مقاله پژوهشی **شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4**

بررسی تغییرات گستره جغرافیایی گون زرد تحت سناریوهای تغییر اقلیم با استفاده از روش مدل‌سازی جنگل تصادفی (RF) (مطالعه موردی: استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری)

آسیه شیخ‌زاده قهنویه[۱]، مصطفی ترکش اصفهانی*[۲]، حسین بشری[۳] و سعید سلطانی کوپائی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۹ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۹/۰۱

چکیده

اقلیم یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده پراکنش گیاهان محسوب می‌شود. تغییر اقلیم پیامدهای گسترده‌ای بر اکوسیستم‌های جهان و پراکنش گونه‌های گیاهی دارد. گون زرد (*Astragalus verus* Olivier) گیاهی با ارزش دارویی، صنعتی و حفاظتی است که در دهه‌های اخیر گستره جغرافیایی آن به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است. این مطالعه با هدف پیش‌بینی پراکنش گونه گون زرد تحت تأثیر تغییر اقلیم در استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری صورت گرفت. با استفاده از روش نمونه‌برداری طبقه‌بندی‌شده، نقاط حضور این گونه در طبقات مختلف ارتفاعی در ۸۳ مکان مرتعی ثبت شد. برای مدل‌سازی پراکنش گونه از مدل جنگل تصادفی و با استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی CCSM4 در دو دوره زمانی حال حاضر و سال ۲۰۵۰ تحت دو سناریو خوش‌بینانه RCP2.6 و بدبینانه RCP8.5 با استفاده از بسته Biomod2 در نرم‌افزار R انجام شد. با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون و حذف لایه‌های دارای همبستگی بالا، چهار متغیر محیطی میانگین دمای سالیانه، حداکثر دمای گرم‌ترین ماه، بارندگی در سردترین فصل و ارتفاع از سطح دریا به عنوان متغیرهای اصلی مدل انتخاب شدند. نتایج نشان داد که مدل جنگل تصادفی، با مقادیر AUC و TSS ۰/۹ دارای عملکرد عالی است. سطح رویشگاه مناسب این گونه ۶۹۱۷ کیلومترمربع است که حدود ۵/۶ درصد از کل منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده و با افزایش دما در اثر تغییر اقلیم، وسعت رویشگاه گون زرد در منطقه مورد مطالعه حدود ۵۶/۵ درصد تحت سناریو خوشبینانه و حدود ۸۸/۳ درصد تحت سناریو بدبینانه، کاهش خواهد یافت و رویشگاه گونه در آینده به سمت ارتفاعات بالاتر (حدود ۹۰+ متر) با دمای کم‌تر جابجا خواهد شد. این مطالعه می‌تواند در پهنه‌بندی رویشگاه‌های در معرض خطر این گونه و معرفی مجدد این گونه در زاگرس و ایران مرکزی به کار رود.

واژه‌های کلیدی: زاگرس مرکزی، گونه دارویی، مدل‌سازی رویشگاه، آشیان اکولوژیک، منحنی عکس‌العمل گونه.

[۱] - دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
[۲] - دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
*: نویسنده مسئول: m_tarkesh@iut.ac.ir
[۳] - دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
[۴] - استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

مقدمه

اقلیم، ویژگی‌های خاک، توپوگرافی، کاربری زمین و مجموعه روابط زیستی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش گونه‌ها در مقیاس‌های مختلف هستند (۴۹). در این میان، اقلیم از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده بر پراکنش گیاهان و حتی انقراض محلی برخی گونه‌ها محسوب می‌شود (۴۴). بنابراین تغییر اقلیم پیامدهای گسترده‌ای بر شرایط اکوسیستم‌های جهان و پراکنش گونه‌ها داشته است (۱۴ و ۲۶) و باعث بر هم خوردن تعادل اقلیمی کره زمین شده است (۵۲). تغییر در پراکنش یک گونه در یک محدوده جغرافیایی معین به واسطه تغییر اقلیم می‌تواند منجر به جابه‌جایی تغییر دامنه ارتفاعی حضور گونه شود، این روند ممکن است ایجاد محدودیت رویشی و حتی انقراض گونه را در پی داشته باشد. تغییر گستره جغرافیایی گونه‌ها یک استراتژی برای پایدار ماندن در برابر تغییرات اقلیمی است (۲۲، ۳۳). علاوه بر این نیز فعالیت‌های انسانی باعث شدت گرفتن پیامدهای منفی تغییر اقلیم می‌شود (۴۵). این موارد، ضرورت شناسایی مناطق حضور گونه‌های با ارزش را به منظور اجرای رویکردهای حفاظتی افزایش می‌دهد (۱۲ و ۳۶). بنابراین تعیین رویشگاه‌های مناسب و شناسایی مهم‌ترین عوامل محیطی و انسانی مؤثر بر پراکنش و زوال گونه‌ها در شرایط فعلی و آینده به منظور حفاظت از گونه‌های ارزشمند گیاهی ضروری است (۹).

مدل‌های پراکنش گونه‌ای، مکان‌های بالقوه حضور گونه‌ها را با توجه به شرایط محیطی که گونه در آن حضور دارد پیش‌بینی می‌کنند (۱۹، ۳۱ و ۵۱) و با پیش‌بینی اثرات تغییر شرایط محیطی از جمله تغییر اقلیم، اهمیت زیادی در توسعه رویکردهای کارآمد مدیریتی و حفاظتی دارند (۵). الگوریتم جنگل تصادفی (RF) یکی از روش‌های کلاسه‌بندی و درخت‌های رگرسیونی است که به عنوان یک روش ماشین یادگیری، عملکرد بسیار دقیق و کارآمدی را در مقایسه با سایر درخت‌های رگرسیونی ساده و یا روش‌های آماری پارامتریک ارائه می‌کند (۱۶). این روش با بهره‌گیری از روش تجمیع یا جایگزینی[1] که در اصطلاح به آن Bagging نیز گفته می‌شود، تعداد بسیار زیادی درخت غیرهمبسته تولید کرده و میانگین آن‌ها را محاسبه می‌کند (۱۳). در هر مدل درختی تعدادی از مشاهدات از روند توسعه مدل، خارج شده و برای تخمین خطای مدل و میزان اهمیت متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۳). در پژوهشی برای پیش‌بینی مکانی تولید گونه *Ruditapes philippinarum* نسبت به متغیرهای محیطی در ایتالیا از مدل جنگل تصادفی استفاده کردند و نتایج، پتانسیل رویشگاه‌های این گونه را به خوبی مشخص نمود (۴۸). پراکنش ۱۲۸ گونه گیاهی بومی در کبک کانادا با چهار مدل GAM، GBM، GLM و RF مورد بررسی قرار گرفت و مدل RF به عنوان بهترین مدل پراکنش گونه‌ای تشخیص داده شد (۱۰). سنگونی (۲۰۱۷) و قدیریان و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مطالعات خود از مدل جنگل تصادفی به عنوان بهترین مدل در پیش‌بینی پراکنش و خشکیدگی گونه‌های مورد مطالعه خود یاد کردند.

