دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هشتم، شماره هفدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

مدل‌سازی پراکنش بالقوه فعلی و آینده گونه لاله واژگون (*Fritillaria imperialis* L.) تحت سناریوهای تغییر اقلیمی و با استفاده از سه مدل گردش عمومی در ایران

علی‌اصغر نقی‌پور برج [1*]، محمدرضا اشرف‌زاده[1]، مریم حیدریان[2]

[1]استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[2]دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۶

چکیده

تغییر اقلیم ممکن است حفاظت از گونه‌های گیاهی دارای پراکنش جغرافیایی محدود مانند لاله واژگون را با چالش‌های جدی مواجه سازد. در این پژوهش، مدل‌سازی پراکنش جغرافیایی رویشگاه‌های بالقوه لاله واژگون در کشور و در شرایط فعلی و تحت تأثیر تغییر اقلیم آینده (۲۰۵۰) انجام شد. تعداد ۷۸ داده حضور گونه همراه با ۱۲ متغیر محیطی شامل متغیرهای زیست‌اقلیمی، فیزیوگرافی و پوشش/کاربری سرزمین در مدل‌سازی استفاده شدند. رویکرد مدل‌سازی اجماعی با تلفیق هفت مدل پراکنش گونه‌ای و بر اساس چهار سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای و سه مدل گردش عمومی انجام شد. حدود ۷/۶۹ درصد از محدوده موردمطالعه به‌عنوان رویشگاه‌های بالقوه لاله واژگون شناسایی شد. کمتر از ۱۰ درصد از این رویشگاه‌ها توسط مناطق حفاظت‌شده کشور پوشش داده‌شده است. بر اساس یافته‌های حاصل از سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، به ترتیب کمترین و بیشترین سطح رویشگاه نامناسب شده در حدود ۴۶/۱۰ درصد (RCP4.5) تا ۷۷/۳۷ درصد (RCP8.5) در سال ۲۰۵۰ خواهد بود. مؤثرترین متغیرها در پراکنش گونه موردمطالعه، به ترتیب حداقل دمای سردترین ماه، ارتفاع و بارندگی سالانه بودند. یافته‌ها نشان می‌دهد که پراکنش جغرافیایی لاله واژگون احتمالاً به‌واسطه تغییر اقلیم به سمت مناطق مرتفع‌تر جابه‌جا خواهد شد. بر اساس ارزیابی‌ها، مدل‌ها از درستی و دقت قابل قبولی برخوردار بودند (AUC >۰/۸۷ و TSS>۰/۷۵). رویشگاه‌های مناسب شناسایی‌شده می‌توانند به‌منظور اتخاذ رویکردهای مدیریتی و حفاظتی ازجمله معرفی مجدد و تأسیس مناطق حفاظت‌شده جدید به‌منظور حفاظت از لاله واژگون در پاسخ به پدیده تغییر اقلیم موردتوجه قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: **مدل‌سازی اجماعی، مطلوبیت رویشگاه، مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، متغیرهای زیست‌اقلیمی**

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

مقدمه

تغییر اقلیم پدیده‌ای جهانی است که باعث افزایش دمای متوسط اتمسفر می‌شود. دمای سطح زمین از سال ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۸ میلادی به میزان ۰/۸۵ (۱/۰۶-۰/۶۵) درجه سانتی‌گراد افزایش‌یافته و پیش‌بینی می‌شود از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۲ تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته باشد (IPCC, 2018). در کشور ما نیز بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته تا سال ۲۰۵۰ در اغلب مناطق کشور، درجه حرارت بین دو تا سه درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (جعفری، ۱۳۹۳). تغییر اقلیم به‌طورکلی با تغییر فصل رشد یا تغییر الگوهای دمایی که محرک تغییر چرخه حیات است، بر بسیاری از گیاهان و جانوران تأثیر می‌گذارد (Hardy, 2003). جابه‌جایی در پراکنش جغرافیایی و الگوهای توزیع (Doswald et al., 2009)، سازش‌های فنولوژیکی و فیزیولوژیکی، کاهش اندازه جمعیت و انقراض از پاسخ‌های احتمالی گونه‌ها در برابر تغییر اقلیم هستند (Ashrafzadeh et al., 2019). جابه‌جایی یا تغییر در پراکنش جغرافیایی گونه‌ها، یک راهبرد به‌منظور پایدار ماندن موجودات زنده در برابر تغییر اقلیم است. پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های گیاهی نادر، امری ضروری در راستای حفاظت، ارزیابی سطح تهدیدها و مدیریت آن‌ها محسوب می‌شود (Rana et al., 2017). بنابراین، لازم است که تصمیمات مدیریتی با درک اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌ها و کاهش اثرات مخرب تغییر اقلیم بر تنوع زیستی اتخاذ شوند (Pearce and Lindenmayer, 1998).

یکی از بهترین روش‌ها به‌منظور پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر تغییرات پراکنش گونه‌های گیاهی، استفاده از مدل‌های پراکنش گونه‌ای (Species Distribution Models) است (Lembrechts et al., 2019). این مدل‌ها، ارتباط بین داده‌های مربوط به وقوع گونه‌ها را با متغیرهای محیطی مؤثر بر پراکنش آن‌ها (اقلیم، توپوگرافی، نوع خاک و عوامل دیگر) ایجاد می‌نمایند تا مکان‌های حضور احتمالی گونه در یک منطقه خاص را پیش‌بینی نمایند. مدل‌های پراکنش گونه‌ای با تعیین عوامل مؤثر بر وقوع گونه و مطلوبیت رویشگاه، ابزارهای مهمی در تصمیم‌گیری‌ها به‌منظور حفاظت تنوع زیستی به شمار می‌روند. این مدل‌ها ارتباط اکولوژی، جغرافیای زیستی و حفاظت گونه‌ها را فراهم می‌کنند (Warren et al., 2019). ازجمله مطالعات صورت گرفته در کشور در خصوص مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای می‌توان به مطالعات زارع چاهوکی و عباسی (۱۳۹۵)، پیری صحراگرد (۱۳۹۶)، حیدریان و همکاران (۱۳۹۶ الف و ب)، ترنیان و همکاران (۱۳۹۶)، نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۷) و امیری و همکاران (۱۳۹۸ الف و ب)، اشاره نمود.

جنس *Fritillaria* از تیره Liliaceae بوده و تقریباً از ۱۴۰ گونه گیاهی چندساله علفی پیازدار تشکیل‌شده است. گونه‌های مختلف موجود در این جنس در نواحی معتدله و سرد نیمکره شمالی از ژاپن در شرق دور تا آمریکای شمالی می‌رویند (Day, 2018). این جنس در ایران دارای حدود ۱۸

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

گونه است که دو گونه آن انحصاری ایران هستند (شریفی و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از گونه‌های منحصربه‌فرد و باارزش این جنس در ایران، گونه لاله واژگون (*Fritillaria imperialis* L.) است که به "اشک مریم" نیز شهرت دارد. باوجود اهمیت بالای این‌گونه گیاهی، طی سالیان اخیر بخش وسیعی از رویشگاه‌های آن به دلیل برداشت گل و پیاز توسط گردشگران، چرای غیراصولی دام، تغییر کاربری سرزمین، طغیان آفت‌ها و بیماری‌ها و تغییر اقلیم درخطر نابودی قرارگرفته است (صلاحی‌صدر و همکاران، ۱۳۹۷).

