



دانشگاه گنبدکاووس

نشریه "حفظ از 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 نقی‌بور برج<sup>۱\*</sup>، محمدرضا اشرف‌زاده<sup>۱</sup>، مریم حیدریان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

<sup>۲</sup>دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳

#### 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/اکاربزی سرزمین در مدل‌سازی استفاده شدند. رویکرد مدل‌سازی اجماعی با تلفیق هفت مدل پراکنش گونه‌ای و براساس چهار سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای و سه مدل گردش عمومی انجام شد. حدود ۷/۶۹ درصد از محدوده موردمطالعه بعنوان رویشگاه‌های بالقوه لاله واژگون شناسایی شد. کمتر از ۱۰ درصد از این رویشگاه‌ها توسط مناطق حفاظت‌شده کشور پوشش داده شده است. بر اساس یافته‌های حاصل از سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، به ترتیب کمترین و بیشترین سطح رویشگاه نامناسب شده در حدود ۴۶/۱۰ (RCP4.5) تا ۷۷/۳۷ (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 می‌دهند که پراکنش جغرافیایی لاله واژگون احتمالاً به‌واسطه تغییر اقلیم به سمت مناطق مرفوع تر جابه‌جا خواهد شد. بر اساس ارزیابی‌ها، مدل‌ها از درستی و دقت قابل قبولی برخوردار بودند >۰/۸۷ و AUC >۰/۷۵. رویشگاه‌های مناسب شناسایی شده می‌توانند به‌منظور اتخاذ رویکردهای مدیریتی و حفاظتی از جمله معرفی مجدد و تأسیس مناطق حفاظت‌شده جدید به‌منظور حفاظت از لاله واژگون در پاسخ به پدیده تغییر اقلیم موردنوجه قرار گیرند.

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

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

## 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 (۰/۶۵-۱/۰۶) درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۲ 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 به طور کلی با تغییر فصل رشد یا تغییر الگوهای دمایی که محرك 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 انراض 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 موقع گونه‌ها را با متغیرهای محیطی مؤثر بر پراکنش آن‌ها (اقلیم، تopoگرافی، 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 موقع 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). از جمله مطالعات صورت گرفته در کشور در خصوص مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای می‌توان به مطالعات زارع چاهوکی و عباسی (۱۳۹۵)، پیری صحراء‌گرد (۱۳۹۶)، حیدریان و همکاران (۱۳۹۷) و امیری و همکاران (۱۳۹۸) (الف و ب)، ترنيان و همکاران (۱۳۹۶)، نقیبور 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 تشکیل شده 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

گونه است که دو گونه آن انحصاری ایران هستند (شريفي و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از گونه‌های منحصر به فرد و بالارزش این جنس در ایران، گونه لاله واژگون (*Fritillaria imperialis* L.) است که به "اشک مریم" نیز شهرت دارد. با وجود اهمیت بالای این گونه 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 در خطر نابودی قرار گرفته است (صلاحی‌صدر و همکاران، ۱۳۹۷).

پژوهش‌های بسیاری به منظور بررسی اثر تغییر اقلیم بر گونه‌های مختلف گیاهی در سراسر جهان انجام شده است. از جمله 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، به واسطه 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 مورد بررسی قراردادند. در مطالعه ایشان چهار سناریوی تغییر اقلیم (RCPs) تحت مدل گردش عمومی BCC-CSM1.1 در سال ۲۰۵۰ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین تناسب رویشگاهی بین سناریوهای مختلف اقلیمی سال ۲۰۵۰ در RCP4.5 رخ خواهد داد. همچنین، آن‌ها جایه‌جایی 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) گونه لاله واژگون در استان چهارمحال و بختیاری پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که وسعت رویشگاه این گونه تحت تأثیر سناریوهای اقلیمی RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۱۸ و ۱۶/۵ درصد در استان کاهش خواهد یافت.

