research, (84): 72-80.

Kooch, Y., N. Ghorbanzadeh, K. Haghverdi., R. Francaviglia, 2023. Soil quality cannot be

Longuetaud, F., Seifert, T., Leban, J. M., Pretzsch, H. 2008. Analysis of long-term dynamics of crowns of sessile oaks at the stand level by means of spatial statistics. Forest Ecology and Management, 255(5-6), 2007-2019.

Maestre, F. T., Escudero, A., Martinez, I., Guerrero, C., Rubio, A. 2005. Does spatial pattern matter to ecosystem functioning? Insights from biological soil crusts. Functional Ecology, 566-573.

Morisita, M. 1962. I σ-Index, a measure of dispersion of individuals. *Researches on population ecology*, *4*(1), 1-7.

Omidi M., Kaboli M., Karami M., Salmanmahini A., Hasanzadeh Kiaee B. 2010. Modeling

Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature, 189(4766), 732-735..

Trugilho, P.F., Lima, J.T., Mori, F.A. 2003 Canonical correlation of physical and chemical characteristics of wood of Eucalyptus grandis e Eucalyptus saligna clones. Cerne: 9(1): 66-80.

Wei-dong, H., Xiu-mei, G., Lin-feng, L. 2001. Spatial pattern of dominant tree species of the secondary monsoon rain forest in Linjiang, Guangdong province. Journal of Forestry Research. 12(2): 101-104.

Zhang, Y., Li, J.M., Chang, Sh.L., Li, X., Lu, J.J. 2012. Spatial distribution pattern of Picea schrenkiana population in the Middle Tianshan Mountains and the relationship with topographic attributes. Journal of Arid Land, 4(4): 457-468.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]