پژوهش‌های بسیاری به‌منظور بررسی اثر تغییر اقلیم بر گونه‌های مختلف گیاهی در سراسر جهان انجام‌شده است. ازجمله مطالعاتی که در رابطه با جنس *Fritillaria* صورت گرفته است می‌توان به ژائو و همکاران (Zhao et al., 2017) اشاره نمود. یافته‌های آن‌ها بر اساس مدل بیشینه بی‌نظمی (MaxEnt)، نشان داد که پراکنش جغرافیایی گونه *F. cirrhosa* در چین، به‌واسطه تغییر اقلیم، کاهش خواهد یافت. همچنین، رانا و همکاران (Rana et al., 2017) اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه *F. cirrhosa* را در کشور نپال موردبررسی قراردادند. در مطالعه ایشان چهار سناریوی تغییر اقلیم (RCPs) تحت مدل گردش عمومی BCC-CSM1.1 در سال ۲۰۵۰ موردبررسی قرار گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین تناسب رویشگاهی بین سناریوهای مختلف اقلیمی سال ۲۰۵۰ در RCP4.5 رخ خواهد داد. همچنین، آن‌ها جابه‌جایی گونه به سمت مناطق مناسب اقلیمی در شمال غربی را پیش‌بینی نمودند. وو و همکاران (Wu et al., 2018) به ارزیابی تناسب بوم‌شناختی گونه *F. cirrhosa* با عوامل اقلیمی در مقیاس جهانی با استفاده از مدل بیشینه بی‌نظمی پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که نتایج مدل بیشینه بی‌نظمی در مورد گونه موردمطالعه بسیار دقیق است (AUC=0.99). همچنین، مناطق بسیار مطلوب به ترتیب وسعت برای گونه موردمطالعه شامل کشورهای چین، پاکستان، نپال و بوتان هستند. پژوهش‌های محدودی به بررسی پیامدهای بالقوه تغییر اقلیم بر پراکنش گونه گیاهی لاله واژگون (*F. imperialis*) پرداخته‌اند. نقی‌پور و همکاران (Naghipour et al., 2019) به بررسی پیامدهای تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ بر پراکنش جغرافیایی گونه لاله واژگون در استان چهارمحال و بختیاری پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که وسعت رویشگاه این‌گونه تحت تأثیر سناریوهای اقلیمی RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۱۸ و ۱۶/۵ درصد در استان کاهش خواهد یافت.

ایران یکی از کشورهای مهم خاورمیانه ازنظر تنوع زیستی محسوب می‌شود. اکوسیستم ایران شامل ۸۰۰۰ گونه گیاهی است (Farashi et al., 2013). یکی از گونه‌های باارزش بوم‌شناختی بالا (ازجمله ارزش دارویی و در تهدید بودن) و آشیان بوم‌شناختی محدود، لاله واژگون است که به نظر می‌رسد نسبت به گونه‌هایی با آشیان بوم‌شناختی وسیع سازگاری کمتری نسبت به تغییر اقلیم داشته باشد

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

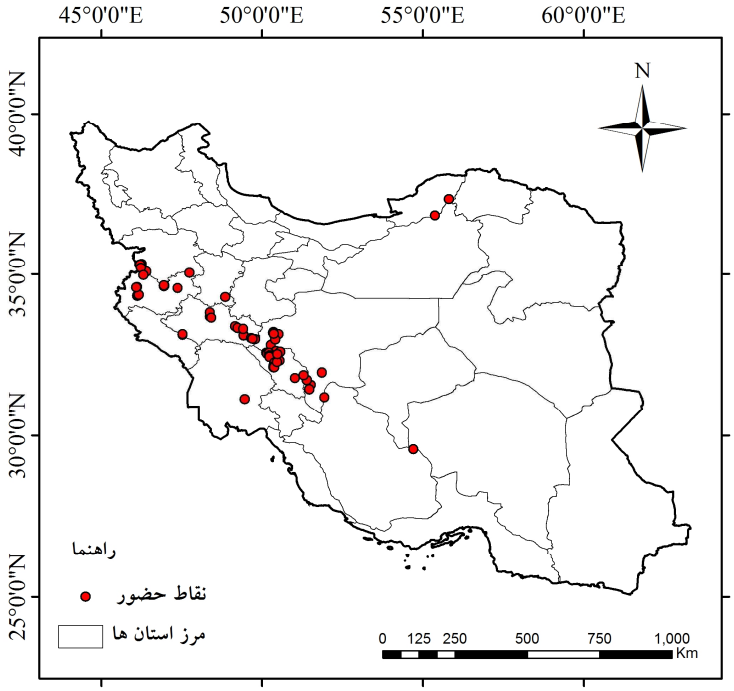
(Khanum et al., 2013). با توجه به کاهش گستره پراکنش این‌گونه در سال‌های اخیر، بررسی اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه‌های آن به‌منظور اتخاذ رویکردهای حفاظتی ضروری است. بنابراین، مطالعه حاضر با اهداف زیر موردتوجه قرار گرفت: ۱) شناسایی مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش لاله واژگون در ایران؛ ۲) مدل‌سازی گستره جغرافیایی این‌گونه در شرایط اقلیمی امروزی؛ ۳) برآورد اثرات تغییر اقلیم آینده (تا سال ۲۰۵۰) بر پراکنش جغرافیایی لاله واژگون بر اساس چهار سناریوی اقلیمی (RCPs) و سه مدل گردش عمومی CCSM4، BCC-CSM1 و MRI-CGCM3.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، تعداد ۹۳ نقطه حضور گونه عمدتاً بر اساس بررسی‌های مستقیم میدانی و با استفاده سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) در مناطق پراکنش لاله واژگون در سراسر کشور جمع‌آوری شدند. تعدادی از داده‌های حضور این‌گونه، از منابع معتبر استخراج شدند (Badfar-Chaleshtori et al., 2012; Khourang et al., 2014; Sharifi-Tehrani and Advay, 2015; Ahmadi-Roshan et al., 2016; Kiani et al., 2015). در ثبت نقاط وقوع گونه، سعی شد مناطقی به‌عنوان وقوع گونه در نظر گرفته شوند که گونه موردنظر حداقل یک لکه به مساحت یک کیلومترمربع را تحت پوشش قرار دهد (نقی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین، نقاط تکراری در فاصله کمتر از یک کیلومتر حذف شدند. با توجه به شرایط ذکرشده، درنهایت ۷۸ نقطه حضور گونه انتخاب شد (شکل ۱).