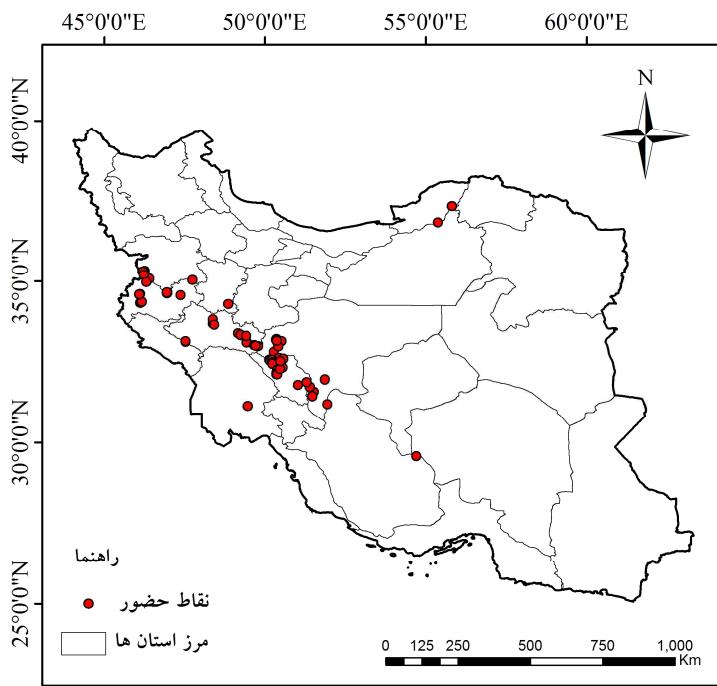
ایران یکی از کشورهای مهم خاورمیانه از نظر تنوع زیستی محسوب می‌شود. اکوسیستم ایران شامل ۸۰۰۰ گونه گیاهی است (Farashi et al., 2013). یکی از گونه‌های بالارزش بوم‌شناختی بالا (از جمله ارزش دارویی و در تهدید بودن) و آشیان بوم‌شناختی محدود، لاله واژگون است که به نظر می‌رسد نسبت به گونه‌هایی با آشیان بوم‌شناختی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

(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 MRI-CGCM3، CCSM4، BCC-CSM1 و RCPs) و سه مدل گردش عمومی (RCPs)

## 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) وقوع گونه در نظر گرفته شوند که گونه موردنظر حداقل یک لکه به مساحت یک کیلومترمربع را تحت پوشش قرار دهد (نقیبور و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین، نقاط تکراری در فاصله کمتر از یک کیلومتر حذف شدند. با توجه به شرایط ذکر شده، 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 به صورت 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 به عنوان متغیرهای فیزیوگرافی مورداستفاده قرار گرفت. داده‌های پوشش/کاربری سرزمین از لایه تهیه شده 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)، تعیین شده 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 به عنوان ورودی مدل‌ها انتخاب شدند (جدول ۲).



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<sup>۲</sup> (ANN)، روش تعمیمی تقویت شده<sup>۳</sup> (GBM)، مدل خطی تعمیم‌یافته<sup>۴</sup> (GLM)، تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر<sup>۵</sup> (FDA)، تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی درختی<sup>۶</sup> (CTA)، جنگل تصادفی<sup>۷</sup> (RF) و پاکت دامنه سطحی<sup>۸</sup> (SRE) برای برآورد رویشگاه‌های مطلوب استفاده شدند. به دلیل این‌که تمامی مدل‌های مورداستفاده به داده‌های زمینه‌ای (نقاط عدم حضور کاذب) نیاز دارند، به صورت تصادفی تعداد ۱۰۰۰ نقطه زمینه‌ای در گستره موردمطالعه و در خارج از سلول‌های حضور ایجاد شد. این کار با

