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

Analysis of the environmental gradients in *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori habitat in relation to increasing elevation in southern and southeastern Iran (A trend and homogeneity based approach)

Hossein Piri Sahragard[*1], Peyman Karami [2]

[1]Associate Professor, Department of Rangeland & Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran
[2]Ph D in Environmental Science, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and the Environment Sciences, Malayer University, Malayer, Iran

Received: 2024/09/06; Accepted: 2024/10/28

Abstract

Altitude is considered an important factor in creating environmental gradients by affecting many components of the ecosystem. In the present study, the effect of altitude on some environmental processes—including habitat suitability, the trend of changes, and seasonal fluctuations in land surface temperature (LST), organic carbon density (OCD), and vegetation cover index (NDVI)—was evaluated in areas where *Moringa peregrina* is present in southern and southeastern Iran, including the provinces of Sistan and Baluchistan, Kerman, and Hormozgan. For this purpose, 61 species presence points were collected during the summer season from 2015 to 2020. LST data were obtained using the MODIS product (MYD11A1) from 2003 to 2023, separated by different seasons, and the trend of its changes was analyzed using the Mann-Kendall (MK) test. LST variability or heterogeneity was calculated using principal component analysis (PCA). Vegetation Index (NDVI) values were extracted from Google Earth Engine (GEE). The 61 presence points were then arranged in order of increasing elevation, and gradients in the mentioned criteria for these points were examined using the non-parametric MK test. Based on the significant gradients identified in the trend analysis, Pettitt's breaking point analysis was performed to group the presence points. Additionally, K-means clustering was used to group the points using all variables. The results showed that habitat suitability in the presence areas does not increase with elevation; this trend was also observed for OCD and NDVI. However, the trend of LST in spring and autumn showed a decreasing trend with increasing elevation. Furthermore, as elevation increased, fluctuations in LST increased significantly across all four seasons—spring, summer, autumn, and winter ($p < 0.0001$). The results also indicated that elevations above 400 meters above sea level represent a threshold for environmental changes in the studied gradients. Based on the breakpoint analysis, the presence points were divided into northern and southern groups according to fluctuations in environmental gradients. The spatial distribution of these groups was confirmed using K-means clustering. In summary, elevation, due to its influence on climatic parameters (temperature and precipitation) and edaphic characteristics, affects the presence and distribution of *M. peregrina* in the study area's habitats. Therefore, elevation can be identified as the primary factor influencing the formation of microclimates and the distribution of *M. peregrina* habitats.

***Keywords*:** trend of Changes, Environmental gradients, Temperature, Vegetation cover, *Moringa peregrina.*

*Corresponding author: hopiry@uoz.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

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

علمی-پژوهشی

تحلیل گرادیان‌های محیطی در رویشگاه گز روغنی *Moringa peregrina*(Forssk.) Fiori منطبق با افزایش ارتفاع در جنوب و جنوب شرق ایران (رویکردی مبتنی بر تحلیل روند و تجانس)

حسین پیری صحراگرد[1*]، پیمان کرمی[2]

[1]دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل
[2]دکتری محیط زیست، گروه علوم محیطی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۷

چکیده

ارتفاع با تأثیر بر بسیاری از مؤلفه‌های محیطی به‌عنوان یک عامل مهم در ایجاد گرادیان‌های محیطی به‌شمارمی‌آید. در پژوهش حاضر اثر ارتفاع بر برخی از فرآیندهای محیطی شامل مطلوبیت رویشگاه، روند تغییرات و نوسان‌های فصلی دمای سطح زمین (LST)، تراکم کربن آلی خاک (OCD) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در مناطق حضور گونه گز روغنی در جنوب و جنوب شرق ایران در استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان ارزیابی شد. در این راستا تعداد ۶۱ نقطه حضور گونه در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ در فصل تابستان جمع‌آوری شدند. دمای سطح زمین با استفاده از پروداکت (MYD11A1) ماهواره مودیس از سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ به تفکیک فصول مختلف سال تهیه و روند تغییرات آن نیز با آزمون من-کندال بررسی شد. نوسان یا هتروژنیتی LST با استفاده از آزمون تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA) محاسبه شد. مقادیر شاخص پوشش گیاهی (NDVI) نیز از سامانه گوگل ارث انجین استخراج شد. سپس ارتفاع ۶۱ نقطه حضور به‌صورت افزایشی مرتب شدند و گرادیان‌های مورد بررسی به ازای این نقاط با استفاده از آزمون ناپارامتری من -کندال بررسی شد. با استفاده از نتایج گرادیان‌های معنادار تحلیل روند، تحلیل نقطه شکست پتیت (Pettitt test) میان نقاط حضور به منظور گروه‌بندی آن‌ها انجام شد. همچنین به‌منظور گروه‌بندی کلی نقاط با استفاده از تمام متغیرها از خوشه‌بندی به روش K-Mean استفاده شد. نتایج نشان داد که مطلوبیت رویشگاه در مناطق حضور با افزایش ارتفاع روندی افزایشی ندارد، این شرایط برای تراکم کربن آلی خاک (OCD) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) نیز وجود دارد؛ اما روند LST در فصول بهار و پاییز با افزایش ارتفاع روند کاهشی را نشان داد. بر این اساس، با افزایش ارتفاع، نوسان در LST در هر چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به‌صورت معناداری افزایش پیدا می‌کند ($p<$ ۰/۰۰۰۱). همچنین نتایج نشان داد که ارتفاع بالاتر از ۴۰۰ متر از سطح دریا به‌عنوان آستانه تغییرات محیطی در گرادیان‌های محیطی مورد بررسی است. بر اساس تحلیل نقطه شکست، نقاط حضور در دسترس با توجه به نوسانات گرادیان‌های محیطی به دو گروه شمالی و جنوبی تقسیم شد. پراکندگی مکانی گروه‌ها بر اساس خوشه‌بندی به روش K-mean نیز تأیید شد. درمجموع می‌توان گفت که عامل ارتفاع به‌دلیل تأثیرگذاری بر پارامترهای اقلیمی (دما و بارندگی) و خصوصیات ادافیکی، حضور و گسترش گونه گز روغنی را در رویشگاه‌های منطقه موردمطالعه تحت تأثیر قرار داده‌است. ازاین‌رو می‌توان این عامل را به‌عنوان عامل اصلی مؤثر در شکل‌گیری خرده اقلیم‌ها و پراکندگی رویشگاه گونه گز روغنی معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: **روند تغییرات، گرادیان‌های محیطی، دما، پوشش گیاهی، گز روغنی**

مقدمه

ساختار و ترکیب جوامع گیاهی تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارد و با تغییر متغیرهای محیطی جوامع گیاهی نیز دچار تغییر می‌شوند (Collins et al., 2002). چهار عامل مساحت، وسعت، موقعیت اکوتونی، میزان انرژی دریافتی و درجه انزوا به‌عنوان عوامل مؤثر بر رابطه تنوع گونه‌ای و ارتفاع مطرح هستند (ملکیان و همامی، ۱۳۹۱). ارتفاع یکی از متغیرهای محیطی مهم و مؤثر بر

*نویسنده مسئول: hopiry@uoz.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

گرادیان محیطی است. این عامل می‌تواند بر روی الگوی بارش، دما، پوشش گیاهی و حتی اقلیم مؤثر باشد. در مناطق خشک نیز ارتفاع از سطح دریا عامل مهمی در میزان تنوع گونه‌ای است. به‌گونه‌ای که با افزایش ارتفاع، تنوع گونه‌ای کاهش می‌یابد. همچنین اکوسیستم‌هایی که در مناطق مرتفع قرارگرفته‌اند به تغییرات اقلیم حساس هستند و در نتیجه این عامل چالش‌های خاصی را برای حفاظت از تنوع زیستی ایجاد می‌کنند (Claret and Marmonier, 2019).

در یک اکوسیستم، ساختار پوشش گیاهی[1] ترکیب[2] و عملکرد[3] از جمله ویژگی‌های برشمرده می‌شوند که تغییرات قابل توجه در متغیرهای فیزیکی و زیستی را نشان می‌دهند (Bisht and Bhat, 2013; Rawat et al., 2018; Wani et al., 2022). ارتفاع، شیب[4] جهت شیب[5] و شرایط خاک[6] نمونه‌ای از متغیرهایی هستند که اثر آن‌ها بر روی گونه‌های گیاهی به‌ویژه در مناطق کوهستانی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Gairola et al., 2011; Dar and Sundarapandian, 2016). بر این اساس، در این گونه اکوسیستم‌ها، ارتفاع به‌عنوان یک عامل مهم مؤثر بر روی تنوع زیستی قلمداد می‌شود (Chain-Guadarrama et al., 2012). ارتفاع و سایر متغیرهای وابسته به آن، متغیرهای فیزیکی مشتق از سیمای سرزمین در نظر گرفته می‌شوند که حتی می‌توانند بر روی ژنتیک برخی گونه‌های کم‌تحرک نیز مؤثر باشند (Karami et al., 2023c). این عامل می‌تواند با اثرگذاری بر الگوهای مختلف سیمای سرزمین، چارچوبی برای عملکرد سایر فرآیندهای اکوسیستم در نظر گرفته شود. در واقع ارتفاع عاملی است که بر روی عدم تجانس سیمای سرزمین[7] مؤثر است (Dorner et al., 2002).

