



دانشگاه گواران، دانشکده مهندسی آب و خاک

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و هفتم، شماره سوم، ۱۳۹۹  
۱۶۲-۱۴۵

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2020.16868.3221

مقاله کامل علمی - پژوهشی

## بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گاوزبان وحشی در استان خراسان رضوی

\* جلیل فرزاد مهر<sup>۱</sup> و حامد سنگونی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشگاه تربت حیدریه،

<sup>۲</sup> مدرس مدعو گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشگاه تربت حیدریه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳

### چکیده

**سابقه و هدف:** تغییرات اقلیمی که در اثر فعالیت‌های انسانی در سده‌های گذشته آغاز شده‌اند، با گذشت زمان و در اثر پس‌خورهای مثبت، تشدید شده‌اند. تغییر در ویژگی‌های محیط‌زیست موجودات زنده به‌طور قطع بر حیات آن‌ها تأثیرگذار است. در یک دهه اخیر مطالعات زیادی بر نوع، ابعاد و میزان این تأثیر بر موجودات زنده مختلف (از جمله گیاهان) در اقلیم و اکوسیستم‌های مختلف متمرکز شده‌اند. در این پژوهش اثر تغییر اقلیم تا سال ۲۰۸۰ میلادی تحت سناریوی اقلیمی RCP 8.5 و تحت مدل گردش عمومی HadGem2 بر پراکنش جغرافیایی گونه *Anchusa italica* Retzius. در استان خراسان رضوی بررسی شد. این گونه علی‌رغم اهمیت دارویی، حفاظتی، اقتصادی و حتی تا حدودی علوفه‌ای که دارد، تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته بوده است. تأثیر تغییر اقلیم بر گونه‌های مهم تنها می‌تواند از طریق مدل‌سازی بررسی شود، چراکه مطالعات مدل‌سازی در علوم طبیعی، کارگشای بسیاری از مسائل هستند که در مطالعات عادی قابل‌پیگیری نیستند.

**مواد و روش‌ها:** ابتدا مطالعات صحرایی شامل برداشت مختصات جغرافیایی نقاط حضور گونه مورد مطالعه در محدوده مراتع استان خراسان رضوی در اواخر بهار سال ۱۳۹۷ (زمانی که گیاه در حال گلدهی بوده و به‌آسانی قابل‌رؤیت و شناسایی است) انجام شد و در نتیجه تعداد ۱۱۳ نقطه حضور برای گونه *Anchusa italica* ثبت شد. سپس از ۱۹ متغیر بیوکلیماتیک (زیست-اقلیمی) به همراه ۳ متغیر فیزیوگرافی شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان ورودی‌های مدل GBM<sup>۱</sup> استفاده شد. این مدل که یکی از روش‌های مبتنی بر درخت‌های تصمیم‌گیری<sup>۲</sup> است، از تعداد زیادی درخت ناقص برای تشکیل مدل نهایی استفاده می‌کند و الگوریتم آن، در محیط نرم‌افزار R برنامه‌نویسی شد. مدل با ورود نقاط حضور گونه و شرایط اقلیمی و توپوگرافی حال حاضر به‌عنوان متغیرهای مستقل، رابطه بین حضور گونه و شرایط اقلیمی را شبیه‌سازی کرده و سپس از این شبیه‌سازی برای بررسی اثر تغییر در مؤلفه‌های اقلیمی بر پراکنش گونه استفاده می‌کند. دو شاخص مخصوص صحت‌سنجی (AUC و TSS) برای تعیین توان مدل به‌کار رفت.

\* مسئول مکاتبه: [j.farzadmehr@torbath.ac.ir](mailto:j.farzadmehr@torbath.ac.ir)

1- Generalized Boosting Model (=BRT)

2- Decision Tree

**نتایج:** نقشه‌های مناطق مناسب برای زیست گاوزبان وحشی در شرایط اقلیمی فعلی و تحت تغییرات اقلیمی در سال ۲۰۸۰ تهیه شدند و شاخص‌های ارزیابی مدل نشان دادند که مدل توانایی بالایی در پیش‌بینی مکان‌های مناسب برای حضور گونه داشته است ( $AUC=0.974$  و  $TSS=0.87$ ). متغیرهای اقلیمی دمای سالیانه (BIO1)، میانگین دامنه دمای روزانه (BIO2)، تغییرات فصلی بارندگی (BIO15) و مجموع بارندگی سالیانه (BIO12) بیش‌ترین تأثیر را در تناسب رویشگاه این گونه دارند. تغییر مقدار رویشگاه‌های مناسب برای این گونه در منطقه، بر مبنای شرایط حال حاضر نشان داد که با سناریوی RCP 8.5 (از سری سناریوهای انتشار<sup>۱</sup> IPCC)، مجموعاً حدود ۴۰ درصد از مساحت اراضی دارای تناسب اقلیمی برای این گونه کاسته می‌شود. مناطقی که تغییرات در رویشگاه این گونه در آن‌ها رخ می‌دهد در یک نقشه نمایش داده شدند.

