Research Article

Iranian Journal of Forest and Range Protection Research DOI: 10.22092/ijfrpr.2024.363680.1604
Vol. 22, No. 1, Page 92 -108 (2024)

Prediction the potential distribution of *Artemisia chamaemelifolia* in Ardabil province

Maryam Molaei[1], Ardavan Ghorbani[2*], Mehdi Moameri[3], Javad Motamedi[4] and Zeynab Hazbavi[5]

1- PhD Student of Rangeland Sciences, Department of Range & Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2*- Corresponding author, Prof., Department of Range & Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: a_ghorbani@uma.ac.ir
3- Associate Prof., Department of Plant Sciences and Medicinal Plants, Meshgin Shahr Faculty of Agriculture, Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
4- Associate Prof., Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
5- Associate Prof., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received: 04.10.2023 Accepted: 27.12.2023

Abstract

Background and objectives: Determining the state of distribution of species and the habitats occupied by them is very important in species protection and management programs. The use of modeling to predict the distribution of species has increased in recent years. For this purpose, a wide range of modeling techniques has been developed. In this regard, the present research was conducted with the aim of evaluating the capability of logistic regression and the maximum entropy method in preparing a prediction map of the habitat expansion of *Artemisia chamaemelifolia* species and determining the factors affecting its distribution in Ardabil province.

Methodology: In the rangelands of Ardabil province, 449 study sites, including 102 sites of presence and 347 sites of non-presence of the species, were recorded from 2018 to 2021. Two categories of environmental factors, including bioclimatic variables (19 cases), three primary topographic indices (elevation, slope, and aspect), and five secondary topographic indices (topographic wetness index, topographic position index, topographic roughness index, stream power index, and plan curvature index), were investigated in relation to the presence of the species. Bioclimatic variables with a spatial resolution of 2.5 minutes, equivalent to 5 km², were downloaded from worldclim.org. The maps of topographical variables were produced using the maps of the digital elevation model in a geographic information system environment. Maps of all environmental factors were prepared and overlapped with 70% of the data. Environmental information was extracted for sample points. Collinearity between independent variables was checked. In the next step, the regression relationship between species presence and independent variables was extracted in SPSS software. Then, by combining the maps of factors affecting species distribution and applying the relevant regression relationship, the distribution map was predicted through the logistic regression method. To prepare the prediction map of *A. chamaemelifolia* habitat through the maximum entropy method in the MaxEnt software environment, the environmental layers were converted to ASCII format, and the species presence points were converted to CSV format. The maps prepared in both models were classified based on the optimal threshold of species presence into two classes: species presence and non-presence. The Kappa index was used to check the accuracy of prepared maps and

compare their performance.
Results: The results of the modeling showed that elevation was the most effective environmental factor in the distribution of the species. The altitude range of presence of *A. chamaemelifolia* in Ardabil province was found to be from 2100 to 2900 meters. The Kappa coefficient obtained from the comparison of the predicted and real maps for the logistic regression model was 0.962, and for the maximum entropy model, it was 0.871, which are at a very good to excellent level. The logistic regression model identified slope percentage, precipitation of the coldest season, precipitation of the driest month, and the average range of daily temperature as influencing variables in the occurrence of the species in Ardabil province. Based on the jackknife test resulting from the implementation of maximum entropy in the MaxEnt environment, the most important variables affecting the suitability of *A. chamaemelifolia* habitat were seasonal precipitation and elevation.
Conclusion: The results of the present study have provided key and important information about the range of tolerance of the *A. chamaemelifolia* species to the influencing environmental variables. Relying on the results of the current study, arrangements can be made to protect and restore habitats with current or potential distribution of *A. chamaemelifolia* species.

Keywords: Ardabil, Maximum Entropy, Artemisia, Logistic Regression, Species Distribution Model

پیش‌بینی پتانسیل توزیع گونه درمنه بابونه‌ای (*Artemisia chamaemelifolia*) در استان اردبیل

مریم مولایی[۱]، اردوان قربانی[۲*]، مهدی معمری[۳]، جواد معتمدی[۴] و زینب حزباوی[۵]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پست‌الکترونیک: a_ghorbani@uma.ac.ir

۳- دانشیار، گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشکین‌شهر، پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

چکیده

سابقه و هدف: تعیین پراکنش و توزیع گونه‌ها و رویشگاه‌های تحت اشغال آنها از اهمیت بسزایی در برنامه‌های حفاظتی و مدیریت گونه‌ها برخوردار است. استفاده از روش‌های مدل‌سازی برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها در سال‌های اخیر افزایش یافته است. به این منظور، طیف گسترده‌ای از تکنیک‌های مدل‌سازی ابداع شده است. در این رابطه، تحقیق پیش‌رو با هدف ارزیابی قابلیت روش رگرسیون لجستیک و آنتروپی بیشینه در تهیه نقشه پیش‌بینی گسترش رویشگاه گونه درمنه بابونه‌ای (*Artemisia chamaemelifolia*) و تعیین عوامل مؤثر بر انتشاز آن در سطح استان اردبیل انجام شد.

مواد و روش‌ها: در سطح مراتع استان اردبیل ۴۴۹ مکان مطالعاتی شامل ۱۰۲ مکان حضور و ۳۴۷ مکان عدم‌حضور گونه طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ ثبت شد. دو دسته عوامل محیطی شامل ۱۹ متغیر زیست اقلیمی، ۳ شاخص اولیه توپوگرافیکی ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب و جهت جغرافیایی و ۵ شاخص ثانویه توپوگرافیکی شامل شاخص‌های رطوبت توپوگرافیکی، موقعیت توپوگرافیکی، زبری توپوگرافیکی، قدرت جریان و انحنای توپوگرافیکی در ارتباط با حضور گونه بررسی شدند. متغیرهای زیست اقلیمی با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ دقیقه برابر ۵ کیلومترمربع از سایت worldclim.org دانلود شد. نقشه متغیرهای توپوگرافیکی با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تولید شد. نقشه تمامی عوامل محیطی با ۷۰ درصد داده‌ها تهیه و هم‌پوشان شدند. اطلاعات محیطی برای نقاط نمونه استخراج شد. هم‌خطی بین متغیرهای مستقل بررسی گردید. در مرحله بعد، رابطه رگرسیونی بین حضور گونه و عوامل محیطی در نرم‌افزار SPSS استخراج شد. سپس از تلفیق نقشه‌های عوامل تأثیرگذار بر توزیع گونه و اعمال رابطه رگرسیونی مربوطه، نقشه پراکنش از طریق روش رگرسیون لجستیک پیش‌بینی شد. سپس برای تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه *A. chamaemelifola* از طریق روش آنتروپی بیشینه در محیط نرم‌افزار MaxEnt، لایه‌های محیطی به فرمت ASCII و نقاط حضور گونه به فرمت CSV تبدیل شدند. نقشه‌های تهیه‌شده در هر دو مدل براساس آستانه بهینه حضور گونه در دو کلاس حضور و عدم‌حضور گونه طبقه‌بندی شد. برای بررسی صحت نقشه‌های تهیه شده و مقایسه عملکرد آنها از شاخص کاپا استفاده گردید.

نتایج و یافته‌ها: نتایج مدل‌سازی‌ها نشان داد، متغیر ارتفاع از سطح دریا مؤثرترین عامل محیطی در انتشار گونه بود. دامنه ارتفاعی حضور گونه *A. chamaemelifolia* در استان اردبیل، ۲۱۰۰ تا ۲۹۰۰ متری به‌دست آمد. ضریب کاپای حاصل از مقایسه نقشه‌های پیش‌بینی و واقعی برای مدل رگرسیون لجستیک ۰/۹۶۲ و برای مدل آنتروپی بیشینه ۰/۸۷۱ به دست آمد که در سطح خیلی خوب تا عالی قرار دارند. مدل رگرسیون لجستیک به‌عنوان مدل برتر، درصد شیب، بارندگی سردترین فصل، بارندگی خشک‌ترین ماه و میانگین دامنه دمای روزانه را به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار در حضور گونه در سطح استان اردبیل معرفی کرد.

براساس آزمون جک‌نایف حاصل از اجرای آنتروپی بیشینه در محیط MaxEnt نیز مهمترین متغیرهای مؤثر بر مطلوبیت رویشگاه *A. chamaemelifolia* بارندگی فصلی و ارتفاع از سطح دریا به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش پیش‌رو اطلاعات کلیدی و مهمی را درباره دامنه تحمل‌پذیری گونه *A. chamaemelifolia* نسبت به متغیرهای محیطی تأثیرگذار فراهم کرده است. با تکیه به نتایج پژوهش جاری می‌توان ترتیبات حفاظت و احیای رویشگاه‌های دارای پراکنش فعلی یا بالقوه گونه *A. chamaemelifolia* را فراهم کرد.