پاسخ گونه‌های گیاهی و جانوری به تغییرات ارتفاع می‌تواند متفاوت باشد؛ اما گیاهان به‌دلیل عدم تحرک خود تأثیرپذیری بیشتری از این شرایط دارند؛ بنابراین پایش و بررسی تغییرات رخ‌داده در رویشگاه گونه‌های گیاهی و جانوری مطابق با تغییرات ارتفاع می‌تواند به‌عنوان یک الگوی مطالعه از ارزیابی تغییرات بررسی شود. ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یکی از عوامل مهم در پراکندگی گیاهان می‌تواند باعث تغییر در شرایط اقلیمی هر رویشگاه شده و گونه‌های مختلف گیاهی با توجه به نیازهای بوم‌شناختی خود هرکدام در یک محدوده ارتفاعی استقرار می‌یابند (Piri Sahragard and Zare Chahouki, 2016). به‌طور ویژه، پارامترهای زیستی و غیرزیستی فراوانی در مناطق کوهستانی می‌توانند نسبت به ارتفاع، گرادیان پیدا کنند که برای درک بهتر ما از اکوسیستم کوهستان بسیار با ارزش است (McCain and Grytnes, 2010). از سوی دیگر، برداشت داده‌های میدانی در مقیاس‌های زمانی- مکانی مختلف می‌تواند به‌عنوان یک محدودیت در نظر گرفته شود. این محدودیت به‌ویژه با افزایش ارتفاع و پیچیدگی‌های محیطی افزایش پیدا می‌کند؛ اما داده‌های سنجش از دور با غلبه بر این محدودیت‌ها (Karami et al., 2023d)، این امکان را فراهم کرده‌اند که پدیده‌های مختلف سطح زمین در مقیاس‌های زمانی-مکانی مختلف بررسی شوند (مروتی و کرمی، ۱۴۰۳). داده‌های سنجش‌ازدور روش‌های پیشرفته‌ای برای تشخیص پویایی پوشش گیاهی و تغییرات کاربری اراضی فراهم کرده‌اند (Hossain et al., 2021)؛ بنابراین استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور در کنار تغییرات ارتفاعی به‌خوبی می‌تواند تجزیه‌وتحلیل پارامترهای محیطی را مسیر سازد. بااین‌حال خلأ استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور در پایش گرادیان‌های محیطی در مطالعات محسوس است. ابزار سنجش‌ازدور به‌عنوان سریع‌ترین راه برای استخراج اطلاعات مربوط به سطح زمین شناخته می‌شوند (Unger et al., 2013). به‌بیان دیگر، این داده‌ها (داده‌های سنجش‌ازدور) قادر هستند اطلاعات مرتبط با تمام ویژگی‌هایی که در سطح زمین قرار دارند را به‌روزرسانی کنند (Dibs et al., 2018).

جنس Moringa متعلق به خانواده Moringaceae است که تاکنون از این خانواده سیزده تا چهارده گونه در دنیا گزارش شده است که عمدتاً در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان پراکنده شده‌اند (Sanchez-Machado et al., 2006). از این جنس گونه *Moringa peregrina* در ایران به نام گازرخ یا گز روغن شناخته می‌شود که گسترش آن به بلوچستان و بشاگرد هرمزگان محدود شده است (مظفریان، ۱۳۸۵). در مقیاس جهانی این

[1] Vegetation structure
[2] Composition
[3] Function
[4] Slope
[5] Aspect
[6] Edaphic factor
[7] Landscape heterogeneity

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

گیاه در شمال شرقی آفریقا و جنوب غرب آسیا رشد می‌کند. گونه *M. peregrina* در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای بیش‌ترین پراکندگی بوده و در مناطقی با صخره‌های لخت و شکاف سنگ‌ها، مناطق سنگی، دامنه‌های شیب‌دار، خاک-های آبرفتی و دره‌های زهکش تشکیل رویشگاه می‌دهد (Brown and Sakkir, 2004). گونه گازرخ یا گز روغنی به‌عنوان یکی از گونه‌های مقاوم به خشکی معرفی شده است که به‌دلیل چرای شدید دام‌ها، ریشه‌کن شدن و مدیریت غلط انسانی در معرض خطر انقراض قرار دارد (Khdier, 2002; Zahran, 2010). در بلوچستان رویشگاه‌های مهم گز روغن در حوالی نیک شهر و فنوج قرار دارند. بارندگی در ایستگاه نیک شهر نشان می‌دهد که عمده بارش‌ها در فصول سرد سال است و متوسط بارندگی منطقه رویشی گز روغن ۲۰۰-۱۸۰ میلی‌متر است. از مشخصه بارندگی این منطقه، وجود بارش‌های تابستان در ماه‌های گرم سال بوده که اوج آن در خردادماه است (ساهور، ۱۳۹۴). مطالعات متعددی به ارزیابی نقش ارتفاع بر روی رویشگاه گونه‌های گیاهی و جانوری پرداخته‌اند. بررسی عوامل بوم‌شناسی مؤثر بر انتشار گونه *Festuca ovina* در مراتع جنوبی‌شرقی سبلان نشان داد که گونه مورد مطالعه به سمت ارتفاعات بالاتر و به دماهای پایین‌تر سازگاری بیشتری دارد و شوری خاک را نمی‌پسندد (قربانی و اصغری، ۱۳۹۳). همچنین گزارش‌شده است که گونه *Artemisia fragrans* مناطقی با ارتفاع کمتر، بارش پایین‌تر و دمای بالاتر را بیشتر ترجیح می‌دهد (زارع‌حصاری و همکاران، ۱۳۹۳). پوربابایی و همکاران (۱۴۰۰) بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا و مؤلفه‌های خاک بر خصوصیات پوشش گیاهی در حوزه آبخیز اسالم نشان داد که تغییرات کربن آلی خاک با افزایش ارتفاع معنادار است و ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یک عامل مهم در الگوی توزیع ترکیب پوشش گیاهی گزارش شد. در مطالعه دیگری گزارش شد که تفاوت‌های قابل توجهی در شرایط ادافیک در امتداد گرادیان‌های ارتفاعی وجود دارد و جهت شیب نیز به‌عنوان یک فاکتور مهم در تغییر گرادیان‌های محیطی باید موردتوجه قرار گیرد (Hamid et al., 2021). بر اساس مطالب مطرح‌شده، پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط گرادیان‌های محیطی متناسب با ارتفاع در مناطق حضور گونه گز روغنی، همچنین گروه‌بندی نقاط حضور گونه بر اساس گرادیان‌های محیطی مورد بررسی در رویشگاه گونه گز روغنی در جنوب و جنوب شرق ایران انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده این مطالعه شامل پیمایش های میدانی در استان‌های سیستان و بلوچستان، شرق هرمزگان و جنوب استان کرمان است که در شکل نمایش داده‌شده است (شکل ۱). نقاط حضور این‌گونه از مطالعات انجام‌شده بر روی گونه تهیه شد (Karami et al., 2023a). تعداد این نقاط ۶۱ نمونه است که در فاصله سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ از استان‌های مورد مطالعه جمع‌آوری شده‌اند (شکل ۱). محدوده‌ای که در این مطالعه برای استخراج مقادیر متغیرهای رویشگاهی در نظر گرفته‌شده است، برابر ۱۳۷۲۴۴/۹۰ کیلومترمربع بود. این محدوده به‌نحوی انتخاب شد که تمام نواحی احتمالی حضور گونه در استان‌های مورد بررسی را در بر گیرد.

گرادیان‌های محیطی

در پژوهش حاضر روند تغییرات LST به تفکیک فصول مختلف با استفاده از پرودا کت MYD11A1 ماهواره مودیس از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ تهیه شد (Piri Sahragard and Karami, 2024). همچنین از مقادیر ZMK مربوط به هر فصل که از خروجی‌های آزمون من-کندال محسوب می‌شود به‌عنوان متغیر استفاده شد. مقادیر کم این متغیر به روندهای کاهشی و مقادیر بالای آن به روند افزایشی متغیر مورد مطالعه در گذر زمان اشاره دارد (Mokhtari et al., 2022). تغییرات متغیر مطلوبیت رویشگاه گونه نیز از پژوهش کرمی و همکاران (Karami et al., 2023a) اخذ شد. در پژوهش مورد اشاره، مطلوبیت رویشگاه با استفاده از مدل همادی، روش‌های مختلف یادگیری ماشین و رگرسیونی شامل رگرسیون لجستیک، درخت طبقه‌بندی و رگرسیون، جنگل تصادفی، رگرسیون اسپیلاین و TreeNET تهیه شده‌است. متغیر شاخص پوشش گیاهی[1] (NDVI) نیز با استفاده از پرودا کت ماهواره مودیس (MODIS/006/MYD13A2) در سامانه گوگل ارث انجین تهیه شد (Gorelick et al., 2017). شاخص تراکم کربن آلی خاک (OCD[2]) نیز با قدرت

[1]Normalized difference vegetation index

[2]Organic Carbon Density

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

تفکیک مکانی ۲۵۰ متر از پایگاه Soilgrid تهیه شـــد. متغیر هتروژنیتی دما که نوســان دما را نمایش می‌دهد نیز از مطالعه پیری صـــحراگرد و کرمی (Piri Sahragard and Karami, 2024) اقتباس شد. این متغیر با استفاده از تحلیل تجزیه به مؤلفه اصلی محاسبه‌شده است. خروجی این تحلیل نقشه‌ها را به دامنه ۰ تا ۱۰۰ تقسیم می‌کند، به گونه‌ای که مقدار ۱۰۰ بیش‌ترین نوســـان و مقدار صـــفر کمترین نوسان را نشان می‌دهد. ورودی این تحلیل همان نقشـــه‌های LST هســـتند که برای محاســـبه روند مورد استفاده قرار گرفته بودند؛ بنابراین مانند ZMK هر فصل، هتروژنیتی دما نیز برای فصـــول بهار، تابســـتان، پاییز و زمستان محاسبه شد. نقشه ارتفاع نیز با قدرت تفکیک ۳۰ ثانیه از تارنمای Worldclim تهیه شـــد. برای تحلیل گرادیان، مقادیر متغیرهای نامبرده به ازای ۶۱ نقطه حضور با استفاده از Extract value to point استخراج شدند. سپس با استفاده از ابزار Sort نوسان ارتفاع از کم به زیاد تهیه شـــد. این تحلیل‌ها در نرم افزار ArcGIS 10.4.1 انجام شد. متغیرهای مورد استفاده برای تحلیل در شکل شماره ۲ ارائه شده است.

آزمون من کندال اصلاح‌شده

در این مطالعه پس از مرتب‌شدن نقاط حضور بر اساس افزایش مقدار ارتفاع، با استفاده از آزمون روند من کندال تغییرات روند در آن‌ها بررسی شد. آزمون ناپارامتری من-کندال که توسط من (Man) و کندال (Kendall) ارائه شد بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی استوار است. این آزمون برای بررسی نبود روند در مقابل وجود روند در سری زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد (مدرسی و همکاران، ۱۳۸۹). مزیت این آزمون نسبت به سایر آزمون‌های تحلیل روند، استفاده از رتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر داشتن مقدار متغیرها است که به‌دلیل وجود چنین خاصیتی، می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی استفاده کرد و داده‌ها نباید در قالب توزیعی خاص درآیند (Turgay and Ercan, 2005).

