Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Modeling *Artemisia austriaca* Habitat in Ardabil Province Rangelands

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

1. Ph.D. in Range Engineering and Science, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Corresponding author; Prof., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, 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 Ardabibli, 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.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2024; Vol 18, Issue 1

Article history:
Received: 24.08.2023
Revised: 01.10.2023
Accepted: 19.10.2023

Keywords:
Artemisia,
Habitat prediction,
Topographic indicators,
Species distribution modeling.

Abstract

Background and objectives: Due to the need to determine the suitability of the habitat in providing emendation suggestions in biological programs, predicting the optimal habitat of important and valuable plant species in local and academic knowledge is considered one of the important matters in the rangeland's improvement and development. Nowadays, different modeling methods have been considered in this field. In addition to finding important influencing factors in the establishment and distribution of the species, this can determine its preferential tendency towards environmental factors. Therefore, this study was carried out with the aim of preparing a habitat prediction map of the *Artemisia austriaca* species, which is important from the point of view of both local people and experts of the region and has multi-purpose values, at the level of rangelands of Ardabil province with machine learning methods.

Methodology: In the Rangelands of Ardabil province, 675 sampling sites from the presence and absence of studied species were considered from 2018 to 2021. Two categories of environmental factors including bioclimatic variables and topographic variables, including primary and secondary topographic indicators were investigated in relation to the presence of the species. Maps of all environmental factors were prepared with 70% of the data and overlapped in geographic information software. Predicting the presence of *A. austriaca* with four methods; Generalized Linear Model (GLM), Generalized Cumulative Model (GAM), Random Forest Model (RF), and generalized boosted Regression Model (GBM) were performed in R software environment. The analysis of the importance of environmental variables for the models was done in the Biomode2 package. To evaluate the models, 30% of species data and three statistics of the area under the curve (AUC), kappa, and true skill statistic (TSS) were used.

Results: The modeling results showed that the precipitation variable in the coldest season (Bio19) was the most effective variable in the spread of *A. austriaca* species in all four studied methods. In the GLM method, the variables of seasonal temperature (Bio4) and topographic position index (TPI) were also found to be effective factors in the presence of the *A. austriaca* species. In the RF model, respectively, Bio19 and seasonal precipitation

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

(Bio15), and in the GBM model, the variables Bio19, precipitation of the wettest month (Bio13), and Bio15 were introduced as the most important variables in the presence of the species. Also, in the GAM model, the results showed that the variables of altitude above sea level, Bio19, Bio15, and Bio4 are the most important in the distribution of the species in the *A. austriaca*. Comparing the performance of the models showed that the GBM model with AUC 0.97, Kappa index 0.8, and TSS 0.886 is the best model among the studied models, followed by the random forest model with the index under the curve 0.96, Kappa 0.79, and TSS equal to 0.86 is the second model approved in this connection.

Conclusion: The results of this research showed that the studied models, especially the GBM and RF models, are able to predict the optimal habitat of the *A. austriaca* in the rangelands of Ardabil province with acceptable accuracy. Based on the results of the mentioned models, climatic factors have a greater effect on the occurrence of *A. austriaca* in Ardabil province. The use of the results of this and similar research is essential in preparing the habitat identification of any plant species and suggesting suitable native species for the improvement of rangelands. Finally, using the environmental factors of each region, the probability for the success or failure of the establishment of plant species can be predicted. Because one of the main conditions in the success or failure of such operations is their adaptation to the needs of the suggested species in that area.

Cite this article: Molaei, M., A. Ghorbani, M. Moameri, J. Motamedi, Z. Hazbavi, 2024. Modeling *Artemisia austriaca* Habitat in Ardabil Province Rangelands. Journal of Rangeland, 18(1): 42-56.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

مدلسازی رویشگاه درمنه نقره‌ای (*Artemisia austriaca* Jacq.) در مراتع استان اردبیل

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

۱. 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، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: a_ghorbani@uma.ac.ir

۳. دانشیار گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشکین شهر، 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.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۳؛ جلد ۱۸، شماره ۱

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۰۶/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۱

واژه‌های کلیدی:
درمنه،
پیش‌بینی رویشگاه،
اقلیم،
شاخص‌های توپوگرافیکی،
مدلسازی توزیع گونه.

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به لزوم تعیین تناسب رویشگاه در ارائه پیشنهادات اصلاحی در برنامه‌های بیولوژیک، پیش‌بینی رویشگاه مطلوب گونه‌های گیاهی با اهمیت و ارزشمند در دانش بومی و آکادمیک به‌عنوان یکی از موارد مهم در اصلاح و توسعه مراتع مطرح است. امروزه روش‌های مختلف مدلسازی در این ارتباط مورد توجه قرار گرفته است. این امر می‌تواند علاوه بر یافتن عوامل مهم تأثیرگذار در استقرار و پراکنش گونه، گرایش ترجیحی آن را نسبت به عوامل محیطی مشخص نماید. بنابراین، این مطالعه با هدف تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه درمنه نقره‌ای (*Artemisia austriaca*) از جمله گونه‌های مرتعی و دارویی مهم در سطح مراتع استان اردبیل با روش‌های یادگیری ماشین انجام شد.

مواد و روش: در سطح مراتع استان اردبیل ۶۷۵ سایت نمونه‌برداری از مناطق حضور و عدم‌حضور گونه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ مورد توجه قرار گرفت. دو دسته عوامل محیطی شامل متغیرهای زیست اقلیمی و متغیرهای توپوگرافیکی شامل شاخص‌های اولیه و ثانویه توپوگرافیکی در ارتباط با حضور گونه مورد بررسی قرار گرفتند. نقشه‌های تمامی عوامل محیطی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با ۷۰ درصد داده‌ها تهیه و همپوشان شدند. پیش‌بینی حضور گونه *A. austriaca* با چهار روش؛ مدل خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Model/ GLM)، مدل جمعی تعمیم‌یافته (Generalized Additive Model/GAM)، مدل جنگل تصادفی (Random Forest/RF) و مدل رگرسیون تقویت شده تعمیم‌یافته (Generalized Boosted Model/GBM) در محیط نرم‌افزار R انجام شد. آنالیز اهمیت متغیرهای محیطی برای مدل‌ها در بسته Biomode2 انجام شد. برای ارزیابی مدل‌ها از ۳۰ درصد داده‌های گونه و سه آماره سطح زیر منحنی (Area Under Curve/AUC)، کاپا (Kappa) و آماره مهارت واقعی (True Skill Statistics/TSS) استفاده شد.

نتایج: نتایج مدلسازی‌ها نشان داد که متغیر بارش در سردترین فصل (Bio19) در هر چهار روش مورد مطالعه، مؤثرترین متغیر در انتشار گونه *A. austriaca* بود. در روش GLM، متغیرهای دمای فصلی (Bio4) و شاخص موقعیت توپوگرافیکی (TPI) نیز به‌عنوان عامل مؤثر بر حضور گونه درمنه نقره‌ای به‌دست آمد. در مدل RF به‌ترتیب Bio19 و بارش فصلی (Bio15) و در مدل GBM نیز متغیرهای Bio19، بارش مرطوب‌ترین ماه (Bio13) و Bio15 مهم‌ترین متغیرها در حضور گونه معرفی شدند. همچنین در مدل GAM نتایج بیانگر این مطلب است که به‌ترتیب متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، Bio19، Bio15 و دمای فصلی (Bio4) بیشترین اهمیت را در پراکنش گونه درمنه نقره‌ای دارند. مقایسه عملکرد مدل‌ها نشان داد که مدل GBM با AUC ۰/۹۷، شاخص

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

کاپای ۰/۸ و TSS ۰/۸۸۶ بهترین مدل در بین مدل‌های مورد مطالعه است و پس از آن، مدل جنگل تصادفی با شاخص زیر منحنی ۰/۹۶، کاپای ۰/۷۹ و TSS برابر ۰/۸۶ مدل دوم مورد تأیید در این ارتباط است.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که مدل‌های مورد مطالعه به‌ویژه مدل GBM و RF قادرند رویشگاه مطلوب درمنه نقره‌ای را در سطح مراتع استان اردبیل با صحت قابل قبولی پیش‌بینی نمایند. براساس نتایج حاصل از مدل‌های مذکور، عوامل اقلیمی تأثیر بیشتری بر حضور *A. austriaca* در سطح استان اردبیل دارد. استفاده از نتایج این تحقیق و تحقیقات مشابه، اهمیت زیادی در تهیه شناسنامه رویشگاهی هر گونه گیاهی و پیشنهاد گونه‌های بومی مناسب جهت اصلاح مراتع دارد و در نهایت می‌توان با استفاده از عوامل محیطی هر منطقه، احتمال موفقیت یا شکست استقرار گونه‌های گیاهی را پیش‌بینی نمود. چرا که یکی از شرایط اصلی در موفقیت یا عدم موفقیت این گونه عملیات، انطباق آن‌ها با نیازهای گونه پیشنهادی برای هر منطقه است.