واژه‌های کلیدی: اردبیل، آنتروپی بیشینه، درمنه، رگرسیون لجستیک، مدل‌سازی توزیع گونه

مقدمه

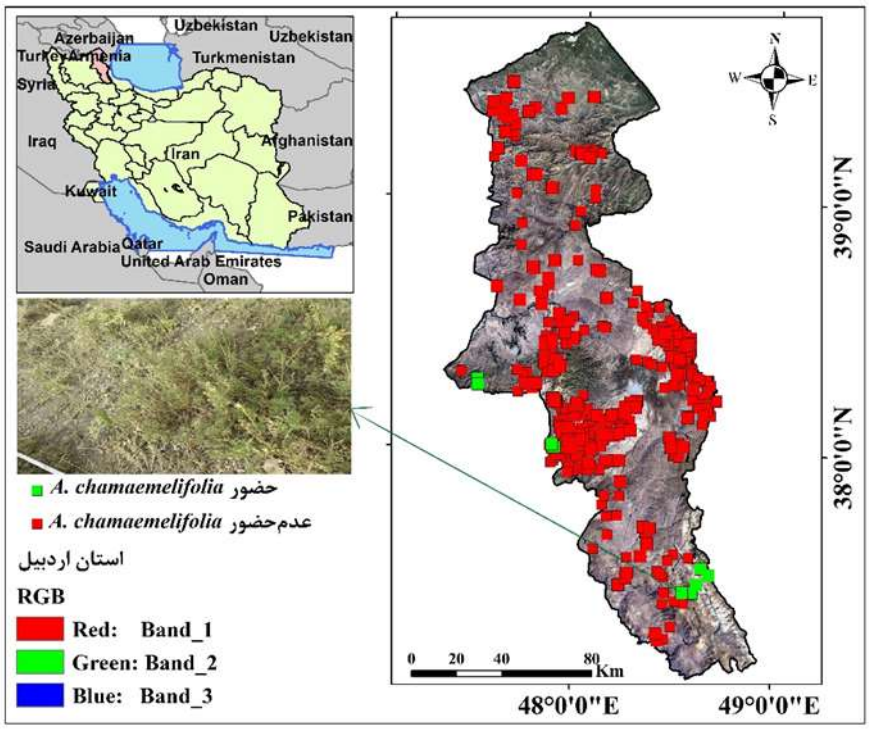
مدل‌سازی توزیع گونه‌ای به‌عنوان ابزاری برای بررسی ارتباط بین توزیع جغرافیایی گونه و اطلاعات در مورد ویژگی‌های محیط‌زیستی گونه تعریف می‌شود (Pearson *et al.*, 2007). هنگامی که فاکتورهای محیطی درست انتخاب شده باشند، رویکردهای مدل‌سازی توزیع گونه ابزاری پیشرفته برای ارائه رویشگاه بالقوه گونه‌های گیاهیست (Yan *et al.*, 2020; Adhikari *et al.*, 2020). امروزه در بوم‌شناسی گیاهی، به‌کارگیری روش‌های آماری مناسب، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های پیش‌بینی توزیع جغرافیایی رویشگاه‌ها به‌سرعت توسعه یافته است (Azizi Kalesar *et al.*, 2021). این اطلاعات در اتخاذ تصمیمات مدیریتی برای انجام اقدامات اصلاحی و حفاظتی به‌ویژه در مناطقی که پوشش گیاهی در حال تخریب است، مؤثر بوده و شانس موفقیت را افزایش می‌دهد. امروزه مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای به‌عنوان ابزاری مناسب برای غلبه بر محدودیت‌های زمانی و بودجه در دسترس، اهمیت بسزایی در مدیریت، بهره‌برداری پایدار و حفاظت از پوشش گیاهی دارد (Mirzaeizadeh *et al.*, 2023). روش‌های مختلف مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای در دسترس هستند که می‌توان آنها را تحت عنوان روش‌های پروفایل، رگرسیونی و روش‌های یادگیری ماشین طبقه‌بندی کرد (Hijmans & Elith, 2019). این مدل‌ها برای اهداف اکولوژیکی، زیستی و مدیریت منابع استفاده می‌شوند (Samadi *et al.*, 2022).

ارزیابی روش‌های مختلف مدل‌سازی برای تعیین رویشگاه بالقوه گیاهان و برنامه‌ریزی‌های مناسب برای اعمال سیاست‌های حفاظتی و احیایی ضروری است و محققان در پژوهش‌های خود از روش‌های مختلف مدل‌سازی بهره گرفته‌اند. به‌طورمثال، Amiri و همکاران (۲۰۱۹) آشیان بوم‌شناختی اقلیمی گونه *Artemisia aucheri* Boiss. را در ایران مرکزی پیش‌بینی و اعلام کردند، حداکثر حضور گونه در ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر و بارندگی سالانه ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر رخ داد. Behi و همکاران (۲۰۲۱) نیز توزیع پوشش گیاهی حوزه ملافهله در استان فارس را با استفاده از روش رگرسیون لجستیک مدل‌سازی کردند. آنان بافت خاک، درصد ماده آلی، درصد رس، درصد آهک، اسیدیته، درصد شیب و ارتفاع را مهمترین عوامل محیطی در پراکنش رویشگاه‌های مورد مطالعه‌شان بیان کردند. Abbasi و همکاران (۲۰۲۳) عوامل محیطی مؤثر بر ترجیح رویشگاه گونه *Stachys lavandulifolia* Vahl. را با استفاده از روش مدل‌سازی آنتروپی بیشینه در منطقه الموت شرقی استان قزوین مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند، رویشگاه مطلوب این گونه در خاک‌هایی با بافت سنگین، هدایت الکتریکی حدود ۱۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر و اسیدیته خنثی بوده است. همچنین Abbasi و همکاران (۲۰۲۲) پراکنش رویشگاه گونه *Agropyron intermedium* را با استفاده از روش آنتروپی بیشینه مدل‌سازی کردند. آنان اظهار داشتند، متغیرهای توپوگرافیکی و رس خاک در حضور گونه بیشترین تأثیر را داشته و افزایش آهک و هدایت الکتریکی تأثیر منفی بر حضور این گونه دارد.

درمنه‌زارها از مهمترین و باارزش‌ترین منابع ملی ایران

محسوب می‌شوند که نقش بسیار مؤثری در حفظ آب و خاک و تنوع زیستی مراتع ایفا می‌کنند و مدیریت صحیح این اکوسیستم‌ها مستلزم شناخت عوامل تأثیرگذار بر آنهاست (Kamali *et al.*, 2021). از سوی دیگر، تغییرات چشمگیر الگوهای عمده آب‌وهوا به سمت گرم‌تر شدن و تشدید خشکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به اجماع، مورد تأیید دانشمندان علوم اقلیمی است. افزایش درجه حرارت و تشدید خشکی و تنش آب ناشی از تغییرات آب‌وهوایی، عرصه را به جنس درمنه تنگ می‌کند و منجر به عقب‌نشینی آنها به عرض‌های بالاتر، یا نقاط مرتفع‌تر شده و ظهور پدیده مهاجرت، زمینه انقراض و زوال انواع جوامع گیاهی و جانوری را که به‌نحوی به حضور و گسترش گونه‌های درمنه وابسته هستند، فراهم می‌نماید. بنابراین، از بین رفتن پوشش گیاهی و حاکم شدن پدیده زوال در درمنه‌زارها، بر اثر پدیده تغییر اقلیم، این ضرورت را ایجاب می‌کند تا با رویکرد حفاظتی، در مدیریت اکوسیستم‌های مذکور تمرکز شود.

مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه دارای کاربردهای متعددی هستند که عمده‌ترین آنها استفاده در برنامه‌های اصلاحی پوشش گیاهی است. اگر چنین پیش‌بینی‌های بوم‌شناختی بخواهد با هدف کمک به اقدامات حفاظتی و مدیریتی استفاده شود، مدل تناسب رویشگاه باید ساده و دارای توان پیش‌بینی بالا باشد (Abbasi *et al.*, 2023). بنابراین، پژوهش پیش‌رو با هدف ارزیابی قابلیت روش‌های رگرسیون لجستیک و آنتروپی بیشینه در شناخت صحیح نیازهای رویشگاهی و تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه *A. chamaemelifolia* Vill. در مراتع استان اردبیل انجام شد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری ***Artemisia chamaemelifolia*** در سطح مراتع استان اردبیل

Figure 1. Location of the study area and sampling points of *Artemisia chamaemelifolia* in rangelands of Ardabil province

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان اردبیل در محدوده ۴۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۰۹ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. مساحت آن ۱۷۸۷۵/۹۶ کیلومترمربع برابر ۱/۰۷ درصد از مساحت ایران بوده و براساس آمار ایستگاه‌های سینوپتیک پارس‌آباد، بیله‌سوار، گرمی، مشگین‌شهر، اردبیل، نمین، خلخال، سرعین و نیر دارای بارندگی بین ۳۰۰ تا ۷۳۲ میلی‌متر و دمای میانگین سالانه بین ۸/۴ تا ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد است (Kakeh Mmi *et al*., 2017). این استان از سمت شمال و شرق به مرز کشور جمهوری آذربایجان و گیلان و از سمت غرب و جنوب به آذربایجان‌شرقی و استان زنجان محدود است. در سمت غرب شهر اردبیل، شمال نیر و جنوب‌شرقی مشگین‌شهر، کوه مشهور سبلان به‌عنوان اثر طبیعی ملی در فهرست آثار طبیعی ملی به ثبت رسیده است.

گونه مورد مطالعه

A. chamaemelifolia گیاهی چندساله با ساقه‌های بدون کرک به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر است. برگ‌ها با لبه انتهایی رشته‌ای کوتاه، به‌صورت پراکنده، سبز مایل به خاکستری و گل‌آذین خوشه‌ای نسبتاً منقبض شده است. شاخه‌ها شبیه برگ اما کوچک‌تر، کاپیتول دارای چند گل، کروی تا فرورفته کروی، به عرض ۴ تا ۶ میلی‌متر، براکت‌های بیرونی نیزه‌ای، سبز، با حاشیه‌های قهوه‌ای روشن و براکت‌های داخلی کمی بلندتر و عمدتاً قهوه‌ای تیره، گل‌های بیرونی لوله‌ای نخی‌شکل، ماده، هرمافرودیت داخلی، بارور، تاج گل مایل به زرد است. این گونه در دامنه‌های صخره‌ای و در دامنه ارتفاعی ۱۸۰۰ تا ۲۸۰۰ متری رویش دارد (Molaei *et al*., 2020; Jalili, 2016; Davis, 1978).

داده‌های بیولوژیک

داده‌های مکانی گونه با توجه به سیستم مختصات جغرافیایی حضور یا عدم‌حضور گونه مشخص گردید. داده‌های پراکنش گونه ممکن است که فقط داده‌های حضور، یا داده‌های حضور/ عدم‌حضور باشد. روش‌های مختلف مدل‌سازی برای ساخت مدل با هریک از این داده‌ها توسعه داده شده است. با توجه به ثبت ۱۰۲ نقطه حضور و ۳۴۷ نقطه عدم‌حضور *A. chamaemelifolia* در سطح استان اردبیل، در پژوهش پیش‌رو نیز روش رگرسیون لجستیک به‌عنوان روشی مبتنی بر داده‌های حضور/ عدم‌حضور و روش آنتروپی بیشینه به‌عنوان روش مبتنی بر داده‌های فقط حضور بررسی شد. با وجود اینکه مکان‌های ثبت‌شده حضور و عدم‌حضور گونه با توجه به شرایط حاکم بر مکان مورد مطالعه مانند شیب زمین، ارتفاع و سهولت دسترسی متفاوت بوده، سعی شده مناطقی که به‌عنوان مناطق حضور معرفی می‌شوند، حداقل یک لکه به مساحت ۰/۵ کیلومترمربع را تحت پوشش قرار داده باشند. با توجه به بزرگ‌تر بودن وسعت مناطق عدم‌حضور گونه، وسعت و فواصل بین این مکان‌ها بیشتر بوده است.

اطلاعات محیطی

به‌منظور بررسی پراکنش مکانی گونه *A. chamaemelifolia* در استان اردبیل، به بررسی برخی عوامل محیطی مؤثر در انتشار جغرافیایی این گونه پرداخته شد. متغیرهای محیطی مورد استفاده برای مدل شامل: ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی، ۳ متغیر توپوگرافی اولیه ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب و جهت جغرافیایی و ۵ متغیر توپوگرافی ثانویه شامل موقعیت توپوگرافیکی، رطوبت توپوگرافیکی، انحنای توپوگرافیکی، زبری توپوگرافیکی و شاخص قدرت جریان مطابق جدول ۱ است. متغیرهای زیست‌اقلیمی از پارامترهای دما و بارش، که برای رشد و نمو گونه‌ها مهم هستند، مشتق شده و به‌طور گسترده در مطالعات مربوط به توزیع گونه‌ها استفاده شدند (Yi *et al*., 2018). این متغیرها به‌عنوان لایه‌های محیطی با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ دقیقه برابر ۵ کیلومترمربع از سایت worldclim.org دانلود شد. نقشه‌های شیب و جهت جغرافیایی از نقشه مدل رقومی ارتفاع در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تولید شد.

سپس، نقشه شاخص‌های توپوگرافی ثانویه با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۴ محاسبه شد. شاخص انحنای توپوگرافیکی نیز با استفاده از دستور Plan Curvature در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید (Taripanah *et al.*, 2023). کل لایه‌های محیطی از نظر محدوده، تعداد پیکسل و سیستم تصویر در محیط ArcGIS نسخه ۱۰.۴.۱ یکسان‌سازی شد.

$$TWI = \left(\ln \frac{\alpha}{tan\beta}\right)$$ رابطه ۱
Equation 1

$$SPI = As \times \tan(b)$$ رابطه ۲
Equation 2

در این رابطه‌ها، α میزان جریان تجمعی بالادست، β زاویه شیب، As مساحت منطقه هدف و b درجه شیب است (Moameri *et al.*, 2023).

$$TRI = \sqrt{\sum_{p=1}^{8} ZMd}$$ رابطه ۳
Equation 3

$$TPI = Z_0 - \sum n-1 \; {}^{Z_n}/_{n}$$ رابطه ۴
Equation 4

در این رابطه‌ها نیز P تعداد پیکسل اطراف و ZMd میانگین تفاضل هشت پیکسل اطراف هر پیکسل، Z_0 ارتفاع نقطه مورد ارزیابی، Z_n ارتفاع از شبکه و n تعداد کل نقاط اطراف در نظر گرفته شده است (Taripanah *et al.*, 2023).

جدول ۱- متغیرهای زیست اقلیمی و توپوگرافیکی

Table 1. Bioclimatic and Topographical variables

Variable title	Code	Unit	Variable title	Code	Unit
Annual Mean Temperature	BIO1	°C	Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)	BIO15	٪
Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp – min temp))	BIO2	°C	Precipitation of Wettest Quarter	BIO16	mm
Isothermality (BIO2/BIO7)(×100)	BIO3	٪	Precipitation of Driest Quarter	BIO17	mm
Temperature Seasonality (standard deviation × 100)	BIO4	°C	Precipitation of Warmest Quarter	BIO18	mm
Max Temperature of Warmest Month	BIO5	°C	Precipitation of Coldest Quarter	BIO19	mm
Min Temperature of Coldest Month	BIO6	°C	Elevation	Elevation	m
Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)	BIO7	°C	Slope	Slope	%
Mean Temperature of Wettest Quarter	BIO8	°C	Aspect	Aspect	-
Mean Temperature of Driest Quarter	BIO9	°C	Topographic position index	TPI	_
Mean Temperature of Warmest Quarter	BIO10	°C	Topographic Wetness Index	TWI	_
Mean Temperature of Coldest Quarter	BIO11	°C	Plan Curvature Index	PCI	_
Annual Precipitation	BIO12	mm	Topographic Roughness Index	TRI	_
Precipitation of Wettest Month	BIO13	mm	Stream Power Index	SPI	_
Precipitation of Driest Month	BIO14	mm			

مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه

رگرسیون لجستیک (LR)