**نتیجه‌گیری:** عکس‌العمل گیاهان به تغییر اقلیم را به سه گروه سازگاری، جابجایی و انقراض تقسیم کرده‌اند. با توجه به نتایج این مطالعه، در مورد گونه گاوزبان وحشی، به نظر نمی‌رسد که انطباق فیزیولوژیک با تغییرات در کوتاه‌مدت (کم‌تر از چند صد تا چند هزار سال) ممکن باشد؛ بنابراین اگر این گیاه نتواند محدوده پراکنش خود را تغییر دهد (جابجایی)، ناگزیر به انقراض محلی یا محدود شدن به پناهگاه‌ها خواهد بود؛ بنابراین لازم است تا در کنار فعالیت‌های بازدارنده تغییر اقلیم، برنامه‌ریزی‌های محلی و منطقه‌ای برای حفظ و گسترش رویشگاه‌های فعلی و همچنین تأمین شرایط دسترسی به رویشگاه‌های جدید برای این گونه مهم از لحاظ زیستی، اکولوژیکی، دارویی و اقتصادی صورت پذیرد.

**واژه‌های کلیدی:** آشیان اکولوژیک، جابجایی پراکنش جغرافیایی، گاوزبان وحشی (*Anchusa italica* Retzius)، مؤلفه‌های اقلیمی

### مقدمه

از جمله روش‌هایی است که می‌تواند این اثرات را مورد پایش قرار دهد و ابعاد آن را تعیین کند. نتایجی که از این مدل‌سازی‌ها به دست می‌آید می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مختلف بسیار راهگشا باشد (۴). یکی از مهم‌ترین تأثیراتی که تغییر در شرایط محیطی به‌طور عام و تغییرات اقلیمی به‌طور خاص می‌تواند بر حیات گیاهان داشته باشد، تفاوت در محدوده پراکنش جغرافیایی آن‌هاست (۲۴). گیاهان به دلیل این‌که توانایی حرکت سریع و جابجا شدن فردی ندارند، با تأخیر زمانی نسبتاً زیاد به تغییرات محیطی پاسخ می‌دهند؛ با این وجود پس از تغییرات اقلیمی، برای پیدا کردن شرایط محیطی که تناسب بیش‌تری برای حیات آن‌ها دارند، در محیط جغرافیایی جابجا می‌شوند (۲۰). مطالعات زیادی به بررسی ابعاد

اقلیم به‌عنوان میانگین درازمدت آب‌وهوای یک منطقه شناخته می‌شود (۱۸). تغییر در این میانگین، به دو شکل کلی ممکن است رخ دهد: نوسانات کوتاه‌مدت که حالت تصادفی دارند؛ و تغییرات درازمدت که از یک‌روند خاص تبعیت می‌کنند. حالت دوم به نام تغییر اقلیم شناخته می‌شود و در دهه‌های اخیر شدت بسیار زیادی پیدا کرده است. بسیاری از دانشمندان، گرمایش جهانی را نتیجه فعالیت‌های انسان می‌دانند و معتقدند که این تغییرات می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی آب‌وهوای زمین (۲۵) و همچنین زندگی بسیاری از موجودات زنده تأثیرات شگرفی داشته باشد (۱۹). مدل‌سازی اکولوژیکی گونه‌ها،

یکی از بزرگ‌ترین مطالعات مربوط به بررسی اثر تغییر اقلیم بر حیات گونه‌های زیستی، تایلر و همکاران (۲۰۰۵)، ۱۳۵۰ گونه گیاهی اروپا را تحت ۷ سناریوی تغییر اقلیم مورد بررسی قرار دادند و جمع‌بندی نهایی آن‌ها این بود که تغییر اقلیم به‌عنوان یک تهدید برای تنوع زیستی گیاهی در اروپا به‌شمار می‌رود (۳۷). با وجود این مطالعات، جای مطالعاتی از این دست به‌خصوص برای گونه‌های مرتعی، در ایران به‌شدت خالی است؛ بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی گاوزبان وحشی در استان خراسان رضوی به انجام رسید.

### مواد و روش‌ها

گونه مورد مطالعه در این پژوهش یک گیاه دارویی از خانواده Boraginaceae است که با نام فارسی گاوزبان وحشی و نام علمی *Anchusa italica* Retzius شناخته می‌شود (شکل ۱). گیاهی است علفی، چندساله، پوشیده از کرک‌های ریز و با برگ‌های تخم‌مرغی یا سرنیزه‌ای که در بالای ساقه بدون دم‌برگ هستند. گل‌ها آبی‌رنگ و همراه با برگ‌هایی در گل‌آذین خوشه‌گرنز دیده می‌شوند (۱۵). کاسه گل دارای ۵ لبه عمیق و پایا است و جام گل قیفی یا لوله‌ای است و گلبرگ‌های آبی‌رنگ دارد (۲۲). این گیاه دارای خواص دارویی و کاربردهای مختلفی است که در مطالعات مختلفی به آن‌ها اشاره شده است. به‌عنوان مثال حسین و همکاران (۲۰۱۴) اثرات سم‌زدایی این گونه از رژیم غذایی طیور پرورشی را اثبات کردند (۱۷). هم‌چنین الاسافی (۲۰۱۴) با مطالعه پژوهش‌های قبلی، به قطعی بودن اثرات ضدسرطانی، آنتی‌اکسیدانی و ضدویروسی محصولات دارویی حاصل از این گیاه اشاره کرده است (۱). مرلانی و همکاران (۲۰۱۷) هم به اثرات آنتی‌اکسیدانی این گیاه تاکید کرده‌اند (۲۶).

