دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره دهم، شماره بیستم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

پراکندگی جغرافیایی بالقوه گونه جاشیر (*Prangos ferulacea* (L.) Lindl.) تحت سناریوهای تغییر اقلیم در استان چهارمحال و بختیاری

فرشته بابایی دهکردی[1]، عطاالله ابراهیمی[2]، علی اصغر نقی‌پور[3*]، مریم حیدریان[4]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی مرتع، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[2] دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[3] استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[4] دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹

چکیده

جاشیر گیاهی چندساله است که علاوه بر ارزش علوفه‌ای و دارویی می‌تواند به کنترل فرسایش خاک نیز کمک کند. اطلاعات کمی در مورد تأثیر تغییرات اقلیمی بر جنس *Prangos* به‌ویژه *P. ferulacea* وجود دارد. در این مطالعه، به‌منظور پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم آینده بر پراکندگی جغرافیایی بالقوه جاشیر از رویکرد مدل‌سازی اجماعی با تلفیق پنج مدل پراکندگی گونه‌ای استفاده شد. نقاط حضور جاشیر بر اساس بازدیدهای میدانی در استان چهارمحال و بختیاری و طی سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ برداشت شدند. پیش‌بینی آینده بر اساس سه سناریوی SSP126، SSP370، SSP585 و مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 انجام شد. به این منظور، تعداد ۴۸ داده حضور گونه همراه با ۱۱ متغیر محیطی شامل متغیرهای زیست اقلیمی، فیزیوگرافی و پوشش/کاربری سرزمین در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. یافته‌ها نشان داد که حدود ۳۰/۸۸ درصد از محدوده مورد مطالعه در وضعیت اقلیمی امروزی به‌عنوان رویشگاه‌های مطلوب گونه جاشیر شناسایی شد. موثرترین متغیرها در مطلوبیت رویشگاه گونه مورد مطالعه، به ترتیب مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه، میانگین دامنه دمای روزانه و تغییرات فصلی بارندگی بودند. یافته‌ها نشان داد که ۲۳/۹۸ تا ۳۲/۴۰ درصد از رویشگاه‌های مطلوب جاشیر تا سال ۲۰۷۰ به واسطه تغییر اقلیم نامناسب خواهد شد. در مقابل، ۹/۳ تا ۲۰/۳ درصد از رویشگاه‌های نامناسب به علت تغییر اقلیم مناسب خواهد شد. همچنین، نتایج نشان‌دهنده عملکرد

*نویسنده مسئول: aa.naghipour@sku.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

عالی مدل اجماعی بود (AUC= ۰/۹۷ و TSS= ۰/۸۳). نتایج مطالعه حاضر می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان به منظور انطباق و حفاظت از گونه جاشیر در برابر تغییرات اقلیمی آینده فراهم نماید.

واژه‌های کلیدی: **مدل‌سازی اجماعی، مدل‌سازی پراکندگی گونه‌ای، منطقه زاگرس مرکزی، Biomod2**

مقدمه

حضور گونه‌های گیاهی در هر منطقه برآیندی از عوامل محیطی، دامنه بردباری و نیازهای بوم‌شناسی آن‌ها نسبت به عوامل مهم محیطی در رویشگاهاست. گونه‌های گیاهی نسبت به شرایط مختلف محیطی آستانه تحمل متفاوتی دارند و این موضوع منجر به تشکیل غیرتصادفی رویشگاه‌ها می‌شود (زارع چاهوکی و ناصری حصار، ۱۳۹۷). ویژگی‌های اقلیمی، خاکی، توپوگرافی، کاربری زمین و همچنین روابط زیستی ازجمله مهم‌ترین عواملی هستند که بر پراکندگی گونه‌های گیاهی در مقیاس‌های مختلف تأثیر می‌گذارند (Wei et al., 2018).

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکندگی گونه‌های گیاهی، اقلیم است (Byeon et al., 2018). در سال‌های اخیر در خصوص تأثیر بالقوه‌ی تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌ها و گونه‌ها، نگرانی‌ها رو به افزایش است (Pearson, 2007). پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیمی آینده بر پراکندگی گونه‌های گیاهی ارزشمند، در مدیریت، ارزیابی سطح تهدیدها و حفاظت موثر از آن‌ها اهمیت زیادی دارد (Rana et al., 2017). تغییر در پراکندگی یک‌گونه گیاهی به دلیل تغییر اقلیم می‌تواند منجر به جابه‌جایی و تغییر دامنه ارتفاعی حضور گونه شود. این روند ممکن است ایجاد محدودیت رویشی و حتی انقراض گونه را به دنبال داشته باشد (جعفری، ۱۳۸۷). تغییر محدوده جغرافیایی گونه‌ها نوعی راهبرد برای پایدار ماندن در برابر تغییرات اقلیمی است. به‌منظور کنترل و کاهش پیامدهای منفی تغییر اقلیم، مدل‌سازی اثرات اقلیمی آینده بر پراکندگی گونه‌ها ضروری است (Anderson and Ferree, 2010). پیش‌بینی پراکندگی جغرافیایی گونه در آینده نیازمند جمع‌آوری اطلاعات مربوط به حضور گونه، متغیرهای محیطی و ترکیب این اطلاعات با شرایط محیطی جدید دارد (Rehfeldt et al., 2012).

گیاه جاشیر با نام علمی *Prangos ferulacea* از خانواده چتریان (Apiaceae)، از گیاهان علفی با ارزش علوفه‌ای، حفاظتی و دارویی است که در ترکیب گیاهی مراتع ییلاقی دیده می‌شود. گستره رویشی این گیاه در مناطق کوهستانی به‌ویژه زاگرس و عرصه‌هایی از البرز و ارتفاعات شمال غربی در ناحیه‌ی رویشی ایران توران است. این گونه در رویشگاه‌های با دامنه ارتفاعی ۱۶۰۰ تا ۳۷۰۰ متر پراکندگی دارد. جاشیر در مناطق با میانگین بارندگی ۴۵۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۴/۵ تا ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود. از نظر ارزش غدایی بسیار مقوی و با ارزش است؛

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

به‌طوری‌که وجه تسمیه این گیاه اشاره به کیفیت غذایی زیاد آن در مقایسه با شیر است (مقیمی، ۱۳۸۴).