استناد: مولایی، م.، ا. قربانی، م. معمری، ج. معتمدی و ز. حزباوی، ۱۴۰۳. مدلسازی رویشگاه درمنه نقره‌ای (*Artemisia austriaca* Jacq.) در مراتع استان اردبیل. مرتع، ۱۷(۱): ۴۲-۵۶.

DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

مقدمه

مدل‌های توزیع گونه ابزاری برای برآورد توزیع بالقوه و حقیقی گونه‌ها است که از طریق کمی‌سازی رابطه بین توزیع گونه و متغیرهای محیطی حاصل از برداشت زمینی در کنار نقشه‌های کمکی و دانش متخصصان، به‌عنوان عملکرد متغیرهای محیطی مطرح هستند (۲۱). مدل‌های توزیع گونه می‌توانند برای توصیف و اندازه‌گیری اهمیت هر یک از عوامل محیطی در توزیع گیاه، برای پیش‌بینی توزیع گونه‌ها در مناطقی که داده‌های زمینی در دسترس نیست و برای پیش‌بینی توزیع بالقوه آینده و گذشته مورد استفاده قرار گیرند (۳۴). بنابراین به‌جهت بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی نیز می‌توان از آن‌ها استفاده کرد (۳۳). در سال‌های اخیر، این مدل‌ها برای بازسازی، مدیریت یا اصلاح گونه‌های در معرض خطر یا گونه‌هایی که از رویشگاه‌های تاریخی خود حذف شده‌اند؛ استفاده می‌شود (۱۵). علاوه بر این، مدل‌های توزیع گونه می‌توانند از طریق پیش‌بینی تأثیرات تغییر اقلیم، تغییر کاربری زمین، معرفی مناطق نامناسب و هم‌چنین مناطق با حضور بالا برای بررسی‌های بیش‌تر و در حفاظت از گونه‌ها مورد استفاده قرار گیرند (۱۵، ۳۰ و ۳۷). وظیفه اصلی مدل‌های توزیع گونه آگاهی از چگونگی شکل‌دهی توزیع گونه‌ها در محیط طبیعی و بومی آن‌ها توسط محیط‌زیست است. در این نوع تحقیقات با جمع‌آوری اطلاعات حضور، عدم‌حضور و ویژگی‌های محیطی (اقلیم، توپوگرافی، خصوصیات خاک و ...) ذخیره‌شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی یک مدل توزیع گونه ایجاد می‌شود. خروجی‌های عددی محاسبات مدل‌سازی‌ها اغلب برای شاخص‌های تناسب محیط در محدوده‌ای از صفر (نامناسب) تا ۱ (بهینه) ساده‌سازی می‌شوند (۱). علاوه بر این، ثابت شده است که شاخص‌های تناسب محیط اغلب نه تنها با احتمال وقوع، بلکه با سایر پارامترهای کلیدی جمعیت مانند نرخ رشد، سطح و تعداد افراد و تکثیر در ارتباط است (۱۶).

در دهه‌های اخیر، محققان بر تعاملات گیاه- محیط زیست و تأثیرات آن بر رشد گیاهان متمرکز شده‌اند (۳۰، ۳۱ و ۳۸) و به‌وضوح نشان داده‌اند که عوامل محیطی نظیر دما، بارش، رطوبت و خاک نه تنها توزیع جغرافیایی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۴، ۳۱، ۳۲، ۳۸ و ۴۵)؛ بلکه حتی نقش مهمی در تشکیل مواد فعال گونه‌های دارویی بازی می‌کنند (۲۳). در ارتباط با تعیین عوامل مؤثر بر حضور گونه مطالعات مختلفی صورت گرفته است. به‌طور مثال، صمدی و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از ۴ روش مدلسازی یادگیری ماشین (GLM، GAM، BRT و RF) پراکنش رویشگاهی گونه *Leucanthemum vulgare* را در سطح مراتع شمال‌غرب ایران مورد مطالعه قرار داده و چنین اظهار داشتند که مدل GAM در مقایسه با روش‌های دیگر، نقشه خروجی قابل اعتمادتری ارائه داد. برخی محققان (۳۴ و ۳۶) نیز روش جنگل تصادفی را روشی صحیح و کارآمد برای مدل‌سازی پیش‌بینی گونه‌های گیاهی و حیوانی گزارش کرده‌اند و اظهار داشتند روش جنگل تصادفی می‌تواند گزینه‌ای برتر با ویژگی‌های خاص در طرح‌های حفاظت و مدیریت پوشش گیاهی مراتع باشد. قنبریان و همکاران (۲۰۱۹) نقشه تناسب رویشگاه گونه *Artemisia aucheri* را با استفاده از روش GLM به دست آوردند. نتایج آنان نشان داد که ارتفاع، میانگین دمای سالانه، میانگین بارندگی سالانه، زمین‌شناسی، اسیدیته و درصد شن خاک تأثیر معنی‌داری در توزیع *A. aucheri* در منطقه مورد مطالعه دارد. مولایی و همکاران (۲۰۲۰) پراکنش مکانی دو گونه درمنه (*A. fragrans* و *A. chamaemelifolia*) را در پروفیل ارتفاعی قزل‌اوزن- آق‌داغ خلخال در استان اردبیل مورد مطالعه قرار داده و ارتفاع از سطح دریا را به‌عنوان مؤثرترین عامل محیطی در تفکیک رویشگاه این دو گونه درمنه در کنار میانگین درجه حرارت و پتاسیم خاک معرفی نمودند.

جنس درمنه (*Artemisia*) با توجه به رخدادهای گرمایش زمین و تغییر اقلیم به‌همراه گون‌ها (*Astragalus*) که رفتار و استراتژی زیستی مشابه از نظر ذخیره آب دارد، جزء گیاهان پیشگام در مراتع کشور و در عرصه‌های طبیعی به حساب می‌آیند (۲۲). هم‌چنین در مطالعات مختلف به توانایی و نقش گونه‌های درمنه در ترسیب کربن و ایجاد تعادل در محتوای گازهای گلخانه‌ای (۱۱)، حفاظت خاک و تأمین غذای دام‌های اهلی و وحشی در سطح مراتع استپی و نیمه‌استپی (۱۹)، خواص دارویی (۲۰) و کاربردهای صنعتی (۴۶) اشاره شده است. اما متأسفانه برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و عمرانی و حتی تغییر کاربری اراضی و تبدیل عرصه‌های طبیعی به محیط‌های زراعی این پیوستگی را