رگرسیون لجستیک دوتایی بیان‌کننده رابطه بین متغیر پاسخ با سطح دوتایی حضور و عدم‌حضور و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل پیش‌بینی‌کننده است. در این تکنیک، متغیر وابسته داده‌های حضور و عدم‌حضور گونه *A. chamaemelifolia* بودند که به‌ترتیب با کدهای ۱ و صفر نشان داده شد و متغیرهای مستقل داده‌های مربوط به عوامل محیطی بود. رابطه مدل رگرسیون به‌صورت رابطه ۵ استفاده شد.

$$Y = \frac{\exp(b_0+b_1x_1+b_2x_2+\cdots+b_nx_n)}{1+\exp(b_0+b_1x_1+b_2x_2+\cdots+b_nx_n)} \quad \text{رابطه ۵}$$

Equation 5

در این رابطه، Y احتمال حضور گونه، bها ضرایب مدل رگرسیون و xها متغیرهای پیش‌بینی‌کننده هستند. با توجه به اینکه هم‌خطی چندگانه یکی از دلایل افزایش خطای استاندارد برآورد ضرایب رگرسیونی و کاهش کارایی مدل بود و امکان داشت منجر به پیش‌بینی‌های خارج از دامنه مورد انتظار شود، پیش از انجام دادن تجزیه رگرسیون لجستیک این موضوع بررسی شد و متغیرهای دارای مقدار تورم واریانس بیش از ۱۰ به‌دلیل وجود هم‌خطی بین واریانس‌ها از اجرای مدل حذف شدند (Samadi *et al.*, 2022; Azizi Kalesar *et al.*, 2021). پس از استخراج رابطه رگرسیونی در نرم‌افزار $SPSS_{ver22}$ و اعمال این روابط بر لایه‌های محیطی در نرم‌افزار ArcGIS نقشه پیش‌بینی تهیه شد. نقشه خروجی حاصل از مدل شامل مقادیر احتمال حضور بین صفر تا یک برای رویشگاه مورد نظر بود که در پژوهش پیش‌رو احتمال حضور صفر تا ۰/۵ به‌عنوان عدم‌حضور و ۰/۵–۱ به‌عنوان حضور گونه در نظر گرفته شد و نقشه خروجی نهایی براساس این دو طبقه تعریف شد.

آنتروپی بیشینه (MaxEnt)

مدل آنتروپی بیشینه یک مدل توزیع گونه‌ای نشأت گرفته از ماشین‌های آموزشی است که برای پیش‌بینی توزیع بالقوه گونه‌ها استفاده می‌شود. این مدل تنها به داده‌های حضور و اطلاعات محیطی نیاز دارد (Elith *et al.*, 2006). در این روش، ابتدا لایه‌های محیطی ورودی از فایل رستری به فرمت Ascii تبدیل شده و نقاط حضور گونه نیز در قالب فایل CSV وارد مدل شدند. مدل MaxEnt بین نقاط حضور گونه و متغیرهای محیطی بهترین تابع توزیع را براساس مفهوم آنتروپی بیشینه تعیین کرده و بعد تابع مذکور را در سرتاسر منطقه مورد مطالعه تعمیم داد و نقشه پراکنش گونه هدف را تولید کرد. برای اجرای مدل‌سازی آنتروپی بیشینه، ازآنجایی‌که متغیرهای محیطی ممکن بود، همبستگی فضایی و پیش‌بینی بیش‌ازحد برازش‌شده داشته باشند، ضریب همبستگی پیرسون در نرم‌افزار $SPSS_{ver22}$ محاسبه شد (Zhang *et al.*, 2019). بنابراین، متغیرهای محیطی با مقدار ضریب همبستگی بیش از ۰/۸ از روند مدل‌سازی حذف شدند (Yang *et al.*, 2013). مدل برای توزیع گونه *A. chamaemelifolia* در نرم‌افزار MaxEnt نسخه ۳.۴.۱ اجرا شد. ۷۵ درصد داده‌ها به‌صورت تصادفی برای داده‌های آموزشی و ۲۵ درصد برای داده‌های آزمون جهت ارزیابی مستقل مدل و حداکثر تعداد نقاط پس‌زمینه ۱۰۰۰۰ با ۱۵ تکرار در نظر گرفته شد و بقیه تنظیمات به‌صورت پیش‌فرض پذیرفته شد (Samadi *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2013). پس از اجرای مدل، کارایی مدل با استفاده از شاخص سطح زیر منحنی (AUC) سنجیده شد. همچنین آزمون جک‌نایف که از خروجی‌های مدل MaxEnt بود، ضریب صحت را برای هریک از پارامترها به‌تنهایی و با هم نشان داد. علاوه‌براین، منحنی‌های پاسخ گونه در برابر متغیرهای زیست‌محیطی، احتمال حضور گونه را در شرایط محیطی مختلف توجیه کرد. نقشه پیش‌بینی مدل حداکثر بیشینه در محیط نرم‌افزار ArcGIS از فرمت Ascii به فایل رستری تبدیل شد. با توجه به پیوسته بودن نقشه خروجی مدل آنتروپی بیشینه، ضروری بود که برای تعیین حضور و عدم‌حضور گونه مورد نظر، حد آستانه بهینه مشخص شود (Peterson & Shaw, 2003). بنابراین نقشه خروجی براساس حد آستانه بهینه حضور گونه

A. chamaemelifolia دوبـــاره در دو کـــلاس حضـــور و عدم‌حضور گونه طبقه‌بندی شد.

ارزیابی صحت مدل‌ها

برای ارزیابی اعتبار و کیفیت هریک از مدل‌ها و مقایسه دو مدل از آماره کاپا استفاده شد. برای این منظور، ۳۰ درصد از داده‌های حضور و عدم‌حضور گونه، قبل از ورود به مرحله مدل‌سازی کنار گذاشته شد و پس از اجرای مدل و تهیه نقشه پیش‌بینی، برای ارزیابی صحت مدل‌ها استفاده شد. محدوده توافق شاخص کاپا در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- طبقه‌بندی مقادیر شاخص کاپا

Table 2. Classification of Kappa index values

Row	Kappa value	Agreement between predicted and actual values	Row	Kappa value	Agreement between predicted and actual values
1	0.05>	Disagreement	5	0.55- 0.7	Good
2	0.05- 0.2	Very Weak	6	0.7- 0.85	Very Good
3	0.2- 0.4	Weak	7	0.85- 0.99	excellent
4	0.4- 0.55	Medium	8	0.99- 1	complete

نتایج

رگرسیون لجستیک

آزمون هم‌خطی بین متغیرهای محیطی

پس از بررسی هم‌خطی بین متغیرهای مستقل، ۱۲ متغیر محیطی شامل متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، جهت جغرافیایی، TWI، TPI، TRI، PCI و متغیرهای اقلیمی Bio19، Bio18، Bio2، Bio14 و Bio7 به‌عنوان متغیرهای ورودی در اجرای مدل رگرسیون لجستیک در تهیه نقشه رویشگاه گونه درمنه بابونه‌ای (*A. chamaemelifolia*) وارد شدند. بقیه متغیرها به‌دلیل بالا بودن عامل تورم واریانس (VIF>10) از مدل‌سازی رویشگاه گونه مذکور حذف شدند

رابطه ۶

$$Y=\frac{-192/6\ Bio2-347/4\ Bio14-297/0\ Bio19+013/0\ elevation+122/0\ Slope+142/107}{1+-192/6\ Bio2-347/4\ Bio14-297/0\ Bio19+013/0\ elevation+122/0\ Slope+142/107}$$

Equation 6

نتایج آزمون هوسمر و لمشاو نشان داد، این آماره معنی‌دار بوده و می‌توان نتیجه گرفت که مدل لجستیک حاصل، تطابق خوبی با داده‌ها داشت. بالا بودن مقدار HL نشان‌دهنده تطابق بیشتر بود که در این پژوهش برای گونه مورد مطالعه برابر ۱ به‌دست آمد و معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- آماره‌های مربوط به مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی حضور گونه *Artemisia chamaemelifolia*

Table 3. Statistics related to the logistic regression model for predicting the presence of *Artemisia chamaemelifolia*