مدل‌های پراکندگی گونه‌ای (Species Distribution Models) به‌عنوان ابزارهایی توانمند در راستای کسب اطلاعات در رابطه با عوامل مؤثر بر پراکندگی گونه‌ها و تناسب رویشگاه برای گونه‌های گیاهی محسوب می‌شوند. مدل‌های پراکندگی گونه‌ای (SDMs) در سال‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای در علوم زیستی، جغرافیای زیستی و حفاظت استفاده می‌شوند (Guillera-Arroita et al., 2015). این مدل‌ها به پیش‌بینی محدوده پراکندگی بالقوه یک‌گونه با استفاده از داده‌های حضور گونه و متغیرهای محیطی اثرگذار بر آن می‌پردازند (Franklin, 2010). ترکیب این پراکندگی احتمالی با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مناطق دارای وضعیت محیطی مطلوب برای گونه‌ها را تعیین خواهد نمود (Papeş and Gaubert, 2007).

این مدل‌ها کاربردهای وسیعی، ازجمله بررسی فرضیه‌های اکولوژیکی و تکاملی، مدیریت گونه‌های مهاجم، برنامه‌ریزی حفاظتی و پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم گذشته و آینده بر گونه‌ها و جوامع دارند (Guillera-Arroita et al., 2015). این مدل‌ها با پیش‌بینی اثر تغییر اوضاع محیطی مانند تغییر اقلیم، اهمیت زیادی در پیشبرد رویکردهای مؤثر مدیریتی و حفاظتی دارند (Amici et al., 2017).

مطالعات اخیر نشان داده‌اند که اختلاف بین مدل‌های مختلف ممکن است بسیار زیاد باشد و انتخاب مدل مناسب هم مشکل است. به‌ویژه زمانی که مدل‌ها به منظور پیش‌بینی پراکندگی گونه‌ها تحت سناریوهای تغییر اقلیم استفاده می‌شوند (Pearson et al., 2006; Hao et al., 2019). یک راه‌حل برای کاهش عدم قطعیت در نتایج، استفاده از رویکرد مدل‌سازی اجماعی است(Thuiller, 2003). BIOMOD شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین نرم‌افزار اجماعی است که در جامعه مدل‌های پراکندگی گونه‌ای ایجاد شده و به صورت رایگان در دسترس است (Hao et al., 2019).

با وجود اهمیت جاشیر در کشور، تاکنون پژوهش‌های اندکی در زمینه مدل‌سازی پراکندگی این گونه به انجام رسیده است. به عنوان نمونه، معتمدی و همکاران (۱۳۹۸) رویشگاه بالقوه جاشیر در مراتع کوهستانی ارومیه را تعیین نمودند، نتایج ایشان نشان داد که از ۲۲۲۰ هکتار رویشگاه مورد مطالعه ۳۷۰ هکتار (۱۶/۶ درصد) رویشگاه بالقوه جاشیر به شمار می‌رود. همچنین فروزه و همکاران (۱۳۹۶) رویشگاه بالقوه جاشیر را در مراتع دیلگان کهگیلویه و بویر احمد بررسی نمودند و نتایج نشان داد که ارتفاع از مهمترین عوامل موثر در بود و نبود گونه است.

در زمینه پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیمی بر پراکندگی گونه‌های گیاهی، پژوهش‌های متعددی در مناطق مختلف کشور صورت گرفته است. از جمله مطالعات صورت گرفته در منطقه زاگرس مرکزی می‌توان به خواجویی‌نسب و همکاران (Khajoei Nasab et al., 2022)، نقی‌پور و همکاران

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

(Naghipour et al., 2021)، اردستانی و قهفرخی (Ardestani and Ghahfarrokhi, 2021)، حیدریان و همکاران (Haidarian et al., 2021)، طویلی و همکاران (۱۴۰۰)، شیخ‌زاده قهنویه و همکاران (۱۴۰۰)، طیموری اصل و همکاران (۱۳۹۹)، نقی‌پور و همکاران (Naghipour et al., 2019) و نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۷) اشاره نمود. اما، تاکنون پیامدهای تغییر اقلیم بر گونه جاشیر مطالعه نشده است.

با توجه به اهمیت موضوع، هدف از پژوهش حاضر، شناسایی رویشگاه‌های مطلوب گونه جاشیر در استان چهارمحال و بختیاری و مدل‌سازی پیامدهای تغییر اقلیم بر این رویشگاه‌ها بر اساس سناریوهای اقلیمی SSP126، SSP370، SSP585 و مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 تا سال ۲۰۷۰ است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در کل استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. این استان بر اساس روش آمبرژه شامل پنج منطقه اقلیمی ۱- نیمه‌خشک سرد: بخش‌هایی از شرق استان؛ ۲- نیمه‌مرطوب سرد: بخش‌های جنوبی، جنوب شرقی و شمال شرقی استان؛ ۳- نیمه‌مرطوب معتدل: جنوب غربی استان؛ ۴- مرطوب سرد: غرب استان و ۵- اقلیم ارتفاعات: شمال و شمال‌شرقی استان است (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹). این منطقه دارای آب و هوا و خصوصیات طبیعی ویژه‌ای است که باعث شده تا با داشتن فون و فلور منحصر به فرد از لحاظ تنوع زیستی از اهمیت بالایی برخوردار باشد (Hunnam, 2011). مساحت این استان حدود ۱/۶۵ میلیون هکتار است که تقریباً تمام آن در منطقه زاگرس مرکزی قرار دارد. این استان بین ´۹ °۳۱ تا ´۴ °۳۲ عرض شمالی و نیز ´۲۸ °۴۹ تا ´۲۵ °۵۱ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه کوهستانی و ارتفاع آن از ۷۸۳ تا ۴۱۷۸ متر متغیر است. میزان بارش سالانه آن بین ۲۵۰ میلی‌متر در شرق و جنوب شرقی و ۱۴۰۰ میلی‌متر در شمال غربی متغیر بوده، میانگین بارندگی استان ۵۶۰ میلی‌متر است (دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۱ میلادی). میانگین سالانه دمای هوا نیز ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. ازنظر تنوع زیستی و ارزش اکولوژیکی این استان اهمیت بالایی دارد (Jaafari et al., 2017 و سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹).