در مطالعه حاضر، یک دوره زمانی پایه (حال حاضر) و یک دوره زمانی آینده (سال ۲۰۵۰) در نظر گرفته شد. ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی مشتق شده از دما و بارش ماهیانه و لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه موردمطالعه به‌صورت ریزمقیاس شده با دقت ۳۰ ثانیه (تقریباً معادل یک کیلومتر) از پایگاه اطلاعاتی Worldclim2 (www.worldclim.org) استخراج شد. 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 مورداستفاده قرار گرفت. داده‌های پوشش/کاربری سرزمین از لایه تهیه‌شده توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور استخراج شد. کل لایه‌های محیطی از نظر محدوده، تعداد پیکسل و سیستم تصویر در نرم‌افزار ArcGIS® 10.3 یکسان‌سازی شدند. به‌منظور انتخاب متغیرهای ورودی به مدل‌ها، ابتدا وجود همبستگی بین آن‌ها توسط آزمون آماری پیرسون بررسی شد و لایه‌هایی با بیش از ۷۰ درصد همبستگی (همبستگی بالا)، تعیین‌شده و لایه‌های با درجه اهمیت کمتر برای گونه لاله واژگون حذف شد (Rana et al., 2017). درنهایت و پس از حذف لایه‌های دارای همبستگی بالا و غیرضروری، ۱۲ متغیر به‌عنوان ورودی مدل‌ها انتخاب شدند (جدول ۲).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی نقاط حضور لاله واژگون (*F. imperialis*) در کشور ایران

برای پیش‌بینی توزیع رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون در کشور از بسته نرم‌افزاری (Biomod2) در محیط R (نسخه ۳.۱.۲) استفاده شد (Thuiller et al., 2016). مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی[۲] (ANN)، روش تعمیمی تقویت‌شده[۳] (GBM)، مدل خطی تعمیم‌یافته[۴] (GLM)، تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر[۵] (FDA)، تجزیه‌وتحلیل طبقه‌بندی درختی[۶] (CTA)، جنگل تصادفی[۷] (RF) و پاکت دامنه سطحی[۸] (SRE) برای برآورد رویشگاه‌های مطلوب استفاده شدند. به دلیل این‌که تمامی مدل‌های مورداستفاده به داده‌های زمینه‌ای (نقاط عدم حضور کاذب) نیاز دارند، به‌صورت تصادفی تعداد ۱۰۰۰ نقطه زمینه‌ای در گستره موردمطالعه و در خارج از سلول‌های حضور ایجاد شد. این کار با

[2] Artificial Neural Network
[3] Generalized Boosting Method
[4] Generalized Linear Model
[5] Flexible Discriminant Analysis
[6] Classification Tree Analysis
[7] Random Forest
[8] Surface Range Envelope

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

استفاده از ابزار Create Random Point در نرم‌افزار ArcGIS® 10.3 در محدوده موردمطالعه انجام شد. برای واسنجی مدل‌ها، ۸۰ درصد نقاط حضور به‌عنوان داده‌های تعلیمی (۶۲ نقطه) و ۲۰ درصد باقیمانده (۱۶ نقطه) برای ارزیابی پیش‌بینی مدل‌ها استفاده شدند.

مدل‌ها با استفاده از شاخص سطح زیر منحنی[9] (AUC) و آماره TSS (True skill statistic) ارزیابی شدند (Allouche et al., 2006). AUC یک معیار مستقل از آستانه و شیوع است (Manel et al., 2001). TSS نیز همبستگی معنی‌داری با آماره‌های مستقل از آستانه مانند AUC دارد (Allouche et al., 2006). این دو شاخص توانایی تفکیک بین داده‌های حضوروغیاب یا حضور از نمونه‌های پس‌زمینه[10] را زمانی که نقاط غیاب در دسترس نیست، دارند (Ashrafzadeh et al., 2019). مقادیر ۰/۷-۰/۶ سطح زیر منحنی (AUC) نشان‌دهنده توانایی ضعیف مدل در پیش‌بینی، مقادیر ۰/۸-۰/۷ یک پیش‌بینی مناسب، مقادیر ۰/۹-۰/۸ یک پیش‌بینی خوب و مقادیر بالای ۰/۹ نشان‌دهنده توانایی پیش‌بینی عالی مدل است. همچنین، مقادیر TSS کمتر از ۰/۴، نشان‌دهنده توانایی ضعیف مدل در پیش‌بینی، ۰/۷۵-۰/۴ خوب و بالای ۰/۷۵، عالی می‌باشد (Eskildsen et al., 2013).

سطح مشارکت (اهمیت) متغیرهای مختلف نیز در مدل‌های توزیع گونه‌ای برآورد شد. درنهایت، مدل اجماعی با استفاده از متوسط وزن مدل‌های انفرادی برای تمامی ارزش‌های ارزیابی‌شده اجرا شد (Thuiller et al., 2016). مدل اجماعی به‌منظور پیش‌بینی توزیع آینده لاله واژگون تا سال ۲۰۵۰ بر اساس چهار سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای (RCP2.6، RCP4.5، RCP6 و RCP8.5) و سه مدل گردش عمومی CCSM4، BCC-CSM1 و MRI-CGCM3 تهیه شد. به‌منظور برآورد اثر تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی گونه موردمطالعه، ابتدا از یک سطح بحرانی (بر اساس معیار ROC) برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت رویشگاه به دوطبقه مطلوب و نامطلوب استفاده شد (Sangoony et al., 2016). سپس، وسعت رویشگاه‌های جدید و رویشگاه‌های نامناسب شده به دلیل تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ در سناریوها و مدل‌های گردش عمومی مختلف برآورد شدند. در ادامه، به‌منظور برآورد هم‌پوشی رویشگاه‌های مطلوب شناسایی‌شده و مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست، نقشه مطلوبیت رویشگاه‌های لاله واژگون با شبکه حفاظت‌شده کشور روی هم‌گذاری شد. همچنین، اثر طبیعی ملی لاله واژگون در استان چهارمحال و بختیاری هم جزو مناطق تحت حفاظت لحاظ شد.

[9] Area Under the Curve
[10] Background

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

نتایج

بر اساس شاخصAUC (>۰/۸۷)، همه مدل‌ها با درجه خوب تا عالی ارزیابی شدند. همچنین، مدل‌ها بر اساس معیار TSS (>۰/۷۵) در رتبه‌های خوب تا عالی قرار گرفتند (جدول ۱). مدل‌های جنگل تصادفی، تعمیمی تقویت‌شده، تجزیه‌وتحلیل طبقه‌بندی درختی و خطی تعمیم‌یافته به ترتیب بالاترین ارزش‌های AUC و TSS را به خود اختصاص دادند. بر اساس یافته‌های حاصل از مدل‌سازی اجماعی، در حدود ۷/۶۹ درصد (۱۲۴۸۱۷/۱ کیلومترمربع) از مساحت کشور می‌تواند به‌عنوان رویشگاه مطلوب لاله واژگون در نظر گرفته شود. شکل ۲ رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون را بر اساس رویکرد اجماعی مدل‌های مختلف در کشور نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، در حدود ۹/۰۸ درصد (۱۱۳۲۸ کیلومترمربع) از رویشگاه‌های مطلوب فعلی لاله واژگون توسط شبکه حفاظت‌شده کشور پوشش داده‌شده است.