و جهت‌گیری این تغییرات اختصاص داده شده‌اند. آتور و همکاران (۲۰۰۷) (۶)، کولواتی و همکاران (۲۰۱۱) (۱۱)، کینگ و همکاران (۲۰۱۳) (۲۳)، محمدی و همکاران (۲۰۱۹) (۲۸) و مورین و تایلر (۲۰۰۹) (۲۷) به بررسی عکس‌العمل گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری در اکوسیستم‌های متفاوت به تغییرات اقلیمی پرداخته‌اند و برای این کار از روش‌های مختلفی استفاده کرده‌اند. وینز و همکاران (۲۰۰۹) عکس‌العمل گیاهان به تغییر اقلیم را به سه گروه تقسیم کردند. «سازگاری، جابجایی یا انقراض» عنوانی است که این سه گروه را معرفی می‌کند (۳۹). راه اول تطبیق و سازگاری یافتن با شرایط جدید اقلیمی است. این تطبیق با استفاده از ایجاد تغییر در خصوصیات فیزیولوژیک، فنولوژی و سایر خصوصیات درون‌زاد به دست می‌آید و به اثر عوامل محیطی بر رفتار گیاه و توانایی‌های ژنتیک گونه برای بروز چنین سازگاری‌هایی بستگی دارد. راه دوم این است که گیاه، محیط زندگی خود را در جستجوی شرایط اقلیمی مناسب تغییر دهد و به مکان‌هایی نقل مکان کند که توان زیستن در شرایط اقلیمی آن‌ها را داشته باشد. اگر گیاهی نتواند هیچ‌کدام از این دو روش را به انجام برساند، راه سوم این است که گونه در سطح محلی، منطقه‌ای یا حتی جهانی منقرض شود و یا به پناهگاه‌های بدون تغییر محدود شود. بسیاری از مطالعات به این نتیجه رسیده‌اند که تغییرات اقلیمی باعث تغییر در پراکنش مکانی و جغرافیایی گونه‌های زیستی خواهند شد، بنابراین نیاز به برنامه‌ریزی‌هایی برای حفاظت و بازیابی این گونه‌ها وجود خواهد داشت. آرامبوت و همکاران (۲۰۰۹)، زمبیرس و همکاران (۲۰۱۲)، محمدی و همکاران (۲۰۱۹)، پیترسون و همکاران (۲۰۰۱) و کیت و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعات خود به تأثیر مخرب تغییر اقلیم بر توانایی گونه‌ها برای ادامه بقا تأکید کرده‌اند. در

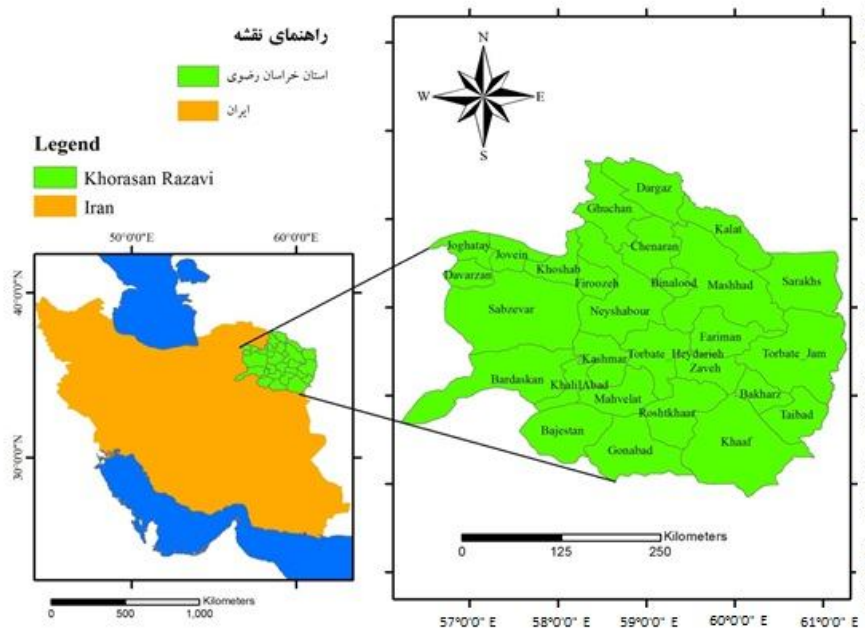


شکل ۱- گونه مورد مطالعه: *Anchusa italica* (تصویر از ویکیپدیا).

Figure 1. Studied Species: *Anchusa italica* (Photo: Wikipedia).

ترکمنستان، از شرق به افغانستان، از غرب و شمال غربی به استان‌های خراسان شمالی، سمنان و یزد و از جنوب و جنوب غربی به استان‌های خراسان جنوبی و یزد محدود است (شکل ۲).

**منطقه مورد مطالعه:** استان خراسان رضوی با مساحت ۱۱,۷۷۶,۹۰۰ هکتار بین طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی قرار گرفته که از شمال به کشور



شکل ۲- منطقه مورد مطالعه.

Figure 2. Study area.