داده‌های حضور گونه و اطلاعات متغیرهای محیطی

نقاط حضور گونه جاشیر در استان چهارمحال و بختیاری بر اساس بازدیدهای گسترده میدانی طی سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ و با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد. در هنگام ثبت نقاط حضور گونه سعی شد که مناطقی به‌عنوان وقوع گونه در نظر گرفته شوند که گونه مورد نظر

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

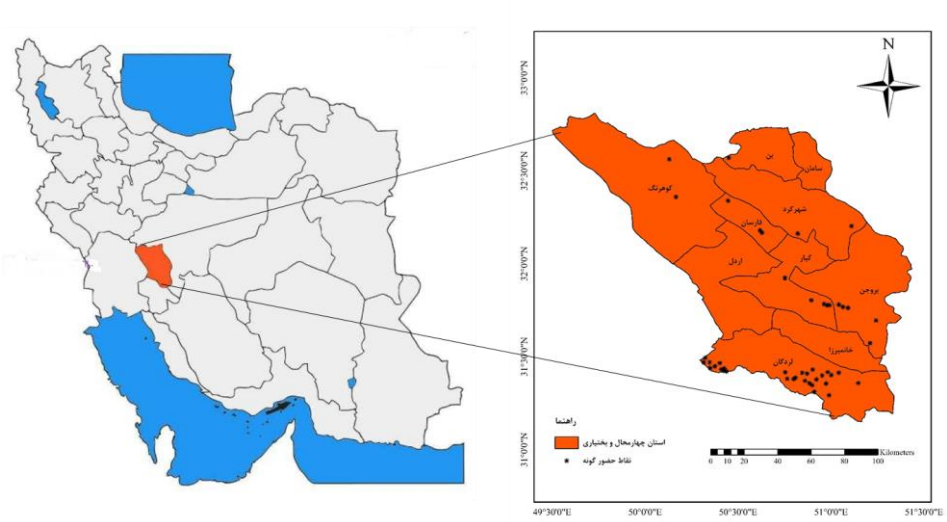
حداقل یک لکه به مساحت یک کیلومتر مربع را تحت پوشش قرار داده باشد. همچنین به‌منظور کاهش همبستگی مکانی، نقاط نمونه‌برداری شده از یکدیگر حداقل یک کیلومتر فاصله داشته باشند. در نهایت با توجه به موارد ذکر شده ۴۸ نقطه برای مدل‌سازی پراکندگی گونه استفاده شد.

مدل‌سازی در دو دوره پایه (میانگین دوره سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۱ که به عنوان حال حاضر بیان می‌شود) و دوره زمانی آینده (میانگین دروه زمانی ۲۰۷۰-۲۰۴۱ که در این مطالعه به عنوان سال ۲۰۷۰ بیان می‌شود) انجام شد. به‌منظور مدل‌سازی پراکندگی گونه‌ی جاشیر، نقشه متغیرهای اقلیمی (۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی) مشتق شده از دما و بارش ماهیانه (Bio1-Bio19) منطقه مورد مطالعه از پایگاه اطلاعاتی CHELSA (Chelsa-climate.org) و با دقت مکانی ۳۰ ثانیه (تقریباً یک کیلومتر مربع) دریافت شد (Karger et al., 2021). در مطالعه حاضر از مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 با سناریوهای SSP126، SSP370 و SSP585 برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکندگی گونه جاشیر در سال ۲۰۷۰ استفاده شد. این مدل گردش عمومی با توجه به در دسترس‌بودن داده‌ها و عملکرد بالای آن در کشور ایران انتخاب شد (Abbasian et al., 2019).

به کمک نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) حاصل از پایگاه داده CHELSA در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.8 نقشه‌های شیب و جهت جغرافیایی تهیه شدند و به‌عنوان متغیرهای فیزیوگرافی به کار برده شدند.

تمام لایه‌های محیطی ازنظر محدوده، تعداد پیکسل و سیستم تصویر در محیط نرم‌افزار ArcGIS و به کمک ابزارExtract by Mask یکسان‌سازی شدند. به منظور انتخاب متغیرهای ورودی به مدل‌ها، ابتدا توسط آزمون آماری پیرسون همبستگی بین آن‌ها بررسی شد و متغیرهایی با ضریب همبستگی پیرسون کمتر از ۰/۸ انتخاب شدند. پس از حذف لایه‌های دارای همبستگی بالا و غیرضروری، تعداد ۱۱ متغیر به عنوان ورودی مدل‌ها انتخاب شدند (جدول ۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]



شکل ۱- موقعیت استان چهارمحال و بختیاری در کشور به همراه نقاط حضور گونه جاشیر (*P. ferulacea*)

جدول ۱- متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی پراکندگی جاشیر و اهمیت نسبی آن‌ها بر اساس مدل اجماعی

متغیرهای محیطی	عنوان به انگلیسی	اهمیت نسبی
مجموع بارندگی پربارش ترین ماه	Precipitation of wettest month	۴۰/۵۰
میانگین دامنه دمای روزانه	Mean diurnal range (Mean of monthly (max temp - min temp))	۲۶/۱۱
تغییرات فصلی بارندگی (ضریب تغییرات)	Precipitation seasonality (Coefficient of variation)	۱۰/۱۴
دامنه سالانه دما	Temperature annual range (BIO5-BIO6)	۵/۵۹
تغییرات فصلی دما	Temperature seasonality (standard deviation ×100)	۵/۵۶
دامنه ارتفاعی	Dem	۴/۵۹
شیب	Slope	۲/۴۷
میانگین دمای پربارش فصل سال	Mean temperature of wettest quarter	۲/۰۷
مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل سال	Precipitation of warmest quarter	۱/۹۷
جهت شیب	Aspect	۰/۸۷
کاربری اراضی	landuse	۰/۱۱

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

مدل‌سازی

داده‌های حضور گونه و همچنین متغیرهای محیطی به‌منظور مدل‌سازی اجماعی به کار رفتند. ۵ روش مدل‌سازی شامل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، روش افزایشی تعمیم‌یافته (GBM)، مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM)، تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر (FDA) و جنگل تصادفی (RF) برای مدل‌سازی رویشگاه مطلوب گونه استفاده شدند. تمامی مدل‌ها در چارچوب بسته نرم‌افزاری Biomod2 و در محیط R استفاده شد. از آنجایی‌که مدل‌های پراکندگی گونه‌ای به نقاط زمینه‌ای (غیاب کاذب) نیز نیاز دارد، به طور تصادفی نقاط زمینه‌ای برابر نقاط حضور در منطقه مورد مطالعه به جز پیکسل‌های رویشگاهی که حضور گونه در آن ثبت شده بود ایجاد شد. برای بالا بردن دقت و کارایی مدل، ۱۰ بار تکرار برای هرکدام از مدل‌ها انجام شد. میزان ۸۰ درصد نقاط حضور به‌عنوان داده‌های تعلیمی و ۲۰ درصد باقیمانده برای ارزیابی پیش‌بینی مدل‌ها استفاده شد. عملکرد مدل‌ها با استفاده از شاخص مساحت زیر منحنی (AUC) و شاخص TSS ارزیابی شدند. در خصوص 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 نامطلوب و مطلوب استفاده شد (Thuiller et al., 2016). پس از آن وسعت رویشگاه‌های نامناسب شده و رویشگاه‌های مناسب شده به علت تغییر اقلیم در سال ۲۰۷۰ تحت سناریوهای مختلف برآورد شدند.