گون زرد با نام علمی *Astragalus verus* Olivier از گونه‌های با ارزش و اقتصادی مرتعی و بومی ایران است که علاوه بر نقش حفاظت از خاک و تولید عسل، استفاده از صمغ کتیرای آن نیز دارای سابقه‌ای بس طولانی است. ایران بزرگ‌ترین تولیدکننده کتیرای جهان است. حجم صادرات کتیرای ایران در حدود ۵۰ درصد صادرات کتیرای جهان است و بنابر گزارش‌های موجود، مراتع ایران، سالیانه توان تولید حدود ۴۰۰ تن کتیرا را دارد (۴۷) که دارای کاربرد گسترده در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی، نساجی و پزشکی می‌باشد. حدود ۹۰۰ گونه گون در ایران می‌روید که ۱۵۶ گونه آن صمغ کتیرا تولید می‌کنند (۲۹). مشاهدات صحرایی حاکی از وجود سیستم ریشه‌ای بسیار پیچیده گون دارد؛ به‌طوری‌که ریشه آن تا ۱۵ برابر سطح تاج‌پوشش، خاک را حفظ می‌کند. از طرف دیگر به علت کرک‌های موجود در سطح برگ‌ها، ظرفیت نگهداری آب در آن‌ها بالا بوده، نقش اسفنج را داشته و مانع از بروز سیلاب می‌گردد (۲۹).

[1]- Bootstrap Aggregation

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

الف

ب

شکل ۱: گون زرد الف) زنده و ب) خشک‌شده (مراتع شهرستان شهرضا- اردیبهشت ۱۳۹۸- شیخ‌زاده)

در دهه‌های اخیر گستره جغرافیایی گون زرد به طور قابل توجهی کاهش یافته است (۳۴). با وجود اهمیت این گونه در کشور، تاکنون مطالعات اندکی در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش این گونه به انجام رسیده است. صفایی و همکاران (۳۴) رویشگاه بالقوه گون زرد را با استفاده از سه مدل همبستگی در غرب استان اصفهان تعیین نمودند. ایشان بر اهمیت رویکرد مدل‌سازی به منظور شناسایی مناطق مطلوب جهت احیاء و حفاظت از گونه‌های بومی با ارزش و در معرض خطر تأکید نمودند. خداقلی و صبوحی (۲۰۱۹) در بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی و تأثیر آن بر رویشگاه‌های گون زرد در استان اصفهان با بررسی ۵۶ متغیر اقلیمی مؤثر بر رویشگاه گون زرد نشان دادند که عوامل دما، بارش و باد از مهم‌ترین عامل‌های اقلیمی تأثرگذار بر زوال این گونه می‌باشند و رویشگاه‌هایی که از تعداد روزهای یخبندان و برفی بیش‌تر و دمای کم‌تر برخوردار بودند این گونه حضور بیش‌تری داشته است. طیموری اصل و همکاران (۲۰۲۰a) در مطالعه‌ای با هدف شناسایی رویشگاه‌های مناسب و تعیین پراکنش جغرافیایی گون زرد، پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر پراکنش جغرافیایی گون زرد و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش این گونه در زاگرس مرکزی با استفاده از هفت مدل پراکنش گونه‌ای و نه متغیر، بیان کردند که تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای قابل توجهی بر رویشگاه‌های مطلوب گون زرد وارد سازد و وسعت رویشگاه‌های مطلوب این گونه در محدوده مورد مطالعه کاهش یافته و به سمت ارتفاعات بالاتر، جابجا خواهد شد.

این مطالعه با هدف شناسایی رویشگاه‌های مناسب و تعیین پراکنش جغرافیایی گون زرد در بخش‌هایی از زاگرس و ایران مرکزی در شرایط حال حاضر و پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای خوش‌بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5) و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش این گونه در منطقه مورد مطالعه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری جمعاً با مساحتی حدود ۱۲/۳ میلیون هکتار واقع در بخش‌هایی از زاگرس و ایران مرکزی با مختصات جغرافیایی ′۴۲ °۳۰ تا ′۳۰ °۳۴ عرض شمالی و ′۳۰ °۴۹ تا ′۰۰ °۵۵ طول شرقی انجام شد (شکل ۲). این منطقه به‌طور کلی دارای آب و هوا و خصوصیات طبیعی ویژه‌ای است که باعث تنوع زیستی بالای آن شده است (۴۶). با توجه به این‌که این گونه در دامنه ارتفاعی بین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر از سطح دریا در دو استان یافت می‌شود، امکان بررسی تغییرات گستره جغرافیایی گونه نسبت به تغییرات اقلیمی از نظر تئوری در این منطقه وجود دارد. این منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه به‌طور عمده در منطقه اقلیمی خشک سرد و نیمه‌خشک سرد قرار می‌گیرند. از نظر طبقه‌بندی خاک بر اساس روش تاکسونومی به طور عمده

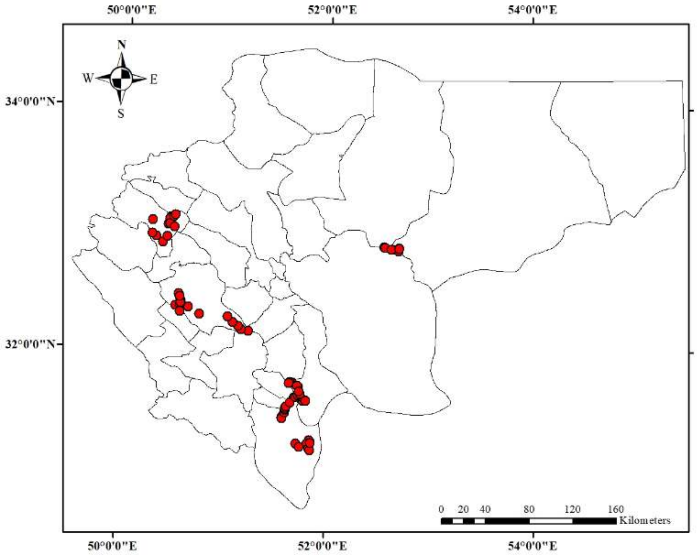
[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

خاک منطقه در زیرگروه تیپیک هاپلوکلسیدز[1] قرار دارد و تحت گروه‌های بزرگ خاک، خاک‌های تکامل نیافته تا تکامل یافته، کم‌عمق تا عمیق، بافت سبک تا سنگین را شامل می‌گردد (۴۷).

جمع‌آوری داده‌های حضور گونه

با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده، داده‌های حضور گونه با استفاده از GPS و بازدیدهای میدانی ثبت شد. بدین منظور، منطقه مطالعاتی بر اساس طبقات مختلف ارتفاعی، لایه‌بندی شد و سپس در هر لایه به صورت تصادفی، مکان حضور گونه (منطقه‌ای که شامل تمامی طبقات سنی گیاه باشد) انتخاب گردید. بدین ترتیب تعداد ۸۳ مکان حضور گونه گون زرد ثبت شد. در هنگام ثبت نقاط حضور، سعی شد تا مناطقی به عنوان محل حضور گونه در نظر گرفته شوند که حداقل یک لکه به مساحت یک کیلومتر مربع را پوشش دهند.



شکل ۲: موقعیت منطقه مورد مطالعه (استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری). نقاط ثبت حضور گون زرد با علامت دایره بر روی نقشه نمایش داده شده‌اند.