<sup>2</sup> Artificial Neural Network

<sup>3</sup> Generalized Boosting Method

<sup>4</sup> Generalized Linear Model

<sup>5</sup> Flexible Discriminant Analysis

<sup>6</sup> Classification Tree Analysis

<sup>7</sup> Random Forest

<sup>8</sup> Surface Range Envelope

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

مدل‌ها با استفاده از شاخص سطح زیر منحنی<sup>۹</sup> (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 حضور و غیاب یا حضور از نمونه‌های پس‌زمینه<sup>۱۰</sup> را زمانی که نقاط غیاب در دسترس نیست، دارند (Ashrafzadeh et al., 2019). مقادیر ۷/۰-۶/۰ سطح زیر منحنی (AUC) نشان‌دهنده توانایی ضعیف مدل در پیش‌بینی، مقادیر ۸/۰-۷/۰ یک پیش‌بینی مناسب، مقادیر ۸/۰-۹/۰ یک پیش‌بینی خوب و مقادیر بالای ۹/۰ نشان‌دهنده توانایی پیش‌بینی عالی مدل است. همچنین، مقادیر TSS کمتر از ۴/۰، نشان‌دهنده توانایی ضعیف مدل در پیش‌بینی، ۷۵/۰ خوب و بالای ۷۵/۰ عالی می‌باشد (Eskildsen et al., 2013). سطح مشارکت (اهمیت) متغیرهای مختلف نیز در مدل‌های توزیع گونه‌ای برآورد شد. درنهایت، مدل اجتماعی با استفاده از متوسط وزن مدل‌های انفرادی برای تمامی ارزش‌های ارزیابی شده اجرا شد (Thuiller et al., 2016). مدل اجتماعی به منظور پیش‌بینی توزیع آینده لاله و اژگون تا سال ۲۰۵۰ بر اساس چهار سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای (RCP2.6، RCP4.5، RCP6 و RCP8.5) و سه مدل گردش عمومی CCSM4، CCSM3 و BCC-CSM1MRI-CGCM3 تهیه شد. به منظور برآورد اثر تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی گونه مورد مطالعه، ابتدا از یک سطح بحرانی (بر اساس معیار ROC) برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت رویشگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب 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، به منظور برآورد هم‌پوشی رویشگاه‌های مطلوب شناسایی شده و مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست، نقشه مطلوبیت رویشگاه‌های لاله و اژگون با شبکه حفاظت‌شده کشور روی هم‌گذاری شد. همچنین، اثر طبیعی ملی لاله و اژگون در استان چهارمحال و بختیاری هم جزو مناطق تحت حفاظت لحاظ شد.

<sup>۹</sup> Area Under the Curve

<sup>۱۰</sup> Background

## نتایج

بر اساس شاخص AUC ( $>0.87$ )، همه مدل‌ها با درجه خوب تا عالی ارزیابی شدند. همچنین، مدل‌ها بر اساس معیار TSS ( $>0.75$ ) در رتبه‌های خوب تا عالی قرار گرفتند (جدول ۱). مدل‌های جنگل تصادفی، تعییمی تقویت شده، تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی درختی و خطی تعییم یافته به ترتیب بالاترین ارزش‌های AUC و TSS را به خود اختصاص دادند. بر اساس یافته‌های حاصل از مدل‌سازی اجمانی، در حدود ۷/۶۹ درصد (۱۲۴۸۱۷/۱ کیلومترمربع) از مساحت کشور می‌تواند به عنوان رویشگاه مطلوب لاله واژگون در نظر گرفته شود. شکل ۲ رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون را بر اساس رویکرد اجمانی مدل‌های مختلف در کشور نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، در حدود ۹/۰۸ درصد (۱۱۳۲۸ کیلومترمربع) از رویشگاه‌های مطلوب فعلی لاله واژگون توسط شبکه حفاظت شده کشور پوشش داده شده است.

