



## پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گون زرد (*Astragalus verus* Olivier) در زاگرس مرکزی

سیما تیموری اصل<sup>۱</sup>، علی اصغر نقی پور<sup>۲</sup>، محمدرضا اشرف‌زاده<sup>۳</sup>، مریم حیدریان آقاخانی<sup>۴</sup>

دریافت: ۲۳ اسفند ۱۳۹۸ / پذیرش: ۱۷ اردیبهشت ۱۳۹۹

دسترسی اینترنتی: ۱۵ تیر ۱۳۹۹

### چکیده

گیاهی ضروری است. جنس گون (*Astragalus*) از تیره نخود (*Fabaceae*) پراکنش به نسبت گسترده‌ای در مناطق معتدله جهان دارد. گون زرد (*Astragalus verus* Olivier) درختچه‌ای کوچک و باارزش است که دارای شاخه‌های بسیار زیاد است. این گونه علاوه بر نقش حفاظتی، دارای ارزش‌های دارویی و صنعتی است. در دهه‌های اخیر، گستره جغرافیایی گون زرد به واسطه عواملی مانند تخریب سرزمین و برداشت بیش‌ازحد به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است. باوجود اهمیت جنس گون در کشور، تاکنون پژوهش‌های اندکی در زمینه پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های این جنس به انجام رسیده است. مطالعه حاضر به‌منظور دست‌یابی به اهداف زیر به انجام رسیده است: (۱) شناسایی رویشگاه‌های مناسب و تعیین پراکنش جغرافیایی گون زرد در زاگرس مرکزی در شرایط حال حاضر؛ (۲) پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ تحت سناریوهای مختلف بر پراکنش جغرافیایی گون زرد؛ (۳) تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش این گونه.

پیشینه و هدف اقلیم، ویژگی‌های خاک، توپوگرافی، کاربری سرزمین و مجموعه روابط زیستی مهم‌ترین عوامل مؤثر در پراکنش و آشیان بوم‌شناختی گونه‌ها در مقیاس‌های مختلف هستند. در این میان، اقلیم یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده پراکنش گیاهان محسوب می‌شود. بنابراین، تغییر اقلیم پیامدهای گسترده‌ای بر شرایط اکوسیستم‌های جهان و ازجمله پراکنش گونه‌ها داشته است. تغییر در پراکنش یک گونه در یک محدوده جغرافیایی معین به‌واسطه تغییر اقلیم می‌تواند منجر به جابجایی مناطق حضور آن گونه به ارتفاعات بالاتر شود که این روند ممکن است ایجاد محدودیت رویشی و یا حتی انقراض گونه را در پی داشته باشد. جابجایی یا تغییر پراکنش جغرافیایی گونه‌ها، یک استراتژی برای پایدار ماندن در برابر تغییر اقلیم است. بنابراین، تعیین رویشگاه‌های مناسب و شناسایی مهم‌ترین عوامل محیطی و انسانی مؤثر بر حضور گونه‌ها در شرایط فعلی و آینده به‌منظور حفاظت از گونه‌های مهم بوم‌شناختی و ارزشمند

سیما تیموری اصل<sup>۱</sup>، علی اصغر نقی پور<sup>۲</sup> (✉)، محمدرضا اشرف‌زاده<sup>۳</sup>،  
مریم حیدریان آقاخانی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی مرتع، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۳. استادیار گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۴. دانش آموخته دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: [aa.naghipour@nres.sku.ac.ir](mailto:aa.naghipour@nres.sku.ac.ir)

**مواد و روش‌ها** مطالعه حاضر در استان چهارمحال و بختیاری با مساحتی حدود ۱/۶۵ میلیون هکتار که تقریباً تمام آن در منطقه زاگرس مرکزی قرار گرفته، انجام شد. تعداد ۱۱۲ نقطه حضور گون زرد بر اساس بازدیدهای گسترده میدانی و با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) در سراسر استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری شد. به‌منظور مدل‌سازی، ۱۹ متغیر محیطی شامل

رویشگاه‌های مطلوب گون زرد در استان وارد سازد. بر اساس سناریوهای مختلف، بین ۴۵/۷۰ درصد (RCP2.6، سال ۲۰۵۰) تا ۸۹/۸۸ درصد (RCP8.5، سال ۲۰۷۰) از رویشگاه‌های امروزی گون زرد تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ به واسطه تغییر اقلیم نامطلوب خواهد شد. در حالی که در همین دوره زمانی در حدود ۱/۵۸ (RCP8.5، سال ۲۰۵۰) تا ۱۳/۱۹ درصد (RCP2.6، سال ۲۰۷۰) به رویشگاه‌های مطلوب این گونه در مناطق با ارتفاع بیشتر اضافه خواهد شد. بر اساس تمامی سناریوها، رویشگاه‌های مطلوب این گونه در اغلب گستره حضورش به ویژه در مناطق با ارتفاع کمتر کاهش خواهد یافت. پیامدهای تغییر اقلیم، به ویژه احتمال کاهش و جابجایی گستره جغرافیایی گونه‌های گیاهی در رویشگاه‌های مختلف کشور، از جمله در زاگرس مرکزی و همچنین، در گستره ایران مرکزی پیش‌بینی شده است. ارزیابی‌ها نشان داد که مدل‌ها از درستی و دقت قابل قبولی برخوردار بودند و مدل جنگل تصادفی، قابل اعتمادترین مدل برای پیش‌بینی پراکنش گونه تعیین شد.

**نتیجه‌گیری** این مطالعه نشان می‌دهد که مدل اجماعی می‌تواند پراکنش بالقوه گون زرد را با دقت بالا ( $AUC=0.92$  و  $TSS=0.79$ ) پیش‌بینی نماید. سناریوهای مورد استفاده در این پژوهش، احتمال جابجایی گستره جغرافیایی گونه مورد مطالعه را تحت تغییر اقلیم تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ پیش‌بینی می‌کند. بر اساس نتایج، به نظر می‌رسد که وسعت رویشگاه مطلوب گون زرد در محدوده مورد مطالعه، کاهش یافته و به سمت ارتفاعات بالاتر جابجا خواهد شد. اگرچه تخریب سرزمین و برداشت بیش‌ازحد احتمالاً به‌عنوان دو عامل مهم تخریب رویشگاه این گونه می‌تواند مورد توجه قرار گیرند، اما این مطالعه اهمیت پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش گون زرد را برجسته می‌سازد. امروزه، در نتیجه بهره‌برداری 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 گونه‌های با عملکرد مشابه در اکوسیستم‌ها که ضمن توانایی حفاظت از خاک، از نظر تولیدات اقتصادی نیز حائز اهمیت هستند را دوچندان می‌نماید.

**واژه‌های کلیدی:** چهارمحال و بختیاری، مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، خطوط سیر غلظت‌های گازهای گلخانه‌ای، مدل‌سازی اجماعی

متغیرهای زیست‌اقليمی، فیزیوگرافی و پوشش/کاربری سرزمین مورد استفاده قرار گرفتند. پیش از اجرای مدل‌سازی، برای بررسی هم‌خطی بین متغیرهای محیطی مختلف از دو روش تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون و شاخص تورم واریانس (VIF) استفاده شد. متغیرهایی با ضریب همبستگی پیرسون ( $R^2 < 0.8$ ) و  $VIF < 3$  انتخاب شدند. در نهایت و پس از حذف لایه‌های دارای همبستگی بالا، تعداد نه متغیر در مدل‌سازی استفاده شدند. به منظور پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های مطلوب گون زرد از بسته نرم‌افزاری Biomod2 در محیط R (نسخه ۳.۱.۲) استفاده شد. در مطالعه حاضر از مدل‌های آتروپی بیشینه (Maxent)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، روش افزایشی تعمیم‌یافته (GBM)، مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM)، تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر (FDA)، جنگل تصادفی (RF) و رگرسیون چند متغیره تطبیقی (MARS) برای برآورد رویشگاه‌های مطلوب استفاده شد. برای واسنجی مدل‌ها، ۸۰ درصد نقاط حضور به‌عنوان داده‌های تعلیمی و ۲۰ درصد باقیمانده برای ارزیابی پیش‌بینی مدل‌ها استفاده شدند. پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گون زرد در آینده (سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) بر اساس چهار سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای RCP2.6، RCP4.5، RCP6 و RCP8.5 و تحت مدل گردش عمومی MRI-CGCM3 انجام شد. عملکرد مدل‌ها نیز با استفاده از ناحیه زیر منحنی (AUC) و آماره TSS ارزیابی شدند.