متغیرهای محیطی

تعداد ۱۹ متغیر زیست-اقلیمی مشتق شده از دما و بارش (Bio1-Bio19) در دو مقطع زمانی حال حاضر و سال ۲۰۵۰ (سال ۲۰۴۰ تا ۲۰۶۰) از پایگاه اطلاعاتی CHELSA (۲۴) دریافت شد. متغیرهای زیست-اقلیمی دریافت شده، متعلق به سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۳ بود و برای باقی‌مانده سال‌ها (۲۰۱۹-۲۰۱۴) با استفاده از داده‌های بارش و دمای ماهانه به کمک بسته dismo در نرم‌افزار R تولید شد. در این مطالعه از مدل گردش عمومی CCSM4 به عنوان یکی از دقیق‌ترین مدل‌های اقلیمی برای پیش‌بینی و به دلیل نزدیک بودن شرایط آن به کشور ایران که صحت آن در نیمکره شمالی تأیید شده است (۳۶) تحت دو سناریو خوش‌بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5) استفاده شد. RCPs[2] سناریوهای تغییر اقلیم هستند که به منظور استفاده در ورودی مدل گردش عمومی جو تدوین شده‌اند و نشان دهنده روند غلظت مختلف گازهای گلخانه‌ای شامل دی‌اکسیدکربن، بخار آب، اکسیدهای ازت، متان و ازن هستند که این روندها در گزارش ارزیابی پنجم در سال ۲۰۱۴ پذیرفته شده‌اند (۳۰).

از مدل رقومی ارتفاع (DEM) حاصل از پایگاه داده CHELSA نقشه‌های شیب و جهت در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.7 تولید شد و به عنوان متغیرهای فیزیوگرافی مورد استفاده قرار گرفت. تمامی لایه‌های محیطی از نظر

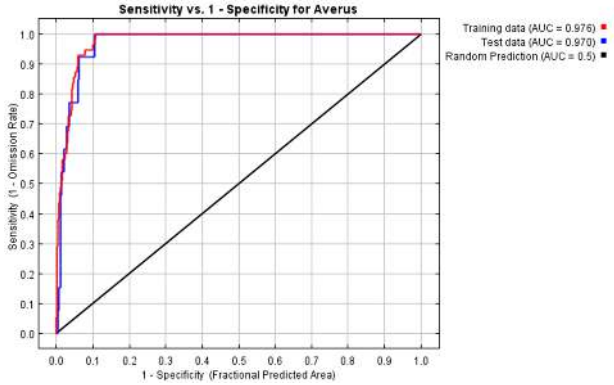
[1]- Typic Haplocalcids

[2]- Representative Concentration Pathways

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

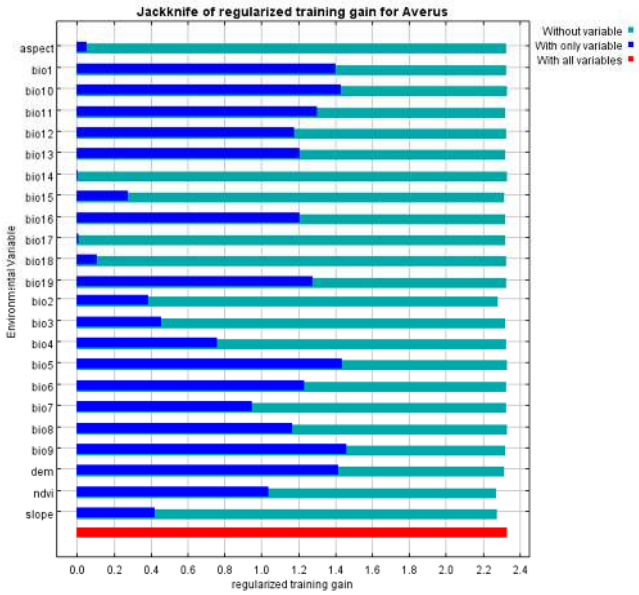
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

محدوده، تعداد پیکسل و سیستم تصویر با دقت ۳۰ ثانیه (حدود یک کیلومترمربع) یکسان‌سازی شدند. روش تحلیل سطح زیر منحنی (مقدار AUC برابر با ۰/۹۷) نشان داد که استفاده از تحلیل جک‌نایف در نرم‌افزار مکسنت دقت بالایی برای انتخاب مهم‌ترین متغیرهای ورودی به مدل دارد و طبق طبقه‌بندی Swets (1988) (۴۱) جزء مدل‌های خوب، طبقه‌بندی می‌گردد (شکل ۳).



شکل ۳: منحنی ROC و مساحت زیر منحنی (AUC) استخراج شده از مدل MAXENT

بنابراین پیش از اجرای مدل‌سازی با استفاده از روش پیرسون بر روی لایه‌های اقلیمی و تحلیل جک‌نایف (شکل ۴) روی همه متغیرهای مورد استفاده (۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی، سه متغیر فیزیوگرافی) ، همبستگی بین متغیرها بررسی شد و مهم‌ترین متغیرهای پیشگو جهت ورود به مدل، انتخاب گردید. متغیرهایی با ضریب همبستگی پیرسون کمتر از ۰/۸ شامل ۴ متغیر Bio1 (میانگین دمای سالیانه)، Bio5 (حداکثر دمای گرم‌ترین ماه)، Bio19 (مجموع بارندگی سردترین سه ماهه متوالی) و مدل رقومی ارتفاع در مدل‌سازی استفاده شدند.



شکل ۴: تحلیل جک‌نایف جهت بررسی اهمیت متغیرهای محیطی در پیش‌بینی پراکنش گونه گون زرد

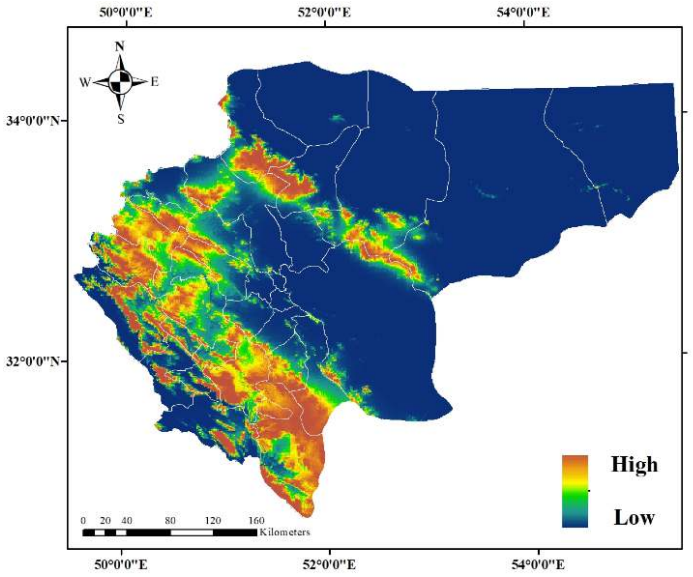
[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

مدل‌سازی

اجرای مدل جنگل تصادفی به منظور پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های مطلوب گون زرد در محیط نرم‌افزار آماری R و با استفاده از بسته Biomod2 (۴۲) انجام شد. الگوریتم جنگل تصادفی مورد استفاده در این مطالعه، یکی از روش‌های کلاسه‌بندی است که به عنوان یک روش ماشین یادگیری، عملکرد بسیار دقیق و کارآمدی را در مقایسه با سایر درخت‌های رگرسیونی ساده و یا روش‌های آماری پارامتریک ارائه می‌کند (۱۶). از آن‌جایی که مدل‌های پراکنش گونه‌ای به نقاط زمینه‌ای (غیاب کاذب) نیز نیاز دارند، تعداد ۴۰۰۰ نقطه زمینه‌ای (۲۸) در منطقه مورد مطالعه و در خارج از سلول‌های حضور ایجاد شد. برای بالا بردن دقت و کارایی مدل، روش جنگل تصادفی با ۱۰ بار تکرار انجام شد. میزان ۸۰ درصد نقاط حضور به عنوان داده-های تعلیمی و ۲۰ درصد باقی‌مانده برای ارزیابی مدل استفاده شد. عملکرد مدل با استفاده از شاخص سطح زیر منحنی (AUC[1]) و شاخص TSS[2] ارزیابی شد (۴). به منظور برآورد اثر تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی گونه مورد مطالعه، ابتدا از یک سطح بحرانی (بر اساس معیار ROC) برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت رویشگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب بر اساس آستانه ۱۰ درصد نقاط حضور در نظر استفاده شد (۴۲، ۲۸). سپس وسعت رویشگاه‌های جدید و رویشگاه‌های نامناسب شده در اثر تغییر اقلیم در سال ۲۰۵۰ برآورد شد.