زمانی که گیاه در حال گلدهی بوده و به آسانی قابل رؤیت و شناسایی است) انجام شد. سامان‌های عرفی و مراتع منطقه مورد مطالعه طی ۱۷ روز بازدید

مطالعات صحرائی شامل برداشت مختصات جغرافیایی نقاط حضور گونه مورد مطالعه در محدوده مراتع استان خراسان رضوی در اواخر بهار سال ۱۳۹۷

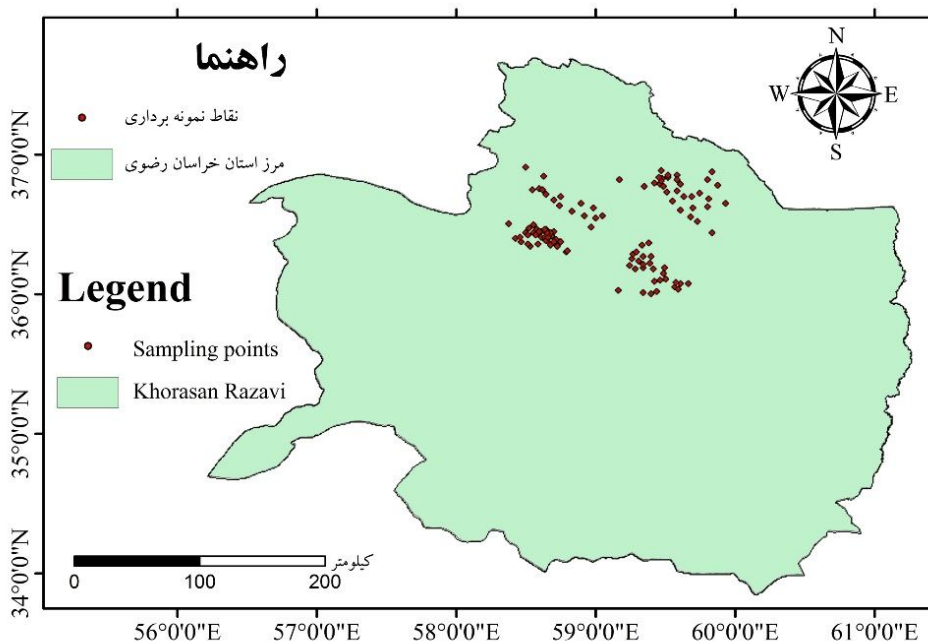
فاصله حدود یک کیلومتر بین نقاط حضور (با توجه به اندازه پیکسل حدود ۵۰۰ متری لایه‌های محیطی) و پرهیز از برداشت تک‌پایه‌ها به‌عنوان حضور گونه به انجام رسید و در نتیجه تعداد ۱۱۳ نقطه حضور برای گونه *Anchusa italica* ثبت شد (شکل ۳).

میدانی مورد پژوهش قرار گرفت (جدول ۱) و مختصات نقطاتی که گونه مذکور در آن‌ها حضور داشتند، برداشت شد. برای این کار از مشاوره ادارات منابع طبیعی شهرستان‌ها برای تخمین حدود نسبی رویشگاه‌های این گونه استفاده شد. سپس برداشت مختصات مکانی نقاط حضور با دو شرط کلی وجود

جدول ۱- برنامه زمانی برداشت نقاط حضور گونه *Anchusa italica* در شهرستان‌های استان خراسان رضوی.

Table 1. The schedule of presence recording of *Anchusa italica* in Khorasan Razavi.

شهرستان مورد مطالعه Studied county	تاریخ روزهای نمونه برداری The dates of sampling
چناران و قوچان Chenaran & Quchan	از ۱۳۹۷/۰۳/۱۱ تا ۱۳۹۷/۰۳/۰۹ From 30th May to 1st June
مشهد و کلات Mashhad & Kalat	از ۱۳۹۷/۰۳/۱۸ تا ۱۳۹۷/۰۳/۱۳ From 3 <sup>rd</sup> to 8 <sup>th</sup> June
نیشابور Neishaboor	از ۱۳۹۷/۰۳/۲۶ تا ۱۳۹۷/۰۳/۲۳ From 13 <sup>th</sup> to 16 <sup>th</sup> June
بینالود Binalood	از ۱۳۹۷/۰۳/۳۱ تا ۱۳۹۷/۰۳/۳۰ From 20 <sup>th</sup> to 21 <sup>st</sup> June
فیروزه Firoozeh	از ۱۳۹۷/۰۴/۰۲ تا ۱۳۹۷/۰۴/۰۱ From 22 <sup>nd</sup> to 23 <sup>rd</sup> June



شکل ۳- مناطق دارای شرایط مناسب به‌عنوان نقاط حضور گونه مورد مطالعه.

Figure 3. Points with eligible characteristics as Presence of *Anchusa italica*.

لایه‌های اقلیمی و از داده‌های ناسا برای تهیه متغیرهای توپوگرافی استفاده شد. داده‌های اقلیمی موجود در این پایگاه به شکل رستری در دسترس هستند. پس از دریافت اطلاعات موردنیاز در بازه‌های زمانی مورد مطالعه، این اطلاعات به سیستم مختصات مکانی UTM<sup>۲</sup> تبدیل شدند. این متغیرها عمدتاً تحت تأثیر فصل، دما و بارندگی قرار دارند و بنابراین علی‌رغم این‌که ماهیتاً اقلیمی هستند، از نظر اکولوژیکی نیز معنی دارند. جدول ۲ نشان‌دهنده توصیف این متغیرها است.