نتایج

مدل‌ها بر اساس دو معیار TSS (>۰/۶۷) و AUC (>۰/۸۶) همگی در رتبه‌های خوب تا عالی قرار گرفتند (جدول ۲). مدل جنگل تصادفی (RF)، روش افزایشی تعمیم‌یافته (GBM) و مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) به ترتیب بالاترین ارزش دو شاخص را به خود اختصاص دادند. همچنین، نتایج نشان‌دهنده عملکرد عالی مدل اجماعی بود (AUC= ۰/۹۷ و TSS= ۰/۸۳).

درصد رویشگاه مطلوب برای گونه جاشیر در استان چهارمحال و بختیاری با توجه به مدل اجماعی برابر ۳۰/۸۸ درصد (۵۰۹۶۳۳/۸۴ هکتار) برآورد شد. نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه مورد مطالعه در زمان حال حاضر در شکل ۲ آورده شده است.

اهمیت نسبی هر یک از متغیرهای وارد شده به مدل اجماعی در پیش‌بینی مناطق مطلوب برای حضور جاشیر در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس نتایج، سه متغیر مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه، میانگین دامنه دمای روزانه و تغییرات فصلی بارندگی در مجموع ۷۶/۷۵ درصد اهمیت را شامل شدند و بیشترین سهم را در مطلوبیت رویشگاه داشتند (جدول ۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

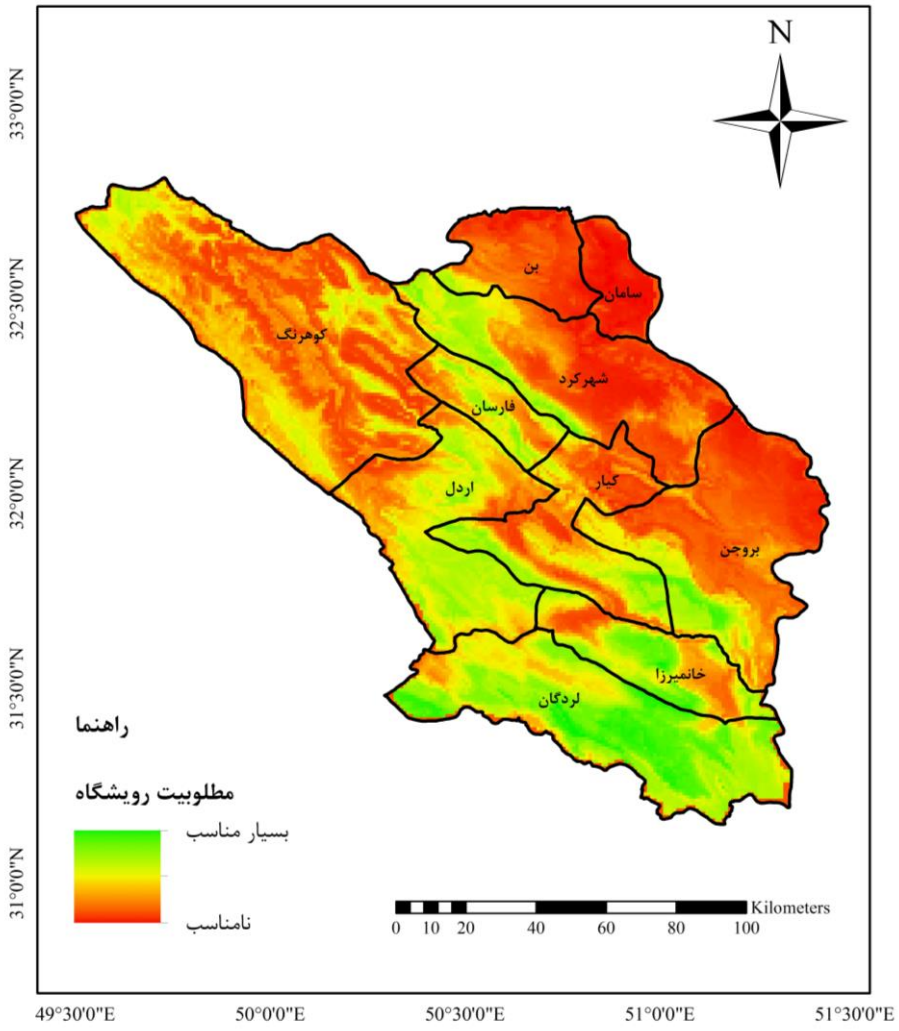
جدول ۲- برآورد سطح زیر منحنی (AUC) و (TSS) در مدل‌های مختلف اجرا شده

شاخص‌ها	FDA	GBM	MARS	RF	ANN	مدل اجماعی
TSS	۰/۶۷	۰/۹۳	۰/۶۷	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۸۳
AUC	۰/۸۶	۰/۹۸	۰/۸۷	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۹۷

بر اساس نتایج، تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای چشم‌گیری بر رویشگاه‌های مطلوب گونه جاشیر در استان چهارمحال و بختیاری داشته باشد. برآوردهای حاصل از سناریوهای اقلیمی مختلف نشان می‌دهند که تا سال ۲۰۷۰، ۲۳/۹۸ درصد (بر اساس سناریوی SSP126) تا ۳۲/۴۰ درصد (بر اساس سناریوی SSP585) از رویشگاه مطلوب گونه نامطلوب خواهد شد. همچنین ۹/۳ درصد (بر اساس سناریوی SSP126) تا ۲۰/۳۰ درصد (بر اساس سناریوی SSP370) تا سال ۲۰۷۰ بر مساحت رویشگاه مطلوب گونه افزوده خواهد شد. در نهایت، نرخ تغییرات خالص رویشگاه ۹/۴۳- (سناریوی SSP126) تا ۱۴/۸۰- (سناریوی SSP585) برآورد گردید (جدول ۳ و شکل ۳).