Species	R^2	HL
A. chamaemelifolia	0.99	1

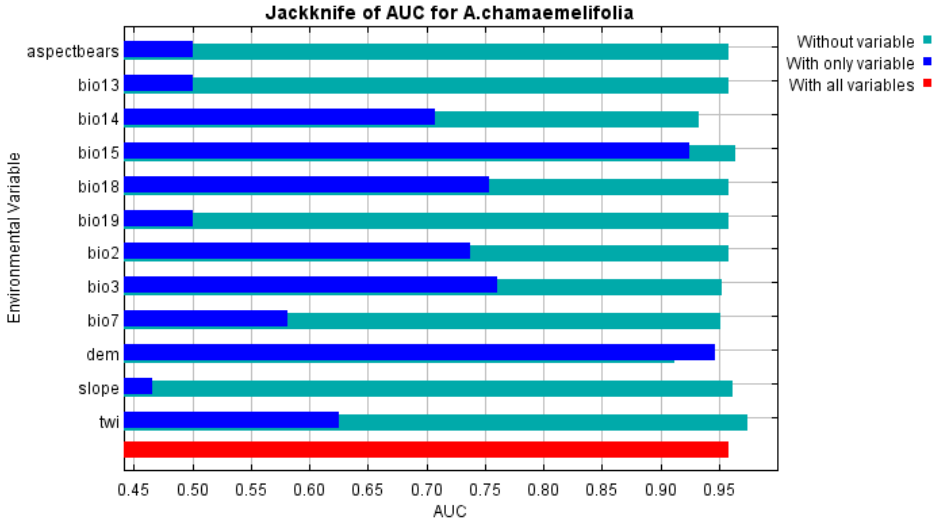
بررسی رابطه حضور گونه و عوامل محیطی

بهترین مدل برازش‌شده به‌منظور تخمین احتمال حضور گونه درمنه بابونه‌ای در رابطه ۶ ارائه شده است. با توجه به این رابطه، حضور گونه درمنه بابونه‌ای با متغیرهای توپوگرافیکی ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب رابطه مثبت داشته و با متغیرهای اقلیمی بارندگی سردترین فصل، میانگین دامنه دمای روزانه و بارندگی خشک‌ترین ماه دارای رابطه عکس بود.

Samadi *et al.*, 2022; Azizi Kalesar *et al.*, 2021; Molaei *et al.*, 2020).

آنتروپی بیشینه

قبل از اجرای مدل آنتروپی بیشینه، متغیرهای دارای همبستگی بیش از ۰/۸ از مدل حذف شدند. بنابراین، مدل‌سازی در MaxEnt با ۵۵ نقطه حضور و ۱۲ متغیر محیطی شامل ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، جهت جغرافیایی، شاخص رطوبت توپوگرافیکی، Bio2، Bio3، Bio7، Bio13، Bio14، Bio15، Bio18 و Bio19 انجام شد. آزمون جک‌نایف برای بررسی میزان تأثیر هر متغیر به‌تنهایی، همه متغیرها بدون آن یک متغیر مشخص و همه متغیرها با هم در پیش‌بینی حضور گونه *A. chamaemelifolia* در مدل آنتروپی بیشینه اجرا شد. براساس آزمون جک‌نایف مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر مطلوبیت رویشگاه برای گونه *A. chamaemelifolia* بارندگی فصلی و ارتفاع از سطح دریا بوده و متغیرهای درصد شیب، جهت جغرافیایی، Bio19 و Bio13 نیز کمترین تأثیر را در انتشار گونه داشته‌اند (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار جک‌نایف برای بررسی اهمیت هریک از متغیرها در میزان اعتبار مدل مبتنی بر شاخص AUC

Figure 2. Jackknife diagram to check the importance of each variable in the validity of the model based on the AUC index

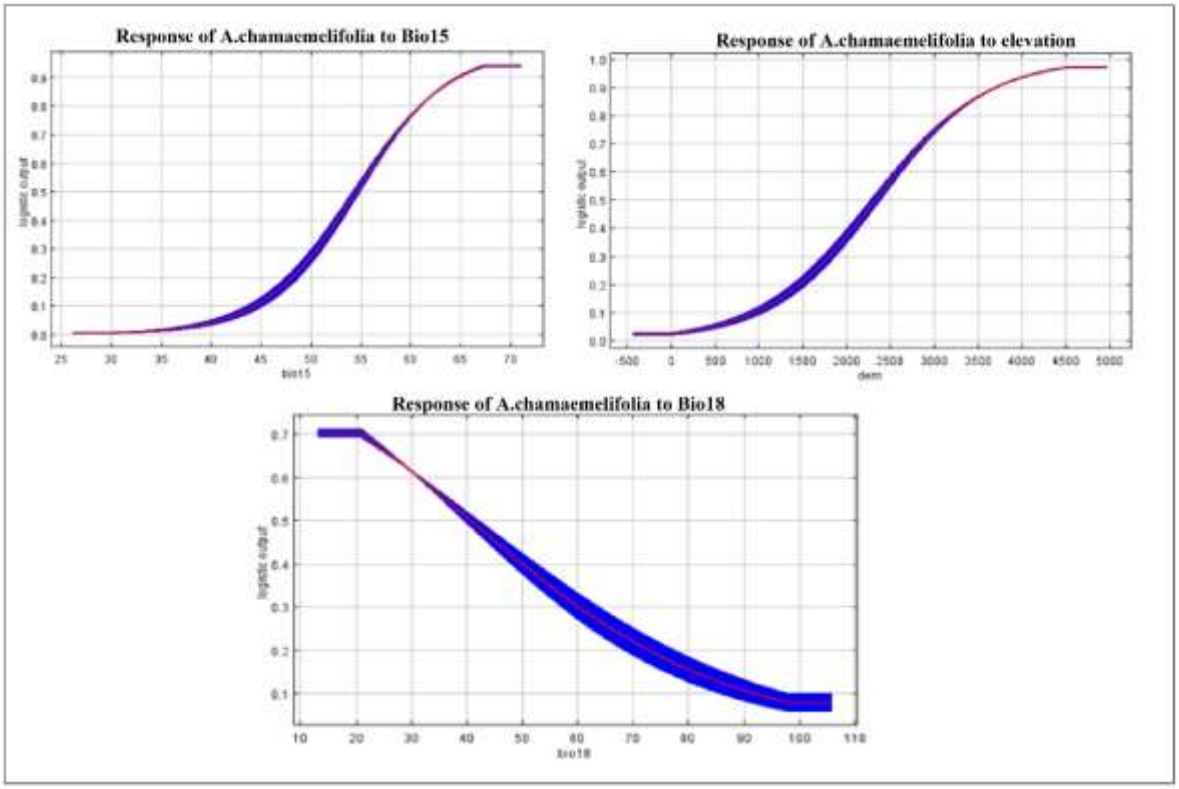
منحنی‌های پاسخ گونه

منحنی‌های پاسخ مهمترین متغیرهای به‌کاررفته در مدل آنتروپی بیشینه و دامنه اکولوژیک آنها در شکل ۳ ارائه شده است. سایه‌های آبی رنگ اطراف منحنی‌های پاسخ حدود اطمینان را برای پاسخ گونه به مقادیر متغیرهای محیطی نشان داد. این منحنی‌های پاسخ، رابطه بین متغیرهای محیطی و توزیع رویشگاه مناسب گونه را نشان داده و اطلاعات مفیدی را درباره آستانه‌های محیطی مورد نیاز برای رشد گونه ارائه کرده است. با توجه به نتایج مستخرج از بررسی منحنی پاسخ، مهمترین متغیرهای مؤثر بر رویشگاه *A. chamaemelifolia*، Bio15 و ارتفاع از سطح دریاست. به‌طوری‌که بارش فصلی (۶۳ تا ۶۷ درصد) تأثیر مثبتی بر میزان حضور گونه دارد. همچنین حضور *A. chamaemelifolia* با افزایش ارتفاع رابطه مستقیم داشته است.

