Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Predicting the Impact of Climate Change on the Distribution of the Medicinal Plant *Teucrium polium* L. in the Rangelands of Kerman Province

Amirreza Amrollahi Jalalabadi[1], Shafaqh Rastgar[*2], Azam Rezaei[3], Ali Asghar Naghipour[4]

[1.] PhD Student in Rangeland Sciences, Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.

[2.] Corresponding author; Associate Prof., Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: sh.rastgar@sanru.ac.ir

[3.] Associate Prof., Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

[4.] Assistant Prof. Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2026; Vol 19, Issue 4

Article history:
Received: 12.04.2025
Revised: 12.07.2025
Accepted: 25.08.2025

Keywords:
General circulation models,
Maximum Entropy model,
Species distribution modeling,
Emission scenarios,
Suitable habitat.

Abstract

Background and Objective: Climate is one of the primary drivers of plant species diversity and distribution and plays a crucial role in shaping their biological characteristics. Consequently, climate change can induce substantial shifts in the distribution ranges of plant species by altering their tolerance limits and the environmental factors governing their geographical expansion. Predicting the impacts of future climate change on the distribution of valuable plant species is therefore essential for effective management, conservation planning, and threat assessment. This study aimed to predict the effects of climate change on the current and future geographical distribution of the medicinal plant *Teucrium polium* L. in the rangelands of Kerman Province, Iran.

Methodology: During the spring and summer of 2024, six reference habitats of *T. polium* in Kerman Province were surveyed. Presence records of the species were collected through field observations, and their geographical coordinates were recorded using a GPS device. Species distribution modeling was conducted for two time periods: the baseline (current) period and a future period (2050). The environmental variables used in the modeling process included 19 bioclimatic variables, three physiographic variables, and land-use data for the study area.

To predict the future distribution of *T. polium*, two general circulation models (GCMs)—HadGEM3-GC31-LL and MRI-ESM2-0—were applied under two shared socioeconomic pathway scenarios (SSP245 and SSP585). Pearson's correlation analysis was performed in SPSS software to assess multicollinearity among all environmental variables. From each pair of variables with a correlation coefficient exceeding 0.80, one variable was removed based on expert judgment, resulting in the selection of 10 variables for model input. The maximum entropy (MaxEnt) model was used to predict the current and future potential distribution of the species. The relative importance of environmental variables was evaluated using the Jackknife test. Habitat suitability maps for the present and 2050 were then compared using geographic information system (GIS) techniques to identify areas

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

of habitat expansion, contraction, and persistence. Model performance was assessed using the area under the receiver operating characteristic curve (AUC).

Results: The AUC values obtained (AUC > 0.9) indicated excellent predictive performance of the MaxEnt model, with an AUC score of 0.974 for *T. polium* habitat distribution in the study area. The most influential variables contributing to habitat suitability were slope percentage, precipitation of the coldest quarter, and mean temperature of the coldest quarter. According to projections based on the HadGEM3-GC31-LL model, by 2050, suitable habitats for *T. polium* are expected to decrease by 68.08% under the SSP245 scenario and by 68.93% under the SSP585 scenario, while newly suitable habitats are projected to increase by 98.54% and 106.90%, respectively. Similarly, projections from the MRI-ESM2-0 model indicated a reduction of suitable habitats by 43.94% under SSP245 and 50.73% under SSP585, alongside increases of 84.21% and 99.72% in newly suitable habitats, respectively.

Conclusion: The results suggest that *Teucrium polium* possesses adaptive capacity to drought stress through various defense mechanisms, including reduced plant height, accumulation of proline and proteins in aerial parts, and responsiveness to key environmental factors such as slope, precipitation of the coldest quarter, and mean temperature of the coldest quarter. These traits may enable the species to colonize new suitable habitats under future climate conditions. Overall, the findings highlight the importance of incorporating climate change projections into conservation and management strategies for medicinal plant species in arid and semi-arid rangelands.

Cite this article: Amrollahi Jalalabadi, A., Sh. Rastgar, A. Rezaei, A.A. Naghipour, 2026. Predicting the Impact of Climate Change on the Distribution of the Medicinal Plant *Teucrium polium* L. in the Rangelands of Kerman Province. Journal of Rangeland, 19(4): 405-420.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گیاه دارویی مریم نخودی (*Teucrium polium* L.) در مراتع استان کرمان

امیررضا امراللهی جلال‌آبادی[۱]، شفق رستگار*[۲]، اعظم رضایی[۳]، علی‌اصغر نقی‌پور[۴]

[۱] دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

[۲] نویسنده مسئول، دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: sh.rastgar@sanru.ac.ir

[۳] دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

[۴] استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۴؛ جلد ۱۹، شماره ۴

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۱/۲۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۳

واژه‌های کلیدی:
رویشگاه مطلوب،
سناریوهای انتشار،
مدل حداکثر آنتروپی،
مدلسازی پراکنش گونه‌ای،
مدل‌های گردش عمومی.

چکیده

سابقه و هدف: اقلیم یکی از اصلی‌ترین عوامل ایجاد تنوع و انتشار گونه‌های گیاهی است که بر ویژگی‌های آن‌ها نیز اثر می‌گذارد. بنابراین تغییر اقلیم ممکن است باعث تغییرات شدیدی در پراکنش و انتشار گونه‌های گیاهی شود و حدود بردباری و فاکتورهای محیطی موثر بر توزیع گونه‌ها و گسترش جغرافیایی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. به همین جهت پیش بینی اثر تغییرات اقلیمی آینده بر پراکندگی گونه‌های گیاهی ارزشمند، در مدیریت، حفاظت موثر از آن‌ها و ارزیابی سطح تهدیدها اهمیت فراوانی دارد. این مطالعه با هدف پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه دارویی مریم نخودی در حال حاضر و آینده در مراتع استان کرمان انجام گردید.

مواد و روش‌ها: به‌منظور انجام این پژوهش، در بهار و تابستان ۱۴۰۳ به ۶ رویشگاه مرجع این گونه در استان کرمان مراجعه شد و بر اساس بازدیدهای میدانی و با استفاده از GPS، مختصات جغرافیایی نقاط حضور گونه مورد مطالعه ثبت گردید. در مطالعه حاضر، مدل‌سازی در دو دوره زمانی شامل دوره پایه (حال حاضر) و دوره‌ی زمانی آینده (سال ۲۰۵۰) انجام شد. متغیرهای محیطی استفاده شده در این مطالعه شامل ۱۹ متغیر اقلیمی، ۳ متغیر فیزیوگرافی و کاربری اراضی منطقه مورد پژوهش است. به‌منظور بررسی و پیش‌بینی وضعیت پراکنش گونه *Teucrium polium* L. در آینده از متغیرهای اقلیمی تحت دو سناریوی انتشار SSP245 و SSP585 از دو مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL و MRI-ESM2-0 استفاده گردید. همچنین وجود همبستگی بین همه لایه‌های محیطی توسط آزمون آماری پیرسون در نرم‌افزار SPSS بررسی شد. از مدل آنتروپی بیشینه (Maxent) برای پیش‌بینی پراکنش فعلی و آینده گونه مورد مطالعه استفاده شده است و همچنین از طریق آزمون جک نایف نیز اهمیت هر یک از متغیرهای محیطی تعیین گردید. سپس از طریق مقایسه نقشه‌های به‌دست آمده حال حاضر و سال ۲۰۵۰ برای گونه مطالعه شده، مساحت‌های رویشگاه‌های افزایش یافته، کاهش یافته یا حفظ شده توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی تعیین شد. جهت ارزیابی مدل در تهیه نقشه مکان‌های مناسب برای گونه مورد مطالعه از شاخص AUC استفاده گردید.