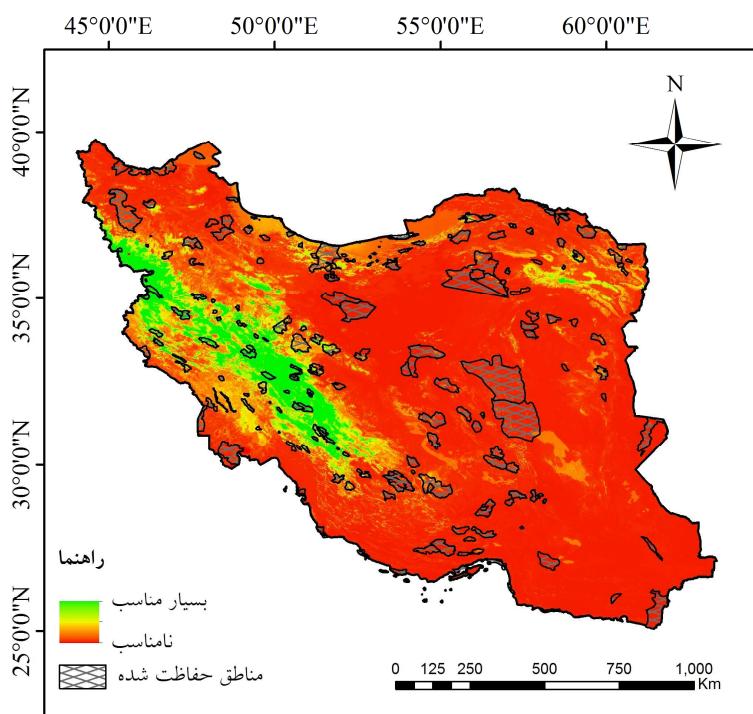
جدول ۱- برآورد سطح زیر منحنی (AUC) و TSS در مدل‌های مختلف اجراء شده

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

سهم نسبی (اهمیت) هر یک از متغیرهای وارد شده 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 قابل توجهی 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). در حالی که 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 ۴۸/۲۴-۶۷/۶۱ درصد (MRI-CGCM3, RCP8.5) برآورد شد. بر اساس یافته‌ها، سناریو RCP8.5 نسبت به سه سناریوی دیگر اثرات شدیدتری بر گستره رویشگاه‌های مطلوب

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 اجتماعی حاصل از هفت مدل به همراه همپوشی با شبکه حفاظتی کشور

بر اساس یافته‌ها، تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای قابل توجهی 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). در حالی که در همین دوره زمانی در حدود ۹ درصد (CCSM4, RCP6) تا ۱۶/۸۴ درصد (CCSM4, RCP2.6) به رویشگاه‌های مطلوب این گونه اضافه خواهد شد. بدطور خلاصه، نرخ خالص از دست رفتن رویشگاه مطلوب لاله واژگون تا سال ۲۰۵۰ بین ۴۸/۲۴ درصد (MRI-CGCM3, RCP8.5) تا ۶۷/۶۱ درصد (MRI-CGCM3, RCP2.6) برآورد شد. بر اساس یافته‌ها، سناریو RCP8.5 نسبت به سه سناریوی دیگر اثرات شدیدتری بر گستره رویشگاه‌های مطلوب