متغیرهای محیطی: در این مطالعه ۱۹ متغیر بیوکلیماتیک که توسط هیجمانز و همکاران (۲۰۰۵) معرفی شده‌اند (۱۶)، به همراه سه متغیر اصلی توپوگرافی، به عنوان عوامل توصیف‌کننده رویشگاه گاوزبان وحشی مورد استفاده قرار گرفتند که در مطالعات زیادی به عنوان مبنای پایش تأثیرات تغییر اقلیم بر موجودات زنده (به‌خصوص گیاهان) به کار رفته‌اند (۳۸ و ۴۰) و لایه‌های اطلاعاتی آن‌ها در سایت‌ها و مراکز معتبر علمی تهیه شده است. در این پژوهش نیز از داده‌های پایگاه اطلاعاتی بین‌المللی اقلیم جهان<sup>۱</sup> برای تهیه

جدول ۲- توصیف متغیرهای زیست-اقلیمی مورد استفاده در مدل‌سازی.

Table 2. Description of bioclimatic variables used in modeling.

توصیف اقلیمی Climatic description	نمایه متغیر Variable	توصیف اقلیمی Climatic description	نمایه متغیر Variable	توصیف اقلیمی Climatic description	نمایه متغیر Variable
مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه Precipitation of Wettest Month	BIO13	دمای متوسط پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی Mean Temp of Wettest Quarter	BIO8	میانگین دمای سالانه Annual Mean Temp	BIO1
مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین ماه Precipitation of Driest Month	BIO14	دمای متوسط کم‌بارش‌ترین سه‌ماهه متوالی Mean Temp of Driest Quarter	BIO9	میانگین دامنه دمای روزانه Mean Diurnal Range	BIO2
تغییرات فصلی بارندگی (ضریب تغییرات) Precipitation Seasonality	BIO15	دمای متوسط گرم‌ترین سه‌ماهه متوالی Mean Temp of Warmest Quarter	BIO10	ایزوترمالیتی (BIO2/BIO7)*100 Isothermality	BIO3
مجموع بارندگی پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی Precipitation of Wettest Quarter	BIO16	دمای متوسط سردترین سه‌ماهه متوالی Mean Temp of Coldest Quarter	BIO11	تغییرات فصلی دما SD*100 Temperature Seasonality	BIO4
مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین سه‌ماهه متوالی Precipitation of Driest Quarter	BIO17			حداکثر دمای گرم‌ترین ماه Max Temp of Warmest Month	BIO5
مجموع بارندگی گرم‌ترین سه‌ماهه متوالی Precipitation of Warmest Quarter	BIO18			حداقل دمای سردترین ماه Min Temp of Coldest Month	BIO6
مجموع بارندگی سردترین سه‌ماهه متوالی Precipitation of Coldest Quarter	BIO19	مجموع بارندگی سالانه Annual Precipitation	BIO12	دامنه سالانه دما (BIO5-BIO6) Temp Annual Range	BIO7

(براساس میزان همبستگی) حذف شدند و این کار آن‌قدر تکرار شد که همبستگی بین لایه‌های باقی‌مانده به کم‌تر از حد تعیین‌شده برسد. نتایج این بخش در جدول بخش پیوست ارائه شده‌اند.

مدل GBM: اصولاً خطای موجود در روش‌های مدل‌سازی از دو منبع اصلی واریانس و انحراف (اریبی<sup>۳</sup>) ناشی می‌شوند. اغلب مدل‌های پیچیده، میانگینی نزدیک به واقعیت دارند اما با تغییر مؤلفه‌های

البته باید اشاره شود که با توجه به این‌که همبستگی بین متغیرهای ورودی به مدل‌های مورد استفاده می‌تواند باعث بروز خطای قابل‌توجهی در خروجی‌های مدل‌ها شود (۹)، ابتدا وجود همبستگی بین متغیرهای زیست-اقلیمی اصلاح‌شده توسط آزمون آماری پیرسون بررسی شد و لایه‌هایی که با یکدیگر بیش از ۸۰٪ همبستگی داشتند (۱۴)، تعیین شدند و برای رفع این مشکل، تعدادی از آن‌ها