نتایج: بر اساس نتایج به‌دست آمده شاخص AUC (AUC > 0.9)، ارزیابی عملکرد مدل مکسنت به‌منظور پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های گونه مریم نخودی در منطقه مورد مطالعه با میزان ۰/۹۷۴ در رتبه عالی قرار گرفت. همچنین نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که بیشترین سهم در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه مریم نخودی مربوط به متغیرهای درصد شیب، مجموع بارندگی سردترین فصل سال و میانگین دمای سردترین

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

فصل سال است. در نهایت مطابق با برآوردهای حاصل در مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL تا سال ۲۰۵۰، تحت سناریو SSP245، ۶۸/۰۸ درصد و تحت سناریو SSP585، ۶۸/۹۳ درصد از رویشگاه‌های مطلوب گونه کاسته و به‌ترتیب ۹۸/۵۴ و ۱۰۶/۹۰ درصد به رویشگاه‌های مطلوب گونه افزوده خواهد شد. همچنین بر اساس برآوردهای حاصل در مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0 تا سال ۲۰۵۰، تحت سناریو SSP245، ۴۳/۹۴ درصد و تحت سناریو SSP585، ۵۰/۷۳ درصد از رویشگاه‌های مطلوب گونه کاسته و به‌ترتیب ۸۴/۲۱ و ۹۹/۷۲ درصد به رویشگاه‌های مطلوب گونه افزوده خواهد شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد گیاه مریم نخودی می تواند با به کارگیری برخی مکانیسم‌های دفاعی از قبیل کاهش ارتفاع گیاه، تجمع پرولین و پروتئین در اندام‌های هوایی و تحت تأثیر سهم بیشتر عوامل محیطی همچون درصد شیب، مجموع بارندگی سردترین فصل سال و میانگین دمای سردترین فصل واکنش مناسبی در مقابل تنش خشکی نشان دهد و بر این اساس می‌تواند در آینده با توجه به تغییرات اقلیمی رویشگاه‌های مطلوب جدیدی برای خود به‌دست آورد.

استناد: امراللهی جلال‌آبادی، ا.ر.، ش. رستگار، ا. رضایی، ع.ا. نقی‌پور، ۱۴۰۴. تأثیر صمغ آنغوزه و علوفه گیاه کینوا بر سلامت، رشد و عملکرد دام. مرتع، ۱۹(۴): ۴۲۰-۴۰۵.

DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های گیاهی در مناطق مختلف، اقلیم است (۱۱). در واقع اقلیم یکی از اصلی‌ترین عوامل ایجاد تنوع و انتشار گونه‌های گیاهی است که بر ویژگی‌های آن‌ها نیز اثر می‌گذارد (۲۰). اقلیم را می‌توان میانگین درازمدت آب و هوای یک منطقه تعریف کرد که این میانگین ممکن است به دو صورت تغییر کند. در حالت اول نوساناتی که در کوتاه مدت رخ می‌دهند و حالت تصادفی دارند و حالت دوم تغییرات طولانی مدتی است که از یک روند خاص تبعیت می‌کنند. حالت دوم را تغییر اقلیم می‌نامند که در دهه‌های اخیر شدت بسیار زیادی پیدا کرده است (۱۶). در سال‌های اخیر، تغییر اقلیم توانسته است بر اکوسیستم‌ها و موجودات ساکن بر آن‌ها تأثیر بگذارد (۱۱).

بر اساس گزارش هیأت بین الدول تغییر اقلیم، دوره ۳۰ ساله گذشته را می‌توان گرمترین دوره ۸۰۰ سال گذشته دانست (۲۴) که نتایج منفی آن در آینده باعث کاهش مقاومت و توان ماندگاری گونه‌های گیاهی و در نتیجه کاهش تنوع زیستی می‌شود (۶۰). این تغییرات منجر به کاهش قابل توجه پهنه‌های اقلیم مرطوب و افزایش اقلیم خشک و در نهایت کاهش شدید رطوبت در عرصه‌های طبیعی می‌شود (۲۵). این موضوع افزایش روند بیابانزایی را در پی خواهد داشت. نهایتاً اینکه افزایش دما موجب کاهش ضریب آسایش زیست اقلیمی شده و برخی از گونه‌های گیاهی و جانوری که توان سازگاری با تغییر اقلیم را ندارند، از زیستگاه دائمی خود مهاجرت کرده یا به تدریج از بین می‌روند (۱۷). بنابراین تغییر اقلیم ممکن است منجر به تغییرات شدیدی در پراکنش و انتشار گونه‌های گیاهی شود و همچنین حدود بردباری و فاکتورهای محیطی موثر بر توزیع گونه‌ها و گسترش جغرافیایی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (۲۲).

گونه‌های گیاهی در برابر تغییر اقلیم سه واکنش کلی خواهند داشت: راه اول سازگاری، راه دوم جابجایی محیط زندگی برای یافتن شرایط اقلیمی مناسب و اگر گیاهی نتواند هیچکدام از این دو روش را به انجام برساند، راه سوم این است که گونه در سطح محلی، منطقه‌ای یا حتی جهانی منقرض شود و یا این که به پناهگاه‌های بدون تغییر محدود شود (۱۶). بنابراین، پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیمی آینده بر پراکنش گونه های گیاهی ارزشمند، در مدیریت، حفاظت موثر از آن‌ها و ارزیابی سطح تهدیدها اهمیت فراوانی دارد (۴۲).

به جهت کنترل و کاهش پیامدها و عواقب منفی حاصل از تغییر اقلیم، مدل‌سازی اثرات اقلیمی آینده بر پراکنش گونه‌های گیاهی امری ضروری است (۲۱). مدل‌های پراکنش گونه‌ای (Species Distribution Models) یا به اختصار SDMs به‌عنوان ابزاری دقیق، کم هزینه و سریع به جهت یافتن رویشگاه‌های مطلوب و همچنین مدلسازی پراکنش گونه‌ها تحت سناریوهای تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۹) این مدل‌ها با تعیین مطلوبیت رویشگاه و عوامل تأثیرگذار بر وقوع گونه، ابزارهای ویژه‌ای جهت تصمیم‌گیری‌ها در راستای حفاظت تنوع زیستی به حساب می‌آیند (۵). یکی از مهم‌ترین الگوریتم‌های مدلسازی توزیع گونه‌ای بر اساس نقاط حضور گونه، روش حداکثر آنتروپی (MaxEnt) است که از روش‌های فقط حضور برای مدلسازی حضور گونه‌ها محسوب می‌شود (۵۴). این مدل برای پیش‌بینی پراکنش فعلی و آینده گونه‌ها استفاده می‌گردد (۱۸). مزیت مدل حداکثر آنتروپی آنست که برای تعداد نقاط حضور کم گونه‌ها نیز پیش‌بینی قوی و دقیقی دارد (۱۴).

Teucrium polium گیاهی از تیره نعناع است که به نام‌های مریم نخودی و کلپوره معروف است. این گیاه علفی، پایا، پرشاخه و به ارتفاع ۳۵ – ۱۰ سانتی متر است و گل‌هایی به رنگ سفید تا سفید مایل به زرد دارد. این گیاه علفی معمولاً در نواحی بایر، سواحل سنگلاخی و ماسه‌زارهای نواحی مختلف اروپا، شمال آفریقا، منطقه مدیترانه و جنوب غربی آسیا از جمله کشور ایران رشد می‌کند (۲۳). *T. polium* دارای خواص متعدد درمانی در مکاتب طبی مختلف است و همچنین مردم محلی مناطق مختلف بر اساس دانش بومی خود از آن برای درمان‌های متعددی استفاده می‌نمایند. چنانکه مردم محلی استان کرمان از این گیاه برای درمان بیماری‌های دل درد، رفع عفونت معده و روده، رفع نفخ نوزادان و هضم بهتر غذا استفاده می‌نمایند. علاوه بر موارد ذکر شده این گیاه برای

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

مردم محلی از جنبه اقتصادی نیز حائز اهمیت است و از فروش آن سود خوبی به‌دست می‌آورند.

در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی به بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش گونه‌های گیاهی پرداخته‌اند. به‌عنوان نمونه، نظری و همکاران (۲۰۲۱) پژوهشی با هدف پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه داروئی آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus* Boiss and Hohen) در استان مازندران انجام دادند. ایشان پراکنش این گونه را در شرایط حال حاضر و آینده تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 و با استفاده از داده‌های سه مدل گردش عمومی جو (BCC-CSM1-1 ، CCSM4 وMRI-CGCM3) و پنج مدل پراکنش گونه‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد که از میان متغیرهای محیطی به‌ترتیب تغییر فصلی بارندگی، مجموع بارندگی سردترین فصل سال و شاخص هم‌دمایی، بیشترین نقش را در تعیین مطلوبیت رویشگاه این گونه دارند. همچنین، یافته‌های بذرمنش و همکاران (۲۰۱۸) در استان اصفهان نشان داد که مدل مورد استفاده در پیش‌بینی پراکنش گونه *Bromus tomentellus* Boiss دارای دقت بالایی بوده و مساحت زیرمنحنی (AUC) آن برابر با ۰/۹۹ گزارش شده است. بر اساس نتایج این مطالعه، در دوره‌های زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ تحت سناریوی خوشبینانه، مساحت رویشگاه این گونه به میزان ۴۶/۱ کیلومتر مربع افزایش یافته و تحت سناریوی بدبینانه، حدود ۳۵/۷۴ کیلومتر مربع از سطح رویشگاه مناسب آن کاسته خواهد شد.