جدول ۱- برآورد سطح زیر منحنی (AUC) و TSS در مدل‌های مختلف اجراشده

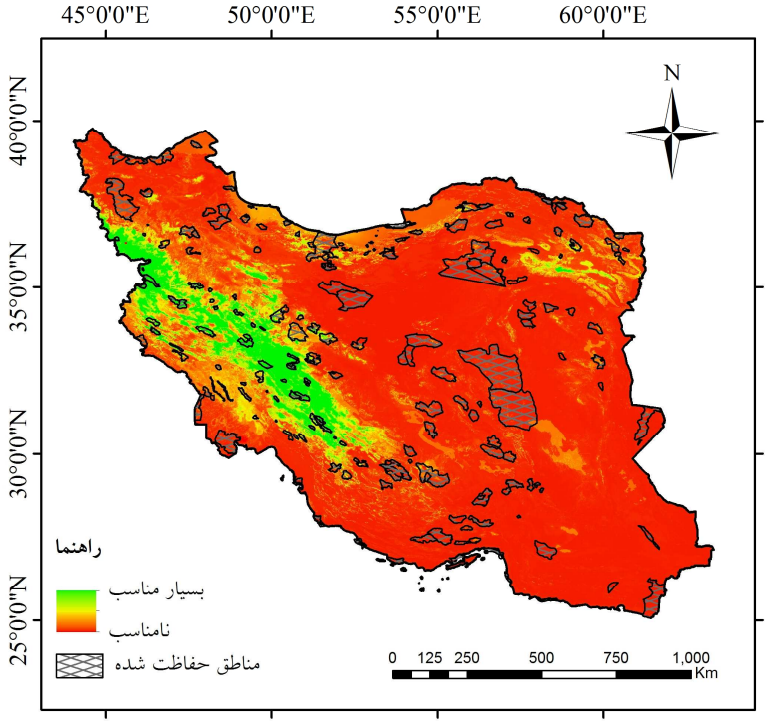
مدل / شاخص	RF	GLM	CTA	ANN	GBM	FDA	SRE
AUC	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۹۹	۰/۹۴	۰/۸۷
TSS	۰/۹۹	۰/۸۳	۰/۹۴	۰/۸۶	۰/۹۷	۰/۸۰	۰/۷۵

سهم نسبی (اهمیت) هر یک از متغیرهای واردشده به مدل در پیش‌بینی مناطق مناسب برای حضور لاله واژگون در جدول دو آورده شده است. نتایج نشان داد که حداقل دمای سردترین ماه سال، مدل رقومی ارتفاع، مجموع بارندگی سالانه و تغییرات فصلی بارندگی (با مجموع درصد مشارکت ۶۶/۵۷ درصد)، بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت رویشگاه لاله واژگون داشتند (جدول ۲).

بر اساس یافته‌ها، تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای قابل‌توجهی بر رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون در کشور به همراه داشته باشد. بر اساس سناریوهای مختلف، بین ۴۶/۱۰ درصد (CCSM4 ،RCP4.5) تا ۷۷/۳۷ درصد (MRI-CGCM3 ،RCP8.5) از رویشگاه‌های بالقوه لاله واژگون به‌واسطه تغییر اقلیم نامناسب خواهد شد (جدول ۳). درحالی‌که در همین دوره زمانی در حدود ۹ (CCSM4 ،RCP6) تا ۱۶/۸۴ درصد (CCSM4 ،RCP2.6) به رویشگاه‌های مطلوب این‌گونه اضافه خواهد شد. به‌طور خلاصه، نرخ خالص از دست رفتن رویشگاه مطلوب لاله واژگون تا سال ۲۰۵۰ بین ۴۸/۲۴- درصد (MRI-CGCM3 ،RCP2.6) تا ۶۷/۶۱- درصد (MRI-CGCM3 ،RCP8.5) برآورد شد. بر اساس یافته‌ها، سناریو RCP8.5 نسبت به سه سناریوی دیگر اثرات شدیدتری بر گستره رویشگاه‌های مطلوب

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

لاله واژگون در کشور خواهد داشت. شکل ۳ تغییرات در گستره جغرافیایی رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون را در آینده (سال ۲۰۵۰) برای مدل گردش عمومی CCSM4 نشان می‌دهد.



شکل ۲- رویشگاه‌های مطلوب فعلی لاله واژگون در کشور با استفاده از رویکرد اجماعی حاصل از هفت مدل به همراه هم‌پوشی با شبکه حفاظتی کشور

بر اساس یافته‌ها، تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای قابل‌توجهی بر رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون در کشور به همراه داشته باشد. بر اساس سناریوهای مختلف، بین ۴۶/۱۰ درصد (CCSM4 ،RCP4.5) تا ۷۷/۳۷ درصد (MRI-CGCM3 ،RCP8.5) از رویشگاه‌های بالقوه لاله واژگون به‌واسطه تغییر اقلیم نامناسب خواهد شد (جدول ۳). درحالی‌که در همین دوره زمانی در حدود ۹ (CCSM4 ،RCP6) تا ۱۶/۸۴ درصد (CCSM4 ،RCP2.6) به رویشگاه‌های مطلوب این‌گونه اضافه خواهد شد. به‌طور خلاصه، نرخ خالص از دست رفتن رویشگاه مطلوب لاله واژگون تا سال ۲۰۵۰ بین ۴۸/۲۴ درصد (MRI-CGCM3 ،RCP2.6) تا ۶۷/۶۱ درصد (MRI-CGCM3 ،RCP8.5) برآورد شد. بر اساس یافته‌ها، سناریو RCP8.5 نسبت به سه سناریوی دیگر اثرات شدیدتری بر گستره رویشگاه‌های مطلوب

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

لاله واژگون در کشور خواهد داشت. شکل سه تغییرات در گستره جغرافیایی رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون را در آینده (سال ۲۰۵۰) برای مدل گردش عمومی CCSM4 نشان می‌دهد.