در این آزمون اگر $X_1, X_2, \ldots, X_n$ مشاهدات موردنظر باشند، آنگاه معادله به شکل زیر خواهد بود:

رابطه ۱

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k)$$

رابطه ۲

$$sgn(x) = \begin{cases} +1 & if \ (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & if \ (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & if \ (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

درواقع در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان به‌جای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها در مجموعه موردنظر (سری زمانی) استفاده کرد و مرتبه‌ها را با همین روش مقایسه نمود.

با فرض اینکه داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواخت دارند، میانگین واریانس S از روابط زیر به دست می‌آید:

رابطه ۳

$$E(S)=0$$

رابطه۴

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2_n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

در رابطه بالا n: تعداد داده‌ها، m: تعداد گره‌ها و t: تعداد داده در هر گره است.

منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد، این مقدار مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره mام برابر t باشد. آماره این آزمون (Z) دارای توزیع نرمال بوده و از رابطه زیر به‌دست می‌آید (Salmi et al., 2002).

رابطه ۵

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Vra(s)}} & if \quad > 0 \\ 0 & \\ \frac{S+1}{\sqrt{Vra(s)}} & if \quad S < 0 \end{cases}$$

این آزمون یک آزمون دوطرفه است؛ بنابراین درصورتی‌که $|z| \leq z_{\alpha/2}$ باشد، در سطح اطمینان، α فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت فرض صفر رد خواهد شد. در حالت رد فرض صفر (وجود روند)، درصورتی‌که S>0 باشد، سری زمانی دارای روندی مثبت (صعودی) و درصورتی‌که S<0 باشد، سری زمانی دارای روندی منفی (نزولی) خواهد بود. آزمون من-کندال اشاره‌شده برای اجرا به تبدیلاتی نیاز دارد که یکی از آن‌ها بررسی خودهمبستگی میان داده‌های ورودی است. در این مطالعه برای کاهش خودهمبستگی میان داده‌ها از آزمون من کندال اصلاح‌شده استفاده شد. آزمون حامد و رائو (Hamed and Rao, 1998) برای حذف همبستگی سریالی استفاده شد. با استفاده از شیب‌خط سنس[1] جهت و اندازه روند تغییرات بررسی شد (Karami et al., 2023b). مقدار مثبت این مؤلفه در صورت وجود روند، نشانه روند افزایشی و مقدار منفی این مؤلفه در صورت

[1] Sen's slope

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

وجود روند نشانه روند کاهشی است (کرمی و میرسنجری، ۱۳۹۷).

تحلیل نقطه شکست

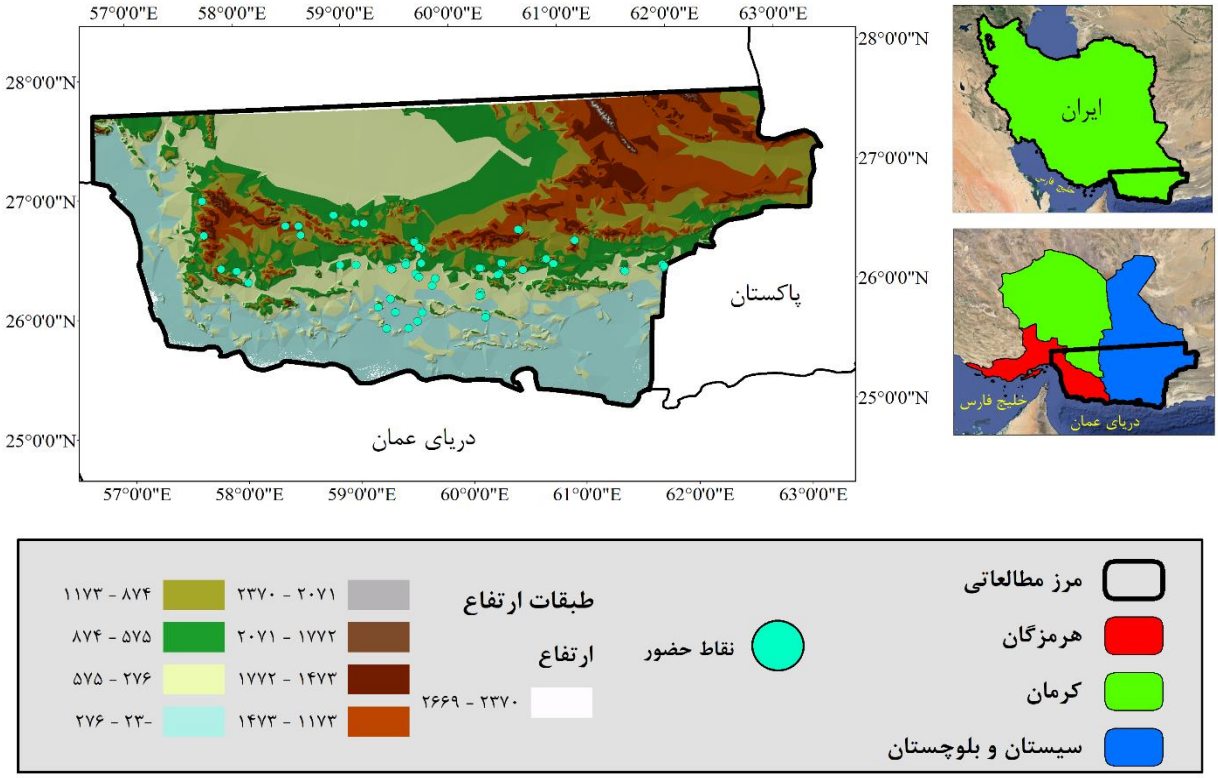
بعد از پیاده‌سازی آزمون من-کندال بر روی داده‌ها، روندهای که دارای تغییرات معنادار بودند شناسایی شدند. سپس برای ارزیابی آستانه تغییرات معناداری در این مرحله از آزمون تحلیل همگنی[1]شکست پتیت[2]استفاده شد. این آزمون توسط پتیت ارائه شده و یکی از آزمون‌های ناپارامتری برای تعیین نقطه جهش است که یک سری زمانی را به دو جز سری جدا تفکیک می‌کند و معنی‌دار بودن این تفکیک را نیز بررسی می‌کند. از این آزمون برای مطالعات آب و هوایی و هیدرولوژی استفاده می‌شود (Mezger et al., 2022). در این آزمون فرض H0 به وجود داده‌های همگن اشاره دارد اما فرض H1 آن می‌تواند متناسب باوجود روند افزایشی و یا کاهشی معین گردد که انتخاب این فرض به اجرای آزمون MK در سطح مناطق حضور منوط گردید. پس از انجام آزمون MK و تعیین روند موجود در آن تحلیل، فرض H1 در Pettitt test که می‌تواند وجود روند افزایشی و یا کاهشی را به آزمون بگذارد انتخاب شد. این تحلیل به کمک نرم‌افزار XLSTAT انجام گرفت (Karami et al., 2023b).

خوشه‌بندی به روش K-mean

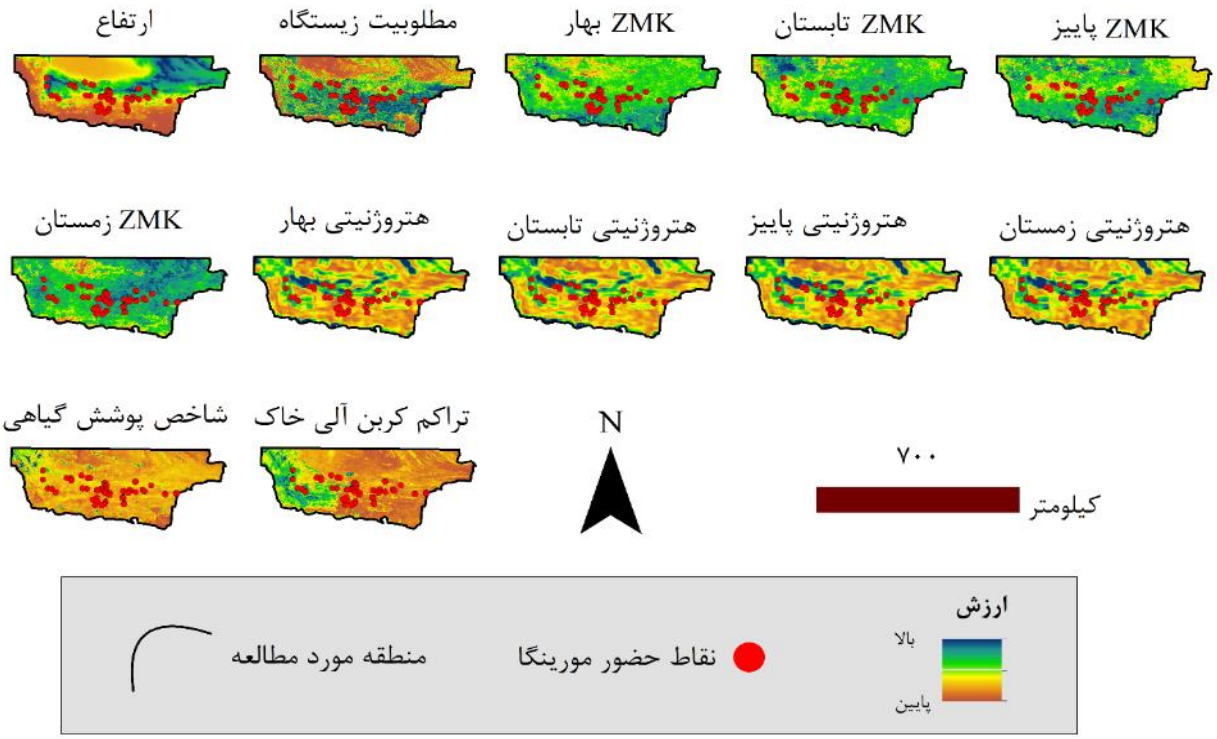
این روش از روش‌های جزء بندی آنالیز خوشه‌ای است که تلاش می‌کند تا مجذور میانگین بین مشاهدات و مرکز خوشه حداقل شود. به این صورت که با انتخاب K خوشه اولیه به‌صورت تصادفی شروع می‌گردد. در این روش هر مشاهده در مرکز ثقل قرار می‌گیرد و دوباره مرکز هر خوشه مشخص می‌شود. در واقع این خوشه یک روش بدون نظارت است (کرمی و اسمعیلی رینه، ۱۳۹۹). در همه الگوریتم‌های خوشه‌بندی هدف کمینه کردن فاصله درون‌خوشه‌ای[3] و بیشینه نمودن فاصله بین‌خوشه‌ای[4]است (صنیعی آباده و محمودی، ۱۳۹۴). ازآنجاکه که بر اساس آزمون پتیت مورد اشاره، نقطه شکست به دو بخش اصلی قابل تقسیم است در این آنالیز این دو خوشه مدنظر قرار گرفت و تعداد خوشه نهایی برابر ۲ در نظر گرفته شد. سپس تمام متغیرهای رویشگاهی که تحت عنوان اثر گرادیان ارتفاع در رویشگاه گونه گز روغنی بررسی‌شده بودند به‌عنوان متغیر مدنظر برای طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند. پس از آن‌که خوشه‌ها تشکیل شدند، داده‌ها با استفاده از ابزار Minimum Bounding Geometry در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد (Karami et al., 2023b).