در مطالعه علی نژاد و همکاران (۲۰۲۲) مشخص شد که پراکنش گونه *Teucrium polium* در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ سناریو بدبینانه افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج تحقیق ناروئی و همکاران (۲۰۲۳) در استان سیستان و بلوچستان نشان داد که سطح رویشگاه گونه *Platychaete aucheri* Boiss. در سال ۲۰۵۰ تحت هر دو سناریو RCP4.5و RCP8.5 افزایش قابل توجهی خواهد یافت. همچنین تحت سناریوی RCP8.5 احتمال حضور گونه به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. علاوه بر این، پژوهشگران متعددی نیز در این زمینه مطالعاتی انجام داده‌اند (۴۷، ۲، ۶، ۳۵، ۲۷، ۳۷، ۳۴، ۸، ۴۳، ۹، ۱۵، ۵۷، ۴۱، ۵۹، ۴۵، ۵۸ و ۴۶).

بررسی منابع موجود در زمینه آثار اکولوژیکی تغییر اقلیم نشان می‌دهد که این پدیده می‌تواند بر محدوده جغرافیایی طبیعی گونه‌های گیاهی اثرگذار باشد، سطح رویشگاه‌های مطلوب آن‌ها را دستخوش تغییر کند و در برخی موارد حتی منجر به انقراض گونه‌ها شود. همچنین، مطالعات مختلف که به پیش‌بینی تأثیر تغییرات اقلیمی آینده بر پراکنش گیاهان با استفاده از مدل‌های پراکنش گونه‌ای پرداخته‌اند، عواملی را شناسایی کرده‌اند که بیشترین تأثیر را در پراکنش گیاهان در مناطق مختلف دارند. با این حال، در میان این مطالعات، توجه کمتری به گونه‌های دارویی معطوف شده است.

با توجه به موقعیت جغرافیایی حساس و شکننده استان کرمان در برابر تغییر اقلیمی، و تنوع بالای شرایط فیزیوگرافی در این منطقه، بررسی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی نسبت به تغییرات اقلیمی در این استان امکان‌پذیر است. بر همین اساس، این مطالعه با هدف مدل‌سازی و پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه دارویی *T. polium* (مریم نخودی) در مراتع استان کرمان انجام شد. این گونه علاوه بر خواص دارویی و درمانی در زمینه بیماری های گوارشی برای مردم محلی، از نظر اقتصادی نیز برای جوامع محلی حائز اهمیت است و در حال حاضر با خطر انقراض مواجه است (۲۳ و ۳۰). هدف اصلی این پژوهش، تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش بالقوه و آتی این گونه ارزشمند، شناسایی رویشگاه‌های مناسب آن در آینده، و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش آن در استان کرمان است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان کرمان در جنوب شرقی فلات مرکزی ایران واقع شده (۲۸) و با وسعتی حدود ۱۸۱۷۳۷ کیلومتر مربع، بیش از ۱۱ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است (۳). این استان از نظر جغرافیایی بین طول‌های شرقی °۵۴ ′۲۱ تا °۵۹ ′۳۴ و عرض‌های شمالی °۲۶ و ′۲۹ تا °۳۱ و ′۵۸ قرار دارد (۲۶). به لحاظ موقعیت، استان کرمان از شمال به استان‌های یزد و خراسان جنوبی، از شرق به استان سیستان و بلوچستان، از جنوب به استان هرمزگان و از غرب

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

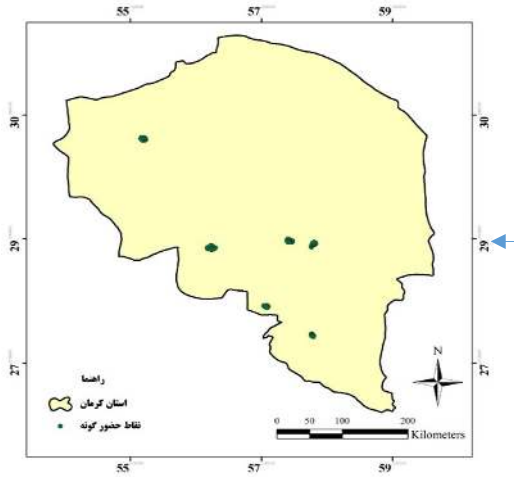
[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

به استان فارس متصل و محدود می‌شود. از نظر اقلیمی، این استان دارای بیش از ۱۲ نوع اقلیم اصلی و فرعی است (۲۶). دامنه ارتفاعی این استان بین ۱۳۲ تا ۴۳۱۸ متر از سطح دریا متغیر است، که حدود ۴۲۰۰ متر اختلاف ارتفاع را شامل می‌شود.

میانگین بارندگی سالانه این استان ۱۲۳/۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن ۲۱/۲ درجه سانتی‌گراد است. مراتع این استان در حدود ۱۲ میلیون هکتار وسعت دارند که از این میزان، ۴/۵ میلیون هکتار قشلاقی، ۳/۴ میلیون هکتار میان بند، ۲/۷ میلیون هکتار ییلاقی و ۱/۵ میلیون هکتار آن مشجر هستند. از نظر تعداد دام نیز در این استان حدود ۶ میلیون واحد دامی و ۲۱۱ هزار دامدار وجود دارد (۲۳).

برداشت اطلاعات مربوط به حضور گونه

به‌منظور شناسایی رویشگاه‌های مرجع گونه مورد مطالعه، از مشورت با کارشناسان و محققین منابع طبیعی استان کرمان بهره گرفته شد. در این راستا، شش رویشگاه مرجع که دربردارنده مراتع ییلاقی، میان بند و قشلاقی بودند، در شهرستان‌های بافت، جیرفت، بم، رفسنجان، فاریاب و قلعه گنج شناسایی شدند. در فصل‌های بهار و تابستان ۱۴۰۳ بازدیدهای میدانی انجام شد و با استفاده از سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS)، مختصات جغرافیایی نقاط حضور گونه مورد مطالعه ثبت گردید (شکل ۱). در ثبت نقاط سعی شد که مناطقی به‌عنوان حضور گونه مد نظر قرار گیرند که گونه مورد نظر علاوه بر غالبیت، حداقل یک لکه به مساحت یک کیلومتر مربع را تحت پوشش قرار دهد. همچنین در راستای کاهش همبستگی مکانی نقاط نمونه‌برداری شده به‌عنوان حضور گونه، حداقل از یکدیگر فاصله یک کیلومتری داشته باشند (۲۱ و ۳۷). به این ترتیب ۱۵۲ نقطه حضور برای گونه مریم نخودی در مراتع مختلف ییلاقی، میان بند و قشلاقی استان کرمان ثبت گردید.



شکل ۱: سمت راست) تصویر گیاه *T. polium* سمت چپ) موقعیت جغرافیایی نقاط حضور ثبت شده برای گونه مریم نخودی

متغیرهای محیطی

در مطالعه حاضر، مدل‌سازی در دو دوره زمانی شامل دوره پایه (حال حاضر) و دوره‌ی زمانی آینده (سال ۲۰۵۰) انجام شد. متغیرهای محیطی مورد استفاده شامل متغیرهای زیست اقلیمی، فیزیوگرافی و کاربری اراضی بودند. ۱۹ متغیر زیست اقلیمی (Bioclimatic variables)، مرتبط با دما و بارش (جدول ۱) به همراه لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) با دقت ۳۰ ثانیه قوسی (تقریباً معادل یک کیلومتر مربع) از پایگاه اطلاعاتی Worldclim2 (www.worldclim.org) استخراج شدند (۲۲). نقشه‌های درصد شیب و جهت شیب از نقشه مدل رقومی ارتفاع تولید شدند و به همراه ارتفاع به‌عنوان متغیرهای فیزیوگرافی مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین داده‌های کاربری اراضی نیز از لایه تهیه شده توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

آبخیزداری کشور استخراج گردید. به‌منظور بررسی و پیش‌بینی وضعیت پراکنش گونه مورد بررسی در آینده از متغیرهای اقلیمی تحت دو سناریوی انتشار SSP245 و SSP585 از دو مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL و MRI-ESM2-0 که از بهترین مدل‌های گردش عمومی برای نمایش شبیه‌سازی دما و بارش در سراسر کشور هستند (۱ و ۵۶)، استفاده شد.