جدول ۲- متغیرهای مورداستفاده در مدل‌سازی رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون در کشور و اهمیت نسبی آن‌ها به روش مدل‌سازی اجماعی

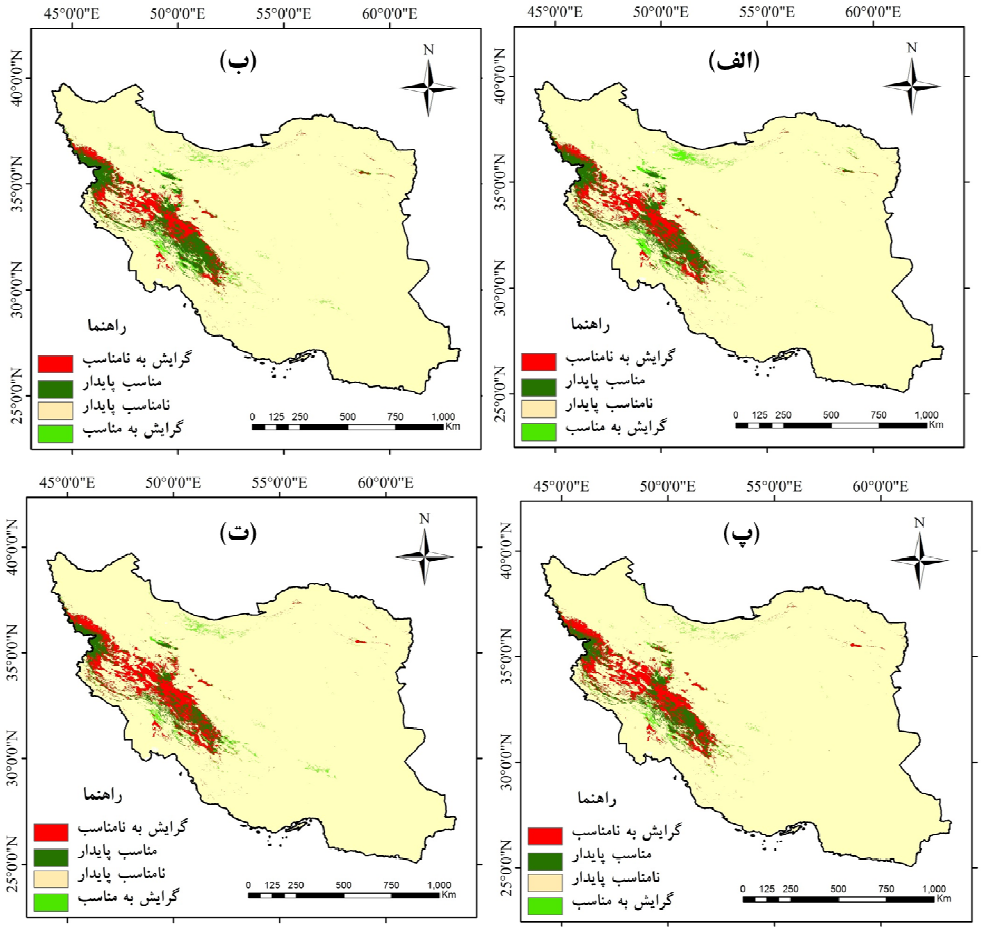
متغیرهای محیطی	عنوان به انگلیسی	اهمیت نسبی
حداقل دمای سردترین ماه سال	Bio6- Min Temperature of Coldest Month	۲۴/۰۴
مدل رقومی ارتفاع	DEM- Digital Elevation Model	۱۶/۶۰
مجموع بارندگی سالانه	Bio12- Annual Precipitation	۱۳/۶۵
تغییرات فصلی بارندگی	Bio15- Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)	۱۲/۲۸
میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال	Bio9- Mean Temperature of the Driest Quarter	۷/۷۳
تغییرات فصلی دما	Bio4- Temperature Seasonality (standard deviation *100)	۷/۴۹
شیب	Slope	۵/۰۵
شاخص هم‌دمایی	Bio3-Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100)	۴/۵۴
مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال	Bio17- Precipitation of the Driest Quarter	۴/۱۶
میانگین دامنه دمای روزانه	Bio2-Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))	۳/۳۸
پوشش /کاربری سرزمین	Land cover/Land use	۰/۸۴
جهت جغرافیایی	Aspect	۰/۲۳

جدول ۳- تغییر در وسعت رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون به دلیل تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ بر اساس مدل‌های گردش عمومی MRI-CGCM3، BCC-CSM1-1، CCSM4 و سناریوهای مختلف

مدل گردش عمومی	رویشگاه نامناسب شده (درصد)			رویشگاه جدید (درصد)			تغییرات در رویشگاه (درصد)		
	MRI-CGCM3	BCC-CSM1-1	CCSM4	MRI-CGCM3	BCC-CSM1-1	CCSM4	MRI-CGCM3	BCC-CSM1-1	CCSM4
RCP2.6	۶۰/۷۱	۵۳/۲۴	۴۹/۹۳	۱۲/۴۷	۱۵/۸۰	۱۶/۸۴	-۴۸/۲۴	-۳۷/۴۴	-۳۳/۰۹
RCP4.5	۶۴/۶۲	۵۷/۳۵	۴۶/۱۰	۱۶/۰۸	۹/۴۶	۱۳/۴۷	-۴۸/۵۴	-۴۷/۹۰	-۳۲/۶۳
RCP6	۵۸/۶۱	۵۵/۳۰	۵۹/۰۶	۱۶/۱۳	۱۰/۳۱	۹	-۴۲/۴۸	-۴۴/۹۹	-۵۰/۰۶
RCP8.5	۷۷/۳۷	۶۱/۵۱	۶۳/۷۴	۹/۷۶	۱۰/۸۸	۱۰/۱۷	-۶۷/۶۱	-۵۰/۶۲	-۵۳/۵۷

کل سناریوهای تغییر اقلیمی، جابه‌جایی رویشگاه‌های مناسب لاله واژگون را به سمت ارتفاعات در حدود ۹۳/۸۷ متر تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی نمودند. میانگین ارتفاع رویشگاه‌های مطلوب گونه ۲۰۸۹

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]



شکل ۳- تغییر در رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون از شرایط فعلی تا شرایط اقلیمی آینده در سال ۲۰۵۰ بر اساس سناریوهای مختلف الف) RCP2.6 ب) RCP4.5 پ) RCP6 ت) RCP8.5در مدل گردش عمومی CCSM4

متر بود که تا سال ۲۰۵۰، پیش‌بینی می‌شود که ارتفاع رویشگاه‌های مطلوب گونه به ۲۱۸۳/۸۷ متر جابجا شود.

بحث و نتیجه‌گیری

اثرات تغییر اقلیم به‌صورت جابه‌جایی و کاهش گستره جغرافیایی گونه‌ها، برآورد شده است (Attorre et al., 2011؛ Hod et al., 2014؛ Al-Qaddi et al., 2016؛ Kurpis et al., 2016؛ نقی پور و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج نشان داد که تغییر اقلیم پیامدهای قابل‌توجهی بر رویشگاه‌های بالقوه لاله

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

واژگون در کشور وارد خواهد نمود؛ به‌طوری‌که بر اساس سناریوهای مختلف، بین ۴۶/۱۰ درصد تا ۷۷/۳۷ درصد از رویشگاه‌های بالقوه لاله واژگون به‌واسطه تغییر اقلیم نامناسب خواهد شد.