نتایج

طبق طبقه‌بندی Swets (۴۱) مدل جنگل تصادفی بر اساس معیار TSS (۰/۹۹) و شاخص AUC (۰/۹۹) دارای عملکرد عالی طبقه‌بندی شد. بر اساس نتایج حاصل از مدل جنگل تصادفی، حدود ۵/۶ درصد معادل ۶۹۱۷ کیلومترمربع از مساحت منطقه می‌تواند به عنوان رویشگاه مطلوب گون زرد در نظر گرفته شود (جدول ۱). شکل ۵ رویشگاه‌های مطلوب در حال حاضر گون زرد را بر اساس مدل جنگل تصادفی نشان می‌دهد.



شکل ۵: نقشه رویشگاه مطلوب حال حاضر گون زرد در منطقه مورد مطالعه حاصل از مدل جنگل تصادفی

نتایج تحقیق نشان داد که در آینده تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای قابل توجهی بر رویشگاه‌های مطلوب گون زرد در استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری وارد سازد به طوری‌که انتظار می‌رود بر اساس سناریو RCP2.6 در سال ۲۰۵۰ حدود ۵۶/۵ درصد، معادل ۳۹۱۳ کیلومترمربع و براساس سناریو RCP8.5 در سال ۲۰۵۰

[1]- Area Under the Curve

[2]- True Skill Statistic

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

حدود ۸۸/۳ درصد، معادل ۶۱۱۲ کیلومترمربع، از وسعت رویشگاه‌های گون زرد به واسطه تغییر اقلیم، نامطلوب شود (جدول ۱). بر اساس هر دو سناریو مورد مطالعه رویشگاه‌های مطلوب این گونه در اغلب گستره حضورش به ویژه در مناطق با ارتفاع کمتر، کاهش خواهد یافت در حالی‌که در همین دوره زمانی نسبت به گستره حال حاضر این گونه در حدود ۱۹/۹ درصد معادل ۱۳۸۳ کیلومترمربع تحت سناریو RCP2.6 و حدود ۳۲/۳ درصد معادل ۲۲۴۱ کیلومترمربع تحت سناریو RCP8.5 به وسعت رویشگاه‌های مطلوب این گونه در مناطقی با ارتفاع بیش‌تر، اضافه خواهد شد (جدول ۱). بر اساس یافته‌ها اگر سناریو RCP8.5 (سناریو بدبینانه) به وقوع بپیوندد، اثرات شدیدتری بر گستره رویشگاه‌های مطلوب گون زرد در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌گردد. هر دو سناریو مورد مطالعه جابه‌جایی رویشگاه‌های مطلوب گون زرد را به سمت ارتفاعات بالاتر به طور میانگین در حدود ۹۰+ متر جابه‌جایی پیش‌بینی می‌نمایند.

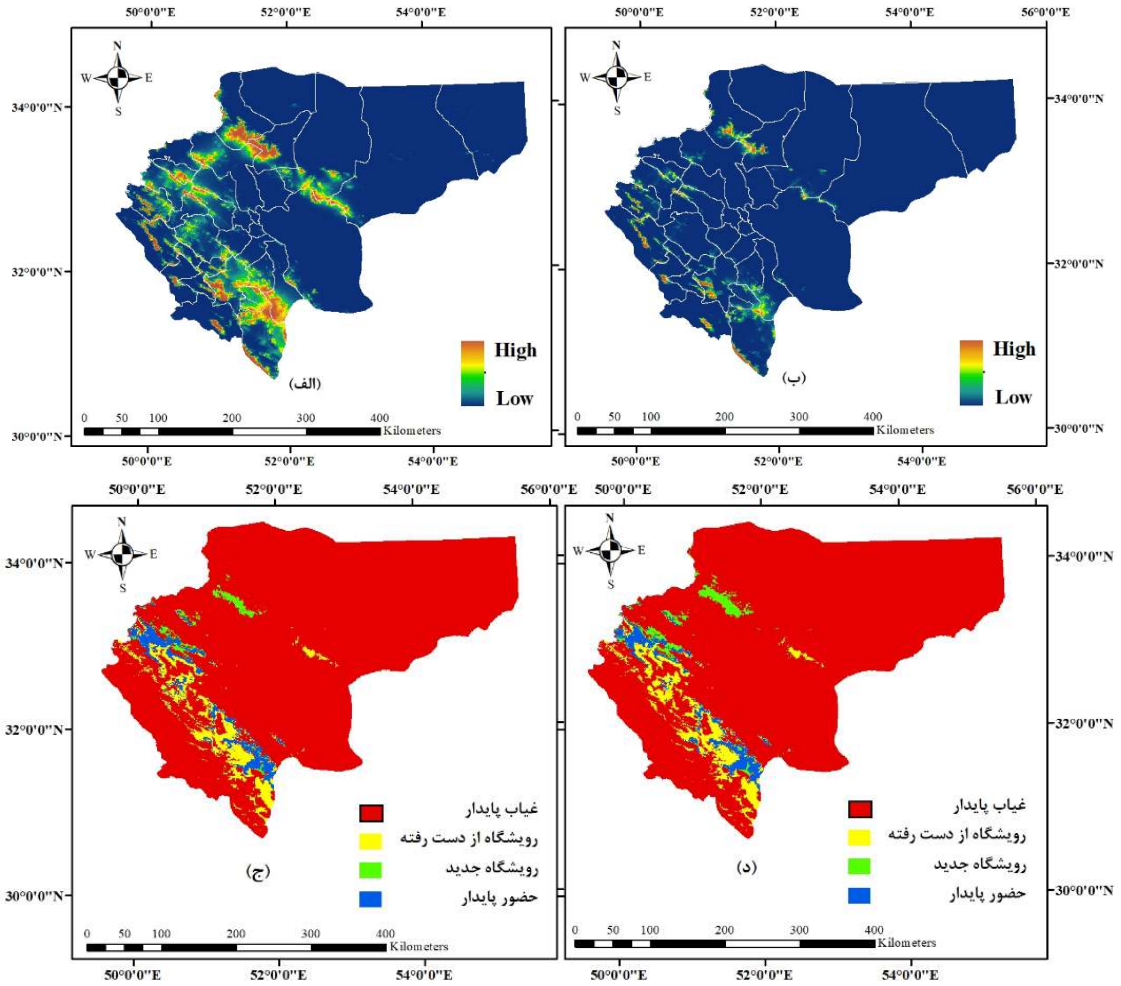
جدول ۱: تغییر در وسعت رویشگاه‌های مطلوب گون زرد تا سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای اقلیمی RCP2.6 و RCP8.5 و مدل گردش عمومی CCSM4 در منطقه مورد مطالعه