جدول ۱: توصیف اقلیمی متغیرهای زیست اقلیمی

نمایه متغیر	توصیف اقلیمی	نمایه متغیر	توصیف اقلیمی
BIO_1	میانگین دمای سالیانه	BIO_{11}	میانگین دمای سردترین فصل سال
BIO_2	میانگین دامنه دمای روزانه	BIO_{12}	مجموع بارندگی سالانه
BIO_3	شاخص هم‌دمایی ($۱۰۰x(BIO_2/BIO_7)$)	BIO_{13}	مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه
BIO_4	تغییرات فصلی دما	BIO_{14}	مجموع بارندگی کم بارش‌ترین ماه
BIO_5	حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال	BIO_{15}	ضریب تغییرات بارندگی طی فصول مختلف
BIO_6	حداقل دمای سردترین ماه سال	BIO_{16}	مجموع بارندگی پربارش‌ترین فصل سال
BIO_7	دامنه سالانه دما ($BI0_5$-BIO_6)	BIO_{17}	مجموع بارندگی کم بارش‌ترین فصل سال
BIO_8	میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال	BIO_{18}	مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل سال
BIO_9	میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال	BIO_{19}	مجموع بارندگی سردترین فصل سال
BIO_{10}	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال		

اصلاح لایه‌های اقلیمی

در این مرحله تمامی لایه‌های محیطی (اقلیمی، توپوگرافی و کاربری اراضی) از نظر محدوده مکانی، تعداد پیکسل و سیستم تصویر در نرم‌افزار ArcGIS هماهنگ‌سازی شدند (۳۲ و ۴۴). همچنین وجود همبستگی بین همه لایه‌های محیطی توسط آزمون آماری پیرسون (Pearson) در نرم‌افزار SPSS بررسی شد (۴۴) و سپس از جفت متغیری که دارای همبستگی بالاتر از ۸۰ درصد بودند، با توجه به مطالعات قبلی صورت گرفته، متغیرهایی که دارای اهمیت بیشتری هستند، انتخاب شدند (۴ و ۳۸). در نهایت تعداد ۱۰ متغیر به‌عنوان ورودی مدل انتخاب شدند که شامل درصد شیب (Slope)، جهت شیب (Aspect)، کاربری اراضی (Landuse)، شاخص هم‌دمایی (BIO_3)، تغییرات فصلی دما (BIO_4)، میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال (BIO_9)، میانگین دمای سردترین فصل سال (BIO_{11})، ضریب تغییرات بارندگی طی فصول مختلف (BIO_{15})، مجموع بارندگی کم بارش‌ترین فصل سال (BIO_{17}) و مجموع بارندگی سردترین فصل سال (BIO_{19}) می‌باشند.

مدلسازی پراکنش گونه‌ای

در این پژوهش، از بین مدل‌های پراکنش گونه‌ای مختلف، از مدل آنتروپی بیشینه (Maxent) برای پیش‌بینی پراکنش فعلی و آینده گونه مورد مطالعه استفاده شده است؛ به این دلیل که ورودی آن فقط داده های حضور گونه است و حتی برای تعداد نقاط حضور کم گونه نیز پیش‌بینی آن قوی و دقیق است (۱۴).

مدل مکسنت، برای گونه مورد مطالعه، در مقطع زمانی فعلی اجرا شد و یک نقشه پراکنش مکانی برای گونه تولید کرد. از طریق آزمون جک نایف نیز اهمیت هر یک از متغیرهای محیطی تعیین گردید.

برای پیش‌بینی پراکنش آینده گونه در سال ۲۰۵۰، با استفاده از آستانه بهینه ROC و معیار AUC، نقشه‌های پیش‌بینی به دو طبقه مناسب و نامناسب طبقه‌بندی شدند (۴۹). سپس جهت تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش آینده گونه مورد بررسی از دو سناریو انتشار SSP245 و SSP585 و دو مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL و MRI-ESM2-0 برای سال ۲۰۵۰ استفاده گردید. در مرحله بعد از طریق مقایسه نقشه‌های به‌دست آمده حال حاضر و سال ۲۰۵۰ برای گونه مطالعه شده، مساحت رویشگاه‌های افزایش یافته، کاهش یافته یا حفظ شده توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی تعیین گردید (۳۷).

ارزیابی مدل

به‌منظور افزایش دقت و کارایی مدل ۱۵ تکرار انجام گردید که در هر بار تکرار، دسته‌بندی تصادفی صورت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

پذیرفت. تقسیم تصادفی داده به این شکل انجام گرفت که در هر تقسیم تصادفی، ۷۵ درصد داده‌ها به‌عنوان داده‌های آموزشی و ۲۵ درصد آن‌ها به‌عنوان داده‌های آزمون استفاده گردیدند (۳۹). جهت ارزیابی مدل در تهیه نقشه مکان‌های مناسب برای گونه مورد مطالعه از سطح زیر منحنی ROC یا شاخص AUC استفاده گردید (۳۹). این شاخص با استفاده از جدول خطاهای اندازه گیری شده به برآورد عددی از قابلیت مدل جهت پیش‌بینی نقاط مناسب و نامناسب برای حضور گونه می‌پردازد (۳۷) (جدول ۲).

جدول ۲: ماتریس تطابق نتایج به‌دست آمده از مدل

واقعیت‌زمینی / پیش‌بینی مدل	حضور گونه	عدم حضور گونه
حضور گونه	a	b
عدم حضور گونه	c	d

در خصوص شاخص ROC نرخ مثبت صحیح (رابطه ۱) و نرخ مثبت غلط (رابطه ۲) به‌ترتیب بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه می‌گردد:

رابطه (۱) $TP=a/a+c$

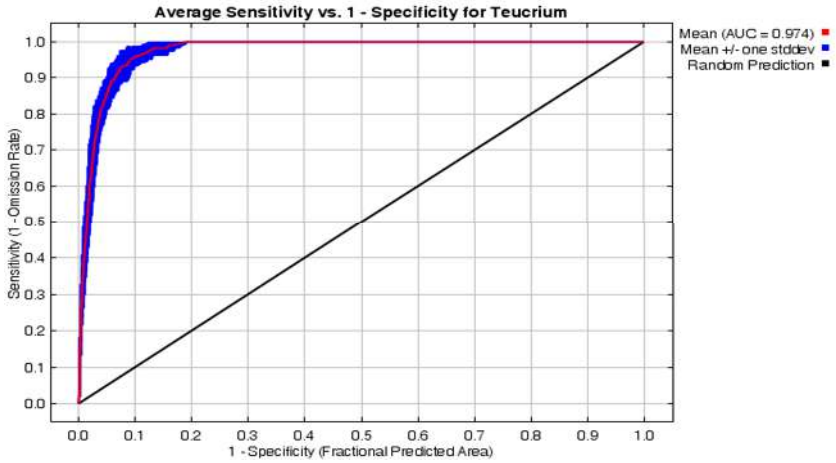
رابطه (۲) $FP=b/b+d$

در صورتی که مقادیر زیر سطح منحنی (AUC) دارای ارزش بیشتر از ۰/۹ باشد به‌عنوان مدلی با قدرت تشخیص یا پیش‌بینی عالی شناخته می‌شود. در حالیکه اگر دارای ارزش ۰/۹ – ۰/۷ باشد دارای پیش‌بینی قابل قبول و کمتر از ۰/۷ دارای پیش‌بینی ضعیف قلمداد می‌شود (۱۸).

نتایج

ارزیابی مدل

بر اساس شاخص AUC (AUC > 0/9)، ارزیابی عملکرد مدل مکسنت به‌منظور پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های گونه مریم نخودی در منطقه مورد مطالعه با میزان ۰/۹۷۴ در رتبه عالی قرار می‌گیرد (شکل ۲).