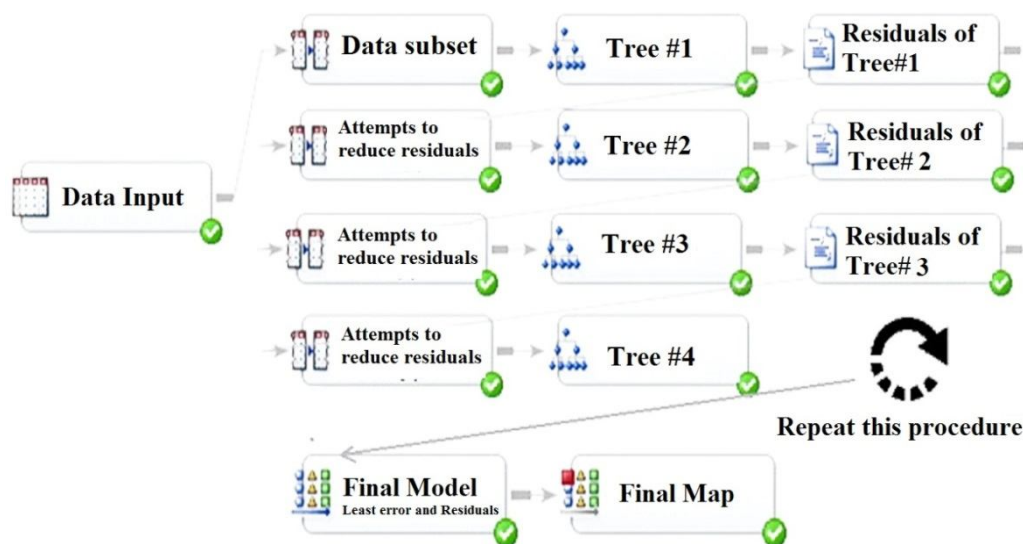
1- www.WorldClim.org

2- Universal Transverse Mercator

3- Bias

کاهش واریانس با افزایش اریبی همراه شده و در نتیجه بازهم خطای مدل زیاد خواهد بود. به این مفهوم که مدل واریانس کمی دارد اما با واقعیت فاصله دارد. این وضعیت در درخت‌های تصمیم‌گیری که بر اساس بخش کوچکی از اطلاعات تشکیل شده باشند، دیده می‌شود. برای حل این مشکل، مدل افزایشی تصمیم‌یافته (GBM) کار را با مدلی با واریانس کم اما اریبی زیاد آغاز می‌کند (با بخش کوچکی از اطلاعات) و در ادامه از تکنیک افزایش<sup>۲</sup> استفاده می‌کند. مدل اولیه تخمین ضعیفی از متغیر موردنظر (در این جا احتمال رخداد گونه) را ارائه می‌کند و مقادیر باقی‌مانده مدل، مبنای افزایش دقت قرار می‌گیرند. با بررسی و اعمال تعداد زیادی درخت کوچک تصمیم بر روی باقی‌مانده‌های مراحل قبل، روش GBM اریبی موجود در مدل اولیه را بدون افزایش واریانس از بین می‌برد و به یک مدل نهایی با دقت بالا دست پیدا می‌کند (شکل ۴).

مدل و تکرار مدل‌سازی، نتایج متفاوتی می‌دهند. در مقابل، بعضی مدل‌های ساده تکرارپذیری خوبی دارند؛ اما فاصله زیادی از واقعیت دارند که باعث می‌شود تا اریب به‌شمار آیند. برای حل مشکلات مربوط به پیش‌فرض‌های ضروری روش‌های پارامتری مدل‌سازی، می‌توان از روش‌های غیرپارامتری مانند GBM استفاده نمود (۳۰). در این روش درختان تصمیم با بکار بردن الگوریتم CART<sup>۱</sup> ساخته می‌شوند (۱۰). درختان حاصل از این روش، نمودارهای جهت‌داری هستند که از یک نقطه شروع می‌شوند و با شاخه شاخه شدن گسترش می‌یابند. روش طبقه‌بندی و رگرسیون درختی از طریق مجموعه‌ای از شرط‌های منطقی (به‌جای رابطه خطی)، پیامد مورد مطالعه را پیش‌بینی یا طبقه‌بندی نماید (۱۰). مدل پیچیده CART واریانس زیادی دارد. یکی از راه‌های کاهش واریانس در این مدل این است که ساختار درخت کاملاً ساده شود؛ اما اگر این مدل ساده‌سازی شود،



شکل ۴- نحوه عملکرد مدل GBM.

Figure 4. How the GBM model works.