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

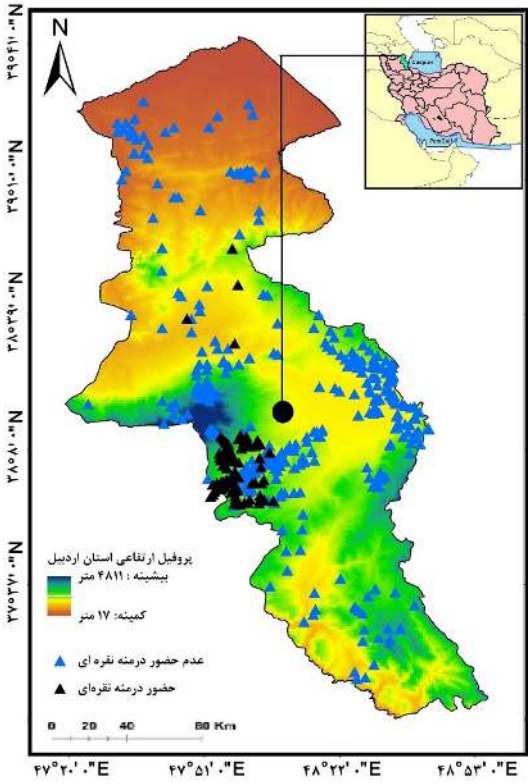
[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

گسسته و با پیدایش موانع و فواصل، عرصه‌های یکپارچه و یکدست درمنه‌زارها به جزایر کوچک و بزرگ تبدیل شده و ظرفیت تبدیل و توازن ژنتیکی در جهت گونه‌زایی و ایجاد مرکز اندمیسم و تنوع را محدود می‌کند (۲۲). از سوی دیگر، برای جلوگیری از روند تخریب و سیر قهقرایی مراتع، احتیاج به ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب و کارآمد در زمینه‌های حفظ وضعیت موجود و برنامه‌های اصلاح و احیا مراتع است. از مهم‌ترین شرایط موفقیت حفاظت از رویشگاه گیاهان و طرح‌های اصلاح مرتع نظیر برنامه‌های مرتعکاری، پیش‌بینی رویشگاه و انتخاب مکان مناسب (رویشگاه بالقوه) برای کشت گیاهان هدف است. اگر یک گیاه در محیط مناسب خود برای رشد کشت نشود، هرچند شرایط لازم رعایت شده باشد، ولی نتیجه مناسبی به‌دست نخواهد آمد و باعث نابودی طیف وسیعی از منابع مالی و طبیعی می‌شود. استراتژی موفق جهت نیل به هدف مذکور، نیازمند درک درست از روابط گونه و محیط زیست آن‌ها است و روش‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌ها از اهمیت ویژه‌ای در این استراتژی برخوردار هستند. لذا، این تحقیق با هدف مدلسازی رویشگاه درمنه نقره‌ای (*A. austriaca*) که از گونه‌های مهم مراتع استان اردبیل می‌باشد، انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان اردبیل در محدوده '۱۵ °۴۷ تا '۵۶ °۴۸ طول شرقی و '۰۹ °۳۷ تا '۴۲ °۳۹ عرض شمالی واقع شده است. مساحت آن ۱۷۵۷۵۹۶ هکتار (حدود ۱/۰۷ درصد از مساحت ایران) و جمعیت آن براساس سرشماری سال ۱۳۹۵ برابر یک میلیون و ۲۷۰ هزار نفر است (۲۷). استان اردبیل براساس اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی دارای بارندگی بین ۳۰۰ تا ۷۳۲ میلی‌متر و دمای میانگین سالانه بین ۸/۴ تا ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد است (۴۰). ارتفاع از سطح دریا بین ۱۷ تا ۴۸۱۱ متر است. مراتع استان اردبیل با مساحت ۹۴۶۶۸۷ هکتار بیش‌ترین کاربری را به خود اختصاص داده‌اند (۲۴).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری *A. austriaca* در سطح مراتع استان اردبیل

گونه مورد مطالعه

درمنه نقره‌ای (*A. austriaca* Jacq.) از خانواده کاسنی (Asteraceae)، گیاهی است چندساله نیمه‌بوته‌ای با ارزش‌های دارویی، حفاظتی که در توسعه و اصلاح مراتع کوهستانی می‌توان از آن استفاده نمود. پراکندگی جغرافیایی آن ترکیه، ایران، قفقاز و سیبری است. در ایران در شمال‌غرب و در سبلان عمدتاً در ارتفاعات میانی گسترش بیشتری دارد (۱۰، ۱۷ و ۳۵).

نمونه‌برداری

ابتدا توزیع فعلی گونه درمنه نقره‌ای در مراتع استان اردبیل با توجه به منابع فلور (۱۰ و ۱۷) و مطالعات انجام شده (۱۹ و ۳۵) نهایی شد. سپس با توجه به نقشه کاربری اراضی (۲۴) و نقاط ثبت شده قبلی، در مناطق فاقد سایت‌های نمونه با کاربری مرتع اقدام به بازدید میدانی و نمونه‌برداری شد. انتخاب محل نمونه‌برداری در هر سایت در مناطق با پوشش گیاهی نسبتاً همگن انجام شد. هم‌چنین

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

به‌علت اثرات حاشیه‌ای مناطق صنعتی و زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی از نمونه‌برداری در نزدیکی این مناطق خودداری شد. به‌منظور ثبت موقعیت واحدهای نمونه‌گیری از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی استفاده شد.

پارامترهای محیطی

در این تحقیق، عوامل توپوگرافیکی (شاخص‌های اولیه و ثانویه توپوگرافیکی) و عوامل زیست‌اقلیمی در نظر گرفته شد (جدول ۱). 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 (۴۳). این متغیرها به‌عنوان لایه‌های محیطی با قدرت تفکیک ۲/۵ دقیقه (۵ کیلومتر مربع) از سایت worldclim.org دانلود شد. نقشه‌های شیب، جهت جغرافیایی از نقشه مدل رقومی ارتفاع در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تولید شد. سپس، نقشه شاخص‌های توپوگرافی ثانویه شامل شاخص رطوبت توپوگرافیکی (رابطه۱)، شاخص قدرت جریان (رابطه ۲)، شاخص زبری توپوگرافیکی (رابطه ۳) و شاخص موقعیت توپوگرافیکی (رابطه ۴) محاسبه شد. شاخص انحنای توپوگرافیکی نیز با استفاده از دستور Plan Curvature در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد (۳۹). کل لایه‌های محیطی از نظر محدوده، تعداد پیکسل و سیستم تصویر در محیط ArcGIS یکسان‌سازی شد. ابتدا همبستگی بین متغیرها با استفاده از آزمون آماری پیرسون (Pearson) بررسی و لایه‌های دارای همبستگی بیش از ۸۰ درصد، وارد فرآیند مدل‌سازی نشد (۳۴ و ۳۸).

رابطه (۱):

$$TWI= (\ln \frac{\alpha}{tan\beta})$$

رابطه (۲):

$$SPI= As \times \tan (b)$$

که در این رابطه‌ها α میزان جریان تجمعی بالادست، β زاویه شیب، As مساحت منطقه هدف و b درجه شیب است (۲۸).

رابطه (۳):

$$TRI= \sqrt{\sum_{p=1}^{8} ZMd}$$

رابطه (۴):

$$TPI= Z_0 - \sum n-1 \ {}^{Z_n}/_{n}$$

در این رابطه‌ها نیز P تعداد پیکسل اطراف و ZMd میانگین تفاضل هشت پیکسل اطراف هر پیکسل، Z_0 ارتفاع نقطه مورد ارزیابی، Zn ارتفاع از شبکه و n تعداد کل نقاط اطراف در نظر گرفته شده است (۳۹).