شکل ۲: منحنی ROC بر اساس مدل مکسنت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

اهمیت عوامل محیطی اثرگذار بر پراکنش گونه مریم نخودی

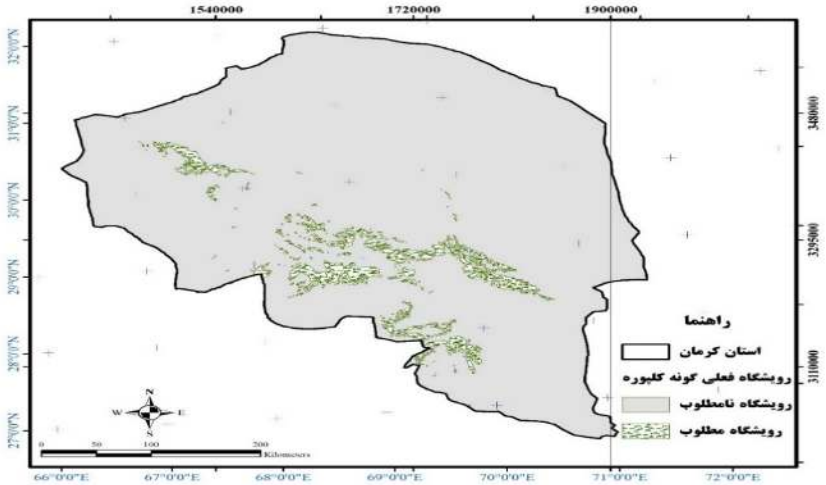
سهم نسبی یا میزان اهمیت هر یک از متغیرهای محیطی وارد شده به مدل مکسنت به‌منظور پیش‌بینی مناطق مطلوب برای حضور گونه مریم نخودی در جدول (۳) به نمایش گذاشته شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که بیشترین سهم یا اهمیت در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه مریم نخودی مربوط به متغیرهای درصد شیب (Slope)، مجموع بارندگی سردترین فصل سال (BIO_{19}) و میانگین دمای سردترین فصل سال (BIO_{11}) است و در واقع مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار بر مطلوبیت رویشگاه گونه مریم نخودی هستند.

جدول ۳: اهمیت نسبی متغیرهای میحطی در مدل مکسنت برای پراکنش مریم نخودی

متغیر	اهمیت نسبی
درصد شیب	۲۴/۴
مجموع بارندگی سردترین فصل سال	۱۷/۲
میانگین دمای سردترین فصل سال	۱۰
ضریب تغییرات بارندگی طی فصول مختلف	۹/۱
کاربری اراضی	۸/۷
شاخص هم‌دمایی	۸/۳
میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال	۷/۵
مجموع بارندگی کم بارش‌ترین فصل سال	۶
جهت شیب	۴/۷
تغییرات فصلی دما	۴

پیش‌بینی تناسب رویشگاهی گونه مریم نخودی در شرایط اقلیمی حال حاضر

تناسب رویشگاهی منطقه مورد مطالعه برای گونه مریم نخودی با استفاده از مدل مکسنت مورد بررسی قرار گرفت و نقشه تناسب رویشگاه برای زمان حال حاضر برای گونه مورد بررسی تهیه گردید که در واقع این نقشه نشان دهنده مناطق مطلوب برای رخداد گونه در زمان حاضر است (شکل ۳). تناسب رویشگاه گونه بر حسب طبقات احتمال رخداد گونه نمایش داده شده است. احتمال رخداد گونه بین ۰ تا ۱ متغیر است. در نقشه نیز نواحی احتمال رخداد یا حضور گونه (رویشگاه مطلوب) به رنگ سبز و نواحی عدم حضور گونه (رویشگاه نامطلوب) به رنگ خاکستری نشان داده شده است.



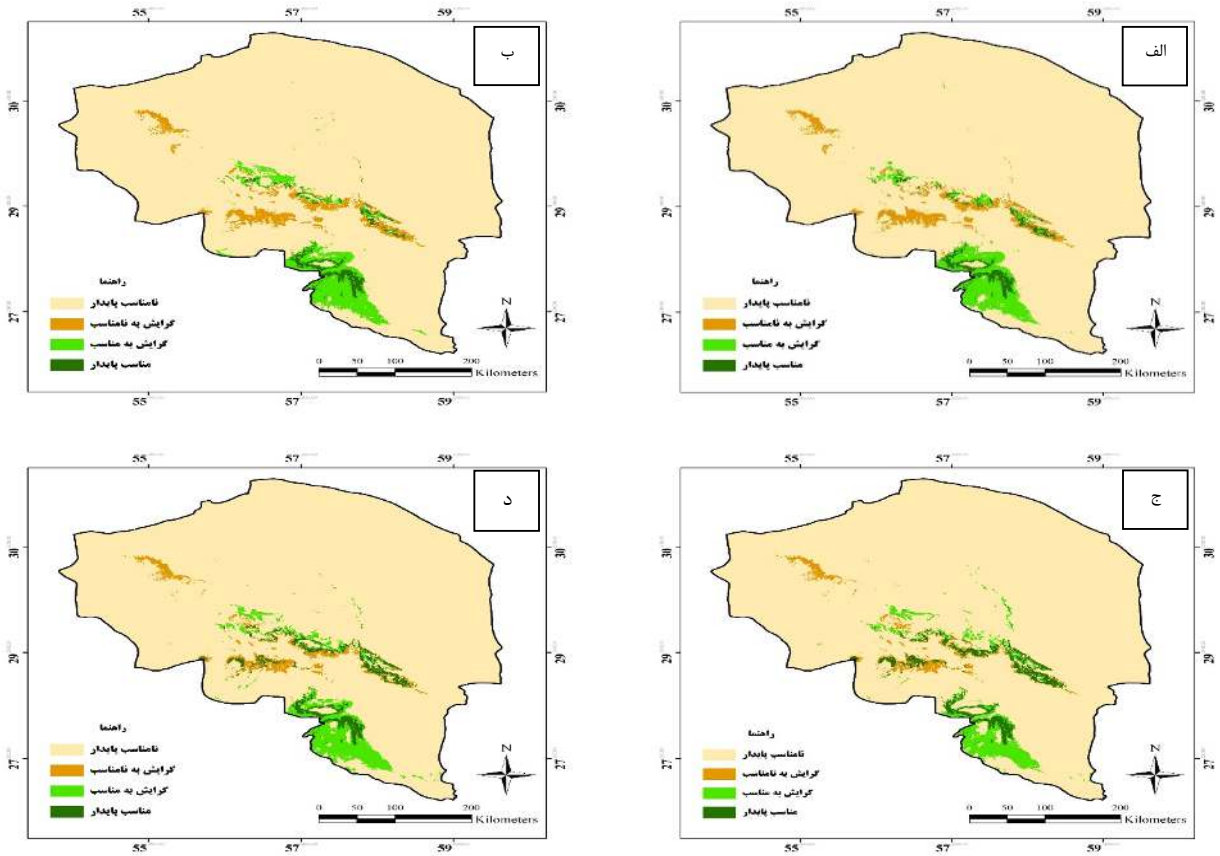
شکل ۳: نقشه تناسب اقلیمی رویشگاه برای گونه مریم نخودی در شرایط اقلیمی حال حاضر

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

تغییرات اندازه محدوده پراکنش گونه مریم نخودی تحت تاثیر تغییر اقلیم

به‌منظور تحلیل تغییرات اندازه محدوده پراکنش گونه مریم نخودی برای سال ۲۰۵۰ با مدل‌های گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL و MRI-ESM2-0 تحت سناریوهای اقلیمی SSP245 و SSP585 نقشه‌های تغییرات اندازه محدوده پراکنش در چهار گروه به‌دست آمد. الف) رویشگاه‌های مناسب پایدار: رویشگاه‌هایی می‌باشند که در زمان حاضر گونه در آن‌ها حضور دارد و پیش‌بینی می‌گردد که در آینده هم گونه در آن‌ها حضور داشته باشد؛ ب) گرایش به نامناسب: رویشگاه‌هایی هستند که گونه در حال حاضر در آنها حضور دارد اما پیش‌بینی می‌شود که تغییر اقلیم منجر به نامطلوب شدن شرایط اقلیمی برای این گونه می‌گردد؛ ج) گرایش به مناسب: رویشگاه‌هایی که در حال حاضر گونه در آن‌ها حضور ندارد اما پیش‌بینی بر آنست که تغییر اقلیم باعث مناسب شدن شرایط اقلیمی برای حضور این گونه در آینده می‌شود؛ د) رویشگاه‌های نامناسب پایدار: رویشگاه‌هایی که پیش‌بینی می‌شود هم در شرایط اقلیمی فعلی و هم در شرایط اقلیمی آینده برای گونه نامطلوب بوده و این گونه در آن‌ها حضور نخواهد داشت (شکل ۴).