سناریو	رویشگاه جدید		رویشگاه از دست رفته		غیاب فعلی (km^2)	حضور فعلی (km^2)
	درصد	مساحت (km^2)	درصد	مساحت (km^2)		
	سال ۲۰۵۰				حال حاضر	
RCP2.6	۱۹/۹	۱۳۸۳	۵۶/۵	۳۹۱۳	۱۱۶۲۴۹	۶۹۱۷
RCP8.5	۳۲/۳	۲۲۴۱	۸۸/۳	۶۱۱۲		

نقشه مناطق مناسب برای پراکنش حضور گونه گون زرد در سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 و مدل گردش عمومی CCSM4 تهیه شد (شکل ۶). طبق نتایج، پیش‌بینی می‌شود وسعت رویشگاه‌های مطلوب گون زرد در سال ۲۰۵۰ و خصوصاً تحت سناریو RCP8.5 به شدت کاهش خواهد یافت.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

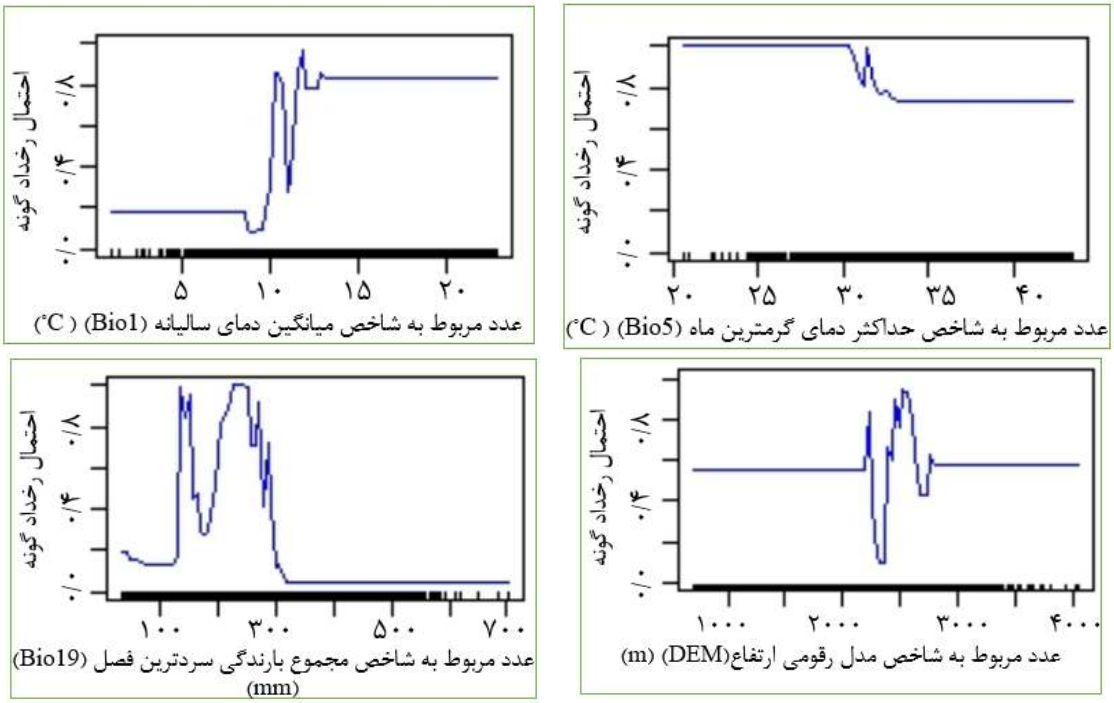
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]



شکل ۶: تغییر در وسعت رویشگاه‌های مطلوب گون زرد در سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای (الف) RCP2.6 و (ب) RCP8.5 به همراه نقشه جابجایی گونه تحت سناریوهای (ج) RCP2.6 و (د) RCP8.5 حاصل از مدل جنگل تصادفی و بر اساس مدل گردش عمومی CCSM4 در منطقه مورد مطالعه

به منظور تفسیر پراکنش گونه مورد مطالعه از منحنی‌های پاسخ گونه استفاده شد. بررسی منحنی پاسخ گونه به عامل‌های محیطی به دلیل ارائه مقدار بهینه و دامنه آشیان اکولوژیک گونه نسبت به متغیر محیطی اهمیت دارد (۲۵). منحنی‌های پاسخ گون زرد نسبت به متغیرهای مهم محیطی (Bio1، Bio5، Bio19 و DEM) بر اساس مدل جنگل تصادفی نشان داد که حداکثر احتمال وقوع گونه در میانگین دمای سالانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال (Bio5) تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پاسخ رخداد گونه به شاخص مجموع بارندگی سردترین فصل (Bio19) نشان داد که حداکثر احتمال وقوع گونه در مناطقی است که دارای مجموع بارندگی سردترین فصل سال، ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر و رنج ارتفاعی بین ۲۵۰۰ تا ۲۷۰۰ متر از سطح دریا است.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]



شکل ۷: احتمال حضور گونه گون زرد در راستای متغیرهای مؤثر بر اساس مدل جنگل تصادفی در منطقه مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، رویشگاه‌های مطلوب گون زرد در استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری واقع در بخش‌هایی از زاگرس و ایران مرکزی مدل‌سازی شد و برآوردهایی از پیامدهای تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ بر پراکنش این گونه به‌دست آمد. هرچند تاکنون مطالعاتی در رابطه با این گونه و مدل‌سازی رویشگاه‌های مطلوب آن صورت گرفته است امّا با توجه به دامنه ارتفاعی قابل ملاحظه در دو استان مورد مطالعه از حدود ۷۰۰ متر در شرق استان اصفهان تا بیش از ۴۰۰۰ متر در استان چهارمحال و بختیاری، تغییرات گستره جغرافیایی این گونه و اثرات تغییر اقلیم بر جابجایی آن بارزتر مشاهده می‌شود. در مطالعات گذشته از سایر مدل‌های پراکنش گونه‌ای و داده‌های WORLDCLIM (که داده های ورودی آن مربوط به سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ بوده است) استفاده شده و مدل جنگل تصادفی با توجه به قابلیت بالای آن در مقایسه با سایر مدل‌ها کمتر استفاده شده است (۳۶ و ۴۳). همچنین در این تحقیق از داده‌های پایگاه اقلیم CHELSA استفاده شده است که بازه زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۳ را شامل می‌شود.

بر اساس یافته‌ها در حدود ۵/۶ درصد معادل ۶۹۱۷ کیلومترمربع از مساحت منطقه مورد مطالعه به عنوان رویشگاه مطلوب گون زرد برآورد شد. به نظر می‌رسد بخش‌های جنوب و جنوب‌غرب منطقه مورد مطالعه در مقایسه با سایر مناطق از اهمیت رویشگاهی بیش‌تری برای گون زرد برخوردار است. لازم به ذکر است که در این مطالعه، آشیان اکولوژیک بالقوه اقلیمی گون زرد تعیین شده است که می‌تواند از آشیان اکولوژیک واقعی این گونه متفاوت باشد. در هر صورت عوامل اقلیمی ممکن است به عنوان مهم‌ترین عوامل کنترل کننده احیاء و گسترش جمعیت‌های طبیعی بر زیستایی این جمعیت‌ها اثرگذار باشند (۵۳).