جدول ۱: متغیرهای زیست اقلیمی و توپوگرافیکی

متغیر	کد	واحد	متغیر	کد	واحد
میانگین دمای سالانه	BIO1	°C	بارندگی فصلی، ضریب تغییرات	BIO15	-
میانگین دامنه دمای روزانه	BIO2	°C	بارندگی مرطوب‌ترین فصل	BIO16	mm
ایزوترمالیتی	BIO3	(BIO2/BIO7×100)	بارندگی خشک‌ترین فصل	BIO17	mm
تغییرات فصلی دما	BIO4	(SD×100)	بارندگی گرم‌ترین فصل	BIO18	mm
حداکثر دمای گرم‌ترین ماه	BIO5	°C	بارندگی سردترین فصل	BIO19	mm
حداقل دمای سردترین ماه	BIO6	°C	ارتفاع از سطح دریا	Elevation	m
دامنه تغییرات سالانه دما	BIO7	°C, (BIO5-BIO6)	شیب	Slope	%
دمای متوسط مرطوب‌ترین فصل	BIO8	°C	جهت شیب	Aspect	-
دمای متوسط خشک‌ترین فصل	BIO9	°C	موقعیت توپوگرافیکی	TPI	-
دمای متوسط گرم‌ترین فصل	BIO10	°C	رطوبت توپوگرافیکی	TWI	-
دمای متوسط سردترین فصل	BIO11	°C	انحنای توپوگرافیکی	PCI	-
بارندگی سالانه	BIO12	mm	زبری توپوگرافیکی	TRI	-
بارندگی مرطوب‌ترین ماه	BIO13	mm	شاخص قدرت جریان	SPI	-
بارندگی خشک‌ترین ماه	BIO14	mm			

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

مدلسازی رویشگاه درمنه نقره‌ای (*A. austriaca*)

در این مطالعه از چهار روش مدلسازی شامل: رگرسیون خطی تعمیم‌یافته، رگرسیون جمعی تعمیم‌یافته، جنگل تصادفی و رگرسیون تقویت شده تعمیم‌یافته در محیط نرم‌افزار R نسخه ۱. ۱. ۳ برای مدلسازی رویشگاه گونه *A. austriaca* در سطح مراتع استان اردبیل استفاده شد.

رگرسیون خطی تعمیم‌یافته (GLM)

مدل خطی تعمیم یافته، یک مدل پارامتری بوده و بسط مدل‌های خطی می‌باشد. در مدل خطی تعمیم‌یافته رابطه بین متغیرهای تبیینی و پاسخ به‌وسیله پارامتر برآورد شده رگرسیون به اضافه فواصل اطمینان سنجش شد. مدل‌های خطی تعمیم‌یافته برای مواقعی که مشاهدات به‌طور نرمال توزیع نیافته‌اند و زمانی که سایر روش‌های مدل رگرسیون مناسب نمی‌باشد، ابداع شده و این مدل، در بین روش‌های مدل‌سازی دارای عملکرد خوبی است (۱۲ و ۳۸). از مزیت‌های این مدل نسبت به مدل‌های پارامتریک این است که نیازی به نرمال بودن داده‌ها نبوده و قادر است ارتباط بین متغیر پاسخ و متغیرهای پیش‌بینی‌کننده را بدون هیچ پیش‌شرطی استخراج نماید. در این روش مانند رگرسیون لجستیک، قبل از ورود به بحث مدل‌سازی، میزان تورم واریانس برای داده‌های مورد استفاده به‌دست آمد و پارامترهای دارای هم‌خطی چندگانه از فرآیند مدل‌سازی کنار گذاشته شدند. در مدل خطی تعمیم‌یافته Y بیانگر متغیرهای وابسته، X نشان‌دهنده متغیرهای مستقل و μ توزیع وابسته به متغیرهای مستقل است (رابطه ۵).

رابطه (۵):

$$E(Y) = \mu = g^{-1}(x\beta)$$

$$g(\mu_i) = n_i = \alpha + \beta 1xi1 + \beta 2xi2 + \cdots + \beta kxik$$

که در این رابطه: E(Y): ارزش Y، xβ: پیش‌بینی کننده خطی و g و β: توابع وابسته است.

جنگل تصادفی (RF)

رویکرد جنگل تصادفی مبتنی بر روش‌های جدید ترکیب اطلاعات است که در آن تعداد زیادی درخت تصمیم ایجاد شده و سپس تمام درختان با هم برای پیش‌بینی ترکیب می‌شوند (۹). الگوریتم جنگل تصادفی یکی از روش‌های درخت- پایه هستند که شامل انبوهی از درخت‌های کلاس‌بندی و رگرسیونی‌اند که به‌عنوان یک روش ماشین یادگیری عملکرد مناسب و کارآمد در مقایسه با سایر درخت‌های رگرسیونی ساده و یا روش‌های آماری پارامتریک است (۱۳). این روش با بهره‌گیری از روش تجمیع یا جایگزینی که در اصطلاح به آن Bagging نیز گفته می‌شود، تعداد بسیار زیادی درخت غیرهمبسته تولید کرده و میانگین آن‌ها را محاسبه می‌کند (۶). برای اجرای این مدل، بسته Random Forest در نرم‌افزار R اجرا شد.

رگرسیون جمعی تعمیم یافته (GAM)

مدل جمعی تعمیم‌یافته، یک مدل ناپارامتری بوده و بسط مدل‌های خطی تعمیم‌یافته که خود نیز بسط مدل‌های خطی می‌باشند؛ است. در مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته برخلاف مدل رگرسیون خطی، اجازه داده می‌شود داده‌ها شکل منحنی پاسخ را تعیین کنند (۳۸). در مدل جمعی تعمیم‌یافته فرض بر این است که متغیر پاسخ Y دارای توزیعی از خانواده نمایی با میانگین $\mu = E(Y|X_1,\ldots,X_P)$ می‌باشد که از طریق تابع پیوند (g) به متغیرهای پیشگو (X_j) متصل می‌شود. مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته به‌صورت زیر بیان می‌شود (رابطه ۶).

رابطه (۶):

$$g(\mu) = \alpha + \sum_{j=1}^{p} fj(xj)$$

در اینجا فرض می‌شود f_jها توابعی نامعلوم و هموار می‌باشند. به‌طور خاص f_j از روی داده‌ها و با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته هموارساز نمودار پراکنش، برآورد می‌شود.

رگرسیون تقویت شده تعمیم‌یافته (GBM)

GBM ترکیبی از دو روش الگوریتم‌های تصمیم‌گیری درختی و مدل‌های تقویت شده تعمیم‌یافته است که وقتی با مقدار زیادی داده سروکار داریم، برای ارائه یک پیش‌بینی با توان بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الگوریتم‌ها در واقع مجموعه‌ای از الگوریتم‌هایی هستند که پیش‌بینی چند تخمین‌گر پایه را در جهت بهبود پایداری پیش‌بینی نسبت به یک تخمین‌گر منفرد ترکیب می‌کنند. در واقع این مدل یک متد ترکیبی است که چندین درخت رگرسیون را با یک الگوریتم Boosting با هم ترکیب می‌کند و از جمله بهترین پیش‌بینی کننده‌های مدل‌های توزیع گونه‌ای است (۱۴).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

ارزیابی صحت مدل‌ها

برای ارزیابی صحت مدل‌ها و مقایسه عملکرد مدل‌ها نسبت به یکدیگر، از ۳ آماره شامل سطح زیر منحنی (AUC)، کاپا و آماره مهارت واقعی (TSS) 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. مقادیر سطح زیر منحنی، امکان مقایسه آسان عملکرد یک مدل با مدل‌های دیگر را می‌دهد. هر چه میزان AUC به ۰/۵ نزدیک باشد؛ نشان از تصادفی بودن مدل است؛ در حالی که مقادیر نزدیک به ۱ برای این شاخص نشان از عملکرد بهتر مدل است. آماره TSS نیز به‌عنوان یک معیار ساده برای ارزیابی نقشه‌های پیش‌بینی توصیه شده است (۳). پس از ایجاد مدل نهایی، شاخص آماری TSS (رابطه ۷) با استفاده از ماتریس تطابق نتایج برای تعیین میزان عملکرد مدل مورد استفاده قرار گرفت.