بررسی اعتبار مدل

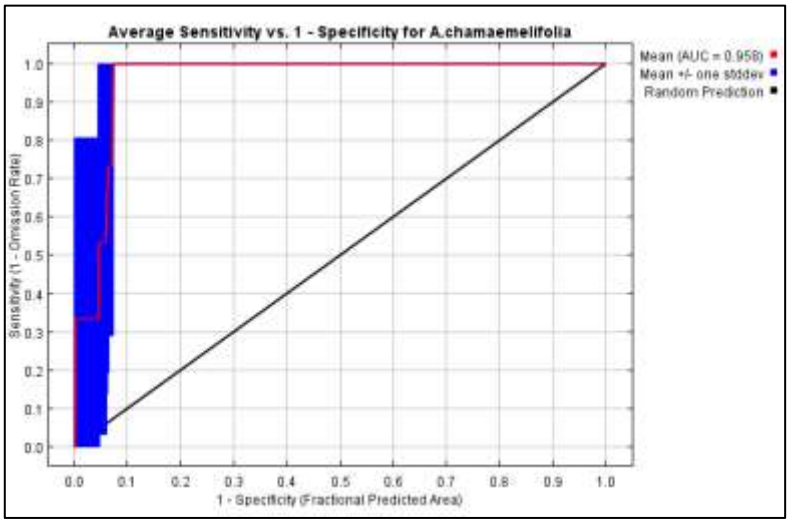
منحنی مشخصه عملکرد سیستم (ROC) یا سطح زیر منحنی (AUC) در شکل ۴ نشان داده شده است. مقادیر سطح زیر منحنی به‌عنوان شاخصی برای مقایسه آسان عملکرد یک مدل با مدل دیگر مطرح بوده و در ارزیابی مدل آنتروپی بیشینه مفید است. این شاخص بین ۰/۵ تا ۱ متغیر بوده و هرچه AUC به ۱ نزدیک‌تر باشد، مدل از

انطباق بیشتری برخودار بوده و هرچه به سمت ۰/۵ میل کند، مدل تصادفی‌تر است. با توجه به اینکه میزان AUC به‌دست‌آمده برای نقاط آزمون مدل با انحراف استاندارد ۰/۰۱ (شکل ۴) برابر ۰/۹۵۸ بود، مدل توانسته درصد بالایی از نقاط حضور گونه *A. chamaemelifolia* را در مناطق مطلوب شناسایی کند.



شکل ۳- منحنی‌های پاسخ مهمترین متغیرها برای رویشگاه ***Artemisia chamaemelifolia***

Figure 3. Response curves of the most important variables for *Artemisia chamaemelifolia* habitat



شکل ۴- منحنی ROC و میزان AUC برای بررسی عملکرد مدل پیش‌بینی ***Artemisia chamaemelifolia***

Figure 4. ROC curve and AUC rate to check the performance prediction model of *Artemisia chamaemelifolia*

تعیین حد آستانه بهینه حضور

از روش حساسیت و اختصاصیت برابر برای تبدیل نقشه پیوسته پیش‌بینی به نقشه حضور و عدم‌حضور گونه *A. chamaemelifolia* استفاده شد که برابر ۰/۵۰۷ بود (جدول ۴). از این مقدار برای طبقه‌بندی دوباره نتایج مدل برای مطابقت با آستانه انتخاب شده در ArcGIS استفاده شد.

جدول ۴- توصیف، آستانه لجستیک و آستانه تجمعی در آنالیز omission/commission برای گونه *Artemisia chamaemelifolia*

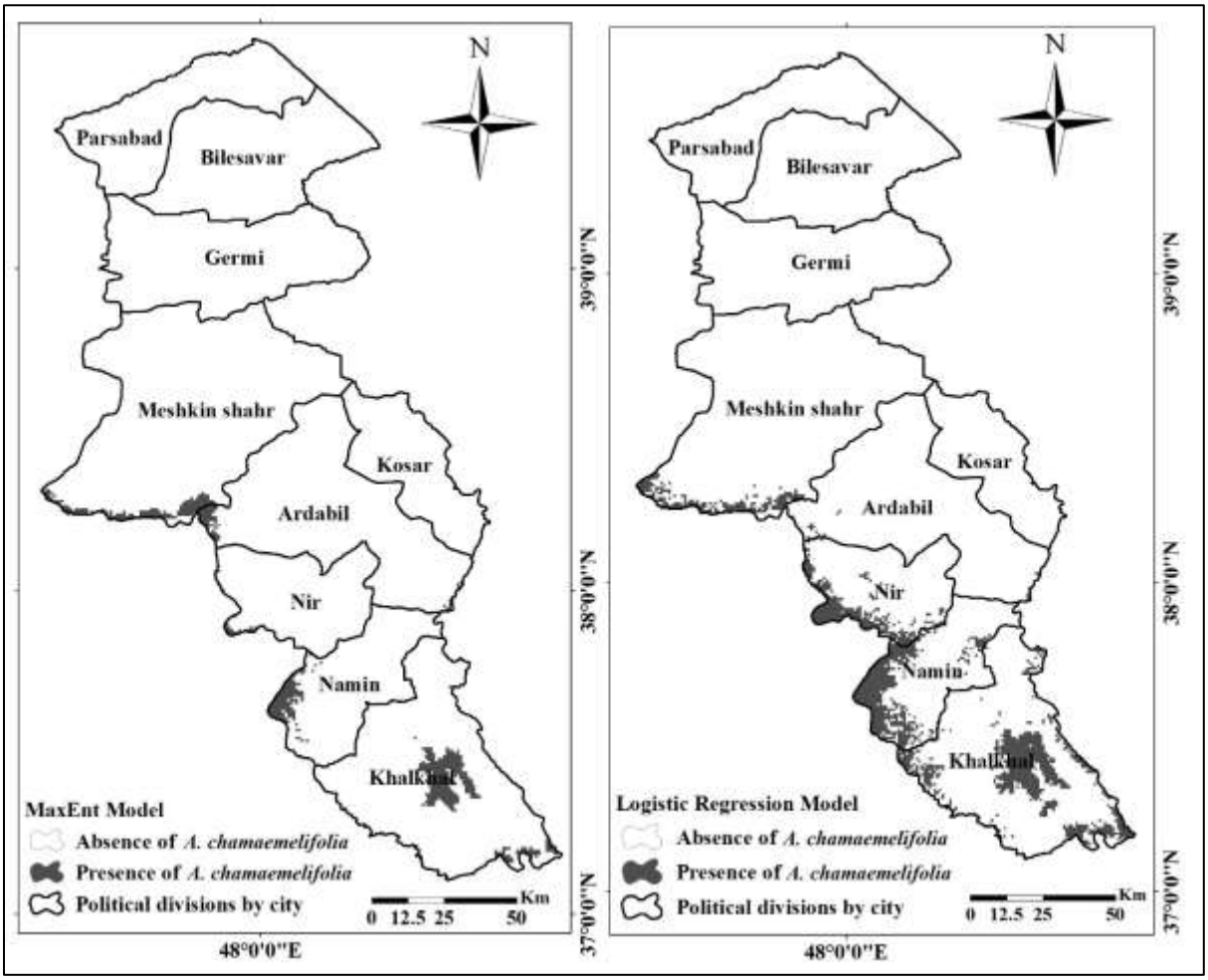
Table4. Description, logistic threshold and cumulative threshold in omission/commission analysis for *Artemisia chamaemelifolia*

Description	(threshold Cumulative)	(Logistic threshold)
Fixed cumulative value 1	1	0.016
Fixed cumulative value 5	5	0.079
Fixed cumulative value 10	10	0.135
Minimum training presence	48.986	0.507
Ten percentile training presence	48.986	0.507
Equal training sensitivity and specificity	48.986	0.507
Maximum training sensitivity plus specificity	48.986	0.507
Equal test sensitivity and specificity	91.416	0.874
Maximum test sensitivity plus specificity	91.416	0.874
Balance training omission, predicted area and threshold value	5.006	0.079
Equate entropy of threshold and original distributions	14.182	0.175

نقشه مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی

نقشه پراکنش جغرافیایی *A. chamaemelifolia* با استفاده از دو مدل رگرسیون لجستیک و آنتروپی بیشینه در شکل ۵ ارائه شده است. برای ایجاد نقشه پیش‌بینی در مدل رگرسیون لجستیک، رابطه به‌دست‌آمده روی لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر در سیستم ArcGIS اعمال شد و نقشه پیش‌بینی گونه *A. chamaemelifolia* تهیه گردید. حد آستانه بهینه حضور در مدل رگرسیون لجستیک ۰/۵ لحاظ گردید. نقشه پیش‌بینی مدل حداکثر بیشینه نیز در محیط نرم‌افزار ArcGIS از فرمت Ascii به فایل رستری تبدیل شده و براساس حد آستانه که ۰/۵۰۷ بود، دوباره طبقه‌بندی شد. ارزش نقاط در نقشه تهیه‌شده بین صفر تا یک هستند. نقاط به هر میزان از آستانه مطلوبیت به سمت یک نزدیک‌تر باشند، مطلوبیت بیشتری برای گونه مدنظر دارند. این نقشه‌ها در دو کلاس حضور و عدم حضور گونه *A. chamaemelifolia* به‌دست آمد.

ضریب کاپا برای نقشه حاصل از مدل آنتروپی بیشینه ۰/۸۷۱ و برای نقشه حاصل از مدل رگرسیون لجستیک برابر ۰/۹۶۲ به دست آمد. بنابراین هر دو مدل از صحت خوب تا عالی برای تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه *A. chamaemelifolia* برخوردار بود.