[1]Homogeneity
[2]Pettitt
[3]Intracluster Distance
[4]Intercluster Distance

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه و نقاط حضور مورد بررسی در رویشگاه‌های گونه گز روغنی در جنوب و جنوب شرق ایران



شکل ۲- نقشه متغیرهای رویشگاهی مورد استفاده برای تحلیل گرادیان‌های محیطی در رویشگاه گونه گز روغنی در جنوب و جنوب شرق ایران

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

نتایج

نتایج حاصل از همبستگی میان متغیرهای رویشگاهی در مناطق حضور گونه در شکل ۳ ارائه شده است. در این شکل متغیرهای که دارای همبستگی مثبت هستند به رنگ روشن و متغیرهای که دارای رنگ تیره هستند، دارای همبستگی منفی هستند. بر اساس نتایج، از میان گرادیان‌های محیطی این مطالعه، هتروژنیتی‌های فصلی LST در بهار، تابستان، پاییز و زمستان بالاترین همبستگی را دارند. این یافته نشان می‌دهد نوسان دما در این مناطق در طول فصول مختلف مشابه است.

نتایج حاصل از آزمون روند من-کندال به ازای فصول مختلف در جدول شماره ۱ نمایش داده‌شده است. بر اساس نتایج، از میان معیارهای مختلفی که در این مطالعه مورد بررسی قرارگرفته‌اند برخی از آن‌ها دارای روند بودند (مانند روند تغییرات دما در بهار و پاییز، NDVI و OCD) و برخی نیز فاقد روند هستند (مانند دما در تابستان و زمستان). بر این اساس، نتایج تحلیل روند من کندال نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع، مطلوبیت رویشگاه برای گونه افزایش پیدا می‌کند. مقدار شیب‌خط سنس جهت این تغییرات افزایشی را نمایش می‌دهد که بر اساس آن این مقدار زیاد نیست؛ اما در مورد متغیر نوسان دما در فصل پاییز نتایج گویای آن است که با افزایش ارتفاع نوسان دما در فصل پاییز کم است و شیب‌خط سنس نیز با مقدار بیشتری این کاهش را نمایش می‌دهد.

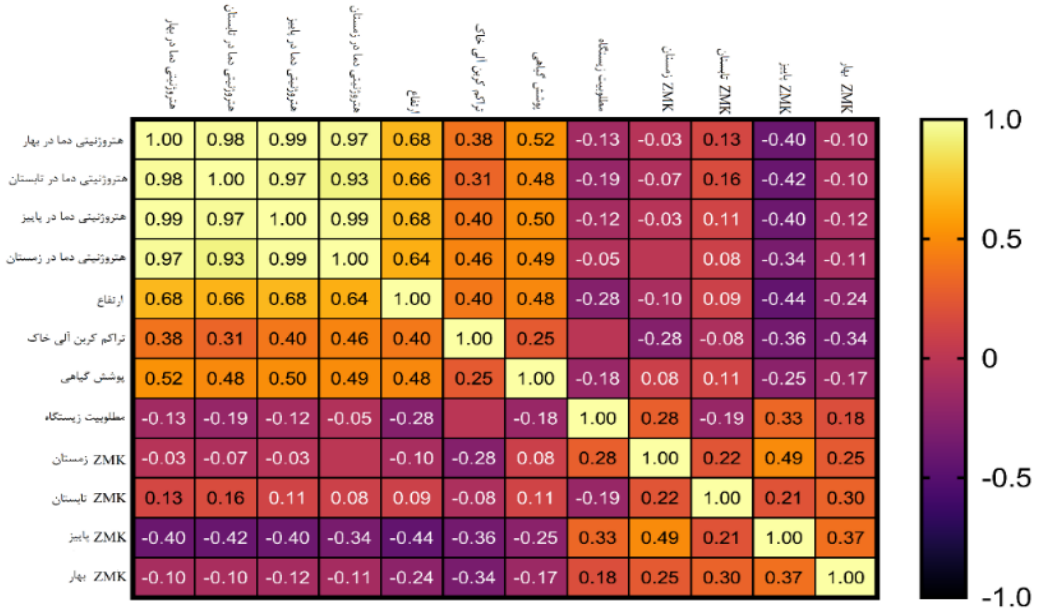
نتایج آزمون همگنی یا شکست برای گرادیان‌های محیطی در جدول ۲ ارائه شده است. در این جدول مقادیر آلفا به سطح معناداری و P-value نیز به معناداری وجود ناهمگنی اشاره دارد. بر اساس نتایج، در تمام متغیرهای دارای روند، وجود ناهمگنی مشخص است. برای مثال شاخص پوشش گیاهی دارای یک نقطه شکست است که نشان می‌دهد داده‌های آن در طول گرادیان افزایش ارتفاع همگن نیستند (P-value <۰/۰۰۳). این نقطه از مقدار ۰/۱ در شاخص NDVI آغاز خواهد شد که از نظر ارتفاعی این نقطه آغاز در ارتفاع ۵۷۱ متری قرار دارد. به‌عبارت‌دیگر، در ارتفاع ۵۷۱ و از مقدار شاخص NDVI بیش از ۰/۱ شکست رخ می‌دهد و نقاط حضور به دو دسته قابل تفکیک هستند.

بر اساس نتایج آزمون همگنی و تحلیل این یافته‌ها که بر روی روندهای معنادار در جدول۱ انجام گرفته است روندهای معنادار به دو بخش قابل تقسیم هستند که این دو بخش با رنگ‌های آبی و قرمز مشخص‌شده‌اند (شکل ۴).

نتایج حاصل از گروه‌بندی نقاط حضور بر اساس آزمون پتیت نشان می‌دهد که دو گروه اصلی از داده‌ها قابل شناسایی است (شکل ۵). این دو گروه بر مبنای شناسایی نقطه شکست آزمون پتیت از همدیگر تفکیک شده است. بر اساس نتایج، رنگ قرمز به یک گروه از نقاط حضور و رنگ آبی نیز به گروهی دیگر از نقاط حضور اشاره دارند که بر اساس افزایش ارتفاع روند گرادیان‌های محیطی در آن‌ها معنادار بوده است. همان‌طور که از نتایج مشخص است نقاط حضور گونه که در گروه قرمز قرار می‌گیرند. در بیشتر تحلیل‌ها در بخش‌های شمال و شمال غربی قرار دارند و گروه‌های آبی در بخش‌های جنوب و جنوب شرقی قرارگرفته‌اند. ازاین‌رو می‌توان گرادیان‌های مؤثر بر روی نقاط حضور گونه را به این دو دسته اصلی تقسیم کرد.

به‌منظور بررسی صحت دسته‌بندی‌شده توسط آزمون شکست، خوشه‌بندی نقاط حضور را بر اساس تمامی گرادیان‌های محیطی انجام شد. بر اساس نتایج خوشه‌بندی، مانند شکل بالا دو خوشه بر اساس تحلیل پتیت انتخاب شدند. همچنین تحلیل Minimum Bounding Geometry نیز برای هریک از دسته‌های ذکرشده انجام گرفت و مرز تفکیک میان این نقاط به دو کادر مستطیلی سبز و قرمز مشخص‌شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است این دو گروه از نظر موقعیت قرارگیری به گروه‌های شناسایی‌شده بر اساس تحلیل پتیت شباهت مکانی بالایی دارند و در یک تقسیم‌بندی کلی نقاط بخش-های شمال و شمال غربی و غرب متمایز از نقاطی هستند که در جنوب، شرق و جنوب غرب پراکندگی دارند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]