رابطه (۷):

$$TSS=\left|\frac{(ad-bc)}{[(a+c)\times(b+d)]}\right|$$

هر چه مقادیر TSS بالاتر باشند، عملکرد مدل بهتر بوده است.

جدول۲: طبقه‌بندی مقادیر شاخص کاپا

ردیف	مقدار کاپا	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی	ردیف	مقدار کاپا	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی
۱	<۰/۰۵	عدم توافق	۵	۰/۵۵ -۰/۷	خوب
۲	۰/۰۵ -۰/۲	خیلی ضعیف	۶	۰/۷ -۰/۸۵	خیلی خوب
۳	۰/۲ -۰/۴	ضعیف	۷	۰/۸۵ -۰/۹۹	عالی
۴	۰/۴ -۰/۵۵	متوسط	۸	۰/۹۹ -۱	کامل

نتایج

همبستگی بین متغیرهای محیطی مورد مطالعه به جهت انتخاب متغیرهای ورودی به مدل‌ها بررسی شد. متغیرهای Bio1، Bio2، Bio3، Bio5، Bio6، Bio7، Bio9، Bio10، Bio11، Bio12، Bio14، Bio16، Bio17، Bio18 و شاخص SPI به‌جهت دارا بودن همبستگی بیش از ۰/۸ وارد فرآیند مدلسازی نشدند. بنابراین، مدل‌ها با ۱۲ متغیر محیطی باقی‌مانده اجرا شد.

آنالیز اهمیت متغیرهای محیطی مطالعه شده در بسته BIOMOD

نتایج بررسی اهمیت متغیرهای محیطی در پراکنش گونه *A. austriaca* نشان داد که متغیر بارش در سردترین فصل (Bio19) در تمامی مدل‌های مورد مطالعه به جز مدل جمعی تعمیم‌یافته، به‌عنوان مهم‌ترین عامل انتخاب شد. در مدل رگرسیون جمعی تعمیم‌یافته، متغیر ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان مؤثرترین متغیر و سپس متغیر Bio19 در پی آن انتخاب شد (جدول ۳). در روش رگرسیون خطی تعمیم‌یافته (GLM)، متغیرهای دمای فصلی (Bio4) و شاخص موقعیت توپوگرافیکی (TPI) نیز به‌عنوان عامل مؤثر بر حضور گونه درمنه نقره‌ای بدست آمد. در مدل جنگل تصادفی به ترتیب متغیرهای Bio19 و Bio15 و در مدل رگرسیون تقویت شده تعمیم‌یافته نیز متغیرهای Bio19، Bio13 و Bio15 مهم‌ترین متغیرها در حضور گونه معرفی شدند. همچنین در مدل رگرسیون جمعی تعمیم‌یافته نتایج بیانگر این مطلب است که به‌ترتیب متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، Bio19، Bio15 و Bio4 بیشترین اهمیت را در پراکنش گونه درمنه نقره‌ای دارند (جدول ۴).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

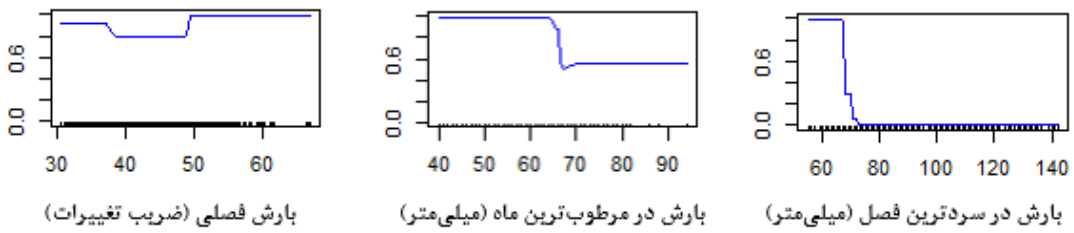
جدول۳: اهمیت متغیرهای محیطی در پراکنش درمنه نقره‌ای (*A. austriaca*) در مراتع استان اردبیل

متغیرهای محیطی	روش‌های مدلسازی			
	رگرسیون تقویت‌شده تعمیم‌یافته	رگرسیون جمعی تعمیم‌یافته	جنگل تصادفی	رگرسیون خطی تعمیم‌یافته
Aspect	۰/۰۰۱	۰/۲۴۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
Bio4	۰/۰۰۵	۰/۴۳۴	۰/۰۰۴	۰/۲۰۷
Bio8	۰/۰۲	۰/۱۷۸	۰/۰۱۱	۰/۰۷
Bio13	۰/۰۷۶	۰/۳۷۸	۰/۰۳	۰
Bio15	۰/۰۶۸	۰/۵۹۳	۰/۰۴۴	۰
Bio19	۰/۷۴۸	۰/۶۰۷	۰/۳۴۷	۰/۸۳۲
Elevation	۰/۰۰۳	۰/۶۴۲	۰/۰۱۲	۰
PCI	۰/۰۰۱	۰/۳۵۸	۰/۰۰۲	۰/۰۵۲
Slope	۰/۰۰۴	۰/۱۹۱	۰/۰۰۶	۰/۰۴۲
TRI	۰	۰	۰	۰/۰۰۴
TPI	۰/۰۱۱	۰/۳۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۹۸
TWI	۰/۰۰۳	۰/۲۷۲	۰/۰۰۵	۰/۰۵۳

جدول ۴: متغیرهای پیش‌بینی کننده انتخاب شده توسط مدل‌ها

گونه مرتعی	تکنیک مدلسازی	متغیر انتخاب شده توسط مدل
A. austriaca	رگرسیون خطی تعمیم‌یافته	Bio19, Bio4,TPI
	جنگل تصادفی	Bio19, Bio15
	رگرسیون تقویت شده تعمیم‌یافته	Bio19, Bio13, Bio15
	رگرسیون جمعی تعمیم یافته	Elevation, Bio19, Bio15, Bio4

بررسی عکس‌العمل درمنه نقره‌ای نسبت به متغیرهای مؤثر بر حضور این گونه (منتج از بهترین مدل) نشان داد که احتمال حضور این گونه زمانی که میزان بارندگی در سردترین فصل کمتر از ۷۲ میلی‌متر، و بارش در مرطوب‌ترین ماه کمتر از ۶۷ میلی‌متر باشد، میزان حداکثری را داشته و با افزایش میزان هر دو بارندگی ذکر شده، احتمال حضور گونه کاهش می‌یابد. به‌طوری که با افزایش بارش در سردترین فصل به میزان ۷۸ میلی‌متر، احتمال حضور گونه به صفر می‌رسد (شکل ۲).