بخش وسیعی از رویشگاه‌های مطلوب امروزی گون زرد به‌ویژه در مناطقی با ارتفاع کمتر به واسطه تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ نامطلوب خواهد شد. به‌طوری‌که حدود ۵۶/۵ تا ۸۸/۳ درصد معادل ۳۹۱۳ تا ۶۱۱۲ کیلومترمربع از رویشگاه‌های امروزی گون زرد به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 به واسطه تغییر اقلیم نامطلوب خواهد شد. احتمالاً در همین دوره زمانی حدود ۱۹/۹ تا ۳۲/۳

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

درصد به رویشگاه‌های مطلوب (با توجه به شرایط اقلیمی) این گونه به ویژه در مناطقی با ارتفاع بالاتر افزوده خواهد شد. طبق نتایج، سناریو RCP8.5 نسبت به سناریو RCP2.6 اثرات شدیدتری بر گستره رویشگاه‌های مطلوب گون زرد خواهد داشت. علاوه بر تغییر اقلیم عوامل دیگری هم‌چون بهره‌برداری‌های غیراصولی و زودهنگام و تغییر کاربری زمین نیز به شدت بر بقاء و پایداری این گونه تأثیر می‌گذارند (۴۳) امّا با توجه به این‌که این مطالعه اهمیت پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش گون زرد را با استفاده از مدل پراکنش گونه‌ای جنگل تصادفی برجسته می‌سازد و مدل‌های پراکنش گونه‌ای، متغیرهای کمّی را می‌پذیرند، موارد فوق که جزء متغیرهای کیفی می‌باشند در این مطالعه لحاظ نشدند. به طور کلی هر دو سناریو مورد استفاده در این پژوهش بر احتمال رخداد یک روند مشخص کاهشی در گستره رویشگاهی گون زرد تا سال ۲۰۵۰ اشاره دارند.

هر دو سناریو مورد مطالعه، احتمال جابه‌جایی گستره رویشگاه‌های مناسب گون زرد را به سمت ارتفاعات بالاتر پیش‌بینی می‌کنند. علت این جابه‌جایی به تأثیرگذاری شرایط اقلیمی (بارندگی و دما) بر رویشگاه گون زرد مربوط است که باعث می‌شود مناطق کم ارتفاع‌تر برای این گونه نامناسب شود (۴۳، ۳، ۶، ۸). پیامدهای تغییر اقلیم به‌ویژه احتمال کاهش و جابه‌جایی گستره جغرافیایی گونه‌های گیاهی در رویشگاه‌های مختلف کشور از جمله در زاگرس مرکزی در رابطه با گونه‌های *Astragalus adscendens* (۲۱) و *Bromus tomentellus* (۳۸) و در ایران مرکزی در رابطه با گونه‌های *Daphne mucronata* (۱) و *Astragalus gossypinus* (۴۰) پیش بینی شده است. طبق نتایج ارزیابی مدل، مدل جنگل تصادفی با عملکرد بالا، نتایج قابل اعتمادی را ارائه نمود. مطالعات متعددی بر قابلیت بالای این مدل در مقایسه با سایر مدل‌های پراکنش گونه‌ای، تأکید نموده‌اند (۴۳، ۶، ۷، ۱۱، ۱۵ و ۲۷).

تعیین درصد سهم هر متغیر در مدل، به محققان این امکان را می‌دهد تا متغیرهایی را که دارای تأثیر بیش‌تری بر احتمال وقوع گونه‌های مختلف گیاهی هستند مورد شناسایی قرار دهند. بنابراین محققان قادر خواهند بود با صرفه‌جویی در هزینه و زمان، دقت مدل‌های پیش‌بینی را افزایش داده و تنها بر متغیرهای مهم متمرکز شوند (۲۰). در پژوهش‌های متعدد، عوامل دمایی به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش گونه‌های گیاهی، شناسایی شده‌اند. طیموری اصل و همکاران (۲۰۲۰a) در مطالعه‌ای که به پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گون زرد (*Astragalus verus* Olivier) در زاگرس مرکزی پرداختند، شاخص‌های هم‌دمایی، میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال و تغییرات فصلی بارندگی را دارای بیش‌ترین مشارکت نسبی در عملکرد مدل‌های مورد استفاده خود بیان کردند. خداقلی و صبوحی (۲۰۱۹) تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن بر رویشگاه‌های گون زرد در استان اصفهان را مورد مطالعه قرار دادند و دمای سرمایشی را مهم‌ترین عامل مؤثر بر رویشگاه‌های گون زرد معرفی کردند. ساکی و همکاران (۲۰۱۳) دما را مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر پراکنش گون زرد دانستند. لازم به ذکر است که مدل مورد استفاده در این پژوهش از نوع وابسته[1] بوده و الزاماً با حضور گونه، رابطه علت و معلولی ندارند (۳۹).

در این مطالعه برخی متغیرهای مربوط به اقلیم و فیزیوگرافی به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش گونه گون زرد معرفی شدند. رشد و استقرار گونه‌های گیاهی فقط تحت تأثیر عامل‌های محیطی نیست و بسیاری از عامل‌های زنده مانند روابط متقابل گونه‌ها نیز می‌تواند محدود کننده رشد و استقرار گونه‌ها باشد (۴۷). در پژوهشی بیان شد که بارندگی و درجه حرارت دو عامل مهم هستند که از لحاظ بیولوژیکی بر روی رشد گونه‌های گیاهی اثر می‌گذارند (۳۲). همچنین محققان زیادی از اهمیت متغیر ارتفاع از سطح دریا بر پراکنش و حضور گونه‌های گیاهی یاد کرده‌اند (۱۸ و ۲۳). طیموری اصل و همکاران (۲۰۲۰a) در پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گون زرد در زاگرس مرکزی بیان کردند که پراکنش یک گونه در یک محدوده جغرافیایی معین به واسطه تغییر اقلیم، می‌تواند منجر به جابه‌جایی مناطق حضور آن گونه به ارتفاعات بالاتر شود. ایشان بیان کردند که وسعت رویشگاه مطلوب گون زرد در محدوده مورد مطالعه کاهش یافته و به سمت ارتفاعات بالاتر جابه‌جا خواهد شد (۴۳). وهابی و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه خود در استان اصفهان، حداقل بارندگی

[1]- Correlative

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

رویشگاه گون زرد را ۱۰۰ میلی‌متر گزارش نمودند. صفایی و همکاران (۲۰۱۸) میانگین بارندگی سالانه رویشگاه‌های گون زرد در مراتع شهرستان فریدونشهر استان اصفهان را از ۳۹۵ میلی‌متر تا حداکثر ۵۵۴ میلی‌متر گزارش نمودند. ترسیم منحنی‌های پاسخ گون زرد نسبت به مهم‌ترین عامل‌های محیطی نشان دهنده دامنه زیست گونه گون زرد در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. یکی از اهداف مطالعهٔ منحنی‌های پاسخ گونه‌های مرتعی، شناسایی عوامل بوم‌شناسی مهم در رویشگاه آن‌ها و تعیین عوامل مؤثر بر رویش و پراکنش آن‌ها است تا با دستاوردهای این بررسی‌ها، در طرح‌های اصلاح، احیاء و مدیریت مراتع اقدام‌های لازم انجام شود (۲). به کار بردن این یافته‌ها می‌تواند در جهت حفظ و نگهداری گونه از خطر انقراض و شناسایی زیستگاه‌های در معرض خطر این گونه کمک شایانی نماید.