**نتایج و بحث** نتایج نشان داد که مؤثرترین متغیرها در مطلوبیت رویشگاه گونه مورد مطالعه، به ترتیب شاخص هم‌دمایی، میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال و تغییرات فصلی بارندگی بودند. بر اساس یافته‌ها، بیشترین احتمال حضور گون زرد در هم‌دمایی ۳۶/۸ تا ۳۹/۷ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای ۲- تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد در پربارش‌ترین فصل سال، تغییرات فصلی بارندگی ۱۰۰ تا ۱۱۲ میلی‌متر، و مجموع بارندگی سالانه ۲۸۰ تا ۴۹۰ میلی‌متر برآورد شد. به نظر می‌رسد بخش‌های شمال شرقی و شرق استان در مقایسه با سایر مناطق از اهمیت رویشگاهی بیشتری برای گون زرد برخوردار هستند. بر اساس نتایج، حدود ۲۷/۴۳ درصد از محدوده مورد مطالعه به‌عنوان رویشگاه‌های مطلوب گون زرد شناسایی شد. پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گون زرد در آینده (سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) بر اساس چهار سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای (خطوط سیر غلظت‌های گازهای گلخانه‌ای RCPs) RCP2.6، RCP4.5، RCP6 و RCP8.5 در مدل گردش عمومی MRI-CGCM3 انجام شد. بر اساس یافته‌ها، تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای قابل‌توجهی بر

## مقدمه

که استفاده از الگوریتم‌های مختلف در فرایند مدل‌سازی ممکن است نتایج و پیش‌بینی‌های متفاوتی را به دست دهند. بنابراین، شناسایی و انتخاب یک الگوریتم مناسب، بسیار دشوار و اما مهم است (۳۸). برای غلبه بر این محدودیت‌ها، یک‌راه حل علمی، استفاده هم‌زمان از چندین الگوریتم در چهارچوب مدل‌سازی اجماعی است، که از طیف گسترده‌ای از رویکردها برای مقایسه الگوریتم‌های مختلف مدل‌سازی استفاده می‌کند (۴).

جنس گون (*Astragalus*) از تیره نخود (*Fabaceae*) پراکنش به نسبت گسترده‌ای در مناطق معتدله جهان دارد (۳۶). ایران به‌عنوان مرکز اصلی گونه‌های مختلف جنس گون به شمار می‌رود. تاکنون بیش از ۸۰۰ گونه از جنس گون در کشور شناسایی شده است، که در حدود ۶۰ درصد آن‌ها بومی ایران هستند و ۱۱ درصد از فهرست گیاهان کشور را تشکیل می‌دهند (۱۹). گون زرد (*Astragalus verus Olivier*) درختچه‌ای کوچک و بارز است که دارای شاخه‌های بسیار زیاد است. این گونه علاوه بر نقش حفاظتی، دارای ارزش‌های دارویی و صنعتی است (۶). این گونه نوعی کتیرا (صمغ طبیعی تولید می‌کند که در صنایع مختلف مانند داروسازی، آرایشی، زیبایی و رنگ پارچه مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایران، با تولید بیش از ۵۰ درصد کتیرای جهان، به‌عنوان مهم‌ترین کشور تولیدکننده کتیرا شناخته می‌شود (۴۶). در دهه‌های اخیر، گستره جغرافیایی گون زرد به‌واسطه عواملی مانند تخریب سرزمین و برداشت بیش‌ازحد به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است (۳۷).

با وجود اهمیت جنس گون در کشور، تاکنون پژوهش‌های اندکی در زمینه پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های این جنس به انجام رسیده است. به‌عنوان نمونه، ترکش و جتسکه (۴۳) اثرات بالقوه تغییر اقلیم را بر پراکنش جغرافیایی گونه *A. gossypinus* در استان اصفهان بررسی نمودند. یافته‌های آن‌ها نشان داده است که گستره پراکنش جغرافیایی گونه مورد مطالعه علاوه بر کاهش، احتمالاً به سمت شمال شرق استان جابجا خواهد شد. حیدریان (۲۱) پیامدهای تغییر اقلیم (تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) را بر پراکنش گون گزی (*A. adscendens*) در

مجموعه شرایطی که گونه بتواند در آن زندگی کند و به‌صورت موفق، بقا و تولیدمثل داشته باشد، آشیان اکولوژیک گونه نامیده می‌شود (۲۶). آشیان اکولوژیک نقش مهمی در توضیح منشأ گونه، پایداری، پراکنش و توانایی رقابتی آن دارد (۴۲). اقلیم، ویژگی‌های خاک، توپوگرافی، کاربری سرزمین و مجموعه روابط زیستی مهم‌ترین عوامل مؤثر در پراکنش آشیان بوم‌شناختی گونه‌ها در مقیاس‌های مختلف هستند (۴۸). در این میان، اقلیم یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده پراکنش گیاهان محسوب می‌شود. بنابراین، تغییر اقلیم پیامدهای گسترده‌ای بر شرایط اکوسیستم‌های جهان و ازجمله پراکنش گونه‌ها داشته است (۱۶). تغییر در پراکنش یک‌گونه در یک محدوده جغرافیایی معین به‌واسطه تغییر اقلیم می‌تواند منجر به جابجایی مناطق حضور آن گونه به ارتفاعات بالاتر شود که این روند ممکن است ایجاد محدودیت رویشی و یا حتی انقراض گونه را در پی داشته باشد. جابجایی یا تغییر پراکنش جغرافیایی گونه‌ها، یک استراتژی برای پایدار ماندن در برابر تغییر اقلیم است (۲۵ و ۳۵). علاوه بر این، فعالیت‌های انسانی باعث تکه‌تکه شدن رویشگاه‌ها و احتمالاً شدت گرفتن پیامدهای منفی تغییر اقلیم می‌شود (۴۵). اثرات روزافزون این عوامل محیطی و فعالیت‌های انسانی بر گیاهان، ضرورت شناسایی مناطق حضور گونه‌های بارز را به‌منظور تدوین و اجرای رویکردهای حفاظتی و احیا افزایش می‌دهد (۱۵، ۲۷ و ۴۰). بنابراین، تعیین رویشگاه‌های مناسب و شناسایی مهم‌ترین عوامل محیطی و انسانی مؤثر بر حضور گونه‌ها در شرایط فعلی و آینده به‌منظور حفاظت از گونه‌های مهم بوم‌شناختی و ارزشمند گیاهی ضروری است (۱۲).

مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDM) مکان‌های بالقوه حضور گونه‌ها را با توجه به شرایط محیطی که گونه در آن حضور دارد پیش‌بینی می‌نمایند (۲۰ و ۳۴). همچنین، مدل‌های پراکنش گونه‌ای با پیش‌بینی اثرات تغییر شرایط محیطی ازجمله تغییر اقلیم، اهمیت زیادی در توسعه رویکردهای کارآمد مدیریتی و حفاظتی دارند (۸). پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند

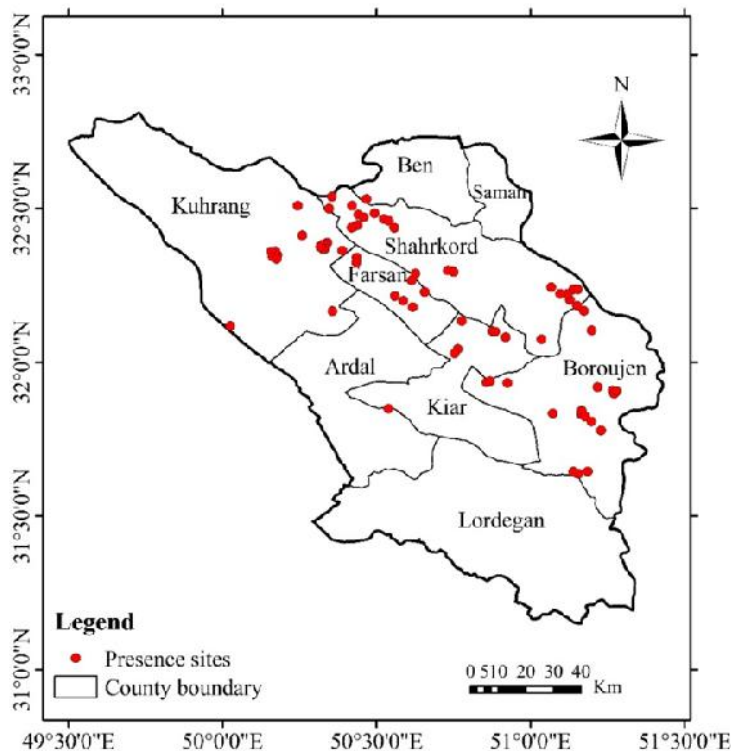
## روش تحقیق

### منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در استان چهارمحال و بختیاری با مساحتی حدود ۱/۶۵ میلیون هکتار که تقریباً تمام آن در منطقه زاگرس مرکزی در مختصات جغرافیایی  $31^{\circ} 0' 0''$  تا  $33^{\circ} 0' 0''$  عرض شمالی و  $49^{\circ} 30' 0''$  تا  $51^{\circ} 30' 0''$  طول شرقی انجام شد (شکل ۱). این استان از نظر تنوع زیستی و ارزش اکولوژیکی اهمیت بالایی دارد. دامنه ارتفاعی در این استان بین ۷۸۳ تا ۴۱۷۸ متر از سطح دریا متغیر است و بیش از ۸۵ درصد مساحت آن را کوه‌ها و تپه‌ها پوشانده‌اند. میانگین دمای سالانه از ۵ درجه سانتی‌گراد در بخش‌های مرکزی تا ۱۶ درجه سانتی‌گراد در بخش‌های غربی متغیر بوده و میانگین دمای استان حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. بارش متوسط سالانه این استان حدود ۵۶۰ میلی‌متر است و این بارش‌ها در مناطق مرتفع عمدتاً به صورت برف است (۳۱).

زاگرس مرکزی بررسی نمود. این مطالعه برآورد نموده است که علاوه بر کاهش بین ۷۲/۵ تا ۸۹/۷ درصدی وسعت رویشگاه گون‌گزی، گستره جغرافیایی این گونه به‌طور متوسط در حدود ۵۰ تا ۹۰ متر به ارتفاعات بالاتر جابجا خواهد شد. در مطالعه‌ای دیگر، صفایی و همکاران (۳۷) رویشگاه بالقوه گون زرد را با استفاده از سه مدل همبستگی در غرب استان اصفهان تعیین نمودند. ایشان بر اهمیت رویکرد مدل‌سازی به‌منظور شناسایی مناطق مطلوب جهت احیاء و حفاظت از گونه‌های بومی با ارزش و در معرض خطر تأکید نمودند.

هدف از این مطالعه، شناسایی رویشگاه‌های مناسب و تعیین پراکنش جغرافیایی گون زرد در زاگرس مرکزی در شرایط حال حاضر، پیش‌بینی پیامدهای تغییر اقلیم تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ تحت سناریوهای مختلف بر پراکنش جغرافیایی گون زرد و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش این گونه در منطقه مورد مطالعه است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی (استان چهارمحال و بختیاری) به همراه توزیع نقاط مورد استفاده حضور گون زرد در این مطالعه

Fig 1. Location of the study area (Chaharmahal va Bakhtiari province) and distribution of *A. verus* presence sites in the study area

## جمع‌آوری داده‌های حضور گونه

تعداد ۱۱۲ نقطه حضور گون زرد بر اساس بازدیدهای گسترده میدانی و با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) در سراسر استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری شد. در هنگام ثبت نقاط حضور گونه، سعی شد مناطقی به‌عنوان محل حضور در نظر گرفته شوند که حداقل یک لکه به مساحت یک کیلومتر مربع را تحت پوشش قرار داده باشد. به‌منظور کاهش خودهمبستگی مکانی، نقاط حضور تکراری در فاصله کمتر از یک کیلومتر حذف شدند. درنهایت، با توجه به شرایط ذکر شده، ۷۳ نقطه برای مدل‌سازی پراکنش گونه استفاده شد.

## متغیرهای محیطی

در مطالعه حاضر، مدل‌سازی‌ها در دوره زمانی پایه (حال حاضر) و دو دوره زمانی آینده (سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) انجام شد. تعداد ۱۹ متغیر زیست‌اقليمی مشتق شده از دما و بارش (Bio1-Bio19) و لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه مورد مطالعه به صورت ریزمقیاس شده با دقت ۳۰ ثانیه (حدود یک کیلومتر) از پایگاه اطلاعاتی Worldclim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)) دریافت شد. داده‌های دانلود شده متغیرهای اقلیمی (Bio1-Bio19) برای زمان حال حاضر مربوط به میانگین دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹۷۰ بوده و برای سال ۲۰۵۰ میان‌سال‌های ۲۰۶۰-۲۰۴۰ و برای سال ۲۰۷۰ میان‌سال‌های ۲۰۸۰-۲۰۶۰ است. با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نقشه‌های درصد شیب و جهت شیب تولید شد و به همراه ارتفاع به‌عنوان متغیرهای فیزیوگرافی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، داده‌های پوشش/کاربری سرزمین از لایه تهیه شده توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور استخراج شد. تمامی لایه‌های محیطی از نظر محدوده، تعداد پیکسل و سیستم تصویر در نرم‌افزار ArcGIS یکسان‌سازی شدند. پیش از اجرای مدل‌سازی، برای بررسی هم‌خطی بین متغیرهای محیطی مختلف از دو روش تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون و

شاخص تورم واریانس (VIF) استفاده شد. متغیرهایی با ضریب همبستگی پیرسون  $(R^2 < 0.8)$  و  $VIF < 3$  انتخاب شدند. درنهایت و پس از حذف لایه‌های دارای همبستگی بالا، تعداد نه متغیر در مدل‌سازی استفاده شدند.

## مدل‌سازی

به‌منظور پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های مطلوب گون زرد از بسته نرم‌افزاری Biomod2 (۴۴) در محیط R استفاده شد. در مطالعه حاضر از مدل‌های آنتروپی بیشینه (Maxent)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، روش افزایشی تعمیم‌یافته (GBM)، مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM)، تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر (FDA)، جنگل تصادفی (RF) و رگرسیون چند متغیره تطبیقی (مارس) برای برآورد رویشگاه‌های مطلوب استفاده شد. رویکرد پیش‌بینی اجماعی می‌تواند الگوی قوی‌تری ایجاد کند و بر عدم قطعیت‌های ناشی از تفسیر نتایج از مدل‌های فردی غلبه کند (۲۴). به علت این‌که تمامی مدل‌های مورد استفاده به داده‌های زمینه‌ای (مانند نقاط عدم حضور کاذب) نیاز دارند، به صورت تصادفی تعداد نقطه زمینه‌ای برابر با نقاط حضور گونه در گستره مورد مطالعه و در خارج از سلول‌های حضور ایجاد شد. برای بالا بردن دقت و کارایی مدل، هرکدام از مدل‌ها با ۱۰ بار تکرار انجام شد. برای واسنجی مدل‌ها، ۸۰ درصد نقاط حضور به‌عنوان داده‌های تعلیمی و ۲۰ درصد باقیمانده برای ارزیابی پیش‌بینی مدل‌ها استفاده شدند. عملکرد مدل‌ها با استفاده از ناحیه زیر منحنی (AUC) و آماره TSS ارزیابی شدند (۵). سطح مشارکت (اهمیت) متغیرهای مختلف در مدل‌های توزیع گونه برآورد شد. درنهایت، مدل تلفیقی با استفاده از متوسط وزن مدل‌های انفرادی برای تمامی ارزش‌های ارزیابی شده اجرا شد (۴۴). به‌منظور برآورد اثر تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی گونه مورد مطالعه، ابتدا از یک سطح بحرانی (بر اساس معیار ROC) (۴۴) برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت رویشگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب استفاده شد. سپس، وسعت رویشگاه‌های جدید و رویشگاه‌های نامناسب شده به دلیل تغییر اقلیم در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ در سناریوهای مختلف برآورد

سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای ذکر شده و مدل گردش عمومی MRI-CGCM3 تهیه شد.

### نتایج

مدل‌ها بر اساس معیار TSS ( $>0.71$ ) در رتبه‌های خوب تا عالی قرار گرفتند. همچنین، بر اساس شاخص AUC ( $>0.87$ )، همه مدل‌ها با درجه خوب تا عالی ارزیابی شدند (جدول ۱). مدل‌های جنگل تصادفی، افزایشی تعمیم‌یافته و شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب بالاترین ارزش‌های AUC و TSS را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی اجماعی، در حدود ۲۷/۴۳ درصد (۴۵۳۵/۳۷) کیلومترمربع از مساحت استان چهارمحال و بختیاری می‌تواند به‌عنوان رویشگاه مطلوب گون زرد در نظر گرفته شود. شکل ۲ رویشگاه‌های مطلوب امروزی گون زرد را بر اساس رویکرد اجماعی مدل‌های مختلف در استان چهارمحال و بختیاری نشان می‌دهد.