بر اساس یافته‌ها، کمتر از ۷/۶۹ درصد (۱۲۴۸۱۷/۱ کیلومترمربع) از مساحت کشور به‌عنوان رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون برآورد شد. این گستره به‌عنوان آشیان بوم‌شناختی بالقوه گونه محسوب می‌شود که از آشیان بوم‌شناختی واقعی گونه بزرگ‌تر است. در این مطالعه موافق با پژوهش‌های دیگر، مدل‌سازی‌ها مناطق با شرایط زیر را به‌عنوان رویشگاه بالقوه پیش‌بینی می‌کنند: ۱) مناطقی که برای گونه هدف مطلوب هستند و گونه نیز در آنجا حضور دارد؛ ۲) مناطقی که برای گونه هدف مطلوب هستند، اما در اثر عوامل مختلف گونه یادشده در آن مناطق منقرض و نابودشده است؛ ۳) مناطق مطلوبی که گونه هدف به‌هیچ‌عنوان توانایی پراکنش و حضور در این مناطق را نداشته است (Peterson et al., 2013). به نظر می‌رسد استان‌های غربی کشور در محدوده زاگرس (به‌ویژه استان‌های چهارمحال و بختیاری، لرستان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد و غرب استان اصفهان) در مقایسه با سایر مناطق کشور از اهمیت رویشگاهی بیشتری برای لاله واژگون برخوردار هستند.

تمام سناریوهای تغییر اقلیمی، جابه‌جایی رویشگاه‌های مناسب لاله واژگون را به سمت مناطق مرتفع‌تر در حدود ۹۳/۸۷ متر تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی نمودند. علت این جابه‌جایی به آشیان بوم‌شناختی اقلیمی (بارندگی و دما) این‌گونه مربوط است که باعث می‌شود مناطق کم‌ارتفاع‌تر برای این‌گونه نامناسب شود. این جابه‌جایی رویشگاه تحت تأثیر تغییر اقلیم به مناطق مرتفع‌تر برای دیگرگونه‌های گیاهی ساکن نواحی کوهستانی در مناطق مختلف جهان ازجمله در ایران (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶ب؛ امیری و همکاران، ۱۳۹۸ب؛ Sangoony et al., 2016؛ Fatemi et al., 2018، ابوالمعالی و همکاران، ۱۳۹۶)، کوه‌های مدیترانه‌ای (Fois et al., 2016)، در پاکستان (Khanum et al., 2013) و در شمال آفریقا (Al-Qaddi et al., 2016) گزارش‌شده است. پاسخ‌های گیاهان در مقابل تغییرات اقلیمی آینده عمدتاً به ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فنولوژیکی آن‌ها وابسته است (Zhao et al., 2017). به نظر می‌رسد گیاهان با آشیان بوم‌شناختی تخصصی‌تر نسبت به گیاهان با آشیان بوم‌شناختی وسیع‌تر، توانایی سازگاری کمتری در برابر تغییر اقلیم دارند (Khanum et al., 2013). درمجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که وسعت رویشگاه لاله واژگون در آینده در مقایسه باحال حاضر کاهش خواهد یافت. در مورد لاله واژگون، آشیان بوم‌شناختی تخصصی و توانایی پراکنش کم، سازش این‌گونه در مقابل تغییر اقلیم را کاهش خواهد داد، به‌ویژه زمانی که تکه‌تکه شدن رویشگاه موانع پراکنش را افزایش می‌دهند. محققان، کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در رویشگاه مناسب برای بسیاری از گونه‌های با آشیان بوم‌شناختی تخصصی گزارش نموده‌اند (Remya et al., 2015؛ Sanjerehei and

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

Rundel, 2017؛ Zhao et al., 2017). در چنین مواردی رویکردهای حفاظتی مؤثر باید برنامه‌ریزی شوند.

بر اساس تحلیل‌ها، متغیرهای حداقل دمای سردترین ماه سال، مدل رقومی ارتفاع و مجموع بارندگی سالانه، بیشترین سهم نسبی را در اجرای مدل‌سازی داشتند. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، اهمیت عوامل اقلیمی و ارتفاع در پراکنش گونه‌های مرکزی ایران (امیری و همکاران، ۱۳۹۸الف، ابوالمعالی و همکاران، ۱۳۹۶) و کوهستان‌های مرکزی و شرقی البرز (Fatemi et al., 2018)، تأییدشده است. در پژوهش حاضر، حداقل دمای سردترین ماه سال به‌عنوان مهم‌ترین متغیر پیش‌بینی کننده رویشگاه لاله واژگون شناسایی شد. نقی‌پور و همکاران (Naghipour et al., 2019) نیز در بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه لاله واژگون در زاگرس مرکزی نتیجه گرفتند که دما اثر بیشتری بر پراکنش این‌گونه دارا است. همچنین، رانا و همکاران (Rana et al., 2017) و ژائو و همکاران (Zhao et al., 2017) نیز در مورد گونه *F. cirrhosa*، از بین متغیرهای موردبررسی، دما را مهم‌ترین عامل معرفی نمودند. نتایج پژوهش‌های مختلف در مورد جوانه‌زنی بذر لاله واژگون نشان داده است که بذر این‌گونه دارای خواب بوده و برای جوانه‌زنی نیازمند اعمال تیمار سرمادهی مرطوب است (آقابابانژاد و همکاران، ۱۳۹۶). این موضوع نشان‌دهنده اهمیت بالای حداقل دمای سردترین ماه سال در مراحل زندگی این گیاه است.

در بین همه مدل‌ها بر اساس شاخص‌های AUC و TSS، مدل‌های جنگل تصادفی و تعمیمی تقویت‌شده بهترین پیش‌بینی را داشتند و قابل‌اعتمادترین مدل‌ها برای پیش‌بینی پراکنش گونه تعیین شدند. پژوهش‌های گذشته نیز بر قابلیت بالای مدل جنگل تصادفی در مقایسه با مدل‌های دیگر در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای تأکید نموده‌اند (ازجمله: Benito Garzón et al., 2008؛ Cheng et al., 2012؛ Sangoony et al., 2016؛ Lin and Chiu, 2018؛ حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶ الف). نتایج نشان می‌دهد کمتر از ۱۰ درصد از مناطق مطلوب لاله واژگون توسط شبکه حفاظتی کشور پوشش داده‌شده است. این شبکه حفاظتی با توجه به شرایط زیستی ویژه اهمیت بالایی در حفظ این‌گونه دارد. شبکه حفاظتی یادشده با توجه به تدابیر حفاظتی به نسبت بهتر در مقایسه با مناطق آزاد، دارای تنوع زیستی بهتری هستند (Bashari and Hemami, 2013). بنابراین، به‌کارگیری رویکردهای مناسب مدیریتی به‌منظور تکمیل شبکه حفاظتی کشور ازجمله تأسیس مناطق حفاظت‌شده جدید و همچنین افزایش سطح حفاظتی مناطق حفاظت‌شده موجود می‌تواند کارآمدی مناطق حفاظت‌شده را در نگهداری از جمعیت‌های لاله‌های واژگون و سایر گونه‌های درخطر افزایش دهد.