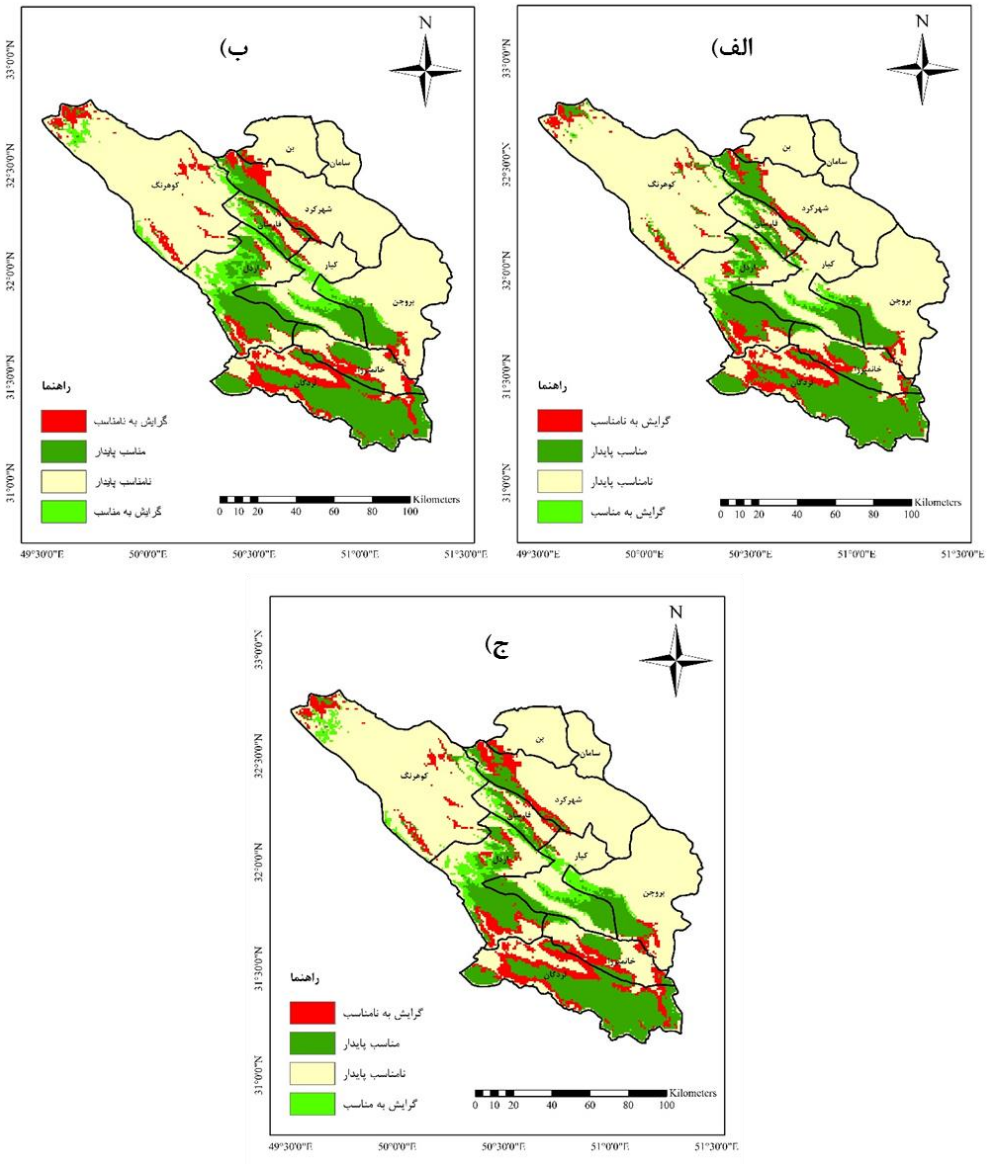
بر اساس نتایج مطالعه حاضر، کمینه، بیشینه و میانگین ارتفاع نقاط حضور گونه مورد مطالعه به ترتیب ۲۲۸۵، ۳۸۹۰ و ۲۳۲۹ متر از سطح دریا است. نتایج مدل‌سازی در سال ۲۰۷۰ میانگین ارتفاع مناطقی را که به علت تغییر اقلیم مناسب خواهند شد را ۲۴۵۴ متر نشان می‌دهد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]



شکل۲- مطلوبیت رویشگاه گونه جاشیر (*P. ferulacea*) بر اساس رویکرد اجماعی حاصل از پنج مدل پراکندگی گونه‌ای

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]



شکل ۳- تغییر در گستره جغرافیایی رویشگاه‌های مطلوب جاشیر (*P. ferulacea*) از وضعیت اقلیمی امروزی تا آینده (سال۲۰۷۰) بر اساس مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 الف) سناریوی SSP126، ب) سناریوی SSP370 و ج) سناریوی SSP585

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

جدول۳- تغییر در وسعت رویشگاه مطلوب (کیلومترمربع) تا سال ۲۰۷۰ با سناریوهای اقلیمی مختلف و مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 گونه جاشیر (*P. ferulacea*)

سناریو	حضور پایدار	عدم حضور پایدار	رویشگاه ازدست‌رفته		رویشگاه جدید		تغییرات خالص در رویشگاه
			مساحت	درصد	مساحت	درصد	
SSP126	۳۸۷۴۰۳/۳۶	۱۰۹۲۹۶۸/۸۲	۱۲۲۲۳۰/۴۸	۲۳/۹۸	۴۷۳۹۵/۴۹	۹/۳	-۱۴/۶۸
SSP370	۳۵۸۰۷۴/۰۹	۱۰۳۶۸۸۰/۳۷	۱۵۱۵۵۹/۷۵	۲۹/۷۳	۱۰۳۴۸۳/۹۴	۲۰/۳۰	-۹/۴۳
SSP585	۳۴۴۴۶۷/۷۳	۱۰۵۰۶۳/۹۱	۱۶۵۱۶۶/۱۱	۳۲/۴۰	۸۹۷۲۶/۳۹	۱۷/۶۰	-۱۴/۸۰

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیمی در انواع اکوسیستم‌ها در سراسر جهان اثرگذار است. با این حال، زیستگاه‌های مرتفع همچون منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر به شدت در برابر تأثیرات بالقوه تغییرات اقلیمی آسیب-پذیر هستند (Naghipour et al., 2021). در مطالعه حاضر، رویشگاه مطلوب گونه گیاهی *P. ferulacea* در کل استان چهارمحال و بختیاری مدل‌سازی شد و برآوردهایی از پیامدهای تغییر اقلیم تا سال۲۰۷۰ بر پراکندگی گونه به دست آمد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌سازی، مساحت رویشگاه مطلوب گونه در حدود ۳۰/۸۸ درصد (۵۰۹۶۳۳/۸۴ هکتار) از مساحت استان چهارمحال و بختیاری پیش‌بینی شد. به نظر می‌رسد بخش‌های مرکزی و جنوبی استان (شامل شهرستان‌های خانمیرزا، لردگان، فارسان و اردل) در مقایسه با سایر مناطق از اهمیت رویشگاهی بیشتری برای گونه جاشیر برخوردار هستند. مناطق ذکر شده، با توجه به شرایط مطلوب رویشگاهی، از اولویت زیادی برای مدیریت و برنامه‌ریزی گونه جاشیر در استان برخوردارند.