به‌طور کلی این مطالعه نشان داد که مدل جنگل تصادفی می‌تواند پراکنش بالقوه گون زرد را با دقت بالا پیش‌بینی کند. سناریوهای مورد استفاده در این پژوهش، احتمال جابه‌جایی گستره جغرافیایی گونه گون زرد را تحت تأثیر تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی می‌کند. بر اساس نتایج، به نظر می‌رسد وسعت رویشگاه مطلوب گون زرد در منطقه مورد مطالعه کاهش یافته و به سمت ارتفاعات بالاتر جابه‌جا خواهد شد. اگرچه عوامل دیگری مانند برداشت‌های بی‌رویه و غیراصولی نیز به عنوان عوامل مهم دیگر در تخریب رویشگاه‌های این گونه، می‌توانند مورد توجه قرار گیرند (۳۴). اما این مطالعه، اهمیت پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش گون زرد را برجسته می‌سازد. امروزه در نتیجه بهره‌برداری‌های شدید و غیراصولی از گون زرد، گستره پراکنش و تراکم آن در برخی مناطق، کاهش یافته است که این روند بر شدت پدیده‌هایی نظیر فرسایش خاک افزوده است. این موضوع، ضرورت توجه مدیران و کارشناسان منابع طبیعی به گون زرد و دیگر گونه‌هایی با عملکرد مشابه در اکوسیستم‌ها که ضمن توانایی حفاظت از خاک، از نظر تولیدات اقتصادی نیز حائز اهمیت هستند را دوچندان می‌کند. نقشه‌های رویشگاه مطلوب حال حاضر و آینده گون زرد که در این پژوهش تهیه شده می‌تواند در تدوین و اجرای برنامه‌ها و طرح‌های مدیریتی و حفاظتی این گونه مورد استفاده قرار گیرند. مناطقی که در این مطالعه به عنوان رویشگاه مطلوب تعیین شدند می‌توانند برای استقرار و معرفی مجدد گون زرد مورد توجه قرار گیرند.

References

1. Abolmaali, 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: 116-123.
2. Ahmadi, A. & A. Shahmoradi, 2005. An autecological study of *Agropyron cristatum* west Azarbijan province. Iranian Journal of Natural Resources, 58(3): 691-701. (In Persian)
3. Al-Qaddi, N., F. Vessella, J. Stephan, D. Al-Eisawi & B. Schirone, 2016. Current and future suitability areas of kermes oak (*Quercus coccifera* L.) in the Levant under climate change. Regional Environmental Change, 17: 143-156.
4. Ali Akbari, M., M.R. Jafari & A. Saadatfar, 2011. Determining potential site for *Astragalus verus* with combination of GIS and remote sensing. Journal of RS and GIS for Natural Resources, 1(1): 15-29. (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. Ashrafzadeh, M.R., A.A. Naghipour, M. Haidarian & I. Khorozyan, 2019a. Modeling the response of an endangered flagship predator to climate change in Iran. Mammal Research, 64(1): 39-51.
7. Ashrafzadeh, M.R., A.A. Naghipour, M. Haidarian, S. Kusza & D.S. Pilliod, 2019b. Effects of climate change on habitat and connectivity for populations of a vulnerable, endemic salamander in Iran. Global Ecology and Conservation, 19: e00637.
8. Attorre, F., M. Alfò, M. De Sanctis, F. Francesconi, R. Valenti, M. Vitale & F. Bruno, 2011. Evaluating the effects of climate change on tree species abundance and distribution in the Italian peninsula. Applied Vegetation Science, 14(2): 242-255.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

9. Attorre, F., T. Abeli, G. Bacchetta, A. Farcomeni, G. Fenu, M. De Sanctis, D. Gargano, L. Peruzzi, C. Montagnani, G. Rossi, F. Conti & S. Orsenigo, 2018. How to include the impact of climate change in the extinction risk assessment of policy plant species. Journal for Nature Conservation, 44: 43-49.
10. Beauregard, F. & S.De. Blois, 2014. Beyond a climate-centric view of plant distribution: edaphic variables add value to distribution Models. PloS one, 9(3): 92642.
11. Benito Garzón, M., R. Sánchez de Dios & H. Sainz Ollero, 2008. Effects of climate change on the distribution of Iberian tree species. Applied Vegetation Science, 11(2): 169-178.
12. Borna, F., R. Tamartash, M. Tatian & V. Gholami, 2017. Habitat potential modeling of *Astragalus gossypinus* using ecological niche factor analysis and logistic regression (Case study: summer rangelands of Baladeh, Nour). Journal of RS and GIS for Natural Resources, 7(4): 45-61. (In Persian)
13. Breiman, L. 2001. Random forest. Machine learning, 45(1): 5-32.
14. 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.
15. Cheng, L., S. Lek, S. Lek-Ang & Z. Li, 2012. Predicting fish assemblages and diversity in shallow lakes in the Yangtze River basin. Limnologica, 42(2): 127-136.
16. Elith, J. & J. Franklin, 2013. Species distribution modeling in encyclopedia of biodiversity. Academic Press, Waltham, 692-705.
17. Ghadirian, O., M.R. Hemami, A. Soffianian, S. Pourmanaphi, M. Malekian & M. Tarkesh, 2017. Probabilistic prediction of forest decline in Lorestan province using a combined modeling approach. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 15(2): 131-146. (In Persian)
18. Ghelichhnia, H., A. Shah Moradi & S. Zare Kia, 2008. Autecology of two range plants species of *Bromus tomentellus* and *Agropyron pectiniforme* in Mazandaran Province. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, 15(3): 348-359. (In Persian)
19. Guisan, A. & N.E. Zimmermann, 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135(2): 147-186.
20. Haidarian Aghakhani, M., R. Tamartash, Z. Jafarian, M. Tarkesh Esfahani & M. Tatian, 2017. Predicting the impacts of climate change on Persian oak (*Quercus brantii*) using species distribution modelling in Central Zagros for conservation planning. Journal of Environmental Studies, 43: 497-511. (In Persian)
21. Haidarian, M. 2018. Predicting the impact of climate change on spatial distribution of ecologically important plant species In the Central Zagros. Ph.D. thesis of Rangeland Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 250p. (In Persian)
22. Hao, T., J. Elith, G. Guillera-Arroita & J.J. Lahoz-Monfort, 2019. A review of evidence about use and performance of species distribution modelling ensembles like BIOMOD. Diversity and Distributions, 25(5): 839-852.
23. Heidari, F., G.A. Dianati Tilaki & S.J. Alavi, 2018. Comparison of the response curve of *Bromus tomentellus* Boiss. and *Achillea millefolium* L. species to some environmental gradients using the Generalized Additive Model in the rangeland of Galandrood watershed, Journal of Plant Ecosystem Conservation, 5(11): 17-34. (In Persian)
24. http://www.Chelsa-climate.org, (2019.12.29).
25. Jongman, E. & S.R.R. Jongman, 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge university press. Cambridge, 275p.
26. Kavianpoor, A., H. Barani, A. Sepehri & A. Bahremand, 2019. Evaluating the impacts of climate change on pastoralist's activities (Case study: Rangelands of Haraz river basin). Rangeland, 13(1): 26-38. (In Persian)
27. Khodagholi, M. & R. Saboohi, 2019. Delineating changes in climatic variables and its impact on the *Astragalus verus* Olivier habitats in Isfahan Province. Journal of Range and Watershed Management, 72(2): 359-374. (In Persian)
28. Malakoutikhah, Sh., S. Fakheran & M.R. Hemami, 2020. Assessing future distribution, suitability of corridors and efficiency of protected areas to conserve vulnerable ungulates under climate change. Diversity and Distribution, 26(10): 1383-1396.
29. Masoumi, A.A. 2006. Astragalus in Iran. Research Institute of Forests and Rangelands, 786p. (In Persian)
30. Naghipour, A.A., Z. Ostovar & E. Asadi, 2019. The Influence of Climate Change on distribution of an Endangered Medicinal Plant (*Fritillaria Imperialis* L.) in Central Zagros. Journal of Rangeland Science, 9(2): 159-171.
31. Pachauri, R.K., M.R. Allen, V. Barros, J. Broome, W. Cramer, R. Christ, J. Church, L. Clarke, Q. Dahe & P. Dasgupta, 2014. Climate change 2014: synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, IPCC, 153p.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