شکل۳- ماتریس همبستگی میان متغیرهای رویشگاهی در مناطق حضور گونه گز روغنی

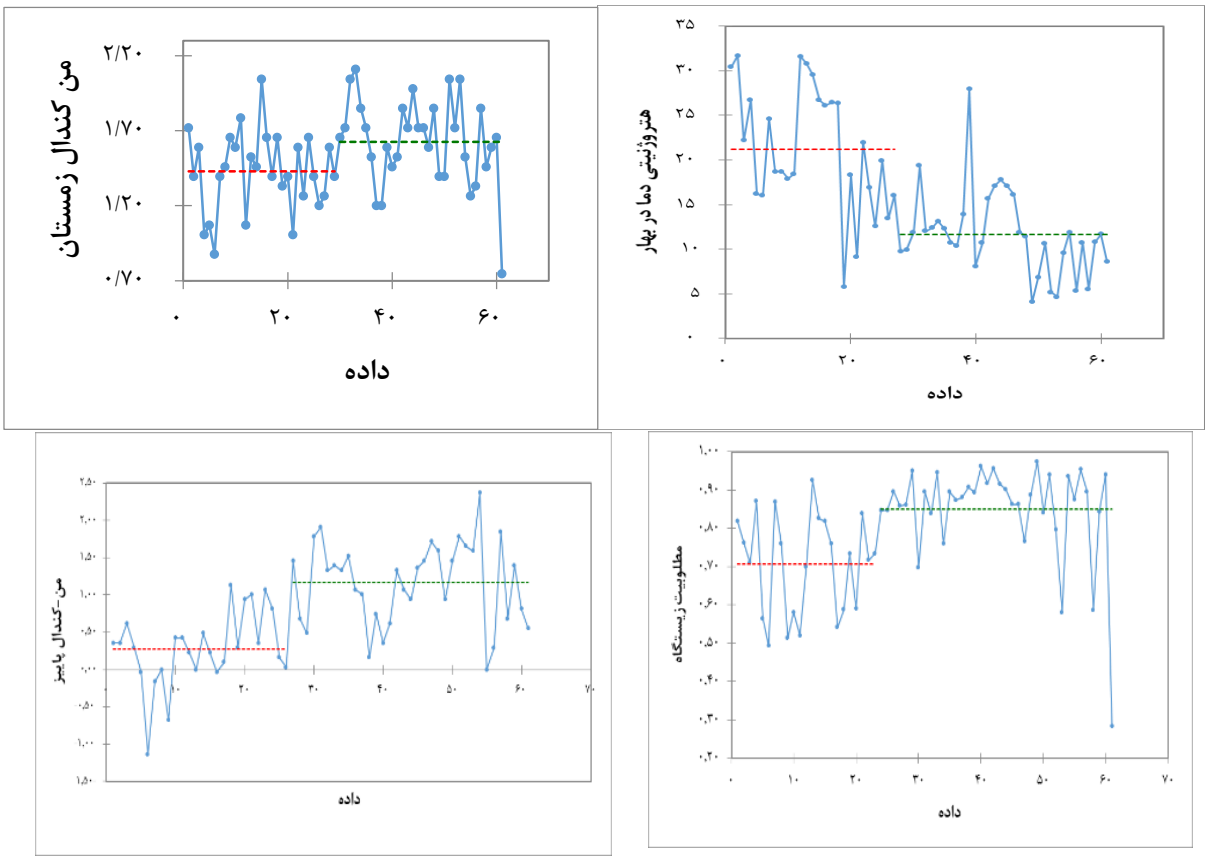
جدول ۱- روند تغییرات در پارامترهای محیطی با افزایش ارتفاع در مناطق حضور گونه گز روغنی

ردیف	متغیر	P-value	Sen's slope	جهت روند
۱	مطلوبیت رویشگاه	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۲	کاهشی
۲	zmk در بهار	۰/۰۲۱	-۰/۰۰۶	کاهشی
۳	zmk در تابستان	۰/۲۸۲	۰/۰۰۵	-
۴	zmk در پاییز	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۱۷	کاهشی
۵	zmk در زمستان	۰/۷۴۹	۰	-
۶	نوسان دما در بهار	۰/۰۰۰۱	۰/۲۹۳	افزایشی
۷	نوسان دما در تابستان	۰/۰۰۰۱	۰/۲۶۵	افزایشی
۸	نوسان دما در پاییز	۰/۰۰۰۱	۰/۳۴	افزایشی
۹	نوسان دما در زمستان	۰/۰۰۰۱	۰/۲۹۴	افزایشی
۱۰	تراکم کربن آلی خاک (ocd)	۰/۰۰۰۱	۰/۴۲۹	افزایشی
۱۱	شاخص پوشش گیاهی (ndvi)	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	افزایشی

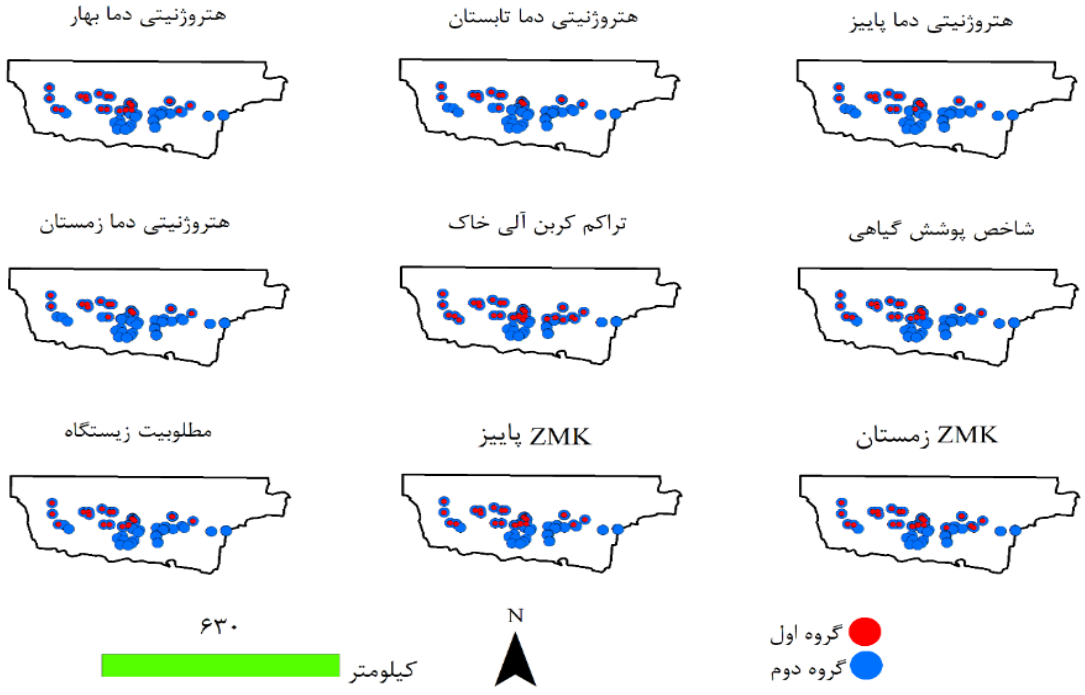
جدول۲- نتایج تحلیل همگنی پتیت در مناطق حضور گونه گز روغنی

متغیر	P-value (Two-tailed)	Alpha	نقطه شکست آزمون	ارتفاع از سطح دریا
شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۰/۱	۵۷۱
تراکم کربن آلی	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۴۱	۹۹۹
هترژنیتی دما در زمستان	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۸/۵۳	۴۷۴
هتروژنیتی دما در پاییز	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۱	۵۸۵
هتروژنیتی دما در تابستان	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۵	۴۷۴
هتروژنیتی دما در بهار	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۱۶	۱۰۶۷
zmk در بهار	۰/۰۰۲	۰/۰۵	۱/۷۱	۷۰۰
zmk پاییز	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۰/۶۸	۴۳۹
مطلوبیت رویشگاه	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۰/۸۴	۴۷۲

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

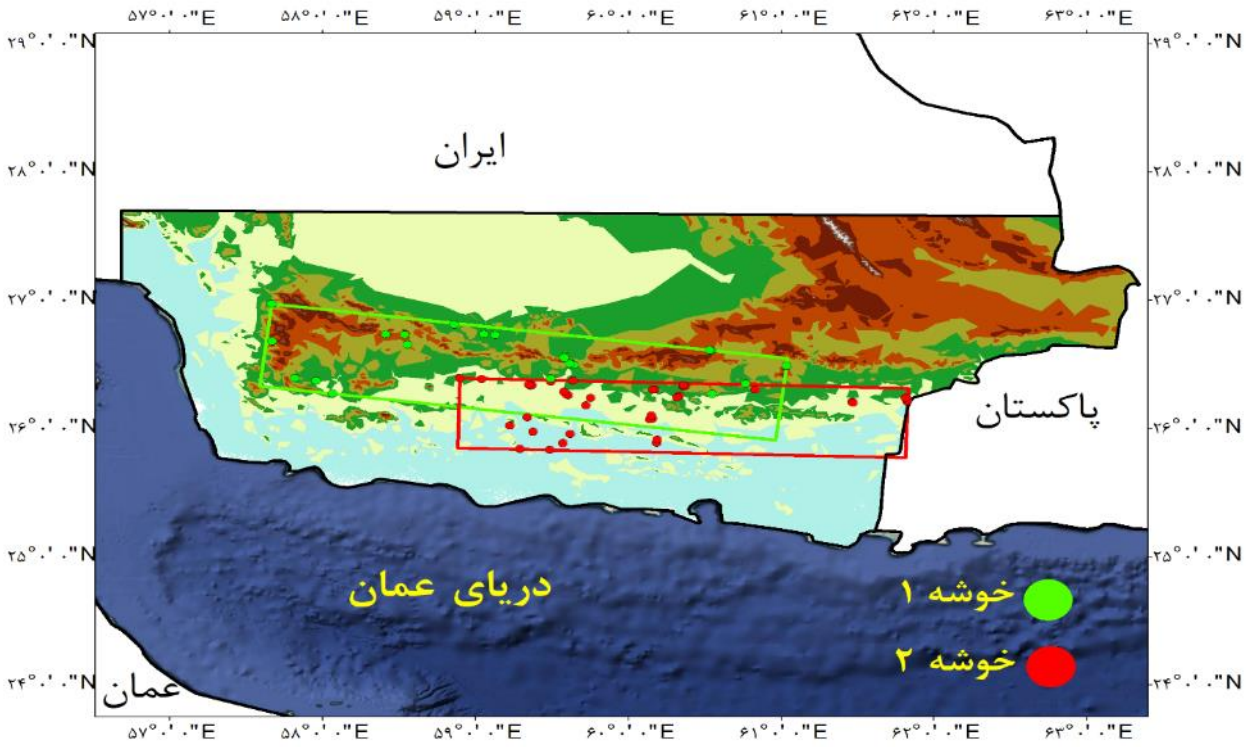


شکل۴- آزمون من کندال بر روی تغییرات LST در فصل پاییز (راست) و مطلوبیت رویشگاه (چپ)



شکل۵- نتایج گروه‌بندی نقاط حضور بر اساس آزمون تحلیل شکست پتیت

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]



شکل۶- نقشه حاصل از خوشه‌بندی نقاط حضور گز روغنی بر اساس تمام گرادیان‌های محیطی مورد بررسی