بر اساس سناریوهای مختلف اقلیمی، بین ۲۳/۹۸ درصد (SSP126) تا ۳۲/۴۰ درصد (SSP585) از رویشگاه‌های امروزی جاشیر به واسطه تغییر اقلیم نامطلوب می‌شود. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که احتمالاً بخشی از رویشگاه‌های مطلوب فعلی جاشیر به خصوص در مناطق با ارتفاع کمتر به واسطه تغییر اقلیم، نامطلوب خواهند شد. در حالی که در همین دوره زمانی به رویشگاه‌های مطلوب این گونه به ویژه در مناطق با ارتفاع بالاتر افزوده خواهد شد.

بر اساس نتایج، میانگین ارتفاع نقاط حضور گونه مورد مطالعه، ۲۳۲۹ متر از سطح دریا است. حسنی و شاهمرادی (۱۳۸۶)، صفاییان و همکاران (۱۳۸۸) و فروزه و همکاران (۱۳۹۶) نیز عنوان نمودند که گونه جاشیر اغلب در مناطق با ارتفاع بالا که غالباً برفگیر و دوره سرمای قابل توجه‌ی داشته باشد، حضور دارد. همچنین با نتایج میری نژاد و همکاران (۱۳۹۱) که ارتفاع محدوده پراکندگی گونه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

جاشیر را ۱۸۵۰ تا ۳۰۰۰ متر گزارش نمودند، مطابقت دارد. نتایج مدل‌سازی در سال ۲۰۷۰ میانگین ارتفاع مناطقی را که به علت تغییر اقلیم مناسب خواهند شد، ۲۴۵۴ متر نشان می‌دهد. بنابراین، کل سناریوهای تغییر اقلیمی مورد استفاده، افزایش رویشگاه‌های مطلوب گونه جاشیر را به سمت ارتفاعات بالاتر به طور متوسط در حدود ۱۲۵ متر پیش‌بینی نمودند. علت این جابه‌جایی، به رویشگاه اقلیمی (بارندگی و دما) گونه مربوط است که باعث می‌شود مناطق کم‌ارتفاع‌تر برای این گونه نامناسب شود. کاهش رویشگاه‌های مطلوب گونه‌ها و جابه‌جایی گونه‌های گیاهی تحت اثر تغییر اقلیم در رویشگاه‌های کشور به عنوان مثال در زاگرس مرکزی در رابطه با گونه *Amygdalus scoparia* (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶)، گونه *Bromus tomentellus* (Sangoony et al., 2016) و گونه *Crataegus azarolus* (Naghipour et al., 2021) پیش‌بینی شده است.

مدل‌هایی که مورد بررسی قرار گرفتند بر اساس شاخص‌های AUC و TSS در رتبه‌های خوب تا عالی قرار گرفتند. بر اساس معیارهای صحت‌سنجی، مدل جنگل تصادفی بیشترین کارایی را برای تعیین رویشگاه گونه داشت. به‌عبارت دیگر این مدل خطای کمتری در تعیین مناطق مناسب و نامناسب اقلیمی برای حضور گونه داشت و به عنوان قابل اعتمادترین مدل تعیین گردید. نتایج با نتایج طیموری اصل و همکاران (۱۳۹۹)، حیدریان و همکاران (Haidarian et al., 2021)، اردستانی و قهفرخی (Ardestani and Ghahfarokhi, 2021)، ژو و همکاران (Xu et al., 2021) که در آن، الگوریتم جنگل تصادفی نسبت به دیگر مدل‌ها کارایی بالاتری در مدل‌سازی پراکندگی گونه‌ها دارد، مطابقت دارد. دقت بسیار بالا در طبقه‌بندی، توانایی مدل‌سازی تأثیر متقابل پیچیده بین متغیرهای پیش‌بینی کننده، انعطاف‌پذیری و استفاده از روشی نوین در تعیین اهمیت متغیرها ازجمله ویژگی‌های مدل جنگل تصادفی است که باعث تمایز آن از دیگر مدل‌ها می‌گردد (Cutler et al., 2007)

با تعیین درصد سهم متغیرهای مؤثر بر پراکندگی گونه‌های مورد نظر و مطالعه بر روی این عوامل، به جای مطالعه همه عوامل محیطی از صرف زمان و هزینه زیاد جلوگیری می‌شود و دقت مدل پیش‌بینی را افزایش می‌دهد. یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که سه متغیر مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه، میانگین دامنه دمای روزانه و تغییرات فصلی بارندگی نقش بسیار مهمی در پراکندگی و انتخاب رویشگاه جاشیر داشت. در پژوهش‌های متعدد، بارندگی به عنوان عاملی مهم در پراکندگی گونه‌های گیاهی شناسایی شده است (نقی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷؛ امیری و همکاران، ۱۳۹۸؛ Haidarian et al., 2021؛ Sangoony et al., 2016). میرزایی موسی‌وند و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه خود بر روی گونه‌های *Prangos uloptera* و *Prangos ferulacea* در مراتع استان اردبیل، پارامترهای اقلیمی شامل بارندگی و دما به همراه ارتفاع از سطح دریا را از مهمترین عوامل موثر بر انتشار این دو گونه دانستند. همچنین Esfanjani و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه بر گونه *Prangos*

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

uloptera در مراتع استان اردبیل با استفاده از دو مدل رگرسیون لجستیک و حداکثر انتروپی نتیجه‌گیری نمودند که بارندگی از جمله مهمترین عوامل موثر بر انتشار این گونه است، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین، Mazangi و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای، تأثیر تغییرات اقلیمی بر رویشگاه *Ferula xylorhachis* در کشور را مورد مطالعه قرار دادند. این محققان مجموع بارندگی پربارش ترین ماه را مهمترین عامل موثر در پراکندگی این گونه تعیین نمودند.

در مطالعات مختلفی که درباره تعیین رویشگاه بالقوه گونه‌های گیاهی مرتعی مانند *Bromus tomentellus* و *Agropyron trichophorum* (Sangoony et al., 2016)، *Ferula assa-foetida* (مومنی و همکاران، ۱۴۰۰) و *Anchusa Italica* (فرزادمهر و سنگونی، ۱۳۹۸) انجام شده است، میانگین دامنه دمای روزانه از جمله مهمترین عوامل موثر بر پراکندگی گونه‌های مورد مطالعه تعیین شده است. همچنین، مطالعه حاضر با پژوهش‌های متعددی که نشان دادند تغییرات فصلی بارندگی از عوامل مهم در پراکندگی گونه‌های گیاهی است، مطابقت دارد (Kumar and Stohlgren, 2009; Rajpoot et al., 2020; Uğurlu and Oldeland, 2012; Naghipour et al., 2021).