1- Classification and Regression Tree

2- Boosting

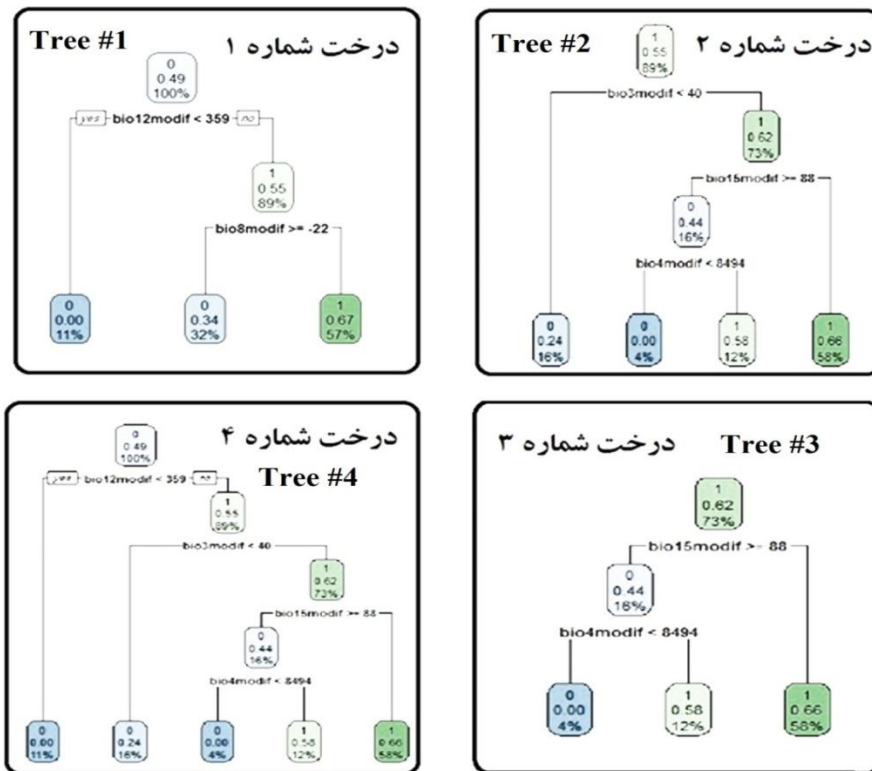
## نتایج

پس از انجام آنالیز همبستگی پیرسون و حذف لایه‌های اقلیمی دارای همبستگی بالا، مشخص شد که لایه‌های طبقات ارتفاعی، جهات شیب، میزان شیب، میانگین دمای سالیانه (BIO1)، میانگین روزانه دما (BIO2)، شاخص ایزوترمالیتی (BIO3)، دامنه سالانه دما (BIO7)، دمای متوسط پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی (BIO8)، مجموع بارندگی سالیانه (BIO12)، مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین ماه (BIO14)، تغییرات فصلی بارندگی (BIO15) و مجموع بارندگی سردترین سه‌ماهه متوالی (BIO19) همبستگی بالایی با یکدیگر ندارند و می‌توان از آنها برای ورود به مدل‌های نهایی استفاده نمود (جدول پیوست). شکل ۵ چند نمونه از درخت‌های ساده مورد استفاده مدل GBM را نشان می‌دهد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل نهایی GBM، میانگین دمای سالیانه (BIO1)، توصیف‌کننده ۳۵ درصد از تغییرات در رویشگاه گونه مورد مطالعه بوده است. میانگین دامنه دمای روزانه (BIO2) نیز به‌تنهایی ۱۶ درصد از تغییرات را نمایش داده و تغییرات فصلی بارندگی (BIO15)، مجموع بارندگی سالیانه (BIO12) و جهت شیب<sup>۵</sup> به ترتیب با ۱۵٪، ۱۰٪ و ۷٪ اهمیت، مجموعاً ۸۳ درصد از کل تغییرات را نمایش داده و در نتیجه مهم‌ترین فاکتورهای اقلیمی تأثیرگذار در حیات گونه *Anchusa italica* در منطقه مورد مطالعه هستند.

در هر مرحله، با تغییر یک یا چند متغیر اقلیمی و اعمال اثر آنها بر باقی‌مانده‌های مدل قبلی، دقت مدل افزایش پیدا می‌کند و به‌این‌ترتیب، خطای هر مرحله از مرحله قبل کم‌تر خواهد بود تا جایی که این روند کاهش خطا متوقف شود و دقت مدل قابل‌افزایش نباشد. روش BRT<sup>۱</sup> توانایی‌های دو الگوریتم (اول روش درختان رگرسیون که واکنش به پیش‌بینی‌کننده‌ها را از طریق جداسازی دودویی (دوشاخه شدن)<sup>۲</sup> بهینه و تقویت شونده شرح می‌دهند؛ و دوم یک روش تطبیقی جهت ترکیب تعداد زیادی مدل‌های درختی ساده جهت کسب عملکرد مناسب) را با یکدیگر ترکیب می‌کند (۱۳). از جمله مزیت‌های این روش می‌توان به حساسیت کم‌تر نسبت به تناسب بیش‌ازحد<sup>۳</sup> (۳۲)، سرعت‌بالا در آنالیز داده‌های با حجم حجم زیاد، ساده بودن تفسیر نتایج، عدم تأثیرپذیری مدل از رابطه خطی بین متغیرهای ورودی و عدم نیاز به پیش‌فرض‌های آماری توزیع داده‌ها اشاره کرد (۱۲). در این مقاله از مجموعه<sup>۴</sup> biomod2 (۳۵) در محیط نرم‌افزار آماری R برای اجرای مدل GBM استفاده شد. در نهایت روش GBM با استفاده از ۲۵۰۰ درخت ساده، از تکنیک افزایش استفاده کرده و با استفاده از بررسی میزان اهمیت و دامنه تناسب هر متغیر، نقشه مناطق اقلیمی مناسب برای گونه مورد مطالعه را تولید نمود. برای این کار ۸۰ درصد از داده‌های مکان‌های حضور برای اجرای مدل و ۲۰ درصد برای ارزیابی مدل اختصاص داده شدند. این تخصیص ۱۰ بار به‌صورت تصادفی انجام شد و نمایه‌های ارزیابی بر اساس جمع‌بندی کلی از این ده بار اجرا محاسبه شدند.