شدند. تمامی نقشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تهیه شدند. مدل‌های گردش عمومی ابزارهایی قابل اعتماد و قدرتمند برای افزایش درک عوامل مؤثر بر اقلیم و بهبود توانایی پیش‌بینی الگوهای اقلیمی آینده هستند (۳۳). در این مطالعه، از مدل MRI-CGCM3 (موسسه تحقیقات هواشناسی، ژاپن) استفاده شد. این مدل به‌عنوان یکی از بهترین مدل‌ها برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی منطقه‌ای در ایران پیشنهاد شده است و دقت بیشتری نسبت به سایر مدل‌های گردش عمومی به‌منظور شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در سراسر کشور دارد (۱ و ۱۷). Representative Concentration Pathways (RCPs) سناریوهای تغییر اقلیم هستند که به‌منظور استفاده در ورودی مدل گردش عمومی جو تدوین شده‌اند و نشان‌دهنده روند غلظت‌های 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 (۳۳). در این مطالعه از چهار سناریو RCP2.6، RCP4.5، RCP6 و RCP8.5 استفاده شد. مدل اجماعی به‌منظور پیش‌بینی توزیع آینده گون زرد در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر اساس چهار

جدول ۱. برآورد سطح زیر منحنی (AUC) و TSS در مدل‌های مختلف اجرا شده

Table 1. Estimation of the area under curve (AUC) and the true skill statistic (TSS) in different performed models

میانگین Average	MARS	FDA	GBM	ANN	MaxEnt	GLM	RF	شاخص‌ها Model parameters
0.92	0.90	0.87	0.98	0.95	0.87	0.88	0.99	AUC
0.79	0.71	0.60	0.97	0.83	0.74	0.67	0.98	TSS

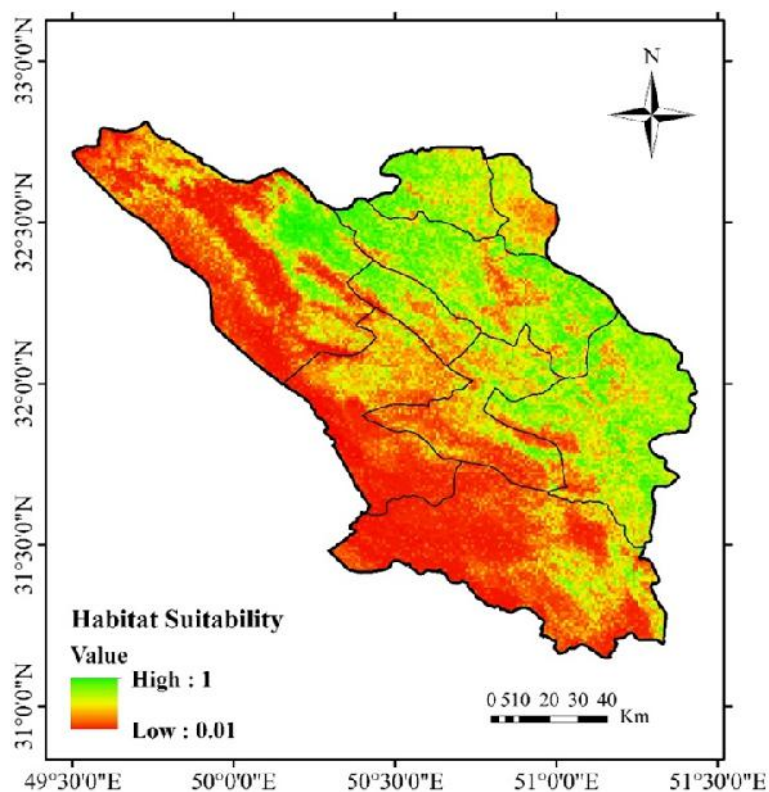
در حدود ۴۷ درصد تغییرات پراکنش گونه را توجیه نمودند و بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه داشتند. بیشترین احتمال حضور گون زرد در هم‌دمایی ۳۶/۸ تا ۳۹/۷ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای ۲- تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد در پربارش‌ترین فصل سال، تغییرات فصلی بارندگی ۱۰۰ تا ۱۱۲ میلی‌متر، و مجموع بارندگی سالیانه ۲۸۰ تا ۴۹۰ میلی‌متر برآورد شد (شکل ۳). کمینه و بیشینه ارتفاع حضور گونه مورد مطالعه به ترتیب ۱۶۵۴ و ۳۰۵۲ متر از سطح دریا است.

سهم نسبی هر یک از متغیرهای وارد شده به مدل در پیش‌بینی مناطق مطلوب برای حضور گونه‌گون زرد نشان داد که به ترتیب، شاخص هم‌دمایی، میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال، تغییرات فصلی بارندگی، مجموع بارندگی سالانه، مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال و تغییرات فصلی دما بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه‌گون زرد داشتند (جدول ۲). شاخص هم‌دمایی، میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال و تغییرات فصلی بارندگی، با همدیگر

جدول ۲. متغیرهای مورد استفاده در مدل سازی رویشگاه های مطلوب گون زرد و اهمیت نسبی آن ها

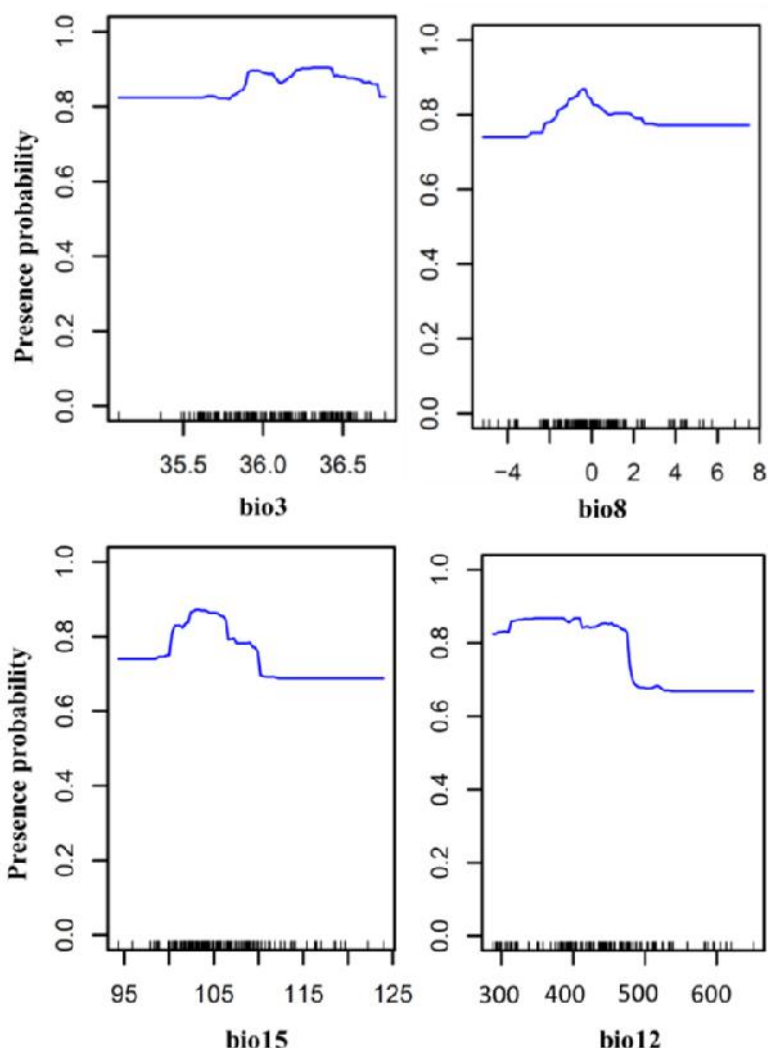
Table 2. The variables used to modelling of the suitable habitat of *A. verus* and relative importance of them

اهمیت نسبی Relative importance	عنوان Abbreviation and description	متغیرهای محیطی Variables
17.86	Bio3-Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100)	شاخص هم دمایی
15.06	Bio8- Mean Temperature of the Wettest Quarter	میانگین دمای پربارش ترین فصل سال
14.11	Bio15- Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)	تغییرات فصلی بارندگی
12.64	Bio12- Annual Precipitation	مجموع بارندگی سالانه
12.25	Bio17- Precipitation of the Driest Quarter	مجموع بارندگی کم بارش ترین فصل سال
12.23	Bio4- Temperature Seasonality (standard deviation *100)	تغییرات فصلی دما
7.51	Aspect	جهت جغرافیایی
4.66	Slope	شیب
3.68	Land cover/Land use	پوشش /کاربری سرزمین