شایان ذکر است که مدل‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر، فقط تناسب رویشگاه را نشان می‌دهند. ما از محدودیت‌ها و عدم قطعیت‌های مدل‌های پراکندگی گونه‌ای همانطور که توسط سایر محققان نیز تاکید شده است آگاهیم؛ زیرا ممکن است فرضیاتی مانند رقابت، سازگاری فیزیولوژیکی، محدودیت‌های پراکندگی یا مهاجرت، فعالیت‌های انسانی و عوامل موثر محلی در نظر گرفته نشوند. با وجود این، مدل‌های پراکندگی گونه‌ای همچنان ابزار بسیار مفیدی برای ارزیابی محدوده بالقوه گونه‌ها تحت شرایط فعلی یا آینده هستند (Del Rio et al., 2018) و اطلاعات ارزشمندی را برای سیاست-گذاران و برنامه‌ریزان به منظور انطباق و حفاظت از گونه‌ها در برابر تغییرات اقلیمی آینده فراهم می‌کنند.

نقشه‌های رویشگاه مطلوب فعلی و آینده تهیه شده در پژوهش حاضر می‌تواند در تدوین و اجرای طرح‌های حفاظتی و مدیریتی گونه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گیرد. پیش‌بینی مناطق پراکندگی گونه مورد مطالعه در آینده توسط مدل‌های توزیع گونه‌ای، برای کارشناسان و مسئولان فرصتی را فراهم می‌کند تا این مناطق را در اولویت مدیریت قرار دهند و سپس راهبردهایی جهت حفظ و اصلاح آن تهیه نمایند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

منابع

امیری، م.، ترکش اصفهانی، م.، جعفری، ر. ۱۳۹۸. پیش‌بینی آشیان بوم‌شناختی اقلیمی گونه *Artemisia aucheri* Boiss در ایران مرکزی با استفاده از مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای. بوم‌شناسی کاربردی، ۸ (۲): ۶۱-۷۹.

جعفری، م. ۱۳۸۷. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی ایران، آسیب‌پذیری و انطباق برنامه‌ها، نشر سازمان محیط‌زیست کشور، دومین گزارش ملی ارزیابی آسیب‌پذیری به تغییرات اقلیمی، ۷۱ صفحه.

حسنی، ج.، شاهمرادی، ا.ع. ۱۳۸۶. آت‌اکولوژی جاشیر (*Prangos ferulacea*) در استان کردستان»، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۴ (۲): ۱۸۴-۱۷۱.

حیدریان آقاخانی، م.، تمرتاش، ر.، جعفریان، ز.، ترکش اصفهانی، م.، طاطیان، م. ۱۳۹۶. پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش بالقوه گونه بادامک (*Amygdalus scoparia*) با استفاده از مدل‌سازی اجماعی در زاگرس مرکزی. سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸ (۳): ۱۴-۱.

زارع چاکوهی، م.، ناصری حصار، ن. ۱۳۹۷. مدل‌سازی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی با روش رگرسیون لجستیک در مراتع نیمه‌خشک. پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران). ۳۱ (۱):۹۳-۱۰۰.

سلطانی، س.، یغمایی، ل.، خداقلی، م.، صبوحی، ر. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی زیست‌اقلیمی استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۱۴ (۵۴): ۶۸-۵۳.

شیخ‌زاده قهنویه، آ.، ترکش اصفهانی، م.، بشری، ح.، سلطانی کوپائی، س. ۱۴۰۰. 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. مرتع، ۱۵ (۴): ۵۸۹-۶۰۲.

صفاییان، ر.، آذرنیوند، ح.، جعفری، م.، آزادی، س. ۱۳۸۸. نقش عوامل محیطی در استراتژی بهره‌برداری پایدار از جاشیرزاران با تأکید بر عوامل خاکی و توپوگرافی (مطالعه موردی: جاشیرزاران شمال استان فارس). مرتع، ۳ (۲): ۲۰۲-۱۹۰.

طویلی، ع.، حسینی، ص.، نقی‌پور برج، ع. ا.، خلیقی، ش. ۱۴۰۰. اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی گونه جو پیازدار (*Hordeum bulbosum*) در زاگرس مرکزی. نشریه محیط زیست طبیعی، ۷۴ (۴): ۷۴۷-۷۵۸.

طیموری اصل، س.، نقی‌پور، ع. ا.، اشرف زاده، م.، حیدریان آقاخانی، م. ۱۳۹۹. پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه بالقوه استپی بیابانی (*Stipa hohenackeriana* Trin and Rupr). نشریه علمی مرتع، ۳: ۵۲۶-۵۳۸.

فرزادمهر، ج.، سنگونی، ح. ۱۳۹۸. تعیین رویشگاه بالقوه گونه گاوزبان وحشی (*Anchusa italica*) در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل تعمیمی تقویت‌شده (GBM). *مرتع*، ۳ (۴) :۶۲۱-۶۳۱.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

فروزه، م.، حشمتی، غ.، بارانی، ح. ۱۳۹۶. امکان‌سنجی تهیه نقشه پیش‌بینی احتمال حضور برخی از گونه‌های مهم مرتعی در مراتع کوهستانی زاگرس. حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۵ (۱۰) :۵۳-۷۴.

میرزایی موسی وند، ا.، قربانی، ا.، زارع چاهوکی، م.، کیوان بهجو، ف.، سفیدی، ک. ۱۳۹۷. مقایسه برخی عوامل بوم‌شناختی مؤثر بر انتشار گونه‌های *Prangos uloptera* و *Prangos ferulacea* در مراتع استان اردبیل. مرتع، ۱۲ (۴):۳۹۰-۳۸۰.

معتمدی، ج.، آزاد موسوی، ا.، میر یعقوب زاده، م.، سوری، م. ۱۳۹۸. مطلوبیت رویشگاه‌های گونه جاشیر (*Prangos ferulacea*) در مراتع کوهستانی ارومیه. مرتع، ۱۳ (۳): ۴۲۲-۴۰۸.

مقیمی، ج. ۱۳۸۴. معرفی برخی گونه‌های مهم مرتعی مناسب برای توسعه و اصلاح مراتع ایران، انتشارات آرون. ۶۷۲ صفحه.