بحث و نتیجه‌گیری

تأثیر ارتفاع بر روی بسیاری از فعالیت‌های حیاتی گونه‌های گیاهی و جانوری برای محققان آشکار شده است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۹). در این پژوهش تلاش شد تا با بررسی نوسانات متغیرهای محیطی همراه با افزایش ارتفاع، تأثیر این گرادیان محیطی روی متغیرهای محیطی مورد نظر در مناطق حضور گونه ارزیابی شود. بر اساس نتایج، مطلوبیت رویشگاه در مناطق حضور گونه با افزایش ارتفاع پیوسته افزایش ندارد و این امر می‌تواند به‌دلیل محدودیت‌های دمایی باشد که ارتفاعات بالا برای گونه ایجاد می‌کنند. از سوی دیگر، این اثرگذاری می‌تواند به‌دلیل نقش این متغیرها در دستیابی گونه به آب، منابع غذایی یا هر دو متغیر به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد (Tripathi et al., 2019). از سوی دیگر، نوسان عامل ارتفاع و تأثیری که این عامل بر روی سایر فاکتورهای رویشگاهی مانند متغیرهای اقلیمی دارد در طول گرادیان‌های ارتفاع و عرض جغرافیایی نیز روی تغییرات پوشش گیاهی تأثیرگذار است (Wang et al., 2017). علاوه بر این، بررسی رابطه بین خصوصیات توپوگرافی و پراکندگی پوشش گیاهی نشان می‌دهد که خصوصیات توپوگرافیک به‌دلیل تأثیر بر شاخص خیسی خاک و به‌تبع آن تأثیر بر شوری و بافت خاک توزیع مکانی پوشش گیاهی را کنترل می‌کند (Luca et al., 2007). گونه گز روغنی از گونه‌های درختی و درختچه‌ای همیشه‌سبز نواحی نیمه‌گرمسیری است که در واحدهای کوهستان و تپه‌ماهوری بر روی دامنه‌های سنگی و شکاف صخره‌ها در زون مکران هرمزگان و بلوچستان گسترش دارد (ساهور، ۱۳۹۴). نتایج بررسی ساهور (۱۳۹۴) نشان داد که گونه گز روغنی را می‌توان از خاک‌های سطحی (دامنه‌های پرشیب) تا خیلی عمیق (پای دامنه‌ها و مخروط افکنه‌ها) و بافت‌های شنی– لومی، شنی- رسی- لومی و لومی با اسیدیته ۷/۸۵ تا ۸/۳ و هدایت الکتریکی ۱/۳۶ تا ۴/۵۰ دسی‌زیمنس بر متر و بدون محدودیت شوری در رویشگاه‌های مختلف ملاحظه نمود.

حداکثر ارتفاعی که گونه در این مطالعه مشاهده‌شده است برابر ۱۴۴۸ متر است و حضور این گونه در ارتفاعات بیشتر گزارش نشده است. یافته این پژوهش در راستای نتایج پژوهش کنشلو و همکاران (۱۳۹۲) است که گزارش کردند که دامنه ارتفاعی حضور گونه گز روغنی از ارتفاع ۱۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا است. در مطالعه دیگری که توسط پالادا و چانگ (Palada and Chang, 2003) انجام

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

گرفت نیز نتایج نشان داد که بارش سالانه بین ۲۵۰ -۱۵۰۰ میلی‌متر و ارتفاعات زیر ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ متر برای گونه گز روغنی مناسب است. همسو با یافته پژوهش حاضر، پیری صحراگرد و همکاران (Piri Sahragard et al., 2023) گزارش کردند که ارتفاع می‌تواند به عنوان یک مؤلفه مهم برای جلوگیری از پراکندگی این گونه به عرض‌های بالا در نظر گرفته شود. در واقع با افزایش ارتفاع، به‌دلیل کوتاه شدن فصل رشد، توزیع و رشد گیاهان محدود می‌شود (Merino-Martín et al., 2023). به‌طور ویژه، در مورد گونه مورد بررسی گزارش‌شده است که جمعیت‌هایی از گونه که در ارتفاعات بالا قرار دارند در معرض آسیب‌پذیری بیش‌تری هستند. این آسیب‌پذیری می‌تواند به دلیل یخزدگی گونه در دمای پایین باشد (Hegazy et al., 2008). تأثیر محدودکنندگی ارتفاع بر رشد گونه‌های گیاهی دیگر به دلیل اثر منفی دما در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (رشوند و همکاران۱۳۹۶، سلیمانی میمند و همکاران، ۱۳۹۶) البته شواهدی نیز وجود دارند که نشان می‌دهند با افزایش ارتفاع تنوع جوامع کاسته می‌شود (Heaney, 2001). علاوه بر این، با افزایش ارتفاع نوسان در LST نیز به شکل معناداری افزایش پیدا می‌کند که این امر می‌تواند به‌دلیل نقش ارتفاع در کاهش و افزایش دما باشد. به‌طورکلی می‌توان گفت که افزایش ارتفاع با تأثیر منفی بر تراکم گیاهان، میانگین تعداد بذر برای هر پایه، میزان بذر تولیدی، زادآوری گیاهان و اثرگذاری منفی بر پیشرفت مراحل فنولوژیکی گیاه، پراکندگی گیاهان را با محدودیت‌های جدی مواجه می‌سازد. بر همین اساس گزارش شده است که گیاهانی که در ارتفاعات بالاتر هستند در مقایسه با گیاهانی که در ارتفاعات پایین‌تر هستند، بیشتر در معرض خطر قرار دارند (El-Keblawy and Khedr, 2017). تأثیر منفی ارتفاع و اثر مثبت متغیرهای اقلیمی در تناسب رویشگاه *M. peregrina* در مطالعات دیگری نیز گزارش‌شده است (Hegazy et al., 2008; Moradi et al., 2020; Farahat and Refaat, 2021). بر اساس یافته‌های این پژوهش، درمجموع می‌توان اظهار داشت که هتروژنیتی مکانی در عوامل محیطی نقش بسیار مهم و قابل‌توجهی در پراکندگی گونه‌های گیاهی در یک چشم‌انداز ایفا می‌کند. گزارش‌شده است که پدیده‌های اکولوژیکی، مانند وقوع گونه‌ها در یک محدوده، به ناهمگنی مکانی حساس هستند و درون موزاییک‌های مکانی یا فضایی جریان دارند. این فرضیه مرتبط با تئوری نیچ (آشیان) است که تناسب افراد را به محیطشان پیوند می‌دهد (Tamme et al., 2010).

در این مطالعه از تحلیل‌های نقطه برای ارزیابی وضعیت گونه گز روغنی در محدوده پراکندگی آن در جنوب شرق ایران استفاده شد تا انواع گرادیانی محیطی که با افزایش ارتفاع قابل‌بررسی هستند مورد بررسی قرار گیرند. پاسخ تغییرات LST در مناطق حضور گونه، به ارتفاع نشان داد که افزایش ارتفاع می‌تواند منجر به کاهش روندهای افزایشی دما شود (جدول۱). این مسئله در بسیاری از پژوهش‌هایی که تأثیر گرادیان ارتفاع بر روی پراکندگی گونه‌های گیاهی را بررسی کرده‌اند، مورد تأکید قرارگرفته است (Shen et al., 2013; Yuan et al., 2014). هرچند در برخی از فصول مانند تابستان و زمستان در مناطق حضور گونه روند افزایش LST وجود نداشته است. این امر می‌تواند به‌دلیل حضور بیشتر گونه در دره‌ها باشد که در ایجاد یک خرد اقلیم نقش مؤثری را در این دو فصل داشته‌اند. به‌بیان‌دیگر، دره‌ها به‌دلیل خصوصیات ساختاری پیچیده و دارا بودن مقادیر بالای رطوبت، با تأثیرپذیری کم از فعالیت‌های انسانی، شرایط محیطی مناسبی را برای پراکندگی گونه فراهم می‌آورند؛ بنابراین این شکل از زمین می‌تواند به‌عنوان مخزن گونه مورد بررسی، حرکت گونه به سمت رویشگاه‌های مجاور را نیز تسهیل سازد (Karami et al., 2023). علاوه بر این، حضور گونه در این مناطق می‌تواند به‌دلیل ممانعت از حضور در مناطقی با تبخیر و تعرق زیاد باشد (Moradi et al., 2021). علاوه بر این، تراکم کربن آلی خاک نیز با افزایش ارتفاع افزایش پیدا می‌کند که بیانگر آن است که نقاط حضوری که در ارتفاعات بالا قرار دارند دارای کربن آلی بیشتری هستند. این یافته توسط مقادیر شاخص NDVI نیز تأیید می‌شود، به‌نحوی‌که در این شاخص نیز افزایش ارتفاع با افزایش مقدار NDVI همراه است. یافته پژوهش حاضر در خصوص ارتباط بین ارتفاع و کربن آلی خاک با برخی از مطالعات که گزارش کرده‌اند که با افزایش ارتفاع، مواد آلی خاک به‌دلیل کاهش دوره رشد گیاهان کاهش پیدا می‌کند، همسویی ندارد (Donhauser and Frey, 2018; Möhl et al., 2019; Stokes et al., 2021).