شکل ۴: تغییرات اندازه محدوده پراکنش گونه *Tecrium polium* تحت تاثیر تغییر اقلیم در سال ۲۰۵۰ در استان کرمان. (الف) تغییرات اندازه محدوده پراکنش گونه تحت سناریو SSP245 مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL، (ب) تغییرات اندازه محدوده پراکنش گونه تحت سناریو SSP585 مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL، (ج) تغییرات اندازه محدوده پراکنش گونه تحت سناریو SSP245 مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0، (د) تغییرات اندازه محدوده پراکنش گونه تحت سناریو SSP585 مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

نتایج حاصل از بررسی و تحلیل تغییر در اندازه محدوده پراکنش مکانی گونه مریم نخودی با استفاده از نقشه‌های به‌دست آمده برای سال ۲۰۵۰ در دو مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL و MRI-ESM2-0 تحت سناریوهای اقلیمی SSP245 و SSP585 در جدول ۴ بیان گردیده است. بر اساس برآوردهای حاصل در مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL تا سال ۲۰۵۰، تحت سناریو SSP245، ۶۸/۰۸ درصد و تحت سناریو SSP585، ۶۸/۹۳ درصد از رویشگاه‌های مطلوب گونه کاسته و به‌ترتیب ۹۸/۵۴ و ۱۰۶/۹۰ درصد به رویشگاه‌های مطلوب گونه افزوده خواهد شد. همچنین بر اساس برآوردهای حاصل در مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0 تا سال ۲۰۵۰، تحت سناریو SSP245، ۴۳/۹۴ درصد و تحت سناریو SSP585، ۵۰/۷۳ درصد از رویشگاه‌های مطلوب گونه کاسته و به‌ترتیب ۸۴/۲۱ و ۹۹/۷۲ درصد به رویشگاه‌های مطلوب گونه افزوده خواهد شد.

جدول ۴: نتایج بررسی و تحلیل تغییر در محدوده پراکنش مکانی گونه *Tecrium polium* برای سال ۲۰۵۰ در دو مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL و MRI-ESM2-0 تحت سناریوهای اقلیمی SSP245 و SSP585

سناریو	مدل گردش عمومی	سال	رویشگاه‌های مطلوب از دست رفته (درصد)	رویشگاه‌های مطلوب به‌دست آمده (درصد)	تغییرات رویشگاه‌های مطلوب (درصد)
SSP245	HadGEM3-GC31-LL	۲۰۵۰	۶۸/۰۸	۹۸/۵۴	۳۰/۴۷
SSP585	HadGEM3-GC31-LL	۲۰۵۰	۶۸/۹۳	۱۰۶/۹۰	۳۷/۹۷
SSP245	MRI-ESM2-0	۲۰۵۰	۴۳/۹۴	۸۴/۲۱	۴۰/۲۷
SSP585	MRI-ESM2-0	۲۰۵۰	۵۰/۷۳	۹۹/۷۲	۴۸/۹۹

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد مدل مکسنت با استفاده از معیار AUC با میزان ۰/۹۷۴، بیانگر عملکرد عالی این مدل برای پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های گونه مریم نخودی در منطقه مورد مطالعه است. در تحقیقات متعددی نشان داده شده است که مدل حداکثر آنتروپی (مکسنت) توانایی بالایی به‌منظور پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای دارد. مدل مکسنت به این علت که تنها از داده‌های حضور گونه برای مدلسازی استفاده می‌کند، بسیاری از پیچیدگی‌های مختص به روش‌هایی که هم از داده‌های حضور گونه و هم از داده‌های عدم حضور گونه استفاده می‌کنند را ندارد (۴۰) و همچنین در تمامی اندازه نمونه‌ها کارایی بالاتری در مقایسه با سایر مدل‌ها دارد و به طور کلی از حساسیت کمتری نسبت به اثر اندازه نمونه برخوردار است (۱۳). نتایج مطالعات علی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۲) در پیش‌بینی تاثیر تغییراقلیم بر پراکنش گیاه مریم نخودی و همچنین یافته‌های زنگی آبادی و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر دامنه پراکنش گونه *Prunus eburnean* نیز حاکی از عملکرد عالی مدل مکسنت است. نتایج به‌دست آمده در این مطالعات، با نتایج مطالعات کوبن (۲۰۱۵) و کین و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد.

نتایج بیانگر آن است که بیشترین سهم یا اهمیت در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه مریم نخودی مربوط به متغیرهای درصد شیب، مجموع بارندگی سردترین فصل سال و میانگین دمای سردترین فصل سال است و در واقع مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار بر مطلوبیت رویشگاه گونه مریم نخودی هستند. ویژگی‌های توپوگرافی به خصوص شیب از اصلی‌ترین عوامل الگوی پراکنش پوشش گیاهی است (۵۳). یافته‌های علی نژاد و همکاران (۲۰۲۲) نیز در پیش‌بینی تاثیر تغییراقلیم بر پراکنش گیاه مریم نخودی نشان داد که شیب از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی موثر بر پراکنش گیاه مریم نخودی است. در همین زمینه نتایج ابوالمعالی و همکاران (۲۰۱۸) در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه کرفس کوهی در شهرستان فریدونشهر نشان می‌دهد که یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر پراکنش این گونه شیب است. همچنین نتایج حاصل از اهمیت متغیرهای اقلیمی تأثیرگذار بر پراکنش گونه مریم نخودی بیانگر آن است که مجموع میانگین سهم مربوط به متغیرهای محیطی مختص بارش بیشتر از مجموع میانگین سهم مربوط به متغیرهای محیطی مختص دما است. به صورت کلی افزایش دمایی در اکوسیستم‌های گوناگون، تغییرات الگوهای بارشی در مناطق مختلف جهان و بالا

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

آمدن سطح آب دریاها از اصلی‌ترین شاخص‌های تغییرات اقلیمی می‌باشند که در پراکنش و تراکم پوشش گیاهی نقش به سزایی دارند. همبستگی بسیار زیاد و ارتباط نزدیک مابین پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی به صورتی است که تغییر در هر یک از آن‌ها، تأثیر فروانی بر دیگر کارکردهای اکوسیستم می‌گذارد. گرمایش جهانی با اثرگذاری بر چرخه‌های هیدرولوژیکی کره زمین، الگوهای بارش را نیز متاثر خواهد کرد. با وجود اینکه نتایج غالب پیش‌بینی‌ها نشان‌دهنده آن است که میانگین بارش جهان در شرایط اقلیمی آینده تا حد کمی افزایش می‌یابد، اما این افزایش، غالباً در عرض‌های جغرافیایی شمالی رخ می‌دهد و مناطق خشک و نیمه خشک جهان با کمبود جدی بارش مواجه خواهند بود و بنابراین تغییرات اقلیمی آینده در این منطقه پراکنش گیاهان را تحت تأثیر قرار خواهد داد (۴۷). در مطالعات متعددی از دما و بارش به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های گیاهی نام برده شده است (۷، ۳۳ و ۵۲).

یافته‌های حاصل در زمینه تغییرات اندازه محدوده پراکنش رویشگاه‌های مطلوب این گونه با توجه به شرایط حال حاضر و تحت تاثیر تغییرات اقلیمی تا سال ۲۰۵۰ نشان داد که در هر دو مدل گردش عمومی HadGEM3-GC31-LL و MRI-ESM2-0 تحت سناریوهای SSP245 و SSP585، درصد رویشگاه‌های مطلوب به‌دست آمده بیشتر از درصد رویشگاه‌های مطلوب از دست رفته است و در واقع رویشگاه‌های مطلوب این گونه در آینده افزایش می‌یابد. چنانکه در مطالعات گزارش شده است که گیاه مریم نخودی با به کارگیری برخی مکانیسم‌های دفاعی از قبیل کاهش ارتفاع گیاه، تجمع پرولین و پروتئین در اندام‌های هوایی به‌عنوان مواد آلی تنظیم کننده فشار اسمزی واکنش مناسبی در مقابل تنش خشکی نشان می‌دهد (۵۰) و بر این اساس می‌تواند در آینده با توجه به تغییرات اقلیمی رویشگاه‌های مطلوب جدیدی برای خود به‌دست آورد. پیش‌بینی‌ها بر آن است که اکثر گونه‌های گیاهی در مواجهه با تغییر اقلیم نتوانند رویشگاه‌های مطلوب خود را حفظ کنند و آن‌ها را از دست بدهند اما برخی پیش‌بینی‌ها بر این موضوع استوارند که گونه‌های گیاهی در مواجهه با تغییر اقلیم رویشگاه‌های مطلوب جدیدی به‌دست آورده و بر وسعت رویشگاه‌های مطلوب خود می‌افزایند (۵۱). بنابراین می‌توان این موضوع را تایید کرد که عکس‌العمل گونه‌های گیاهی در مواجهه با تغییرات اقلیمی می‌تواند متفاوت باشد (۲۹). چنانکه نتایج مطالعات علی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۲) در پیش‌بینی تاثیر تغییراقلیم بر پراکنش گیاه مریم نخودی بیانگر آن است که در سناریوی بدبینانه در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر وسعت رویشگاه‌های مطلوب این گونه افزوده خواهد شد. همچنین ناروئی و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش رویشگاه گونه *Platychaete aucheri* Boiss. در استان سیستان و بلوچستان به این نتیجه رسیدند که سطح رویشگاه گونه در سال ۲۰۵۰ تحت هر دو سناریو RCP4. 5 و RCP8. 5 افزایش قابل توجهی خواهد یافت. در همین زمینه سینگ و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقات خود که پراکنش گونه دارویی *Dactylorhiza hatagirea* را تحت سناریوهای چندگانه اقلیمی در غرب هیمالیا پیش‌بینی کردند، اظهار داشتند که در سناریوهای مورد بررسی، به سطح رویشگاه‌های این گونه افزوده می‌شود.