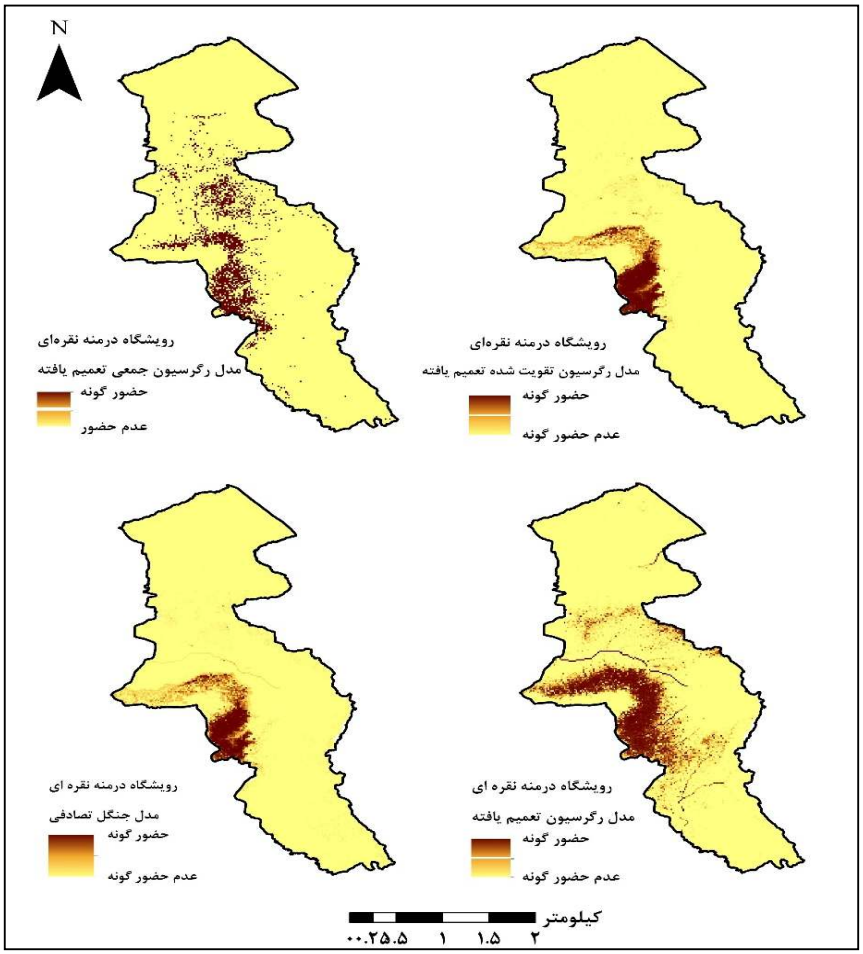


شکل ۲: منحنی‌های عکس‌العمل گونه نسبت به مهم‌ترین متغیرهای انتخاب شده در بهترین مدل (GBM)

نقشه پیش‌بینی حضور گونه درمنه نقره‌ای با استفاده از مدل‌های چهارگانه مورد مطالعه در شکل (۳) ارائه شده است. با توجه به راهنمای نقشه‌ها، هرچه از عرصه‌های زردرنگ به سمت مناطق دارای رنگ قهوه‌ای پیش برویم، احتمال حضور گونه در منطقه افزایش می‌یابد. مناطق قهوه‌ای تیره در نقشه، بیانگر مناطق دارای پتانسیل بالای حضور گونه *A. austriaca* است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]



شکل۳: نقشه پیش‌بینی حضور گونه *A. austraca* در مراتع استان اردبیل

نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های پیش‌بینی به دست آمده با نقشه واقعی نشان داد که مدل GBM با AUC ۰/۹۷، شاخص کاپای ۰/۸ و TSS ۰/۸۸۶ بهترین مدل در بین مدل‌های مورد مطالعه است و پس از آن، مدل جنگل تصادفی با شاخص زیر منحنی ۰/۹۶، کاپای ۰/۷۹ و TSS برابر ۰/۸۶ مدل دوم مورد تأیید در این ارتباط است (جدول ۵).

جدول۵: ارزیابی صحت مدل‌های مورد مطالعه

آماره ارزیابی صحت	روش‌های مدلسازی			
	رگرسیون تقویت شده تعمیم یافته	رگرسیون جمعی تعمیم یافته	جنگل تصادفی	رگرسیون خطی تعمیم‌یافته
AUC	۰/۹۷	۰/۸۰۴	۰/۹۶۸	۰/۹۲۸
Kappa	۰/۷۹۹	۰/۵۳۲	۰/۷۹۹	۰/۷۰۴
TSS	۰/۸۸۶	۰/۶۱۲	۰/۸۶۴	۰/۸۲۶

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

بررسی وضعیت تناسب رویشگاه گونه درمنه نقره‌ای در نقشه خروجی مدل GBM (بهترین مدل) نشان داد که بیش از ۹۰ درصد سطح استان اردبیل برای حضور این گونه نامناسب بوده و فقط حدود ۹۴۷ کیلومترمربع (۵ درصد از استان) دارای تناسب متوسط تا زیاد برای حضور این گونه است.

جدول ۷: تناسب رویشگاه *A. austriaca* در استان اردبیل

طبقه‌بندی رویشگاه	تناسب	مساحت (کیلومترمربع)	درصد از استان
کمتر از ۲۵	نامناسب	۱۶۳۷۵/۹۸۹	۹۳/۱۷۷
۲۵-۵۰	کم	۲۵۲/۰۹۵	۱/۴۳۴
۵۰-۷۵	متوسط	۲۰۶/۵۲۵	۱/۱۷۵
۷۰-۱۰۰	زیاد	۷۴۰/۳۹۱	۴/۲۱۳۷
مجموع	-	۱۷۵۷۵	۱۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی وضعیت تناسب رویشگاه گونه درمنه نقره‌ای در نقشه‌های خروجی نشان داد که غالب سطح استان اردبیل فاقد قابلیت برای استقرار این گونه بوده و بیشترین تمرکز رویشگاهی مربوط به مناطق کوهستانی و ارتفاعات میانی کوه سبلان (بالاخص شهرستان‌های نیر و سرعین) است. طبق نقشه به‌دست آمده از مدل GBM سطحی معادل ۷۴۰/۳۹ کیلومترمربع (۴/۲۱درصد از سطح استان) برای حضور گونه از تناسب بالایی برخوردار است. همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مهم‌ترین عوامل برای تبیین نیاز محیطی *A. austriaca* (براساس دو مدل برتر)، برگرفته از بارش شامل بارش در سردترین فصل (Bio19)، بارش در مرطوب‌ترین ماه (Bio13) و بارش فصلی (Bio15) بوده است. محققین طی مطالعه‌ای مبنی بر بررسی اثر عوامل اقلیمی بر گسترش دو گونه درمنه، اظهار داشتند که عامل بارش به تنهایی ۴۱/۹۱ درصد از کل واریانس متغیرهای محیطی را در ارتباط با حضور درمنه‌های مورد بررسی ایشان بیان می‌کند (۴۲). با توجه به نتیجه مطالعه حاضر، زمان بارش فاکتور حیاتی در این ارتباط بوده است. طبق مطالعه‌ای که بر تأثیر زمان بارندگی بر روی پوشش درمنه‌زارهای استپی انجام شده؛ بارندگی بهاره بیشترین تأثیر را بر روی پوشش گیاهی مورد مطالعه داشته است (۵). همچنین نتایج مطالعات نشان داده است که پوشش برف زمستانی می‌تواند اثر باد را کاهش داده و زنده ماندن نهال‌های درمنه را افزایش دهد (۴۱). طبق نتایج بدست آمده توسط یانگ و همکاران (۱۹۹۹) قابلیت زنده ماندن نهال‌های درمنه وقتی که درجه حرارت بالا، رطوبت در دسترس خاک را کاهش و سرعت تبخیر و تعرق را افزایش دهد، کاهش پیدا می‌کند. ایشان همچنین اظهار داشتند که در بیشتر فصل رشد، کمبود رطوبت اثر بسیار محدود کننده‌تری نسبت به افزایش یا کاهش درجه حرارت در جوانه‌زنی و زنده‌ماندن نهال‌های درمنه دارد.

منحنی پاسخ گونه به بارش در سردترین فصل به‌صورت سیگموئید کاهشی بوده و زمانی که بارندگی از ۷۲ میلی‌متر کمتر باشد، اوج حضور گونه را شاهد هستیم و در بارندگی بیشتر از آن حضور گونه کاهش یافته و در ۷۷ میلی‌متر به صفر می‌رسد. علت کاهش رخداد گونه در بارش‌های بیشتر را می‌توان به کاهش توان رقابتی گونه مذکور نسبت به سایر گونه‌های گیاهی نسبت داد که البته به تحقیقات بیشتری نیاز دارد. تغییرات بارندگی در درمنه‌زارها، دردامنه به‌نسبت قابل توجهی مشاهده می‌شود و طبیعی است که عوامل مهم جغرافیایی و تغییرات ارتفاعی در میزان این تغییرات تعیین‌کننده باشند (۲۵). کوماری و همکاران (۲۰۲۲) نیز طی مطالعه خود، تغییرات فصلی بارندگی را به‌عنوان یکی از عوامل تنظیم‌کننده الگوهای مختلف و ویژگی‌های متفاوت پوشش گیاهی (توزیع، تنوع، تراکم، حضور و ...) در نواحی مختلف معرفی نموده‌اند.