## علی اصغر نقی پور برج و همکاران

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

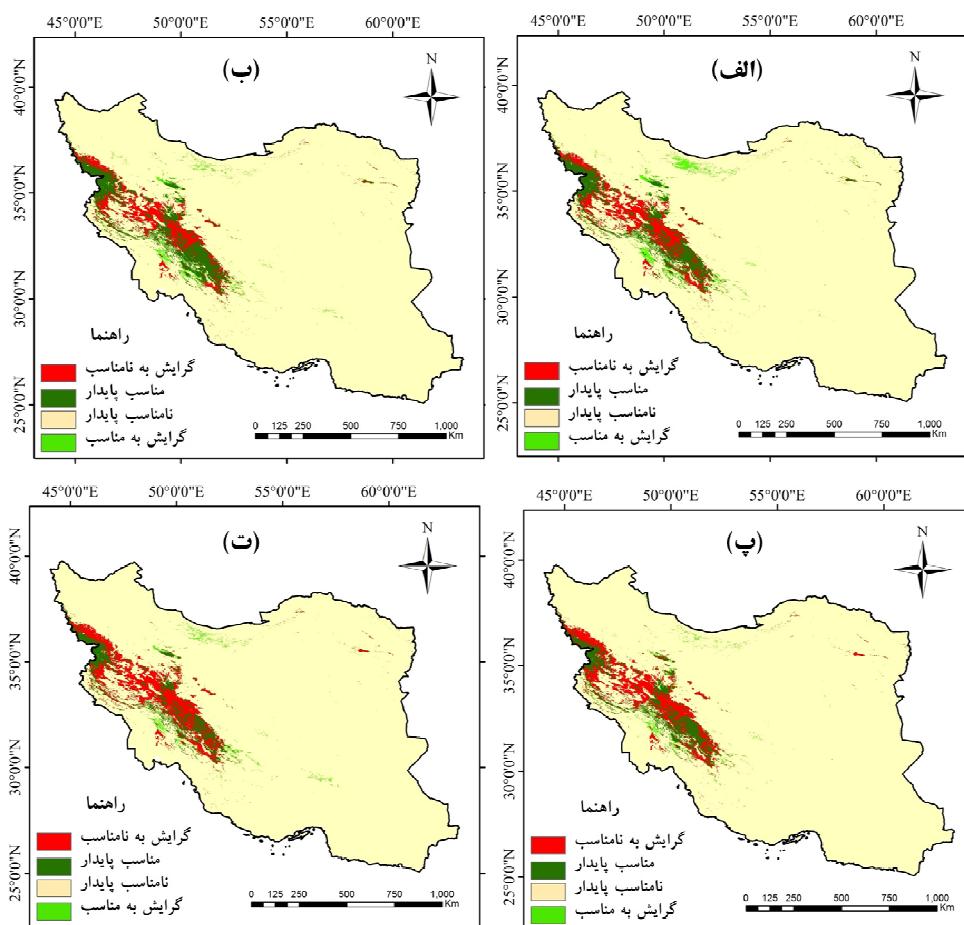
**جدول ۲- متغیرهای مورد استفاده در مدل سازی رویشگاههای مطلوب لاهه واژگون در کشور و اهمیت نسبی آنها به روش مدل سازی اجماعی**

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 هم‌دما	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 لاهه واژگون به دلیل تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ بر اساس مدل‌های گردش عمومی CCSM4، BCC-CSM1-1، MRI-CGCM3 و سناریوهای مختلف**

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

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



شکل ۳- تغییر در رویشگاه‌های مطلوب لاله واژگون از شرایط فعلی تا شرایط اقلیمی آینده در سال ۲۰۵۰ بر اساس ستاریوهای مختلف (الف) CCSM4 (پ) RCP2.6 (ت) RCP4.5 (ب) RCP6 متر بود که تا سال ۲۰۵۰، پیش‌بینی می‌شود که ارتفاع رویشگاه‌های مطلوب گونه به ۲۱۸۳/۸۷ متر جابجا شود.

### بحث و نتیجه‌گیری

انرات تغییر اقلیم به صورت جابه‌جایی و کاهش گستره جغرافیایی گونه‌ها، برآورد شده است (Kurpis et al., 2016; Al-Qaddi et al., 2016; Hod et al., 2014; Attorre et al., 2011) پور و همکاران، ۱۳۹۷).

وازگون در کشور وارد خواهد نمود؛ به طوری که بر اساس سناریوهای مختلف، بین ۴۶/۱۰ درصد تا ۷۷/۳۷ درصد از رویشگاههای بالقوه لاله وازگون به واسطه تعییر اقلیم نامناسب خواهد شد. بر اساس یافته‌ها، کمتر از ۷/۶۹ درصد (۱۲۴۸۱۷/۱ کیلومترمربع) از مساحت کشور به عنوان رویشگاههای مطلوب لاله وازگون برآورد شد. این گستره به عنوان 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 به عنوان 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 نابود شده 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 وازگون برخوردار هستند.