شکل ۲. نقشه رویشگاه مطلوب امروزی گونه گون زرد در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از رویکرد اجماعی

Fig 2. current suitable habitat of *A. verus* in Chaharmahal and Bakhtiari province using an ensemble approach



شکل ۳. احتمال حضور گونه زرد در امتداد متغیرهای مؤثر بر اساس مدل RF در استان چهارمحال و بختیاری  
 Fig 3. Figure 3. probability of as.verus presence along effective variables based on RF model in Chaharmahal and Bakhtiari province

خواهد یافت. درحالی‌که در همین دوره زمانی در حدود ۱/۵۸ (RCP8.5، سال ۲۰۷۰) تا ۱۳/۱۹ درصد (RCP2.6، سال ۲۰۷۰) به رویشگاه‌های مطلوب این‌گونه در مناطق با ارتفاع بیشتر اضافه خواهد شد. بر اساس مدل‌های گردش عمومی و سناریوهای مختلف، مدل اجماعی پیش‌بینی می‌کند که گستره‌های جدید به‌ویژه در ارتفاع‌های بالا به رویشگاه‌های مطلوب اضافه خواهد شد (شکل‌های ۴ و ۵، جدول ۳). به‌طور خلاصه، نرخ خالص از دست رفتن رویشگاه مطلوب گون زرد

نتایج تحقیق نشان داد که تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای قابل‌توجهی بر رویشگاه‌های مطلوب گون زرد در استان وارد سازد. بر اساس سناریوهای مختلف، بین ۴۵/۷۰ درصد (RCP2.6، سال ۲۰۵۰) تا ۸۹/۸۸ درصد (RCP8.5، سال ۲۰۷۰) از رویشگاه‌های امروزی گون زرد تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ به‌واسطه تغییر اقلیم نامطلوب خواهد شد (جدول ۳). بر اساس تمامی سناریوها، رویشگاه‌های مطلوب این‌گونه در اغلب گستره حضورش به‌ویژه در مناطق با ارتفاع کمتر کاهش



به‌طور میانگین در حدود ۹۲/۷۶ متر پیش‌بینی نمودند. بر این اساس، میانگین ارتفاع رویشگاه‌های مطلوب امروزی گونه ۲۳۴۶/۷۶ متر بود که پیش‌بینی می‌شود به ۲۴۳۹/۵۲ متر در آینده جابجا شود.

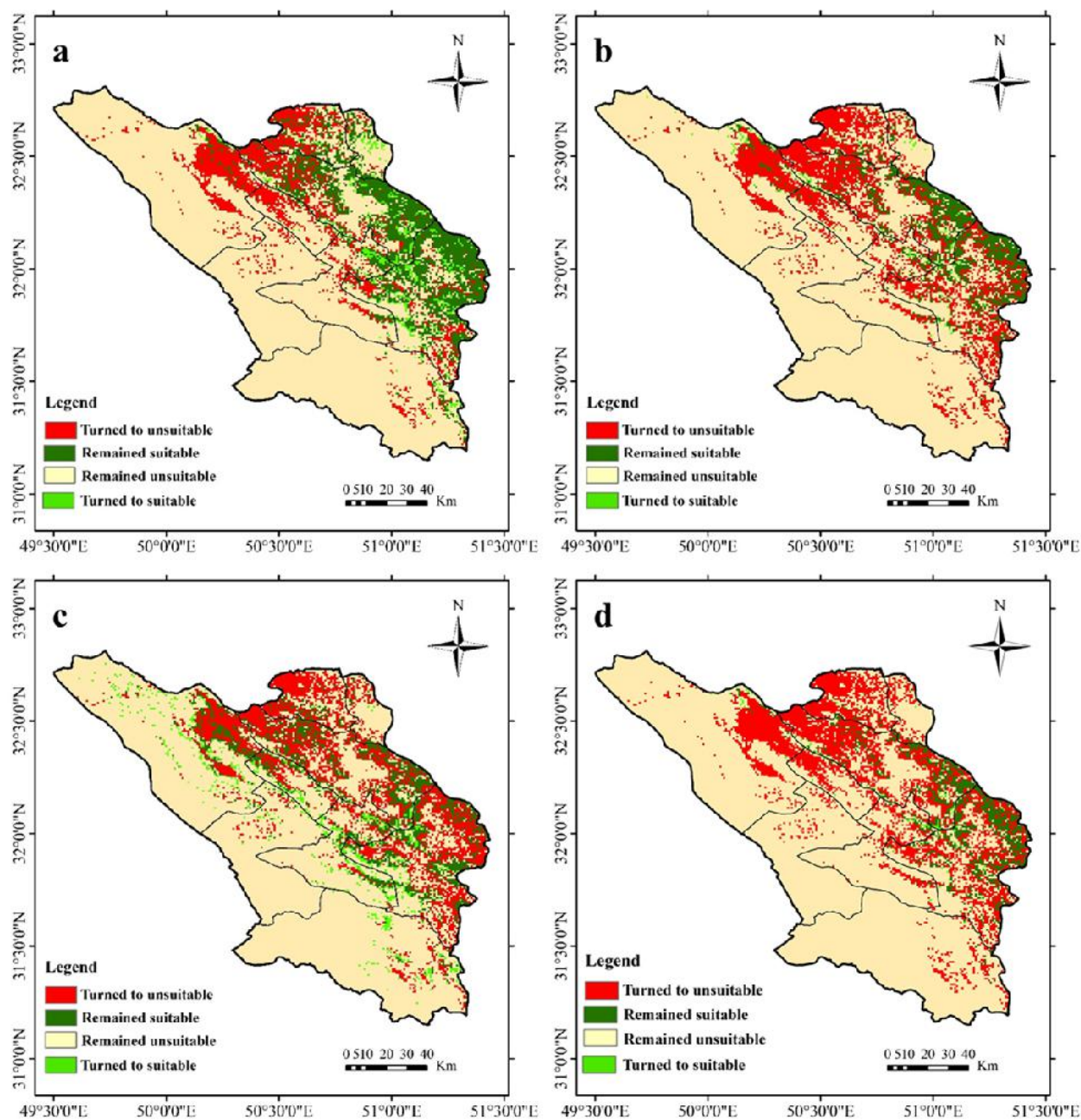
در آینده بین ۳۴/۶۲ درصد (RCP2.6، سال ۲۰۷۰) تا ۸۸/۳۰ درصد (RCP8.5، سال ۲۰۷۰) برآورد شد. بر اساس یافته‌ها، سناریو RCP8.5 نسبت به سه سناریوی دیگر اثرات شدیدتری بر گستره رویشگاه‌های مطلوب گون زرد در منطقه مورد مطالعه خواهد داشت. تمامی سناریوهای تغییر اقلیمی، جابجایی رویشگاه‌های مطلوب گون زرد را به سمت ارتفاعات بالاتر

جدول ۳. تغییر در وسعت رویشگاه‌های مطلوب (کیلومتر مربع) گون زرد تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ تحت سناریوهای اقلیمی مختلف و مدل