با توجه به پیچیدگی‌ها و دشواری‌هایی که در زمینه بررسی روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی وجود دارد، تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی، امروزه از شیوه توصیفی به سوی زمینه‌های کمی رفته است. مدل‌های پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی، در زمره مدل‌های استاتیک و احتمالی هستند که روابط ریاضی حاکم و موجود بر توزیع جغرافیایی یک گونه مشخص را با محیط حال حاضر آن‌ها تعیین می‌کنند و علاوه بر تعیین فاکتورهای مهم محیطی در پراکنش گونه، امکان تحلیل منحنی‌های عکس العمل گونه به شرایط محیطی، تعیین دامنه‌های اپتیمم رشد و حضور گونه نسبت به عوامل محیطی و تهیه نقشه پراکنش مکانی گونه مورد مطالعه در زمان‌های حال حاضر و آینده را ایجاد می‌نمایند. این نکته نیز قابل ذکر است که حضور و پراکنش گونه‌های گیاهی در اکوسیستم‌ها به صورت تصادفی نیست، بلکه در ارتباط با عوامل متعددی چون اقلیم، ویژگی‌های فیزیوگرافی، خصوصیات خاک و مدیریت انسانی است و با توجه به اینکه مدل‌های پیش‌بینی کننده پراکنش گونه‌ها قادرند مکان‌های بالقوه مناسب و مساعد را برای پراکنش گونه‌ها پیش‌بینی نمایند، نقشی بسیار مهم در تعیین مناطق مستعد جهت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

احیا مراتع ایفا می‌کنند (۳۱). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، شاهد افزایش در وسعت رویشگاه‌های مطلوب گونه مریم نخودی در آینده در مقایسه با حال حاضر در استان کرمان خواهیم بود. نقشه‌های حاصل از مدل نیز مناطق حساس به تغییر اقلیم گونه مریم نخودی را به جهت استفاده در طرح‌های مرتعی و حفاظتی مشخص می‌نماید. این راهبردها باید به‌منظور حفاظت این مناطق در برابر تهدیدها و به‌منظور بهبود مقاومت گونه منتخب به تغییر اقلیم استفاده شوند تا حضور این گونه را در آینده تضمین کنند.

References

1. Abbasian, M., S. Moghim & A. Abrishamchi, 2019. Performance of the general circulation models in simulating temperature and precipitation over Iran. Theoretical and Applied Climatology, 135: 1465 1483.
2. Abolmaali, S.M.R., M. Tarkesh & H. Bashari, 2018. MaxEnt modeling for predicting suitable habitats and identifying the effects of climate change on a threatened species, *Daphne mucronata*, in central Iran. Ecological Informatics, 43(4): 116-123. (In Persian)
3. Afsharipour, M., 2019. Investigating the effect of climatic factors on the expansion of grasslands in Kerman province using multivariate statistical methods. Master's thesis. Faculty of Water and Soil, Zabol University, 81p. (In Persian)
4. Alinejad, F., A. Mehrabian, A. Ahmadikhah, T. Akbari Azirani & D. Minaei Tehrani, 2022. Predicting the impact of climate change on the abundance of nectar-producing and pollinating plants *Teucrium polium* L and *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. Khoshkboom, 11(2): 75-86. (In Persian)
5. Amici, V., M. Marcantonio, N. La Porta & D. Rocchini, 2017. A multi-temporal approach in MaxEnt modelling: A new frontier for land use/land cover change detection. Ecological informatics, 40: 40-49.
6. Amiri, M., M. Tarkesh & R. Jafari, 2019. Prediction of Artemisia sieberi influence of climate change in steppe and semi-steppe rangelands of Iran-Turani. Journal of Desert Management, 13(1): 29-48. (In Persian)
7. Amissah, L., G.M.J. Mohren, F. Bongers, W.D. Hawthorne & L. Poorter, 2014. Rainfall and temperature affect tree species distribution in Ghana. Journal of Tropical Ecology, 5(30): 435-446.
8. Babaei, F., A. Ebrahimi, A.A. Naghipour & M. Haidarian, 2022. Potential geographic distribution of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. in Chaharmahal Bakhtiari province under climate change scenarios. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 10(20): 207-224. (In Persian)
9. Bahreininejad, B., Z. Jaberalansar & F. Sefidkon, 2023. Modelling potential habitat of *Ferula assa-foiteda* L. using maximum entropy model in Isfahan province. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 11(23) : 133-146. (In Persian)
10. Bazrmanesh, A., M. Tarkesh Esfahani, H. Bashari & S. Pourmanafi, 2018. The effect of climate change on climatic ecological nest of *Bromus tomentellus* Boiss using Maxnet model in Esfahan province. Rangeland and Watershed Management, 71(4): 857-867. (In Persian)
11. Byeon, D.H., S. Jung & W.H. Lee, 2018. Review of CLIMEX and MaxEnt for studying species distribution in South Korea. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 11(3):325-333.
12. Cobben, M.M.P., R. Van Treuren, N.P. Castañeda-Álvarez, C.K. Khoury, C. Kik & T.J.L. Vanhintum, 2015. Robustness and accuracy of Maxent niche modelling for Lactuca species distributions in light of collecting expeditions. Journal of Plant Genetic Resources, 13(2): 153-161.
13. Elith, J., C.H. Graham, & R.P. Anderson, 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. Ecography, 29(2): 129-151.
14. Elith, J., S.J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y.E. Chee & C.J. Yates, 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. Diversity and Distributions, 17(1): 43-57.
15. Fakhimi, E. & M. Khodagholi., 2022. The effect of climate change on the vegetation range of *Bromus tomentellus* Boiss in the rangeland habitats of the Central Zagros, Chaharmahal Bakhtiari Province. Environmental Science Studies, 8(2): 6730-6740. (In Persian)
16. Farzadmehr, J. & H. Sangooni., 2019. Determination of potential habitat of *Anchusa italic* Retzius in Khorasan Razavi Province using enhanced generalized model (GBM). Journal of Rangeland, 13(4): 621-631. (In Persian)
17. Ferrarini, A., G. Rossi, A. Mondoni & S. Orsenigo, 2014. Prediction of climate warming impacts on plant species could be more complex than expected, evidence from a case study in the Himalaya. Ecological Complexity, 20: 307-314.
18. Fourcade, Y., J.O. Engler, D. Rodder & J. Secondi, 2014. Mapping species distributions with Maxent using a geographically biased sample of presence data: a performance assessment of methods for correcting sampling bias. PLoS One, 9(5): 1-13.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