تمام سناریوهای تعییر اقلیمی، جایه‌جایی رویشگاههای مناسب لاله وازگون را به سمت مناطق مرتفع‌تر در حدود ۹۳/۸۷ متر تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی نمودند. علت این جایه‌جایی به آشیان بوم‌شناختی اقلیمی (بارندگی و دما) این گونه مربوط است که باعث می‌شود مناطق کمارتفاعتر برای این‌گونه نامناسب شود. این جایه‌جایی رویشگاه تحت تأثیر تعییر اقلیم به مناطق مرتفع‌تر برای دیگر گونه‌های گیاهی ساکن نواحی کوهستانی در مناطق مختلف جهان از جمله در ایران (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶؛ امیری و همکاران، ۱۳۹۸؛ Sangoony et al., 2016؛ Fatemi et al., 2018)، او بالمعالی و همکاران، ۱۳۹۶)، کوه‌های مدیترانه‌ای (Khanum et al., 2016؛ Fois et al., 2016)، در پاکستان (Al-Qaddi et al., 2016) و در شمال آفریقا (Al-Qaddi et al., 2016) گزارش شده است. پاسخ‌های گیاهان در مقابل تعییرات اقلیمی آینده عمدهاً 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 تعییر اقلیم دارند (Khanum et al., 2013). در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که وسعت رویشگاه لاله وازگون در آینده در مقایسه با حال حاضر کاهش خواهد یافت. در مورد لاله وازگون، آشیان بوم‌شناختی تخصصی و توانایی پراکنش کم، سازش این‌گونه در مقابل تعییر اقلیم را کاهش خواهد داد، به‌ویژه زمانی که تکه‌تکه شدن رویشگاه مowanع پراکنش را افزایش می‌دهند. محققان، کاهش قابل ملاحظه‌ای در رویشگاه مناسب برای بسیاری از گونه‌های با آشیان بوم‌شناختی تخصصی گزارش نموده‌اند (Sanjerehei and Remya et al., 2015).

Zhao et al., 2017; Rundel, 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، ۱۳۹۸، ابوالمعالی و همکاران، ۱۳۹۶) و کوهستان‌های مرکزی و شرقی البرز (Fatemi et al., 2018)، تأییدشده است. در پژوهش حاضر، حداقل دمای سردترین ماه سال به عنوان مهم‌ترین متغیر پیش‌بینی کننده رویشگاه لاله واژگون شناسایی شد. نقیبور و همکاران (Naghripour 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 این گونه دارا است. همچنین، رانا و همکاران (Rana et al., 2017) و ژائو و همکاران (2017) نیز در مورد گونه *F. cirrhosa*، از بین متغیرهای موردنظری، دما را مهم‌ترین عامل معرفی نمودند. نتایج پژوهش‌های مختلف در مورد جوانه‌زنی بذر لاله واژگون نشان داده است که بذر این گونه دارای خواب بوده و برای جوانه‌زنی نیازمند اعمال تیمار سرماده‌ی مرطوب است (آقباباتزاد 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 تعییمی تقویت‌شده بهترین پیش‌بینی را داشتند و قابل اعتمادترین 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 (از جمله: Cheng et al., 2008؛ Benito Garzón et al., 2012؛ Sangoony et al., 2016؛ Lin and Chiu, 2018؛ Sangoony et al., 2018؛ Hidriyian و همکاران، ۱۳۹۶ الف). نتایج نشان می‌دهد کمتر از ۱۰ درصد از مناطق مطلوب لاله واژگون توسط شبکه حفاظتی کشور پوشش داده شده است. این شبکه حفاظتی با توجه به شرایط زیستی ویژه اهمیت بالایی در حفظ این گونه دارد. شبکه حفاظتی یادشده با توجه به تدبیر حفاظتی به نسبت بهتر در مقایسه با مناطق آزاد، دارای تنوع زیستی بهتری هستند (Bashari and Hemami, 2013). بنابراین، به کارگیری رویکردهای مناسب مدیریتی به منظور تکمیل شبکه حفاظتی کشور از جمله تأسیس مناطق حفاظت‌شده جدید و همچنین افزایش سطح حفاظتی مناطق حفاظت‌شده موجود می‌تواند کارآمدی مناطق حفاظت‌شده را در نگهداری از جمعیت‌های لاله‌ای واژگون و سایر گونه‌های درختان افزایش دهد.