گردش عمومی MRI-CGCM3

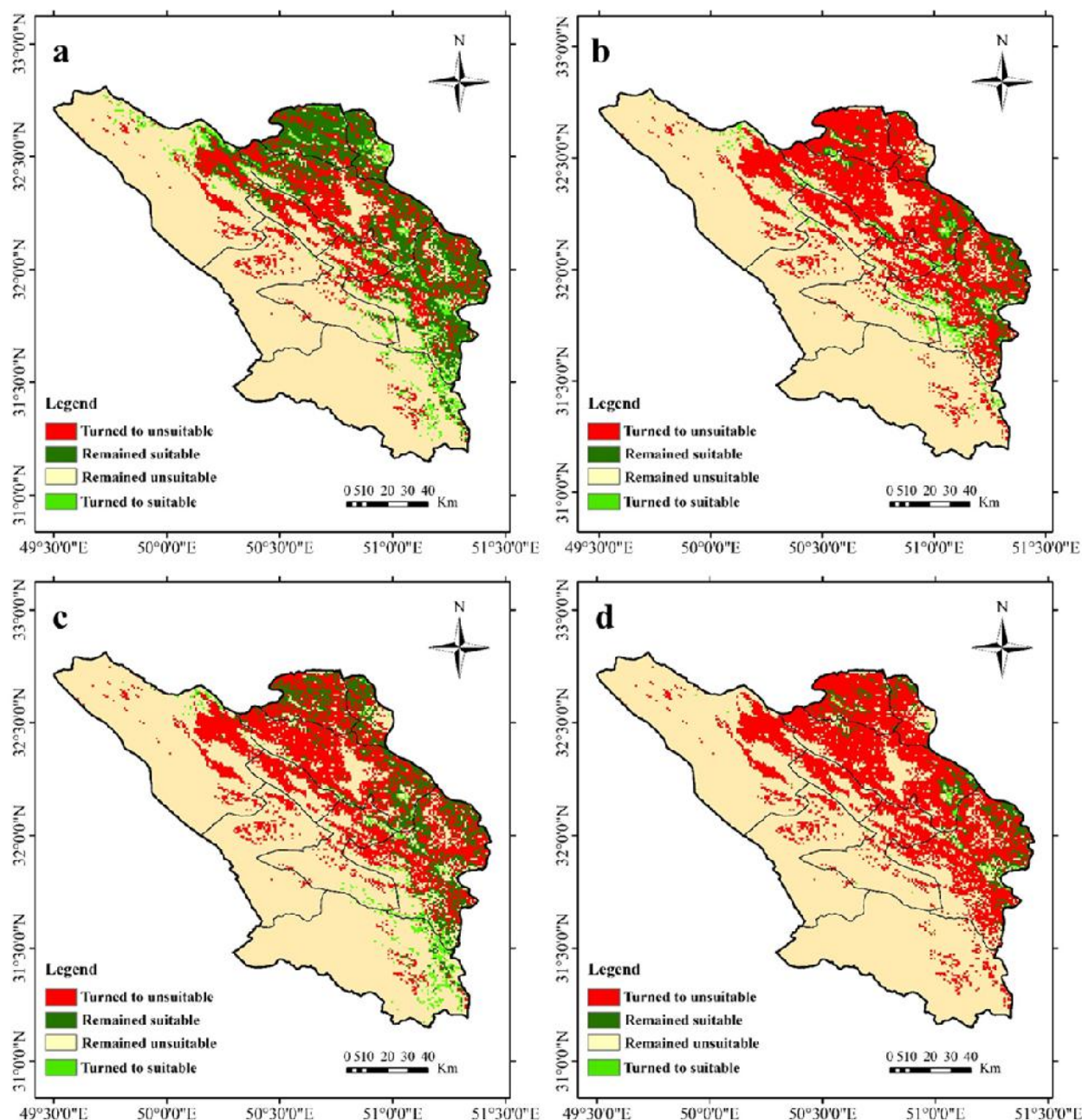
Table 3. Changes in the area of suitable habitat of *A. verus* (km<sup>2</sup>) by 2050 and 2070 under different climate change scenarios, within the general circulation models MRI- CGCM3

تغییرات در رویشگاه (درصد) Habitat change (%)	رویشگاه جدید Habitat gain		رویشگاه ازدست‌رفته Habitat loss		غیاب پایدار Stable absence (km <sup>2</sup> )	حضور پایدار Stable presence (km <sup>2</sup> )	سناریو Scenario
	درصد (%)	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد (%)	مساحت (km <sup>2</sup> )			
سال ۲۰۵۰							
-36.15	9.55	432.95	45.70	2072.45	11563.68	2462.91	سناریو RCP2.6
-68.16	2.67	120.88	70.83	3212.34	11875.80	1323.03	سناریو RCP4.5
-52.64	12.53	568.48	65.18	2955.94	11428.20	1579.43	سناریو RCP6
-77.52	1.78	80.58	79.29	3596.21	11916.10	939.16	سناریو RCP8.5
سال ۲۰۷۰							
-34.62	13.19	1582.00	47.81	2168.40	10414.64	2366.96	سناریو RCP2.6
-79.92	6.49	778.22	86.40	3918.65	11218.41	616.72	سناریو RCP4.5
-34.62	6.86	778.22	72.19	3274.26	11173.78	1261.10	سناریو RCP6
-88.30	1.58	189.43	89.88	4076.30	11807.20	459.07	سناریو RCP8.5



شکل ۴. تغییر در رویشگاه‌های مطلوب گون زرد از شرایط اقلیمی امروزی تا آینده (سال ۲۰۵۰) حاصل از مدل اجماعی و بر اساس مدل گردش عمومی MRI-CGCM3 با چهار سناریو: الف) RCP2.6، ب) RCP4.5، پ) RCP6، ت) RCP8.5

Fig. 5. Changes in the suitable habitat of *A. verus* from current climatic conditions to future climatic conditions (year 2050) resulting from ensemble model and based on general circulation model (MRI-CGCM3) with four RCP scenarios RCP2.6 (a), RCP4.5 (b), RCP6 (c), and RCP8.5 (d)



شکل ۵. تغییر در رویشگاه‌های مطلوب گون زرد از شرایط اقلیمی امروزی تا آینده (سال ۲۰۷۰) حاصل از مدل اجماعی و بر اساس مدل گردش عمومی MRI-CGCM3 با چهار سناریو: الف) RCP2.6، ب) RCP4.5، پ) RCP6، ت) RCP8.5

Fig 5. Changes in the suitable habitat of *A. verus* from current climatic conditions to future climatic conditions (year 2070) resulting from ensemble model and based on general circulation model (MRI-CGCM3) with four RCP scenarios RCP2.6 (a), RCP4.5 (b), RCP6 (c), and RCP8.5 (d)

### بحث و نتیجه گیری

تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر پراکنش این گونه به دست آمد. بر اساس یافته‌ها، در حدود ۲۷/۴۳ درصد (۴۵۳۵/۳۷) کیلومترمربع از مساحت استان چهارمحال و بختیاری به‌عنوان رویشگاه مطلوب گون زرد برآورد شد. به نظر می‌رسد

در این پژوهش، رویشگاه‌های مطلوب امروزی گون زرد در محدوده استان چهارمحال و بختیاری در گستره زاگرس مرکزی مدل‌سازی شد و برآوردهایی از پیامدهای تغییر اقلیم

مختلفی حاصل شده باشند. از جمله این عوامل می‌توان به نقش متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل‌ها به عنوان یک منبع عدم قطعیت اشاره نمود. علاوه بر این، مدل‌های اقلیمی IPCC به‌طور مبهم بر ادامه روند گرمایش جهانی اشاره دارند، اما عدم قطعیت‌ها درباره میزان و سرعت این روند بسیار زیاد است (۳۰ و ۴۷).

تمامی سناریوهای تغییر اقلیم، احتمال جابجایی گستره رویشگاه‌های مناسب گون زرد را به سمت ارتفاعات بالاتر در حدود ۹۲/۷۶ متر پیش‌بینی می‌کنند. علت این جابجایی، به تأثیرگذاری شرایط اقلیمی (بارندگی و دما) بر رویشگاه گون زرد مربوط است که باعث می‌شود مناطق کم ارتفاع‌تر برای این‌گونه نامناسب شود (۷، ۱۰، ۱۳ و ۲۶). پیامدهای تغییر اقلیم، به‌ویژه احتمال کاهش و جابجایی گستره جغرافیایی گونه‌های گیاهی در رویشگاه‌های مختلف کشور، از جمله در زاگرس مرکزی در رابطه با گونه‌های *Astragalus adscondens* (۲۱)، *Bromus tomentellus* (۴۱)، *Quercus brantii* (۲۳) *Pistacia atlantica* (۳۱) و همچنین، در گستره ایران مرکزی در رابطه با گونه‌های *Daphne mucronata* (۲) و *Astragalus gossypinus* (۴۳) پیش‌بینی شده است.

بر اساس یافته‌ها، مدل جنگل تصادفی و پس‌از آن مدل افزایشی تعمیم‌یافته بهترین پیش‌بینی را داشتند و قابل‌اعتمادترین مدل‌ها برای پیش‌بینی پراکنش گون زرد تعیین شدند. مطالعات قبلی نیز بر قابلیت بالای مدل جنگل تصادفی در مقایسه با مدل‌های دیگر در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای تأکید نموده‌اند (۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۸، ۲۲ و ۲۹).