به‌طورکلی، حدود ۷/۶۹ درصد از محدوده موردمطالعه به‌عنوان رویشگاه‌های بالقوه لاله واژگون برآورد شد. مؤثرترین متغیرها در پراکنش گونه موردمطالعه، به ترتیب حداقل دمای سردترین ماه،

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

ارتفاع و بارندگی سالانه بودند. احتمال جابه‌جایی گستره جغرافیایی گونه موردمطالعه تحت تأثیر سناریوهای مختلف تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی شد. نتایج حاصل از سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، به ترتیب کمترین و بیشترین سطح رویشگاه نامناسب شده در حدود ۴۶/۱۰ درصد (RCP4.5) تا ۷۷/۳۷ درصد (RCP8.5) در سال ۲۰۵۰ خواهد بود بر اساس یافته‌ها، به‌نظر می‌رسد که در محدوده موردمطالعه، وسعت رویشگاه مطلوب لاله واژگون کاهش‌یافته و به سمت مناطق مرتفع‌تر جابه‌جا خواهد شد. اگرچه در اثر عواملی مانند برداشت گل و پیاز توسط گردشگران، چرای غیراصولی دام و عواملی از این قبیل، تراکم و گستره پراکنش لاله واژگون در برخی مناطق کاهش‌یافته است، اما این مطالعه اهمیت پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش این‌گونه گیاهی ارزشمند را برجسته ساخت. این موضوع ضرورت توجه جدی‌تر مدیران و کارشناسان حفاظت را به لاله واژگون که یک‌گونه گیاهی باارزش‌های بوم‌شناختی بالا (ازجمله ارزش دارویی و در معرض خطر انقراض بودن) را دوچندان می‌نماید. نقشه‌های رویشگاه مطلوب امروزی و آینده لاله واژگون که در این پژوهش تهیه‌شده‌اند، در تدوین و اجرای برنامه‌ها و طرح‌های حفاظتی و مدیریتی کارآمد خواهند بود. به‌عنوان نمونه، رویشگاه‌های مناسب شناسایی‌شده می‌توانند در اتخاذ رویکردهایی نظیر معرفی مجدد و همچنین شناسایی مناطق حفاظت‌شده جدید به‌منظور حفاظت از گونه لاله واژگون در پاسخ به پدیده تغییر اقلیم موردتوجه قرار گیرند.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی به شماره قرارداد ۱۴۱/۱۹۲۳ از محل اعتبارات معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهرکرد می‌باشد. بدین‌وسیله نگارندگان مراتب امتنان و تشکر خود را از مسئولین دانشگاه شهرکرد ابراز داشته و از مسئولین و کارشناسان ادارات کل منابع طبیعی و محیط‌زیست استان‌های چهارمحال و بختیاری، لرستان و کرمانشاه به دلیل همکاری در بازدیدهای صحرایی صمیمانه تشکر می‌نمایند.

منابع

ابوالمعالی، س.م.ر.، ترکش اصفهانی، م.، بشری، ح. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونهٔ در معرض خطر انقراض کرفس کوهی با استفاده از مدل افزایشی تعمیم‌یافته. نشریه محیط‌زیست طبیعی، ۷۰(۲): ۲۵۴-۲۴۳.

آقابابانژاد، ز.، عباسی سورکی، ع.، طهماسبی، پ.، ۱۳۹۶. بررسی برهمکنش سرمادهی مرطوب و اسید جیبرلیک بر شکست خواب و جوانه‌زنی بذر لاله واژگون *Fritillaria imperialis*. علوم و فناوری بذر ایران، ۶(۲): ۲۶۶-۲۵۷.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

امیری، م.، ترکش، م.، جعفری، ر. ۱۳۹۸ الف. پیش‌بینی پراکنش گونهٔ *Artemisia sieberi* Besser تحت تأثیر تغییر اقلیم در مراتع استپی و نیمه-استپی ایران- تورانی. مدیریت بیابان، ۷(۱۳): ۲۹-۴۸.

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

پیری صحراگرد، ح. ۱۳۹۶. مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی با روش رگرسیون لوجستیک (مطالعه موردی: مراتع غرب تفتان، شهرستان خاش)، مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۰(۴): ۷۹۲-۸۰۶.

ترنیان، ف.ا.، آذرنیوند، ح.، یزدانپرست، ر.، زارع چاهوکی، م.ع.، جعفری، م.، کومار، س. ۱۳۹۶. تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش گونه *Daphne mucronata* Royle و مدل‌سازی رویشگاه‌های پتانسیل آن . مرتع، ۱۱ (۲) :۱۷۹-۱۹۳

جعفری م. ۱۳۹۳. تغییرات و آسیب‌پذیری تولید خالص اولیه در اکوسیستم‌های جنگلی، مرتعی و بیابانی ایران متأثر از تغییرات اقلیمی. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۱: ۱۳۹-۱۵۳.

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

حیدریان آقاخانی، م.، تمرتاش، ر.، جعفریان، ز.، ترکش اصفهانی، م.، طاطیان، م.ر. ۱۳۹۶ب. پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) با استفاده از مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای به‌منظور برنامه‌ریزی حفاظتی، محیط شناسی، ۴۳(۳): ۴۹۷-۵۱۱.

زارع چاهوکی، م.ع.، عباسی، م. ۱۳۹۵. تعیین روبشگاه بالقوه گونه گیاهی ارمک یا *Ephedra strobilacea* L. با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر در مراتع پشتکوه استان یزد. حفاظت زیست بوم گیاهان، ۴(۹): ۱۹۵-۲۱۲.

شریفی تهرانی، م.، ادوای، م.، شبانی، ل. ۱۳۹۴. جنس *Fritillaria* از تیره Liliaceae در ایران: پراکنش و نامگذاری گونه‌ها. تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۷(۲۲): ۴۹-۷۰.

صلاحی صدر، س.، زکی زاده، ه.، نقوی، م.ر.، العلی الفتی، ج. ۱۳۹۷. باززایی گیاه در معرض انقراض لاله واژگون (*Fritillaria raddeana*) از طریق ریزنمونه های گلبرگ و برگ. دو فصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۲۶(۱): ۷۱-۸۳.

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

Ahmadi-Roshan, M., Karimzadeh, G., Babaei, A., Jafari, H. 2016. Karyological studies of *Fritillaria* (Liliaceae) species from Iran. Cytologia, 81(2) :133-141.