در ادامه نیز عامل دمایی شامل دمای فصلی (Bio4) در روش GLM به‌عنوان عامل مؤثر بر حضور گونه درمنه نقره‌ای بدست آمد. علت اهمیت بیشتر تغییرات فصلی دما نسبت به دیگر متغیرهای دمایی را می‌توان به تغییرات زیاد مکانی دما در استان اردبیل مرتبط دانست که این امر نیز می‌تواند متأثر از توپوگرافیکی پیچیده در این استان باشد. طی مطالعه صورت گرفته توسط یغمایی و همکاران (۲۰۰۸)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

عامل دما ۴۰/۸۳ درصد از کل واریانس متغیرهای محیطی را در ارتباط با گونه‌ی درمنه مورد مطالعه ایشان بیان می‌کند. به‌طور کلی، عامل دمای هوا با تأثیر بر میزان فتوسنتز، تعیین‌کننده طول دوره رشد و در آخر میزان تولید گیاه خواهد بود (۲). افزایش بیش از حد دما نیز سبب اختلال در غذاسازی می‌گردد و فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد. از طرفی ضمن بالابردن تبخیر از سطح خاک و گیاه، میزان آب قابل دسترس گیاه را کاهش داده و اثر منفی بر تولید خواهد داشت (۲۹).

در بین شاخص‌های توپوگرافیکی نیز شاخص اولیه ارتفاع از دریا و شاخص ثانویه موقعیت توپوگرافیکی (TPI) به‌عنوان عوامل مؤثر بر ترجیح حضور این گونه در مرتع با توجه به مدل‌های مورد مطالعه انتخاب شده است. دامنه ارتفاعی پراکنش این گونه در استان ۱۳۰۰ تا ۲۸۰۰ متر و به‌صورت زنگوله‌ای می‌باشد. در ارتفاعات بالاتر هرچند که ممکن است شرایط اقلیمی برای حضور گونه در سال‌های آتی تحت تغییر اقلیم فراهم شود؛ اما نوع و خصوصیات خاک ممکن است مانع از حضور گونه شود که در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفت. طی مطالعه‌ای که قربانی و همکاران (۲۰۱۵) بر روی عوامل اکولوژیکی مؤثر بر انتشار دو گونه درمنه (*A. fragrans* و *A. austriaca*) با استفاده از تابع تشخیص در دامنه‌های جنوب‌شرقی سبلان انجام داده‌اند نیز ارتفاع از سطح دریا را به‌عنوان عامل مؤثر در تفکیک رویشگاه این دو گونه معرفی نموده‌اند و چنین اظهار داشتند که گونه درمنه نقره‌ای در مقایسه با درمنه معطر، مراتع با ارتفاع بیشتر را ترجیح می‌دهد و حضور این گونه را در بازه ارتفاعی ۱۴۰۰ تا ۳۰۰۰ متری تأیید می‌کند. کمالی و همکاران (۲۰۲۱) نیز ارتفاع از سطح دریا را در کنار دامنه تغییرات عرض جغرافیایی دو عامل مهم و تأثیرگذار در گسترش پوشش درمنه در ایران عنوان کرده‌اند. با توجه به بررسی‌ها و مطالعات صورت گرفته (۱۰ و ۱۷) حضور این گونه در مناطق استپی و نیمه‌اسپتی در دامنه ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متری مورد تأیید است. در مطالعات مختلف (۸، ۳۰، ۳۱ و ۳۲) ارتفاع به‌عنوان یک عامل مهم اکولوژیکی غیربیولوژیکی مؤثر بر خاک، ایجاد میکروکلیما، پوشش گیاهی و رشد و توزیع گیاهان معرفی شده است.

این تحقیق کارایی هر چه بیشتر روش‌های مدلسازی مورد مطالعه بالاخص روش GBM و RF را در تعیین عوامل در توزیع و پراکنش گونه درمنه نقره‌ای در استان اردبیل نشان می‌دهد. در بین روش‌های مدلسازی مورد مطالعه، روش GLM پس از مدل‌های GBM و RF از کارایی بهتری برخوردار بود. حداقل کارایی مربوط به مدل GAM است. مقایسه تکنیک‌های مختلف مدل‌سازی منجر به انتخاب روش‌های کاراتر می‌شوند که این روش‌ها می‌توانند نتایج صحیح‌تر و معتبرتری تولید کنند و حتی پایه‌ای قوی برای تصمیمات صحیح مدیریتی باشند. از طرف دیگر این مقایسه سبب صرفه‌جویی در زمان و هزینه برای انجام مطالعات بعدی می‌شود. در نهایت با توجه به اهمیت گونه مورد مطالعه که گسترش قابل توجهی در مراتع منطقه داشته و از لحاظ ارزش‌های دارویی و حفاظت خاک این گونه در مناطق کوهستانی که خاک‌ها حساسیت بالایی به فرسایش دارند، دیده می‌شود؛ لزوم انجام مطالعات کاربردی بر روی این قبیل گونه‌ها در زمینه حفاظت به‌منظور مدیریت اصولی بیش از پیش آشکار می‌گردد. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان محدودیت‌های اقلیمی و توپوگرافیکی مرتبط با گسترش گونه درمنه نقره‌ای تعیین کرده و با شناخت این محدودیت‌ها به احیا و مدیریت صحیح و متناسب با توان منطقه کمک نمود.

References

1. Abdelaal, M., M. Fois, G. Fenu & G. Bacchetta, 2019. Using MAXENT modeling to predict the potential distribution of the endemic plant *Rosa arabica* Crép in Egypt. Ecological Informatics, 50: 68-75.
2. Abdollahi, J., H. Arzani, H. Naderi & M.R. Arab Zade, 2012. Effect of precipitation and high temperature variability on forage production of some plant species in the Yazd steppe rangelands during the period of 2000- 2008 (Case study: Ernan region). Arid Biome Scientific and Research Journal, 2(1): 58-69. (In Persian)
3. Allouche, O., A. Tsoar& R. Kadmon, 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, Kappa and the True Skill Statistic (TSS). Journal of Applied Ecology, 43(6): 1223-1232.
4. Azizi Kalesar, M., M. Moameri, A. Ghorbani, L. Khalasi Ahvazi, M. Fathi & S. Samadi, 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)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