مومنی دمنه، ج.، اسماعیل‌پور، ی.، غلامی، ح.، فراشی، آ. ۱۴۰۰. پیش‌بینی مناطق مناسب رویش گونه آنغوزه (*Ferula assa- foetida* L.) در شمال شرق ایران با استفاده از مدل بیشینه آنتروپی. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۸ (۳): ۵۹۲-۵۷۸.

میری نژاد، ش.، کشاورز، ک.، آفریدگان، آ. ۱۳۹۱. بررسی ات اکولوژی گیاه مرتعی جاشیر *Prangos ferulacea*. سومین همایش ملی-دانشجویی مرتع، آبخیز و بیابان، کرج.

نقی‌پور برج، ع.، حیدریان آقاخانی، م.، سنگونی، ح. ۱۳۹۷. پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی بنه (*Pistacia atlantica*) در منطقه زاگرس مرکزی *حفاظت زیست‌بوم* گیاهان، ۶ (۱۳): ۲۱۴-۱۹۷.

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.

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.

Anderson, M. G., Ferree, C. E. 2010. Conserving the stage: climate change and the geophysical underpinnings of species diversity. PloS one, 5(7): e11554.

Ardestani, E. G., Ghahfarrokhi, Z. H. 2021. Ensembpecies distribution modeling of Salvia hydrangea under future climate change scenarios in Central Zagros Mountains, Iran. Global Ecology and Conservation, 26: e01488.

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.

Cutler, D. R., Edwards Jr, T. C., Beard, K. H., Cutler, A., Hess, K. T., Gibson, J., Lawler, J. J. 2007. Random forests for classification in ecology. Ecology, 88(11): 2783-2792.

Del Río, S., Álvarez-Esteban, R., Cano, E., Pinto-Gomes, C., Penas, Á. 2018. Potential impacts of climate change on habitat suitability of Fagus sylvatica L.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

forests in Spain. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 152(6): 1205-1213.

Esfanjani, J., Ghorbani, A., Moameri, M., Zarechahouki, M. A., Esmali Ouri, A., Mirzaei Mossivand, A. 2020. Prediction of distribution of *Prangos Uloptera* DC. Using two modeling techniques in the southern rangelands of Ardabil Province, Iran. Journal of Rangeland Science, 10(2): 137-148.

Franklin, J. 2010. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press.

Guillera-Arroita, G., Lahoz-Monfort, J.J., Elith, J., Gordon, A., Kujala, H., Lentini, P.E., McCarthy, M.A., Tingley, R. Wintle, B.A. 2015. Is my species distribution model fit for purpose? Matching data and models to applications. Global Ecology and Biogeography, 24(3):276-292.

Haidarian, M., Tamartash, R., Jafarian-Jeloudar, Z., Tarkesh, M., Tataian, M. R. 2021. The effects of climate change on the future distribution of *Astragalus adscendens* in Central Zagros, Iran. Journal of Rangeland Science, 11(2): 152-170.

Hao, T., Elith, J., Guillera-Arroita, G., Lahoz-Monfort, J.J. 2019. A review of evidence about use and performance of species distribution modelling ensembles like BIOMOD. Diversity and Distributions, 25(5): 839-852.

Hunnam P. 2011. Conservation of biodiversity in the Central Zagros Landscape conservation zone: Mid-Term evaluation report. Government of the Islamic Republic of Iran, United Nations Development Program. Global.

Jaafari, A., Gholami, D. M., Zenner, E. K. 2017. A Bayesian modeling of wildfire probability in the Zagros Mountains, Iran. Ecological informatics, 39: 32-44.

Karger, D. N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P., Kessler, M. 2021. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. Scientific data, 4(1): 1-20.

Khajoei Nasab, F., Mehrabian, A., Mostafavi, H., Neemati, A. 2022. The influence of climate change on the suitable habitats of *Allium* species endemic to Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 194(3):1-20.

Kumar, S., Stohlgren, T. J. 2009. Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree Canacomyrica monticola in New Caledonia. Journal of Ecology and the Natural Environment, 1(4): 094-098.

Mazangi, A., Ejtehadi, H., Mirshamsi, O., Ghassemzadeh, F., Hosseinianyousefkhani, S. S. 2016. Effects of climate change on the distribution of endemic *Ferula xylorhachis* Rech. f. (Apiaceae: Scandiceae) in

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

Iran: Predictions from ecological niche models. Russian journal of ecology, 47(4): 349-354.

Naghipour Borj, A. A., Ostovar, Z., Asadi, E., 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.

Naghipour, A.A., Teimoori Asl, S., Ashrafzadeh, M.R. and Haidarian, M. 2021. Predicting the Potential Distribution of *Crataegus azarolus* L. under Climate Change in Central Zagros, Iran. Journal of Wildlife and Biodiversity. 5(4): 28-43.

Papeş, M., Gaubert, P. 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. Diversity and distributions, 13(6): 890-902.

Pearson, R. G., Thuiller, W., Araújo, M. B., Martinez-Meyer, E., Brotons, L., McClean, C Miles L, Segurado P, Dawson TP, Lees, D.C .2006. Model-based uncertainty in species range prediction. Journal of biogeography, 33(10): 1704-1711.

Pearson, R. G. 2007. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History, 50: 54-89.

Rajpoot, R., Adhikari, D., Verma, S., Saikia, P., Kumar, A., Grant, K. R, et al. 2020. Climate models predict a divergent future for the medicinal tree Boswellia serrata Roxb. in India. Global Ecology and Conservation, 23: e01040.

Rana, S. K., Rana, H. K., Ghimire, S. K., Shrestha, K. K., 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(3): 558-570.

Rehfeldt, G. E., Crookston, N. L., Sáenz-Romero, C., Campbell, E. M. 2012. North American vegetation model for land-use planning in a changing climate: A solution to large classification problems. Ecological Applications, 22(1): 119-141.

Sangoony, H., Vahabi, M., Tarkesh, M., Soltani, S. 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.

Thuiller, W., Georges, D., Engler, R., Breiner, F., Georges, M. D., Thuiller, C. W. 2016. Package 'biomod2'. Species distribution modeling within an ensemble forecasting framework.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

Thuiller, W. 2003. BIOMOD–optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. Global change biology. 9(10):1353-62.

Uğurlu, E., Oldeland, J. 2012. Species response curves of oak species along climatic gradients in Turkey. International journal of biometeorology, 56(1): 85-93.

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.

Xu, Y., Huang, Y., Zhao, H., Yang, M., Zhuang, Y., Ye, X. 2021. Modelling the effects of climate change on the distribution of endangered Cypripedium japonicum in China. Forests, 12(4): 429.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]