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.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

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(6): 1223-1232.

Ashrafzadeh, M.R., Naghipour, A.A., Haidarian, M., Kusza, S., Pilliod, D.S. 2019. Effects of climate change on habitat and connectivity for populations of a vulnerable, endemic salamander in Iran. Global Ecology and Conservation, 19: p.e00637.

Attorre, F., Alfò, M., De Sanctis, M., Francesconi, F., Valenti, R. Vitale M. and et al. 2011. Evaluating the effects of climate change on tree species abundance and distribution in the Italian peninsula. Applied Vegetation Science, 14: 242-255.

Badfar-Chaleshtori, S., Shiran, B., Kohgard, M., Mommeni, H., Hafizi, A., Khodambashi, M., Mirakhorli, N., Sorkheh, K. 2012. Assessment of genetic diversity and structure of Imperial Crown (*Fritillaria imperialis* L.) populations in the Zagros region of Iran using AFLP, ISSR and RAPD markers and implications for its conservation. Biochemical systematics and ecology, 42: 35-48.

Bashari, H., Hemami, M.R. 2013. A predictive diagnostic model for wild sheep (*Ovis orientalis*) habitat suitability in Iran. Journal for Nature Conservation, 21(5): 319-325.

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: 169-178.

Cheng, L., Lek, S., Lek-Ang, S., Li, Z. 2012. Predicting fish assemblages and diversity in shallow lakes in the Yangtze River basin. Limnologica, 42 (2): 127–136.

Day, P.D. 2018. Studies in the genus *Fritillaria* L. (Liliaceae) (Doctoral dissertation, Queen Mary University of London), 171p.

Doswald, N., Willis, S.G., Collingham, Y.C., Pain, D.J., Green, R.E., Huntley, B. 2009. Potential impacts of climatic change on the breeding and nonbreeding ranges and migration distance of European Sylvia warblers. Journal of Biogeography, 36: 1194-1208.

Eskildsen, A., Roux, P.C., Heikkinen, R.K., Høye, T.T., Kissling, W.D., Pöyry, J., Wisz, M.S., Luoto, M. 2013. Testing species distribution models across space and time: high latitude butterflies and recent warming. Global Ecology and Biogeography, 22(12):1293–1303.

Farashi, A., Shariati, M., Hosseini, M. 2013. Identifying biodiversity hotspots for threatened mammal species in Iran. Mammalian Biology, 87: 71-88.

Fatemi, S.S., Rahimi, M., Tarkesh, M., Ravanbakhsh, H., 2018. Predicting the impacts of climate change on the distribution of *Juniperus excelsa* M. Bieb. In the central and eastern Alborz Mountains, Iran. iForest-Biogeosciences and Forestry, 11(5): 643.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

Fois, M., Cuena-Lombraña, A., Fenu, G., Cogoni, D., Bacchetta, G. 2016. The reliability of conservation status assessments at regional level: past, present and future perspectives on *Gentiana lutea* L. ssp. lutea in Sardinia. Journal for Nature Conservation, 33: 1-9.

Hardy, J.T. 2003. Climate change: Causes, effects, and solutions: John Wiley & Sons.

Hodd, R.L., Bourke, D., Skeffington, M.S. 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): e95147.

IPCC, 2018. Global warming of 1.5 °C, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Khanum, R., Mumtaz, A.S., Kumar, S. 2013. Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. Acta Oecologica, 49: 23-31.

Khourang, M., Babaei, A., Sefidkon, F., Naghavi, M.R., Asgari, D., Potter, D. 2014. Phylogenetic relationship in Fritillaria spp. of Iran inferred from ribosomal ITS and chloroplast trnL-trnF sequence data. Biochemical Systematics and Ecology, 57: 451-457.

Kiani, M., Sefidkon, F., Babaei, A., Naghavi, M.R. 2015. Phytochemical profiling of medicinal isosteroidal alkaloids of Iranian *Fritillaria* spp. (Liliaceae). Industrial Crops and Products, 70: 451-458.

Kurpis, J., Serrato-Cruz, M.A., Arroyo, T.P.F. 2016. Modeling the effects of climate change on the distribution of *Tagetes lucida* Cav. (Asteraceae). Global Ecology and Conservation, 20: e00747.

Lembrechts, J.J., Nijs, I., Lenoir, J., 2019. Incorporating microclimate into species distribution models. Ecography, 42(7): 1267-1279.

Lin, C.T., Chiu, C.A. 2018. The Relic Trochodendron aralioides Siebold & Zucc.(Trochodendraceae) in Taiwan: Ensemble distribution modeling and climate change impacts. Forests, 10(1): 7.

Manel, S., Williams, H.C., Ormerod, S.J. 2001. Evaluating presence–absence models in ecology: the need to account for prevalence. Journal of applied Ecology, 38(5): 921-931.

Naghipour, 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

Pearce, J., Lindenmayer, D. 1998. Bioclimatic analysis to enhance reintroduction biology of the endangered helmeted honeyeater (*Lichenostomus melanops* cassidix) in southeastern Australia. Restoration Ecology, 6 (3): 238-43.

Peterson, A.T., Soberón, J., Pearson, R.G., Anderson, R.P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., Araújo, M.B. 2013. Ecological niches and geographic distributions, First edn., USA: Princeton University Press.

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: 558-570.

Remya, K., Ramachandran, A., Jayakumar, S. 2015. Predicting the current and future suitable habitat distribution of *Myristica dactyloides* Gaertn. Using MaxEnt model in the Eastern Ghats, India. Ecological engineering, 82: 184-188.

Sangoony, H., Vahabi, M.R., 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.

Sanjerehei, M.M., Rundel, P.W. 2017. The impact of climate change on habitat suitability for *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* (Asteraceae)—a modeling approach. Polish Journal of Ecology, 65: 97-109.

Sharifi-Tehrani, M., Advay, M. 2015. Assessment of relationships between Iranian Fritillaria (Liliaceae) species using chloroplast trnH-psbA sequences and morphological characters. Journal of Genetic Resources, 1(2): 89-100.

Thuiller, W., Georges, D., Engler, R., Breiner, F., Georges, M.D., Thuiller, C.W. 2016. Package 'biomod2'. https://cran.r-project.org/package=biomod2.

Warren, D.L., Matzke, N.J., Iglesias, T.L. 2019. Evaluating species distribution models with discrimination accuracy is uninformative for many applications. BioRxiv, p.684399.

Wu, M.L., Zhang, Q., Song, J.Y., Li, X.W., Xie, C.R., Hu, Z.G. 2018. Ecological characteristics and suitability evaluation of Fritillaria cirrhosa D. Don based on Maxent model. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines, 15(1):.158-167.

Zhao, Q., Li, R., Gao, Y., Yao, Q., Guo, X. and Wang, W. 2017. Modeling impacts of climate change on the geographic distribution of medicinal plant *Fritillaria cirrhosa* D. Don. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 152(3): 349-355.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]