5. Bates, J.D., T. Svejcar, R. F. Miller & A. Angell, 2006. The effect of precipitation timing on sagebrush steppe vegetation. Journal of Arid Environment, 64: 670-679.
6. Breiman, L. 2001. Random forests. Machine Learning, 45: 5-32.
7. Cawker, K.B. 1980. Evidence from population age structure of *A. tridentata* Nutt in southern British Columbia. Journal of Biogeographer. 7: 237-248.
8. Çoban, H.O & S. Ço¸sgun, 2020. The role of topography in the spatial distribution of tree species in the Mediterranean region of Turkey. Journal of Fresenius Environmental Bulletin, 29:1369–1378.
9. Cutler, D.R., T.C. Edwards, K.H. Beard, A. Cutler & K.T. Hess, 2007. Random Forests for Classification in Ecology. Journal of Ecology, 88(11): 2783-2792.
10. Davis, D. 1978, Flora of Turkey, Edinburgh University Press, 843p.
11. Dehdari, S., M. Movaghari Rodposhti, Z. Khorsandi Koohanestani & A. Ehsani, 2017. Effects of grazing intensity on carbon sequestration potential in *Artemisia sieberi* (Case study: Chah Mary ranges in Behbahan). Iranian Journal of Range and Desert Research, 25(1): 227-234.
12. Dubuis, A., J. Pottier, V. Rion, L. Pellissier, J. P. Theurillat & A. Guisan, 2011. Predicting spatial patterns of plant species richness: a comparison of direct macroecological and species stacking modelling approaches. Diversity and Distributions, 17(6): 1122-1131.
13. Esfanjani, J., A. Ghorbani, M. Moameri, M.A. Zare Chahouki, A. Esmali Ouri & A. Mirzaei Mossivand, 2020. Prediction of Distribution of Prangos uloptera DC. Using Two Modeling Techniques in Southern Rangelands of Ardabil Province, Iran. Journal of Rangeland Science, 10(2):137-148.
14. Elith, J., C.H. Graham, R.P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R.J. Hijmans, F. Huettmann, J.R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L.G. Lohmann, B.A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. Overton, C. Peterson, A.T. Phillips, S.J. Richardson, K.S. Scachetti-Pereira, R. Schapire, R.E. Soberón, J. Williams, S. Wisz & N.E. Zimmermann, 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. Journal of Ecography, 29(2): 129‑151.
15. Fois, M., A. Cuena-Lombraña, G. Fenu, D. Cogoni & G. Bacchetta, 2016. The reliability of conservation status assessments at regional level: past, present and future perspectives on *Gentiana lutea* L. ssp. *lutea* in Sardinia. Journal of Natural Conservation, 33: 1–9.
16. Fois, M., A. Cuena-Lombraña, G. Fenu & G. Bacchetta, 2018. Using species distribution models at local scale to guide the search of poorly known species: review, methodological issues and future directions. Journal of Ecological Modeling, 385: 124–132.
17. Ghahraman, A. 1358-1386. Color flora of Iran, Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, Iran. 2625p.
18. Ghanbarian, Gh., M.R. Raoufat, H.R. Pourghasemi & R. Safaeian, 2019. Habitat suitability mapping of *Artemisia aucheri* Boiss based on the GLM model in R. Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences: Chapter9: 213-227.
19. Ghorbani, A., M. Abbasi Khalaki, A. Asghari, A. Omidi & B. Zarehesari, 2015. Comparing environmental factors on distribution of *Artemisia fragrans* and *Artemisia austriaca* in southeastern rangelands of Sabalan. Journal of Rangeland, 9(2): 129-141. (In Persian)
20. Ghorbani, A., S. Ghafari, A. Asghari, M. Akbarlou & M. Bidarlord, 2016. Medicinal plants of Sabalan rangeland ecosystem in Ardabil province. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 9: 77-96.
21. Hengle, T., H. Sierdsema, A. Radovic & A. Dilo, 2009. Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. Journal of Ecological Modelling, 24: 3499-3511.
22. Jalili, A., 2016. Ecology, Evolution and Biogeography of *Artemisia* L. Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, Iran. 493 p. (In Persian)
23. Jochum, G., K. Mudge & R. Thomas, 2007. Elevated temperatures increase leaf senescence and root secondary metabolite concentrations in the understory herb *Panax quinquefolius* (Araliaceae). American Journal of Botany, 94(5): 819–826.\
24. Kakehmami., M. Moameri, A. Ghorbani & S. Ghafari, 2020. Analysis of land use/cover changes in Ardabil province using landscape metrics. Journal of RS and GIS for Natural Resources, 11(3): 68-85. (In Persian)
25. Kamali, N., A. Jalili, P. Ashouri & M. Khodagholi, 2021. *Artemisia*, the largest ecosystem in Iran. Iran Nature, 6(5): 35-43. (In Persian)
26. Kumari, P., I.A. Wani, S. Khan, S. Verma, S. Mushtaq, A. Gulnaz & B.A. Paray, 2022. Modeling of *Valeriana wallichii* habitat suitability and niche dynamics in the Himalayan Region under anticipated climate change. Journal of Biology, 11(4): 498.
27. Management and Planning Organization of Ardabil Province, Deputy of statistics and information (https://ardabilmpo.ir/)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]

28. Moameri, M., P. Mohammadnejad, A. Ghorbani, F. Dadjou & V. Mohammadi. 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.
29. Moghaddam, M.R. 2009. Range and Range Management. University of Tehran press (In Persian)
30. Mohammadi, M., Z. Jafarian, R. Tamartash & M. Kargar, 2022. Prediction of plant species biodiversity using Generalized Linear Model (GLM) and Boosted Regression Tree (BRT) in eastern rangelands of Mazandaran, Journal of Rangeland, 16(2): 468-480. (In Persian)
31. Molaei, M. & A. Ghorbani, 2021. Effects of ecological factors on the distribution of *Artemisia melanolepis* and *Artemisia aucheri* in southeast of Sabalan, Iran. Ecopersia, 9(2): 95-104.
32. Molaei, M., A. Ghorbani, M. Moameri & A. Hoseinzadeh, 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)
33. Motadedi, J., M. Khodagholi, R. Khalifezadeh, 2022. Prediction of current and future potential range of *F. ovina* under two climate warning models (Rcp4.5 and Rcp8.5) in southern Alborz rangeland habitats, Qazvin province. Journal of Rangeland, 16(2): 572-585. (In Persian)
34. Naghipour Borj, A.A., M. Haidarian-Aghakhani & H. Sangoony, 2019. Application of ensemble modelling method in predicting the effects of climate change on the distribution of *Fritillaria imperialis* L. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 32(3): 747-758. (In Persian)
35. Omidi, A. 2014. Investigating spatial changes in production, density and canopy cover of *Artemisia austriaca* species using geostatistics technique in the southeastern slopes of Sablan. M. Sc thesis of range management, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, 110p. (In Persian)
36. Piri Sahragard, H., M. Ajorlo, & P. Karami, 2018. Modeling habitat suitability of range plant species using random forest method in arid mountainous rangelands. Journal of Mountain Science, 150: 1-13.
37. Safaei, M., M. Tarkesh, H. Bashari & M. Bassiri, 2018. Modeling potential habitat of *Astragalus verus* Olivier for conservation decisions: a comparison of three correlative models. Flora, 242: 61–69.
38. Samadi, S., M. Moameri, A. Ghorbani, R. Mostafazadeh & A. Biswas, 2022. Modeling potential habitats and predicting habitat connectivity for *Leucanthemum vulgare* Lam. in northwestern rangelands of Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 194(2): 109.
39. Taripanah, F., A. Ranjbar, A. Vali & M. Mokarram, 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 & GIS, 15 (2): 17- 36. (In Persian)
40. Tavosi, T. & G.H. Delara, 2010. Climate classification of Ardabil Province. Nivar, 34 (70-71): 47-52. (In Persian)
41. Wrisht, C. 2002. Artemisia. Academic press, London. 344 p.
42. Yaghmaie, L., S. Soltani & M. Khodagholi, 2008. Effect of climatic factors on distribution of *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* in Isfahan province using multivariate statistical methods. Journal of Crop Production and Processing, 44: 359-370. (In Persian)
43. Yi, Y.J., Y. Zhou, Y.P. Cai, W. Yang, Z.W. Li & X. Zhao, 2018. The influence of climate change on an endangered riparian plant species: the root of riparian Homonoia. Journal of Ecological Indicators, 92: 40–50.
44. Young, J.A., D.E. Palmquist & R.A. Erans, 1999. Temperature profiles for germination of big sage brush seeds from native stand. Journal of Range Management, 44: 385-390.
45. Zare, M., A. Ghorbani, M. Moameri, H. Piri Sahragard, R. Mostafazadeh, Z. Hosseini & F. Dadjou, 2023. Effect of Environmental Factors on Habitat Prediction of Species *Dorema ammoniacum* D. DON. in Nadoushan Rangelands, Yazd Province. Journal of Rangeland, 17(1): 66-81. (In Persian)
46. Zhang, W.J., Z.F. Geng, J.Y. Liang, S.S. Du, C.F. Wang, Z.W. Deng, W.J. Zhang, Z.F. Geng, J.Y. Liang & S.S. Du, 2017. Essential oil and polyacetylenes from *Artemisia ordosica* and their bioactivities against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Industrial Crops and Products, 100: 132–137.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.4.0]