گروه‌بندی متغیرهای محیطی بر اساس نقطه شکست بیانگر آن است که بخش‌های مرتفع شمالی مناطق حضور

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

گونه شرایط اکولوژیک متفاوتی به نسبت بخش‌های جنوبی دارند و به این مسئله منجر شده که این دسته از نقاط حضور در یک دسته مجزا قرار گیرند. بررسی صحت گروه‌بندی داده‌های حضور با استفاده از روش K-mean نیز نتایج مشابهی را نشان داد. واضح است که این تفاوت در ارتفاع حضور گونه می‌تواند بر روی تقویم حیاتی گز روغنی مؤثر باشد. دوره رویش اصلی این گونه با کاهش سرمای زمستان خواهد بود (کنشلو و همکاران، ۱۳۹۴) لذا این امکان وجود دارد که گروهی از نقاط حضور که در ارتفاعات پایین قرار دارند (خوشه ۲ شکل ۶) این مرحله را سریع‌تر طی کنند، اما در عرض‌های بالاتر که با افزایش ارتفاع همراه است (بخش‌های شرق استان هرمزگان) که با خوشه ۱ در شکل ۶ نیز مشخص‌شده است، این احتمال وجود دارد که این دوره کندتر طی شود. در مطالعه‌ای که توسط کنشلو و همکاران (۱۳۹۴) بر روی فعالیت‌های حیاتی این گونه انجام گرفت عنوان شد که عرض‌های بیشتر و ارتفاعات بالاتر دوره رویش تا رسیدن بذرها از ۱۴۵ تا ۱۵۳ روز به طول می‌انجامد و در عرض‌ها جغرافیایی کمتر و مناطق پست‌تر این مقدار ۱۲۵ روز طول می‌کشد. علاوه بر این، میان رویشگاه‌های مختلف گونه تفاوت فنولوژی وجود دارد که این امر به‌وسیله شاخص NDVI نیز نمایش داده شد. مطالعات همچنین نشان داده که ارتباط تنگاتنگی بین مراحل فنولوژی و حرارت وجود دارد (Nilsen, 1981). لذا می‌توان از تمایز بین گروه‌های محیطی برای بررسی‌های بیشتر در خصوص مطالعات دقیق‌تر مانند بررسی تفاوت ژنتیکی گونه‌ها در دو منطقه نیز استفاده کرد. بدیهی است که شکل‌گیری جمعیت‌های مختلف ازاین‌گونه در یک گستره مکانی می‌تواند ناشی از محدودیت‌های انتشار گونه و فراهم بودن یا نبودن نیازهای اکولوژیکی گونه گز روغنی باشد. به‌ویژه که مطالعات انجام‌گرفته بر روی *M. peregrina* نشان می‌دهد که جمعیت گونه گز روغنی به‌صورت یک جمعیت تجزیه‌شده است که این تجزیه به‌وسیله طی کردن رانش ژنتیکی و اثر گردنه بطری[1] بوده است (Zaghloul et al., 2012)؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، تفاوت محیطی در گروه‌های مختلف بر اساس معیارهای محیطی به‌وسیله مطالعات ژنتیکی نیز ارزیابی شود. اگرچه رویکرد پیش روی این مطالعه امکان بررسی بسیاری از پارامترهای محیطی را برای نقاط حضور گونه فراهم ساخت، اما با برخی محدودیت‌ها نیز مواجه بود که پژوهشگران باید در تفسیر نتایج آن را در نظر بگیرند. محدودیت نخست مربوط به مقیاس مطالعه است که با توجه به رستر پایه بودن این مطالعات قدرت تفکیک مکانی بالاتر داده‌های محیطی می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری در اختیار پژوهشگران و مدیران اجرایی قرار دهد؛ اما تناوب و تکرار داده‌هایی که اطلاعات پویا از محیط را در اختیار قرار می‌دهند (مانند تصاویر ماهواره‌ای) می‌تواند یک محدودیت برشمرده شود. محدودیت دوم اینکه بسیاری از معیارهایی که بر روی پراکندگی مکانی گونه‌های گیاهی مؤثر هستند، وابسته به خصوصیات خاک هستند، اما استخراج برخی از این ویژگی‌ها به‌وسیله سنجش‌ازدور محدودیت دارد؛ لذا استفاده از نمونه‌برداری میدانی در خصوص مطالعه خصوصیات خاک می‌تواند غنا و درنتیجه اعتبار نتایج حاصل را افزایش دهد.

شناخت نیازهای رویشگاهی گونه‌های گیاهی، شرایط محیطی غالب در هر منطقه و دامنه تحمل گونه به این شرایط، در احیای پوشش گیاهی در هر منطقه نقش کلیدی دارد. ارتفاع یکی از مؤلفه‌های مهم در تشکیل گرادیان‌های محیطی است که تأکید بر روی شناخت صحیح نقش آن می‌تواند به شناخت دقیق‌تر حدود رویشگاه گیاهان کمک کند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که در مناطق حضور گز روغنی متغیرهای محیطی مختلف با افزایش ارتفاع دارای تغییرات مشخص هستند. به‌نحوی‌که مناطق حضور این‌گونه در بخش جنوب شرق ایران به دو گروه مجزا قابل تفکیک است؛ لذا می‌توان نتیجه گرفت که اثر گرادیان‌های محیطی در نقاط شمال و شمال غربی رویشگاه گونه از اثر آن در مناطق جنوب و جنوب شرقی بر اساس مقیاس این مطالعه متفاوت است. به‌بیان‌دیگر نوسان ارتفاع در رویشگاه گونه دارای اثر یکسانی بر نقاط حضور نبوده و باعث تفکیک این نقاط از یکدیگر شده است؛ بنابراین بررسی و مطالعه نقاط حضور با داده‌های با قدرت تفکیک مکانی بالاتر می‌تواند ازجمله اولویت‌های مطالعاتی بر روی این‌گونه باشد. از سوی دیگر، تهیه داده‌های لازم برای پایش گرادیان‌های محیطی مؤثر بر روی رشد و پراکندگی گیاهان با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور امکان بررسی و تجزیه‌وتحلیل گستره‌های وسیعی از انتشار گونه‌ها را فراهم خواهد آورد. لذا پیشنهاد می‌شود از قابلیت این دسته از داده‌ها در پایش تغییرات محیطی استفاده شود.

[1] bottleneck effect

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب طرح تحقیقاتی (شماره PR-UOZ 1402-7) و با حمایت مالی دانشگاه زابل انجام شده است. بدین‌وسیله نگارندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه زابل اعلام می‌دارند.

منابع

پوربابائی، ح.، صالحی، ع.، ابراهیمی، س.، خداپرست، ف. ۱۴۰۰. تأثیر ارتفاع از سطح دریا و مؤلفه‌های خاک بر خصوصیات پوشش گیاهی (حوزه آبخیز اسالم). مجله جنگل ایران، ۱۳ (۳): ۳۰۷-۲۸۵.

رشوند، س.، احسانی، ع.، فیاض، م.، نجف پورنوایی، م.، چرخچیان، م.م. ۱۳۹۶. پراکندگی گیاهان دارویی در استان قزوین. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع ایران .۲۵۲ ص.

زارع حصاری، ب.، قربانی، ا.، عظیمی مطعم، ف.، هاشمی مجد، ک.، اصغری، ع. ۱۳۹۳. عوامل بوم‌شناختی مؤثر بر پراکندگی گونه *Artemisia fragrans* Willd. در دامنه‌های جنوب شرقی سبلان. مرتع، ۸ (۳): ۲۳۸-۲۵۰.

ساهور، ح. ۱۳۹۴. مطالعه برخی از ویژگی‌های بوم شناختی فردی گونه گز روغن (*Moringa peregrina*) در منطقه بگابند شهرستان سرباز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی بیابان زدایی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل. ۸۷ صفحه.

سلیمانی میمند، ف.، وهابی، م. ر.، کریمیان، و. ۱۳۹۶. بررسی خصوصیات اکولوژیکی گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia Vahl.*) در رویشگاه‌های مرتعی غرب استان اصفهان. مجله پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۱۱۵: ۱-۱۴.

صنیعی آباده، م.، محمودی، س. ۱۳۹۴. داده کاوی کاربردی. ویراست دوم، انتشارات نیاز دانش. ۵۳۶ صفحه.

قربانی، ا.، اصغری، ع. ۱۳۹۳. بررسی عوامل بوم‌شناسی مؤثر بر انتشار گونه *Festuca ovina* در مراتع جنوب‌شرقی سبلان. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۱ (۲): ۳۶۸-۳۸۱.

کرمی، پ.، اسمعیلی رینه، س. ۱۳۹۹. استفاده از روش مدلسازی آنتروپی بیشینه (MaxEnt) و خوشه بندی K-mean برای تحلیل زیستگاه های زیر زمینی جنس Niphargus در ایران. مجله پژوهش‌های جانوری، ۳۳ (۴): ۳۱۰-۳۲۳.

کرمی، پ.، شایسته، ک.، رستگار، ن. ۱۳۹۹. بارزسازی نقش ارتفاع در جابه جایی گونه‌های حیات وحش مناطق کوهستانی با تأکید بر روی مناطق حفاظت شده: مطالعه موردی استان کرمانشاه. فصلنامه محیط زیست جانوری، ۱۲(۲): ۳۰-۲۱.

کرمی، پ.، میرسنجری، م. ۱۳۹۷. تحلیل تخریب سیمای سرزمین در تالاب بزرگ هویزه با استفاده از دور کاوی. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب، ۱۰(۳۵): ۳۹-۵۴.

کنشلو، ه.، آچاک، م.، دمی زاده، غ. ۱۳۹۴. بررسی تقویم حیاتی گیاه گز روغنی (*Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori.) در جنوب شرق ایران. دو ماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۱ (۳): ۲۳۵-۲۴۷.

کنشلو، ه.، دمی زاده، غ.، آچاک، م. ۱۳۹۲. بررسی برخی از ویژگی‌های آت اکولوژی گونه گاز رخ در جنوب ایران. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۳):۴۸۱-۴۹۴.

مدرسی، ف.، عراقی نژاد، ش.، ابراهیمی، ک.، خلقی، م.۱۳۸۹. بررسی منطقه‌ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری، مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگانرود-قره سو، نشریه آب و خاک، جلد،۲۴ (۳): ۴۷۶-۴۸۹

مروتی، م.، کرمی، پ. ۱۴۰۳. تحلیل تغییرات زمان- مکانی رخداد آتش‌سوزی در سطح استان کرمانشاه با تأکید بر روی شبکه مناطق تحت حفاظت. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۰): ۱۳۱-۱۴۸.

مظفریان و. ۱۳۸۵. فرهنگ نامهای گیاهان ایران، انتشارات فرهنگ معاصر، تهران، ۳۹۶ صفحه.

ملکیان، م.، همامی، م. ۱۳۹۱. مبانی زیست شناسی حفاظت. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۰۴ صفحه.

Bisht, A. S., Bhat, A. B., 2013. Vegetation structure and plant diversity relation in a sub-alpine region of Garhwal Himalaya, Uttarakhand, India. African Journal of Plant Science, 7; 401-406.

Brown, G., Sakkir, S., 2004. The vascular plants of Abu Dhabi Emirate, terrestrial environment research centre, p: 39.