شکل ۵ – نقشه پیش‌بینی رویشگاه ***Artemisia chamaemelifolia***

Figure 5. Habitat prediction map of *Artemisia chamaemelifolia*

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه عملکرد پیش‌بینی روش‌های مورد استفاده نشان داد، براساس ضریب توافق کاپا هرچند عملکرد این روش‌ها از یکدیگر متفاوت است، اما صحت پیش‌بینی دو روش مورد استفاده در پژوهش پیش‌رو اختلاف اندکی با یکدیگر دارند. با توجه به میزان عددی به‌دست‌آمده برای شاخص کاپا، هر دو نقشه پیش‌بینی تولیدشده با توجه به طبقه‌بندی ارائه شده از ضریب کاپا (Ilunga Nguy & Shebitz, 2019) در سطح خوب تا عالی قرار گرفت ولی روش رگرسیون لجستیک نتایج قابل اعتمادتری را ارائه کرد. با توجه به انحصاری و محدود بودن منطقه پراکنش گونه *A. chamaemelifolia* در استان اردبیل، حصول این نتیجه دور از انتظار نبود. زیرا طبق نتایج Piri Sahragard (۲۰۱۸) گستردگی آشیان بوم‌شناختی گونه‌های گیاهی تأثیر منفی روی صحت مدل‌های حاصل از روش رگرسیون لجستیک دارد. همچنین Zare Chahouki و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعات خود بیان کردند، مدل رگرسیون لجستیک برای گونه‌های با رویشگاه محدود، نقشه‌های بهتری تولید می‌نماید. طبق آمار ارائه‌شده توسط Jalili (۲۰۱۶) این گونه ۴۵۸۸۴ هکتار برابر ۰/۱۳۷ درصد از سرزمین ایران را تحت

پوشش داشته و از قدرت جامعه‌پذیری نسبتاً کمی برخوردار است.

با توجه به نتایج پژوهش پیش‌رو، عامل محیطی ارتفاع از سطح دریا در هر دو مدل مورد مطالعه به‌عنوان متغیر مؤثر در پراکنش جغرافیایی گونه *A. chamaemelifolia* در سطح استان اردبیل مطرح شده که دارای رابطه‌ای مثبت با حضور گونه بود. بررسی الگوی پراکنش گونه‌های *Artemisia* در ایران نیز گونه *A. chamaemelifolia* را جزو گونه‌های رویش‌یافته در مناطق مرتفع در کنار گونه‌های *A. persica*، *A. armeniaca* و *A. lehmanniana* بیان می‌کند (Jalili, 2016). ایشان طی مطالعات خود دامنه تغییرات عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا را به‌عنوان دو عامل مهم و تأثیرگذار در پوشش درمنه در ایران معرفی کرده‌اند و اظهار داشته‌اند که پراکنش عمده این جنس در ارتفاع کمتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا اتفاق می‌افتد. محدوده ارتفاعی گزارش‌شده برای گونه *A. chamaemelifolia* توسط ایشان ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متری است. بررسی‌های میدانی در این پژوهش نیز حکایت از حضور گونه *A. chamaemelifolia* در محدوده ارتفاعی ۲۱۰۰ تا ۲۹۰۰ متری داشته و در ارتفاعات کمتر یا بیشتر از این محدوده، گونه حضور نداشت. همچنین در مطالعه‌ای که به‌صورت موردی در سطح شهرستان خلخال انجام شده، عامل ارتفاع از سطح دریا عاملی مؤثر در تفکیک رویشگاه دو گونه درمنه *A. fragrans* و *A. chamaemelifolia* گزارش شده است (Molaei *et al.*, 2020). با توجه به اینکه با افزایش ارتفاع، دما کاهش می‌یابد، چنین به نظر می‌رسد که مقاومت این گونه به سرما و خشکی نسبتاً کم است، زیرا با افزایش ارتفاع بیش از ۲۹۰۰ متری، این گونه از عرصه‌های طبیعی استان حذف شد. ارتفاع از سطح دریا می‌تواند از طریق تأثیر بر خصوصیات خاک مانند عمق خاک، رطوبت و مقدار ماده آلی خاک، استقرار گیاهان را در یک رویشگاه محدود نماید (Ashcroft *et al.*, 2012). البته تأثیر ارتفاع بر پراکنش گونه‌های مختلف درمنه در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (Kamali *et al.*, 2021; Molaei & Ghorbani, 2021; Ghanbarian *et al.*, 2019; Zare Hessariy & Ghorbani, 2017). همچنین بررسی‌ها نشان داد، حضور گونه با درصد شیب زمین رابطه مستقیم داشته و میانگین شیب در مناطق حضور *A. chamaemelifolia* برابر ۲۸/۱۶ درصد به‌دست آمد. بدیهی است که درصد شیب می‌تواند از طریق تأثیر بر گرادیان رطوبتی خاک، بر تکامل و عمق خاک تأثیر گذاشته و درنهایت با محدود کردن عمق ریشه‌دوانی گیاهان، استقرار گیاهان را محدود کند (Anjam *et al.*, 2014). Kiasi و همکاران (۲۰۲۰) نیز در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که حضور و پراکنش گونه‌های دارویی مانند *A. aucheri* با درصد شیب زمین دارای رابطه مثبت است. مطالعات مختلف نشان داده است، درصد شیب به‌ویژه در ارتفاعات نقش عمده‌ای در استقرار جوامع گیاهی دارد (Behi *et al.*, 2021).

متغیرهای اقلیمی بارندگی فصلی، بارندگی در سردترین فصل، بارندگی خشک‌ترین ماه و میانگین دامنه دمای روزانه حضور گونه در سطح استان اردبیل را تحت تأثیر قرار می‌دهند. میانگین بارندگی فصلی و بارندگی در سردترین ماه در مناطق حضور گونه مقادیری بیش از میانگین پارامترهای مذکور برای مکان‌های مورد مطالعه دارد. بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که گونه *A. chamaemelifolia* نیاز رطوبتی بالایی دارد. در مطالعات مختلفی پیرامون تعیین رویشگاه بالقوه گونه‌های گیاهی مرتعی، میانگین دامنه دمای روزانه ازجمله مهمترین عوامل مؤثر بر پراکندگی گونه‌های مورد مطالعه بیان شده است (Farzadmehr & Sangooni, 2019; Momeni Damaneh *et al.*, 2021). بارندگی در گرم‌ترین فصل در مدل‌سازی با تکنیک آنتروپی بیشینه به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر حضور گونه *A. chamaemelifolia* در استان اردبیل مطرح شد. به‌گونه‌ای که حضور گونه در بارندگی کمتر از ۲۰ میلی‌متر در گرم‌ترین فصل سال

بیشترین احتمال را داشت. بررسی‌ها نشان داده است، آزاد کردن دانه گرده گیاه درمنه در ماه‌های گرم سال و در ساعات گرم روز که رطوبت نسبی هوا بسیار پایین است، اتفاق می‌افتد (Laursen *et al.*, 2007). همچنین مقدار آزادسازی گرده رابطه منفی با مقدار بارندگی در روز دارد (Peternel *et al.*, 2006).

با توجه به اهمیت درمنه‌زارها، مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی‌شده در این مناطق برای حفظ تنوع زیستی و کاهش تخریب اکوسیستم‌های طبیعی ضروریست. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که بررسی ارتباط پراکنش گونه‌ها در رابطه با تغییر اقلیم به کمک مدل‌های پراکنش گونه‌ای موضوعی ضروریست، تا با استفاده از این اطلاعات، تصمیمات صحیح حفاظتی و مدیریتی اتخاذ شوند. بررسی پیش‌رو نشان داد، دو مدل مورد مطالعه به‌ویژه مدل رگرسیون لجستیک قادر به استخراج رابطه بین حضور گونه *A. chamaemelifolia* و عوامل محیطی در سطح استان اردبیل است. این نتایج می‌تواند در اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی یا ورود گونه به مناطقی با شرایط اکولوژیکی مشابه استفاده شود.