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

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 کاهش یافته 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 کاهش یافته است، اما این مطالعه اهمیت پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش این گونه گیاهی ارزشمند را بر جسته ساخت. این موضوع ضرورت توجه جدی‌تر مدیران و کارشناسان حفاظت را به لاله واژگون که یک گونه گیاهی بازرس‌های بوم‌شناختی بالا (از جمله ارزش دارویی و در معرض خطر انقراض بودن) را دوچندان می‌نماید. نقشه‌های رویشگاه مطلوب امروزی و آینده لاله واژگون که در این پژوهش تهیه شده‌اند، در تدوین و اجرای برنامه‌ها و طرح‌های حفاظتی و مدیریتی کارآمد خواهد بود. به عنوان نمونه، رویشگاه‌های مناسب شناسایی شده می‌توانند در اتخاذ رویکردهایی نظیر معرفی مجدد و همچنین شناسایی مناطق حفاظت‌شده جدید به منظور حفاظت از گونه لاله واژگون در پاسخ به پدیده تغییر اقلیم مورد توجه قرار گیرند.

### سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی به شماره قرارداد ۱۹۲۳/۱۴۱ از محل اعتبارات معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهرکرد می‌باشد. بدین‌وسیله نگارنده‌گان 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 گونه در معرض خطر انقراض کرفس کوهی با استفاده از مدل افزایشی تعمیم‌یافته. نشریه محیط‌زیست طبیعی، ۷۰(۲): ۲۴۳-۲۵۴.
- آقابانزاد، 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): ۲۵۷-۲۶۶.

- امیری، م، ترکش، م، جعفری، ر. ۱۳۹۸ الف. پیش‌بینی پراکنش گونه *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 صحراءگرد، ح. ۱۳۹۶. مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی با روش رگرسیون لوگستیک (مطالعه موردی: مراتع غرب تفتان، شهرستان خاش)، مجله پژوهش‌های گیاهی (محله زیست شناسی ایران)، ۴(۳): ۷۹۲-۸۰۶.
- ترنیان، ف.ا، آذرنیوند، ح، بیزانپرست، 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 . مراتع، 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 مراتع و بیابان ایران، ۲۱: ۱۳۹-۱۵۳.
- حیدریان آقاخانی، م، تمرتاش، ر، جعفریان، ز، ترکش اصفهانی، م، طاطیان، م.ر. ۱۳۹۶. پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش بالقوه گونه بادامک (*Amygdalus scoparia*) با استفاده از مدل‌سازی اجتماعی 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. ۱۳۹۶ ب. پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) با استفاده از مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای بهمنظور برنامه‌ریزی حفاظتی، محیط‌شناسی، ۴۳(۳): ۴۹۷-۵۱۱.
- زارع چاهوکی، م.ع، عباسی، م. ۱۳۹۵. تعیین رویشگاه 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، م، نقوی، م.ر، العلی الفتی، ج. ۱۳۹۷. باززنایی گیاه در معرض انقراض لاله واژگون (طريق ریزمنوونه 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.

- 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., Mirakhori, 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.

- 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

- 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., Ranjikar, 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.