Chain-Guadarrama, A., Finegan, B., Vilchez, S., Casanoves, F., 2012. Determinants of rain-forest floristic variation on an altitudinal gradient in southern Costa Rica. Journal of Tropical Ecology, 28:463-481.

Claret, C., Marmonier, P., 2019. Relative effects of elevation and habitat constraints on alpine spring biodiversity. In Annales de Limnologie. International Journal of Limnology, 55: p. 20. EDP Sciences.

Collins, S.L., Glenn, S.M., Briggs, J.M., 2002. Effect of local and regional processes on plant species richness in tallgrass prairie. Oikos, 99(3): 571-579.

Dar, J. A., Sundarapandian, S., 2016. Patterns of plant diversity in seven temperate forest

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

gradient in the northwestern sector of the Red Sea. Journal of Arid Environments, 72(9): 1537-1551.

Hossain, M.L., Li, J., 2021. NDVI-based vegetation dynamics and its resistance and resilience to different intensities of climatic events. Global ecology and conservation, 30, p.e01768.

Karami, P., Piri Sahragard, H., Shahriari, A., 2023a. Evaluating the role of landforms in habitat suitability and connectivity of *Moringa peregrina* (Forssk.) in southeastern Iran. South African Journal of Botany, 155: 298-309.

Karami, P., Tavakoli, S., Esmaeili, M., 2023b. Evolution of seasonal land surface temperature trend in pond-breeding newt (*Neurergus derjugini*) in western Iran and eastern Iraq. Ecological Processes, 12(1): p.14.

Karami, P., Tavakoli, S., Esmaeili, M., 2023c. Fine-scale habitat suitability and connectivity analysis for the core populations of Yellow-spotted mountain pond-breeding newt (*Neurergus derjugini*) in the west of Iran and east of Iraq. Global Ecology and Conservation, 43: p.e02429.

Karami, P., Tavakoli, S., Esmaeili, M., 2023d. Monitoring spatiotemporal impacts of changes in land surface temperature on near eastern fire salamander (*Salamandra infraimmaculata*) in the Middle East. Heliyon, 9(6).

Khdier, K., 2002. Conservation of medicinal and herbal plants. Ministry of planning, Jordan, p: 80.

Luca, C., Bing C. S., Farrell, R.E., 2007. Upslope length improves spatial estimation of soil organic carbon content. Canadian Journal of Soil Science, 87(3): 291-300.

McCain, C. M., Grytnes, J. A., 2010. Elevational Gradients Species Richness Encyclopidia Life Sciences. Chichester: John Wiley and Sons.

Merino-Martín, L., Hernández-Cáceres, D., Reverchon, F., Angeles Alvarez, G., Zhang, G., Dunoyer de Segonzac, D., Dezette, D., Stokes, A., 2023. Habitat partitioning of soil microbial communities along an elevation gradient: from plant root to landscape scale. Oikos, 1: p.e09034.

Mezger, G., De Stefano, L., González del Tánago, M., 2022. Analysis of the Evolution of Climatic and Hydrological Variables in types of Western Himalaya, India. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 9: 280–292.

Dibs, H., Al-Janabi, A., Gomes, C., 2018. Easy to use remote sensing and GIS analysis for landslide risk assessment. Journal of University of Babylon for Engineering Sciences, *26*(1): 42-54 .

Donhauser, J., Frey, B., 2018. Alpine soil microbial ecology in a changing world. – FEMS Microbiology Ecology, 94: 1–31.

Dorner, B., Lertzman, K., Fall, J., 2002. Landscape pattern in topographically complex landscapes: issues and techniques for analysis. Landscape Ecology, 17:729-743.

El-Keblawy, A.A., Khedr, A. H. A., 2017. Population structure and ecological role of Moringa peregrina (Forssk.) Fiori. at its northwestern range edge in the Hajar Mountains. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 151(1): 29-38.

Farahat, E.A., Refaat, A.M., 2021. Predicting the impacts of climate change on the distribution of *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori - A conservation approach. Journal of Mountain Science, 18: 1235–1245.

Gairola, S., Sharma, C. M., Suyal, S., Ghildiyal, S. K., 2011. Species composition and diversity in mid-altitudinal moist temperate forests of the western Himalaya. Journal of Environmental Sciences, 27: 1-15.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote sensing of Environment, 202: 18-27.

Hamed, K.H., Rao, A.R., 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. Journal of hydrology, 204(1-4):182-196.

Hamid, M., Khuroo, A. A., Malik, A. H., Ahmad, R., Singh, C. P., 2021. Elevation and aspect determine the differences in soil properties and plant species diversity on Himalayan mountain summits. Ecological Research, 36: 340- 352.

Heaney, L. R., 2001. Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. Global Ecology and Biogeography, 10: 15-39.

Hegazy, A.K., Hammouda, O., Lovett-Doust, J., Gomaa, N.H., 2008. Population dynamics of *Moringa peregrina* along altitudinal

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

rarity patterns along altitude range covering treeline ecotone in Uttarakhand: conservation implications. Tropical Ecology, 59: 225-239.

Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho, T., Amnell, T., 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates –the Excel template application MAKESENS. Publications on Air Quality No. 31: Report code FMI-AQ-31.

Sanchez-Machado, D.I., Lopez-Cervantes, J., Rios-Vazquez, N.J., 2006. High performance liquid chromatography method to measure α and γ- tocopherol in leaves, flowers and fresh beans from *Moringa oleifera*. Journal of Chromatography, 1105: 111-114.

Shen, C., Xiong, J., Zhang, H., Feng, Y., Lin, X., Li, X., Liang, W., Chu, H., 2013. Soil pH drives the spatial distribution of bacterial communities along elevation on Changbai Mountain. Soil Biology and Biochemistry. 57: 204-211.

Stokes, A. et al., 2021. Shifts in soil and plant functional diversity along an altitudinal gradient in the French Alps. BMC Research Notes, 14: 54.

Tamme, R., Hiiesalu, I., Laanisto, L., Szava-Kovats, R., Partel, M., 2010. Environmental heterogeneity, species diversity and co-existence at different spatial scales. Journal of Vegetation Science, 21:796-801.

Tripathi, N., Hills, C., Singh, R. S., Atkinson, C. J., 2019. Biomass waste utilization in low-carbon products: harnessing a major potential resource. NPJ climate and atmospheric. Science, 2:35.

Turgay, P., Ercan K., 2005. Trend Analysis in Turkish Precipitation data. Hydrological processes published onlineinwiley Interscience. https://doi.org/10.1002/hyp.5993

Unger, D.R., Kulhavy, D.L., Hung, I.K.,2013. Validating the geometric accuracy of high spatial resolution multispectral satellite data. GIScience and Remote Sensing, 50(3): 271-280.

Wang, H., Prentice, I.C., Davis, T.W., Keenan, T.F., Wright, I.J., Peng, C., 2017. Photosynthetic responses to altitude: an explanation based on optimality principles. New Phytologist, 213: 976-982.

Wani, Z. A., Akash Pant, S., 2022. Tree diversity and regeneration dynamics in the Tagus River Basin, Spain. Water, 14(5): p.818.

Mohammed Al Bowardi, H.E., 2008. Terrestrial environments of Abu Dhabi Emirate, United Arab Emirates, Environment Agency Abu Dhabi, p:112.

Möhl, P. et al., 2019. Twelve years of low nutrient input stimulates growth of trees and dwarf shrubs in the treeline ecotone. – Journal of Ecology, 107: 768-780.

Mokhtari, Z., Barghjelveh, S., Sayahnia, R., Karami, P., Qureshi, S., Russo, A., 2022. Spatial pattern of the green heat sink using patch-and network-based analysis: Implication for urban temperature alleviation. Sustainable Cities and Society, 83: p.103964.

Moradi, E., Abdolshahnejad, M., Hassangavyar, M.B., Ghoohestani, G., da Silva, A.M., Khosravi, H. and Cerdà, A., 2021. Machine learning approach to predict susceptible growth regions of *Moringa peregrina* (Forssk). Ecological Informatics, 62: p.101267.

Nilsen, E.T., 1981. Productivity and nutrient cycling in the early post burn chaparral species Lotus scoparius. In: Proceedings of the symposium on dynamics and management of mediterranean type ecosystems. United States Department of Agriculture, San Diego, 22-26 June: 291-296.

Palada, M.C., Chang, L.C., 2003. Suggested cultural practices for Moringa. International Cooperators' Guide AVRDC. AVRDC pub, 3, pp.1-5.

Piri Sahragard, H., Karami, P., 2024. Spatiotemporal analysis of seasonal trends in land surface temperature within the distribution range of *Moringa peregrina* (Forssk.) in Southern and Southeastern Iran. PloS one, 19(7): p.e0306642.

Piri Sahragard, H., Karami, P., Ajorlo, M., 2023. Fluctuation of the ecological niche of *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori with topoclimatic heterogeneity in southern Iran. iForest-Biogeosciences and Forestry, 16: 53-61.

Piri Sahragard, H., Zare Chahouki, M.A., 2016. Modeling of *Artemisia sieberi* Besser Habitat Distribution Using Maximum Entropy Method in Desert Rangelands, Journal of Rangeland Science, 6(2): 93- 101.

Rawat, R. S., Rawal, R., Rawat, B., Negi, V. S., Pathak, R., 2018. Plant species diversity and

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]

Zaghloul, M.S., Hamrick, J.L., Moustafa, A.A., 2012. Conservation genetics of Sinai's remnant populations of Moringa peregrina, an economically valuable medicinal plant. Conservation Genetics, 13: 9-19.

Zahran, M.A., 2010. Plant and vegetation, Climate-Vegetation: Agro-Asian Medteranean and Red sea coastal lands, Mansouri University, Egypt, p: 324.

Gulmarg Wildlife Sanctuary, Kashmir Himalaya. Acta Ecologica Sinica, doi: 10.1016/j.chnaes.2022.05.003.

Yuan, Y., Si, G., Wang, J., Luo, T., Zhang, G., 2014. Bacterial community in alpine grasslands along an altitudinal gradient on the Tibetan Plateau. FEMS Microbiology Ecology, 87: 121-132.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-04-25]