منابع مورد استفاده

– Abbasi, M., Jafary, M. and Pairevand, V., 2023. Investigation of the most Influential Environmental Factors Affecting Habitat Preference of *Stachys lavandulifolia* Vahl in Qazvin Province's Alamut Sharghi Rangelands. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 10(21): 30-44 (In Persian).
– Abbasi, M., Zare Chahouki, M.A. and Bagheri, H., 2022. *Agropyron intermedium* species distribution modeling sites with maximum entropy method species (case study: rangeland of Taleghan Miany). Journal of Range and Watershed Management, 75(3): 363-376 (In Persian).
– Adhikari, A., Rew, L.J., Mainali, K.P., Adhikari, S. and Maxwell, B.D., 2020. Future distribution of invasive weed species across the major road network in the state of Montana, USA. Regional Environmental Change, 20(2): 1-15.
– Amiri, M., Tarkesh, M. and Jafari, R., 2019. Predicting the climatic Ecological Niche of *Artemisia aucheri* Boiss in Central Iran using Species Distribution Modeling. Iranian Journal of Applied Ecology, 8(2): 61-79 (In Persian).
– Anjam, M., Heshmati, G.A., Sepehri, A., Niknahad, H. and Jafari Fotomi, I., 2014. The effects of altitude changes on plant distribution in East part of Alborz mountain. Journal of Rangeland, 4(7): 315-304 (In Persian).
– Ashcroft, M.B., French, K.O. and Chisholm, L.A., 2012. A simple post-hoc method to add spatial context to predictive species distribution models. Ecological Modelling, 228: 17-26.
– Azizi Kalesar, M., Moameri, M., Ghorbani, A., Khalasi Ahvazi, L., Fathi, M. and Samadi, S., 2021. Habitat assessment for *Vaccinium arctostaphylos* L. by logistic regression method in the rangelands of Namin-Ardabil. Journal of Rangeland, 15(3): 522-533 (In Persian).
– Behi, M.J., Mokhtari, M.H., Moradi, Gh.H. and Saremi Naeini, M.A., 2021. Modeling vegetation distribution based on environmental variables and logistic regression method in Mullah Fahleh area of Firoozabad, Fars's province. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 34(4): 883-901 (In Persian).
– Davis, D., 1978. Flora of Turkey, Edinburgh University Press, 843p.
– Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudı´k, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. McC., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K.S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Sobero´n, J., Williams, S., Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species 'distributions from occurrence data. Echography, 29: 129-151.
– Farzadmehr, J. and Sangooni, H., 2019. Determination of the potential habitat of medicinal species of wild borage (*Anchusa italica* Retzius) in Khorasan Razavi province using generalized boosted model (GBM). Journal of Rangeland, 13(4): 621-631 (In Persian).
– Ghanbarian, G.H., Raoufat, M.R., Pourghasemi, H.R. and Safaeian, R., 2019. Habitat suitability mapping of *Artemisia aucheri* Boiss based on the GLM model in R: 213-227. In: Pourghasemi, H.R. and Gokceoglu, C., (Eds.). Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences,770p.
– Hijmans, R.J. and Elith, J., 2019. Spatial distribution models. Https: //rspatial.org/sdm/SDM.pdf. Accessed date 10 June 2020.
– Ilunga Nguy, K. and Shebitz, D., 2019.Characterrizing the spatial distribution of *Eragrostis curvula* (weeping lovegrass) in New

102-117.
– Peternel, R., Hrga, I. and Culig, J., 2006. Variation in mugwort (Artemisia spp.) airborne pollen concentrations at three site in Central Croatia, in period of 2002 to 2003. Coll Antropol, 30(4): 895-900.
– Peterson, A.T. and Shaw, J., 2003. Lutzomyia vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. International Journal for Parasitology, 33(9): 919-931.
– Piri Sahragard, H., 2018. Predictive modeling of plant species habitat distribution using logistic regression (A case study in western Taftan, Khash City). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 30(4): 917-928 (In Persian).
– Samadi, S., Moameri, M., Ghorbani, A., Mostafazadeh, R. and Esmali Ouri, A., 2022. An insight into machine learning models to predict the distribution of *Leucanthemum vulgare* Lam. in northwestern rangelands of Iran. Arabian Journal of Geosciences, 15(9): 1-15.
– Taripanah, F., Ranjbar, A., Vali, A. and Mokarram, M., 2023. Classification of landforms using topographic location index and assessment of their actual soil erosion risk in mountainous areas (Case study: Kharestan watershed). Iranian Remote Sensing and GIS, 15(2): 17-36 (In Persian).
– Yan, H., Feng, L., Zhao, Y., Feng, L., Zhu, Ch., Qu, Y. and Wang, H., 2020. Predicting the potential distribution of an invasive species, *Erigeron canadensis* L., in China with a maximum entropy model. Global Ecology and Conservation, 21:1-13.
– Yang, X., Kushwaha, S.P.S., Saran, S., Xu, J. and Roy, P.S., 2013. Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. Ecological Engineering, 51: 83-87.
– Yi, Y.J., Zhou, Y., Cai, Y.P., Yang, W., Li, Z.W. and Zhao, X., 2018. The influence of climate change on an endangered riparian plant species: the root of riparian Homonoia. Journal of Ecological Indicators, 92: 40-50.
– Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L. and Azarnivand, H., 2014. Plant Species Distribution Modeling Using Logistic Regression Models in the North East of Semnan. Journal of Range and Watershed Management, 67 1): 45-59 (In Persian).
– Zare Hessariy B. and Ghorbani A., 2017. Zonation of spatial variation of density, canopy cover and production parameters of *Artemisia fragrans* using spatial statistic in southeast faced slopes of Sabalan. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, 23(3): 454-472 (In Persian).
– Zhang, J., Jiang, F., Li, G., Qin, W., Li, S., Gao, H., Jersey (United States of America) Using logistic regression. Environments, 6(12): 11-14.
– Jalili, A., 2016. Ecology, Evolution and Biogeography of Artemisia L. Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, Iran. 493p (In Persian).
– Kakeh Mami, A., Ghorbani, A., Keyvan Behjoo, F. and Mirzaei Mosivand, A., 2017. Comparison of visual and digital interpretation methods of land use/cover mapping in Ardabil province. Journal of RS and GIS for Natural Resources, 8(3): 121-134 (In Persian).
– Kamali, N., Jalili, A., Ashouri, P. and Khodagholi, M., 2021. Artemisia, the largest rangeland ecosystem in Iran. Iran Nature, 6(5): 35-43. (In Persian).
– Kiasi, Y., Foroozeh, M., Mirdeylami, Z. and Niknahaf, H., 2020. Environmental factors and the presence of medicinal species in Khosh Yeylagh rangelands in Golestan province. Journal of Rangeland, 14(3): 462-478 (In Persian).
– Laursen, S.C., Reiners, W.A., Kelly, R.D. and Gerow, K.G., 2007. Pollen dispersal by *Artemisia tridentate* (Asteraceae). International Journal of Biometeorology, 51: 465-481.
– Mirzaeizadeh, V., Mahdavi, A., Naji, H. and Ahmadi, H., 2023. Modeling the distribution of species *Pistacia atlantica* in Ilam province using MaxEnt Methods. Ecology of Iranian Forests, 10(20): 129-139 (In Persian).
– Moameri, M., Mohammadzadeh, P., Ghorbani, A., Dadjou, F. and Mohammadi, V., 2023. Modeling of aboveground net primary production using topography factors in Siahpoush and Ganjgah rangelands of Ardabil Province, Iran. Journal of Rangeland Science, 13(3): 1-12.
– Molaei, M. and Ghorbani, A., 2021. Effects of ecological factors on the distribution of *Artemisia melanolepis* and *Artemisia aucheri* in southeast of Sabalan, Iran. Ecopersia, 9(2): 95-104.
– Molaei, M., Ghorbani, A., Moameri, M. and Hoseinzadeh, A., 2020. Spatial distribution modeling of *Artemisia fragrans* Willd and *A. chamaemelifolia* Vill in the altitude profile of Ghezelozan-Aghdagh Khalkhal. Journal of Range and Desert Research, 27(3): 545-560 (In Persian).
– Momeni Damaneh, J., Esmaeilpour, Y., Gholami, H. and Farashi, A., 2021. Properly predict the growth of (*Ferula assa-foetida* L.) in northeastern Iran using the maximum entropy model. Iranian Journal of Range and Desert Research, 28(3): 578-592 (In Persian).
– Pearson, R., Raxworthy, G., Nakamura, C.J., Townsend, M. and Peterson, A., 2007. Predicting species distribution from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. Journal of Biogeography, 34(1):

Cai, Z., Lin, G. and Zhang, T., 2019. Maxent modeling for predicting the spatial distribution of three raptors in the Sanjiangyuan National Park, China. Ecology and Evolution, 9(11): 6643-6654.