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 (۲۳). بر اساس تحلیل‌ها، شاخص هم‌دمایی، میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال و تغییرات فصلی بارندگی بیشترین مشارکت نسبی را در عملکرد

بخش‌های شمال شرقی و شرق استان (از جمله شهرستان‌های بروجن، شهرکرد، بن) در مقایسه با سایر مناطق از اهمیت رویشگاهی بیشتری برای گون زرد برخوردار هستند. البته باید عنوان نمود که در مطالعه حاضر، آشیان اکولوژیک بالقوه اقلیمی گون زرد تعیین شده است که می‌تواند از آشیان اکولوژیک واقعی این‌گونه متفاوت باشد. به‌هرحال، عوامل اقلیمی ممکن است به‌عنوان مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده احیاء و گسترش جمعیت‌های طبیعی، بر زیستایی این جمعیت‌ها اثرگذار باشند (۵۰).

بر اساس یافته‌ها، پیش‌بینی می‌شود که بخش وسیعی از رویشگاه‌های مطلوب امروزی گون زرد به‌ویژه در مناطق با ارتفاع کمتر به‌واسطه تغییر اقلیم تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰، نامطلوب خواهد شد. بر اساس سناریوهای مختلف اقلیمی، بین ۴۵/۷۰ درصد (RCP2.6، سال ۲۰۵۰) تا ۸۹/۸۸ درصد (RCP8.5، سال ۲۰۷۰) از رویشگاه‌های امروزی گون زرد به‌واسطه تغییر اقلیم نامطلوب می‌شود. احتمالاً در همین دوره زمانی در حدود ۱/۵ درصد (سناریو RCP8.5 سال ۲۰۷۰) تا ۱۳ درصد (سناریو RCP2.6 سال ۲۰۷۰) به رویشگاه‌های مطلوب (با توجه به شرایط اقلیمی) این‌گونه به‌ویژه در مناطق با ارتفاع بالاتر افزوده خواهد شد. بر اساس یافته‌ها، سناریو RCP8.5 نسبت به سه سناریوی دیگر اثرات شدیدتری بر گستره رویشگاه‌های مطلوب گون زرد خواهد داشت. این موضوع با توجه به شدت تغییرات اقلیمی در این سناریو قابل پیش‌بینی بود. علاوه بر تغییر اقلیم، عوامل دیگری همچون بهره‌برداری غیراصولی، تغییر کاربری سرزمین و آتش‌سوزی نیز به شدت بر بقا و پایداری این‌گونه گیاهی تأثیر می‌گذارند. به‌طور کلی، مجموعه سناریوهای مورد استفاده در این پژوهش بر احتمال رخداد یک‌روند مشخص کاهشی در گستره رویشگاهی گون زرد تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ اشاره دارند. با این وجود، همانند مطالعه وی و همکاران (۴۷)، نتایج برخی سناریوها (سناریوی RCP6 در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) روند یکسانی را در کاهش میزان گستره رویشگاهی مطلوب گونه مورد مطالعه نشان نمی‌دهند، که این نتایج ممکن است تحت تأثیر عوامل

نمودند.

به‌طور کلی، این مطالعه نشان می‌دهد که مدل اجماعی می‌تواند پراکنش بالقوه گون زرد را با دقت بالا پیش‌بینی نماید. سناریوهای مورد استفاده در این پژوهش، احتمال جابجایی گستره جغرافیایی گونه مورد مطالعه را تحت تغییر اقلیم تا سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ پیش‌بینی می‌کند. بر اساس نتایج، به نظر می‌رسد که وسعت رویشگاه مطلوب گون زرد در محدوده مورد مطالعه، کاهش یافته و به سمت ارتفاعات بالاتر جابجا خواهد شد. اگرچه تخریب سرزمین و برداشت بیش‌ازحد احتمالاً به‌عنوان دو عامل مهم تخریب رویشگاه این گونه می‌توانند مورد توجه قرار گیرند (۳۷)، اما این مطالعه اهمیت پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش گون زرد را برجسته می‌سازد. امروزه، در نتیجه بهره‌برداری 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 گونه‌های با عملکرد مشابه در اکوسیستم‌ها که ضمن توانایی حفاظت از خاک، از نظر تولیدات اقتصادی نیز حائز اهمیت هستند را دوچندان می‌نماید. نقشه‌های رویشگاه مطلوب امروزی و آینده برای گون زرد که در این پژوهش تهیه شده می‌تواند در تدوین و اجرای برنامه‌ها و طرح‌های مدیریتی و حفاظتی این گونه و سایر گونه‌های مشابه مورد استفاده قرار گیرد. مناطقی که در این مطالعه به‌عنوان رویشگاه مناسب تعیین شدند می‌توانند برای استقرار و معرفی مجدد گون زرد مورد توجه قرار گیرند.

## References

1. Abbasian M, Moghim S, Abrishamchi A. 2019. Performance of the general circulation models in simulating temperature and precipitation over Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 135(3): 1465-1483. doi:https://doi.org/10.1007/s00704-018-2456-y.
2. Abolmaali MR, Tarkesh M, Bashari H. 2018a. 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. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.10.002.

مدل اجماعی داشتند. در پژوهش‌های متعدد، عوامل دمایی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش گونه مورد مطالعه شناسایی شده‌اند (۳، ۹، ۲۲ و ۳۲). خداحلی و صوحی (۲۸)، تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر رویشگاه‌های گون زرد در استان اصفهان را مورد مطالعه قرار دادند. این محققان دمای سرمایشی را مهم‌ترین عامل مؤثر بر رویشگاه‌های گون زرد پیشنهاد نمودند. همچنین ساکی و همکاران (۳۹) دما را مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر در پراکنش گون زرد دانستند. ترکش و جتسکه (۴۳) نیز در مدل‌سازی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر گونه *A. gossypinus* میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال را به‌عنوان عامل مهمی در پراکنش گونه مورد مطالعه در ایران مرکزی پیشنهاد نمودند. همچنین، اثر دما بر تولید کثیرای جنس گون مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان داده که کاهش رطوبت و افزایش حرارت محیط اثر نامطلوبی بر تولید کثیرای استحصالی از گونه‌های گون دارد و حتی موجب عدم تولید کثیرا در بعضی از گونه‌های مولد می‌شود (۴۹).

بر اساس یافته‌ها، احتمال وقوع گونه‌گون زرد در میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال ۲- تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد، تغییرات فصلی بارندگی ۱۰۰ تا ۱۱۲ میلی‌متر، هم‌دمایی ۳۶/۸ تا ۳۹/۷ درجه سانتی‌گراد و مجموع بارندگی سالیانه ۲۸۰ تا ۴۹۰ میلی‌متر حداکثر است. وهابی و همکاران (۴۶) در مطالعه خود در استان اصفهان، حداقل بارندگی رویشگاه گون زرد را ۱۰۰ میلی‌متر گزارش نمودند. صفایی و همکاران (۳۷) میانگین بارندگی سالانه رویشگاه‌های گون زرد در مراتع شهرستان فریدون‌شهر استان اصفهان را از ۳۹۵ میلی‌متر تا حداکثر ۵۵۴ میلی‌متر تعیین نمودند. همچنین، این محققان، شرایط مطلوب رویشگاهی گون زرد را شامل میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال بین ۰/۹- تا ۱/۱۴ درجه سانتی‌گراد، تغییرات فصلی بارندگی ۲۶/۵۸ تا ۴۹ میلی‌متر و هم‌دمایی ۱۹/۵۳ تا ۲۳/۵۶ درجه سانتی‌گراد گزارش نمودند. کمینه و بیشینه ارتفاع حضور گونه مورد مطالعه به ترتیب ۱۶۵۴ و ۳۰۵۲ متر از سطح دریا برآورد شد. وهابی و همکاران (۴۶) نیز دامنه ارتفاعی گونه‌گون زرد در مراتع استان اصفهان را ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌متر ذکر

3. Abolmaali MR, Tarkesh M, Bashari H. 2017b. Assessing impacts of climate change on endangered *Kelossia odoratissima* Mozaff species distribution using Generalized Additive Model. *Journal of Natural Environment*, 70(2): 243-254. (In Persian)
4. Ahmad R, Khuroo AA, Charles B, Hamid M, Rashid I, Aravind NA. 2019. Global distribution modelling, invasion risk assessment and niche dynamics of *Leucanthemum vulgare* (Ox-eye Daisy) under climate change. *Scientific Reports*, 9(1): 1-15. doi:https://doi.org/10.1038/s41598-019-47859-1.
5. Ali Akbari M, Jafari MR, Saadatfar A. 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)
6. Allouche O, Tsoar A, Kadmon R. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223-1232. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x.
7. Al-Qaddi N, Vessella F, Stephan J, Al-Eisawi D, Schirone B. 2016. Current and future suitability areas of kermes oak (*Quercus coccifera* L.) in the Levant under climate change. *Regional Environmental Change*, 17: 143-156. doi:https://doi.org/10.1007/s10113-016-0987-2.
8. Amici V, Marcantonio M, La Porta N, Rocchini D. 2017. A multi-temporal approach in MaxEnt modelling: A new frontier for land use/land cover change detection. *Ecological Informatics*, 40: 40-49. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.04.005.
9. Amiri M, Tarkesh M, Jafari R. 2019. Predicting the Climatic Ecological Niche of *Artemisia aucheri* Boiss in Central Iran using Species Distribution Modeling. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8(2): 61-79. (In Persian)
10. Ashrafzadeh MR, Naghipour AA, Haidarian M, Khorozyan I. 2019a. Modeling the response of an endangered flagship predator to climate change in Iran. *Mammal Research*, 64(1): 39-51. doi:10.1007/s13364-018-0384-y.
11. Ashrafzadeh MR, Naghipour AA, Haidarian M, Kusza S, Pilliod DS. 2019b. Effects of climate change on habitat and connectivity for populations of a vulnerable, endemic salamander in Iran. *Global Ecology and Conservation*, 19: e00637. doi:https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00637.
12. Attorre F, Abeli T, Bacchetta G, Farcomeni A, Fenu G, De Sanctis M, Gargano D, Peruzzi L, Montagnani C, Rossi G, Conti F, Orsenigo S. 2018a. How to include the impact of climate change in the extinction risk assessment of policy plant species? *Journal for Nature Conservation*, 44: 43-49. doi:https://doi.org/10.1016/j.jnc.2018.06.004.
13. Attorre F, Alfò M, De Sanctis M, Francesconi F, Valenti R, Vitale M, Bruno F. 2011b. Evaluating the effects of climate change on tree species abundance and distribution in the Italian peninsula. *Applied Vegetation Science*, 14(2): 242-255. doi:https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2010.01114.x.
14. Benito Garzón M, Sánchez de Dios R, Sainz Ollero H. 2008. Effects of climate change on the distribution of Iberian tree species. *Applied Vegetation Science*, 11(2): 169-178. doi:https://doi.org/10.3170/2008-7-18348.
15. Borna F, Tamartash R, Tatian M, Gholami V. 2017. Habitat potential modeling of *Astragalus gossypinus* using ecological niche factor analysis and logistic regression (Case study: summer rangelands of Baladeh, Nur), *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 7(4): 45-61. (In Persian)
16. Byeon D-h, Jung S, Lee W-H. 2018. Review of CLIMEX and MaxEnt for studying species distribution in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 11(3): 325-333. doi:https://doi.org/10.1016/j.japb.2018.06.002.
17. Chahouki MAZ, Sahragard HP. 2016. Maxent modelling for distribution of plant species habitats of rangelands (Iran). *Polish Journal of Ecology*, 64(4): 453-467. doi:https://doi.org/10.3161/15052249PJE2016.64.4.002.
18. Cheng L, Lek S, Lek-Ang S, Li Z. 2012. Predicting fish assemblages and diversity in shallow lakes in the Yangtze River basin. *Limnologia*, 42(2): 127-136. doi:https://doi.org/10.1016/j.limno.2011.09.007.
19. Ghahremaninejad F, Bagheri A, Maassoumi AA. 2012. Two new species of *Astragalus* L. sect. *Incani* DC.(Fabaceae) from the Zanzan province (Iran). *Adansonia*, 34(1): 59-65. doi:https://doi.org/10.5252/a2012n1a6.
20. Guisan A, Zimmermann NE. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2): 147-186. doi:https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9.
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. Haidarian Aghakhani M, Tamartash R, Jafarian Z, Tarkesh Esfahani M, Tatian M. 2017a. Forecasts of climate change effects on *Amygdalus scoparia*

23. potential distribution by using ensemble modeling in Central Zagros. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 8(3): 1-14. (In Persian)
24. Haidarian Aghakhani M, Tamartash R, Jafarian Z, Tarkesh Esfahani M, Tatian M. 2017b. 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)
25. Hao T, Elith J, Guillera-Aroita G, Lahoz-Monfort JJ. 2019. A review of evidence about use and performance of species distribution modelling ensembles like BIOMOD. *Diversity and Distributions*, 25(5): 839-852. doi:<https://doi.org/10.1111/ddi.12892>.
26. Hodd RL, Bourke D, Skeffington MS. 2014. Projected range contractions of European protected oceanic montane plant communities: focus on climate change impacts is essential for their future conservation. *PloS one*, 9(4). doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095147>.
27. Hutchinson GE. 1957. Cold spring harbor symposium on quantitative biology. Concluding remarks, 22: 415-427.
28. Kaky E, Gilbert F. 2016. Using species distribution models to assess the importance of Egypt's protected areas for the conservation of medicinal plants. *Journal of Arid Environments*, 135: 140-146. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.09.001>.
29. Khodagholi M, Saboohi R. 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)
30. Lin CT, Chiu CA. 2019. The Relic *Trochodendron aralioides* Siebold & Zucc.(Trochodendraceae) in Taiwan: Ensemble distribution modeling and climate change impacts. *Forests*, 10(1): 7. <https://doi.org/10.3390/f10010007>.
31. McSweeney CF, Jones RG, Lee RW, Rowell DP. 2015. Selecting CMIP5 GCMs for downscaling over multiple regions. *Climate Dynamics*, 44: 3237-3260. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2418-8>.
32. Naghipour AA, Haidarian M, Sangoony H. 2019a. Predicting the impact of climate change on the distribution of *Pistacia atlantica* in the Central Zagros. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 6(13): 197-214. (In Persian)
33. Naghipour AA, Ostovar Z, Asadi E. 2019b. 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.
34. Pachauri RK, Allen MR, Barros V, Broome J, Cramer W, Christ R, Church J, Clarke L, Dahe Q, Dasgupta P. 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.
35. 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.
36. Rana SK, Rana HK, Ghimire SK, Shrestha KK, Ranjitkar S. 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: 558-570. <https://doi.org/10.1007/s11629-015-3822-1>.
37. Rios J, Waterman P. 1997. A review of the pharmacology and toxicology of *Astragalus*. *Phototherapy Research*, 11: 411-418. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1573\(199709\)](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1573(199709)).
38. Safaei M, Tarkesh M, Bashari H, Bassiri M. 2018. Modeling potential habitat of *Astragalus verus* Olivier for conservation decisions: A comparison of three correlative models. *Flora*, 242: 61-69. doi:<https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.03.001>.
39. Sahragard HP, Chahouki MAZ. 2015. An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze soltan rangelands of Qom province. *Ecological Modelling*, 309-310: 64-71. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.04.005>.
40. Saki M, Tarkesh M, Bassiri M, Vahabii M R. 2013. Application of Logistic Regression Tree Model in Determining Habitat Distribution of *Astragalus verus*. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 2013: 1 (2) :27-38. (In Persian)
41. Sangoony H, Karimzadeh H, Vahabi M, Tarkesh esfahani M. 2014a. 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)
42. Sangoony H, Vahabi MR, Tarkesh M, Soltani S. 2016b. 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. doi:[https://dx.doi.org/10.15666/aeer/1404\\_085100](https://dx.doi.org/10.15666/aeer/1404_085100).
43. Silvertown J. 2004. Plant coexistence and the niche. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(11): 605-611. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.003>.
44. Tarkesh M, Jetschke G. 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. doi:10.1007/s12517-015-2071-5.
45. Thuiller W, Georges D, Engler R, Breiner F, Georges MD, Thuiller CW. 2016. Package 'Biomod2'. <https://cran.r-project.org/package=biomod2>.
46. Tilman D, Lehman C. 2001. Human-caused environmental change: impacts on plant diversity and evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(10): 5433-5440.
47. Vahabi MR, Basiri M, Moghadam MR, Masoumi AA. 2007. Determination of the most effective habitat indices for evaluation of tragacanth sites in Isfahan Province. *Iranian Journal of Natural Resources*, 59:1013-1029. (In Persian)
48. Wei B, Wang R, Hou K, Wang X, Wu W. 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00477>.
49. Woodward FI. 1987. *Climate and Plant Distribution*. Cambridge University Press, Cambridge. 174p.
50. Zarinkamar F. 1996. Investigation of anatomical and ecological characteristics of 14 species of *Astragalus spp.* *Research Institute of Range and Forest*, 98p.
51. Zhang X, Li G, Du S. 2018. Simulating the potential distribution of *Elaeagnus angustifolia* L. based on climatic constraints in China. *Ecological Engineering*, 113: 27-34. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.01.009>.