32. Pausas, J.G. & M. Austin, 2001. Patterns of plant species richness in relation to different environments: an appraisal. Journal of Vegetation Science, 12: 153–166.
33. Potta, S. 2004. Application of stochastic downscaling techniques to global climate model data for regional climate prediction, MSc. Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Sri Venkateswara University, 153p.
34. Rios, J. & P. Waterman, 1997. A review of the pharmacology and toxicology of Astragalus. Phototherapy Research, 11: 411-418.
35. 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.
36. Saki, M., M. Tarkesh, M. Bassiri & M.R. Vahabii, 2013. Application of Logistic Regression Tree Model in Determining Habitat Distribution of *Astragalus verus*. Iranian Journal of Applied Ecology, 1(2): 27-38. (In Persian)
37. Sangoony, H. 2017. The impact of climate change parameters on spatial distribution, yield and some physiological characteristics of two rangeland species: *Bromus tomentellus* Boiss. & *Agropyron trichophorum* (Link) Richt. In Central Zagros, Iran. Ph.D. Thesis of Range Science, Department of natural resources, Isfahan University of Technology, 240p. (In Persian)
38. Sangoony, H., H. Karimzadeh, M. Vahabi & M. Tarkesh Esfahani, 2014. Determining the potential habitat of *Astragalus gossypinus* Fischer in west region of Isfahan using ecological niche factor analysis. Journal of RS and GIS for Natural Resources, 5(2): 1-13. (In Persian)
39. Sangoony, H., M.R. Vahabi, M. Tarkesh & S. Soltani, 2016. Range shift of *Bromus tomentellus* Boiss as a reaction to climate change in Central Zagros, Iran. Applied Ecology and Environmental Research, 14 (4): 85-100.
40. Silvertown, J. 2004. Plant coexistence and the niche. Trends in Ecology & Evolution, 19(11): 605-611.
41. Swets, J.A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science, 240(4857): 1285- 1293.
42. Tarkesh, M. & G. Jetschke, 2016. Investigation of current and future potential distribution of *Astragalus gossypinus* in Central Iran using species distribution modelling. Arabian Journal of Geosciences, 9(1): 80.
43. TeimooriAsl, S., A.A. Naghipour, M.R. Ashrafzadeh & M. Haidarian Aga Khani, 2020a. Predicting the effects of the climate change on the geographical distribution of *Astragalus verus* Olivier in the Central Zagros region. Journal of RS and GIS for Natural Resources, 11(2): 68-85. (In Persian)
44. TeimooriAsl, S., A.A. Naghipour, M.R. Ashrafzadeh & M. Haidarian Aga Khani, 2020b. Predicting the impact of climate change on potential habitats of *Stipa hohenackeriana* Trin & Rupr in Central Zagros. Rangeland, 14(3): 526-538. (In Persian)
45. Thuiller, W., D. Georges, R. Engler, F. Breiner, M.D. Georges & C.W. Thuiller, 2016. Package 'Biomod2'. https://cran.rproject.org/package=biomod2.
46. UNDP and GEF. 2005. Conservation of biodiversity in the central Zagros landscape conservation zone. Central Zagros, Iran.
47. Vahabi, M.R., M. Basiri, M.R. Moghadam & A.A. Masoumi, 2007. Determination of the most effective habitat indices for evaluation of tragacanth sites in Isfahan province. Journal of the Iranian Natural Research, 59 (4): 1013-1029. (In Persian)
48. Vincenzi, S., M. Zucchetta, P. Franzoi, M. Pellizzato, F. Pranovi, G.A. De Leo & P. Torricelli 2011. Application of a Random Forest Algorithm to Predict Spatial Distribution of the Potential Yield of *Ruditapes Philippinarum* in the Venice Lagoon, Italy. Ecological Modelling, 222 (8): 1471-1478.
49. Wei, B., R. Wang, K. Hou, X. Wang & W. Wu, 2018. Predicting the current and future cultivation regions of *Carthamus tinctorius* L. using MaxEnt model under climate change in China. Global Ecology and Conservation, 16: e00477.
50. Zare Chahouki, M.A. & H.P. Sahragard, 2016. Maxent modelling for distribution of plant species habitats of rangelands (Iran). Polish Journal of Ecology, 64(4): 453-467.
51. Zare Chahouki, M.A., M. Abbasi & H. Azarnivand, 2018. Prediction of potential habitat for *Stipa barbata* species using maximum entropy model (Case study: Taleghan Miany rangelands). Rangeland, 12(1): 35-47. (In Persian)

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]

Investigating geographical shifts of *Astragalus verus* under climate change scenarios using random-forest modeling (Case study: Isfahan and Chaharmahal va Bakhtiari provinces)

A. Sheikhzadeh Ghahnaviyeh [1], M. Tarkesh Esfahani [*2], H. Bashari[3] and S. Soltani Koupaei[4]

Received: 30 July 2020, Accepted: 22 November 2021

Abstract

Climate change has far-reaching consequences on many ecosystems around the world and induced large-scale shifts in species distribution. *Astragalus verus* Olivier is a plant with medicinal, industrial, and soil protection value that its geographical distribution has declined considerably in recent decades. This study aimed to predict the distribution of *A. verus* under climate change scenarios in Isfahan and Chaharmahal va Bakhtiari provinces. The stratified-random sampling method was used to collect the presence points of the species in different altitude levels in 83 rangeland places. The random forest model was used to model the species distribution in the study area. The Biomod2 package in R software was used to run CCSM4 general circulation model and assess the effects of climate change on the species distribution in the current condition and 2050 under two scenarios of RCP2.6 and RCP8.5. Bio1, Bio5, Bio19, and altitude were identified as the main predictive variables after performing the Pearson correlation test and removal of high correlated layers. The results showed that the random forest model had excellent performance, with AUC and TSS values of 0.9. The highly suitable habitat area of *A. verus* in the current condition 6917 km^2, which occupies about 5.6% of the total study area. According to the results increasing temperature due to climate change will lead to a decrease in the highly suitable area of the species by about 56.5% under the optimistic scenarios and 88.3% under the pessimistic scenarios, respectively. The results indicated that the species habitat will move to higher altitudes with lower temperatures. The results of this study can be used for identifying threatened habitats and reintroduce this species to degraded habitats in the Zagros and Central Iran.

Keywords: Zagros and Central Iran, Medicinal species, Habitat modeling, Ecological niche, Species response curve.

[1]- Ph.D. Student in Range Management, Department of Range and Watershed Management , Faculty of Natural Resources Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
[2]- Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management , Faculty of Natural Resources Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author: m_tarkesh@iut.ac.ir
[3]- Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management , Faculty of Natural Resources Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
[4]- Professor, Department of Range and Watershed Management , Faculty of Natural Resources Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.13.4]