19. Franklin, J., 2010. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press, England, 318p.
20. Gilani, H., M.A. Goheer, H. Ahmad & K. Hussain, 2020. Under predicted climate change: Distribution and ecological niche modelling of six native tree species in Gilgit-Baltistan, Pakistan. Ecological Indicators, 111: 20-40.
21. Haidarian Aghakhani, M., R. Tamartash, Z. Jafarian, M. Tarkesh Esfahani & M.R. Tatian, 2017. Forecasts of climate change effects on *Amygdalus scoparia* potential distribution by using ensemble modeling in Central Zagros. Journal of RS & GIS for Natural Resources, 8(3): 1-14. (In Persian)
22. Hijmans, R.J. & C.H. Graham., 2006. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. Global change biology, 12(12): 2272-2281.
23. Integrated rangeland management plan for Abdoran rangeland. 2021. Rafsanjan County Natural Resources Department, 130p.
24. IPCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 976 pp.
25. Jalili, A., 2021. The need to change the approach in managing the country's natural environments Part 5 The need to change the approach in range management: Development of rangeland management plans using the ecosystem approach. Journal of Iran Nature, 6(2): 3-3. (In Persian)
26. Kerman Province Management and Planning Organization, 2016. Second-stage studies of Kerman Province planning and review of the first-stage studies (final edition). 1-12.
27. Khajoei Nasab, F., A. Mehrabian & A. Nemati Parshkouh, 2022. Predicting the Effect of Climate Change on the Distribution of *Echium Amoenum* and *Echium Italicum* in Iran. Iranian Journal of Applied Ecology, 10(4): 1-21. (In Persian)
28. Kharazmi, H., S. Kalantari, M. Sadeghinia & M.J. Ghaneei Bafghi, 2023. Investigation of Environmental Factors Affecting the Distribution of *Calligonum bungei* Species in Rangelands of Kerman Province. Journal of Rangeland, 17(2): 285-295. (In Persian)
29. Kolanowska, M., M. Kras, M. Lipinska, M. Mystkowska, D.L. Szlachetko & A.M. Naczk, 2017.Global warming not so harmful for all plants - response of holomycotrophic orchid species for the future climate change. Scientific Reports, 7(1): 1-13.
30. Koocheki, A., M. Nassiri Mahallati, E. Azizi & H.R. Khazaei, 2008. Feasibility study for domestication of *Teucrium polium* L. based on ecological agriculture. Iranian Agricultural Research, 6(2): 395-404.
31. Mahmoudian Darwishani, s., 2019. Modeling species distribution and the impact of climate change on the habitats of *Artemisia aucheri* Boiss and *Artemisia seiberi* Besser in the Karkas protected area. Master's thesis. Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, 84p. (In Persian)
32. 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. (In Persian)
33. Moraitis, M.L., V.D Valavanis & I. Karakassis, 2019. Modelling the effects of climate change on the distribution of benthic indicator species in the Eastern Mediterranean Sea. Science of the Total Environment, 667: 16-24.
34. Motamedi, J., M. Khodagholi & R. Khalifazadeh, 2022. Assessment of the effects of climate change on the future range of *Stipa barbata* in the southern Alborz region. Natural Ecosystem Management, 2(2): 13-22. (In Persian)
35. Naghipour, A.S., M. Haidarian & H. Sangooni, 2019. Application of consensus modeling method in predicting the effects of climate change on the distribution of inverted tulip species (*Fritillaria imperialis* L.). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 32(3): 747-758. (In Persian)
36. Narouei, M., S.A. Javadi, M. Khodagholi, M. Jafari & R. Azizianezhad, 2023. Modeling potential habitats for Gymnocarpus decander using multivariate statistical methods and logistic regression (Case study: Sistan and Baluchestan Province). Journal of Rangeland Science, 13(3): 1-11. (In Persian)
37. Nazari, S., Z. Jafarian, J. Alavi & A.A. Naghipour Borj, 2022. Predicting the geographical distribution of *Alopecurus textilis* Boiss rangeland species on basis Consensus approach of climate change in Mazandaran province. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 9(19): 137-155. (In Persian)
38. Nazari, S., Z. Jafarian, S.J. Alavi & A.A. Naghipour, 2021. The Impact of Climate Change on The Geographic Distribution of Thymus Kotschyanus (Boiss and Hohen) Using Ensemble Modelling. Desert Management, 9(3): 1-16.
39. Philips, S.J. & Dudik, M., 2008. Modelling of species distribution with Maxent: New extensions and acomprehensive evalution. Ecography, 31(2): 161-175.
40. Phillips, S.J., R.P. Anderson & R.E. Schapire, 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Journal of Ecological Modelling, 190: 231–259.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]

41. Qin, A., B. Liu, G. Quanshui, R. Bussman, F. Ma, Z. Jian & SH. Pei, 2017. Maxent modeling for predicting of climate change on the potential distribution of *Thuja sutchuensis* Franch. An extremely endangered conifer from southwestern China. Global Ecology Conservation, 10(17): 139-146.
42. Rana, S.K., H.K. Rana, S.K. Ghimire, K.K. Shrestha & S. Ranjitkar, 2017. Predicting the impact of climate change on the distribution of two threatened Himalayan medicinal plants of Liliaceae in Nepal. Journal of Mountain Science, 14(3): 558-570.
43. Shabani, N., M. Khoshbakht & A. Hassani, 2023. Predicting the effect of climate change on the distribution of Valerian (*Valeriana sisymbriifolia*) using the maximum entropy model in Isfahan province. Integrated Watershed Management, 3(2): 80-98. (In Persian)
44. Sheikhzadeh Ghahnaviyeh, A., M. Tarkesh Esfahani, H. Bashari & S. Soltani Koupaei, 2021. Investigating geographical shifts of *Astragalus verus* under climate change scenarios using random forest modeling (Case study: Isfahan and Chaharmahal va Bakhtiari provinces). Journal of Rangeland, 15(4), 589-602. (In Persian)
45. Singh, L., N. Kanwar, I.D. Bhatt, S.K. Nandi & A.K. Bisht, 2022. Predicting the potential distribution of *Dactylorhiza hatagirea* (D. Don) Soo-an importantmedicinal orchid in the West Himalaya, under multiple climate change scenarios. PloS One, 17(6): 1-19.
46. Suzuki, K., I. Tsuyama, R. Tungalag, A. Narantsetseg, T. Tsendeekhuu, M. Shinoda, N. Yamanaka & T. Kamijo. 2024. Projected distributions of Mongolian rangeland vegetation under future climate conditions. Journal of Plant Ecology, 17(3): 1-12.
47. Tabatabaei, F., 2021. Investigating of climate change and its effects on plants. *Zist Sepehr Student Journal,* 14(3): 30-38. (In Persian)
48. Tarnian, F., H. Azarnivand, R. Yazdanparast, M. Zare Chahouki, M. Jafari & S. Kumar, 2017. Identifying potential habitats and influencing variables on *Daphne mucronata* Royle distribution. Journal of Rangeland, 11(2): 179-193. (In Persian)
49. Thuiller, W., D. Georges, R. Engler, F. Breiner, M.D. Georges & C.W. Thuiller, 2016. Package 'biomod2'. Species distribution modeling within an ensemble forecasting framework. 1-104.
50. Tohidi, Z., H. Sobhanian & A. Baghizadeh, 2017. Evaluation and comparison of ten ecotypes of the medicinal plant *Teucrium polium* L. in tolerance to drought stress. Plant Environmental Physiology, 16(62): 123-138. (In Persian)
51. Urban, M.C., 2015. Accelerating extinction risk from climate change. Science, 348(6234): 571-573.
52. Wilson, K.L., M.A. Skinner & H.K. Lotze, 2019. Projected 21st-century distribution of canopy-forming seaweeds in the Northwest Atlantic with climate change. Diversity and Distributions, 25: 582–602.
53. Yari, R., Gh. Heshmati & H. Rafiei, 2016. Assessing The Potential of Beekeeping and Determination of Attractiveness Range Plants Used Bee by Using Geographic Information System in Char-Bagh Summer Rangelands, Golestan. Journal of RS and GIS for natural resources (journal of applied RS and GIS techniques in natural resource science), 7(3): 1-17. (In Persian)
54. Zangiabadi, S., H. Zare-Mayvan, H. Mostafavi & H. Ranjbar, 2021. Studying the impact of climate change on the distribution range of the species *Prunus eburnea* (Spach) Aitch. & Hemsl using the Maxent model. *Khoshkboom*, 11(1): 63-75. (In Persian)
55. Zare Chahoki, M.A. & M. Abbasi., 2017. Determining the potential habitat of the plant species *Ephedra strobilacea* using the maximum entropy model (Maxent) in Poshtkouh rangelands of Yazd province. Plant Ecosystem Conservation, 4(9): 195-212. (In Persian)
56. Zareian, M.J., H. Dehban & S.A. Gohari, 2023. Evaluation of the accuracy of CMIP6 models in estimating the temperature and precipitation of Iran based on a network analysis. Water and Irrigation Management, 12(4): 783-797. (In Persian)
57. Zhang, K., L. Yao, J. Meng & J. Tao, 2018. Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change. Science of the Total Environment, 634: 1326 1334.
58. Zhang, M.X., Y. Chen, J.X. Guo, R. Zhang, Y.Q. Bi, X.X. Wei, H. Niu, C.H. Zhang & M.H. Li, 2022. Complex ecological and socioeconomic impacts on medicinal plant diversity. Frontiers in Pharmacology, 13: 1-15.
59. Zhang, Y., J. Tang, G. Ren, K. Zhao & X. Wang, 2021. Global potential distribution prediction of *Xanthium italicum* based on MaxEnt model. Scientific Reports, 11(1): 1-10.
60. Zwicke, M., C. Picon-Cochard, A. Morvan-Bertrand, M.P. Prud'homme & F. Volaire, 2015. What functional strategies drive drought survival and re-covery of perennial species from upland grassland?. Annals of Botany, 116(6): 1001-1015.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-10-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.4.3.2]