- 1- Boosted Regression Tree (= GBM)
- 2- Twoing
- 3- Overfit
- 4- Package

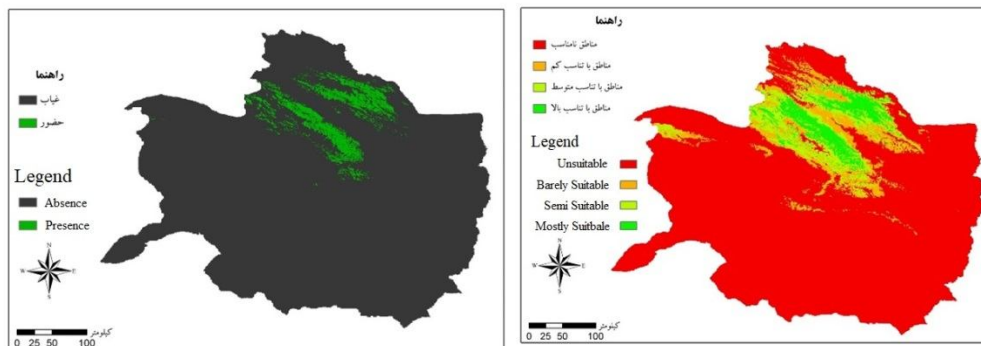




شکل ۵- نمایی از درختان مورد استفاده در فرآیند افزایش در مدل GBM.  
 Figure 5. A demonstration of trees used in boosting process in GBM model.

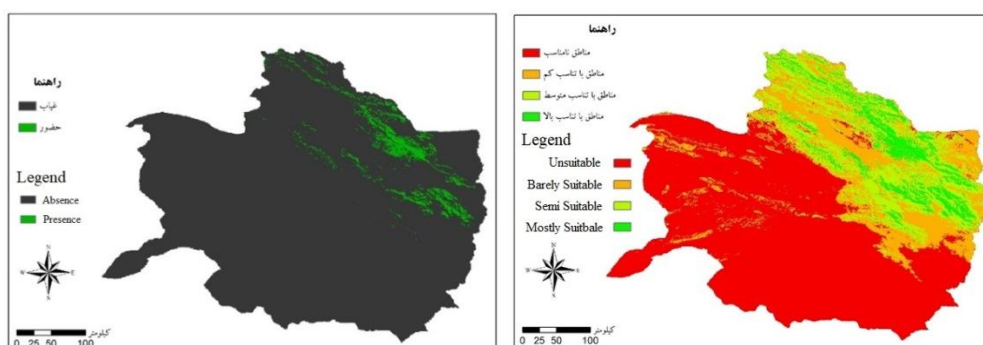
هستند. در این تصاویر، رنگ سبز نشان‌دهنده مناطقی است که دارای بیش‌ترین تناسب برای حضور گاوزبان وحشی هستند و رنگ قرمز مناطقی را نشان می‌دهد که تناسب کمی برای حضور این گونه دارند. این نقشه‌ها با استفاده از روش مدل‌سازی GBM تهیه شده‌اند که نحوه تهیه آن‌ها در بخش قبل تشریح شد.

با بررسی تغییر اقلیم پیش‌بینی شده در نقشه‌های سایت اقلیم جهان در شرایط تحت مطالعه (سال ۲۰۸۰، براساس RCP8.5 و مدل HadGem2)، نقشه‌های پراکنش گونه در این دو زمان حال و آینده و بر اساس نیازهای اقلیمی گونه تهیه شد. تصاویر ۶ و ۷ نشان‌دهنده نقشه تناسب نسبی رویشگاه‌ها برای گونه *Anchusa italica* در مقاطع زمانی مورد مطالعه



شکل ۶- نقشه تناسب نسبی شرایط اقلیمی برای گونه *Anchusa italica* در شرایط اقلیمی حال حاضر (راست): نقشه میزان تناسب رویشگاه، چپ: نقشه مناطق مناسب بر اساس معیار AUC حداکثر.

Figure 6. Map the relative suitability of climatic conditions for *Anchusa italica* in the present climate (right): the map of habitat suitability, left: map of potential sites based on maximized AUC).



شکل ۷- نقشه تناسب نسبی شرایط اقلیمی برای گونه *Anchusa italica* در سال ۲۰۸۰ بر اساس سناریوی اقلیمی مورد مطالعه (راست: نقشه میزان تناسب رویشگاه، چپ: نقشه مناطق مناسب بر اساس معیار AUC حداکثر).

Figure 7. Map the relative suitability of climatic conditions for *Anchusa italica* in the 2080 with studied scenario climate (right: the map of habitat suitability, left: map of potential sites based on maximized AUC).

گونه در مکانی که در واقعیت هم حاضر است) و میزان ویژه<sup>۲</sup> (احتمال اعلام غیاب گونه در مکانی که در واقعیت هم غایب است) محاسبه شده و گزارش گردیدند (جدول ۳).

برای ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده توسط مدل BRT، از دو شاخص مخصوص صحت‌سنجی (AUC و TSS) استفاده شد. هریک از این شاخص‌ها در دو بخش میزان حساسیت<sup>۱</sup> (احتمال اعلام حضور

جدول ۳- مقادیر میزان حساسیت و میزان ویژه در شاخص‌های صحت‌سنجی به کار رفته در این پژوهش.

Table 3. Sensitivity and specificity values of the validation indices used in this research.

شاخص ارزیابی Evaluation index	مقدار شاخص index value	میزان حساسیت شاخص Sensitivity Index	میزان ویژه شاخص Specificity Index
AUC	0.974	96.8	90.1
TSS	0.87	96.8	90.1

برای بررسی میزان تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه مورد مطالعه، ابتدا از یک حد بحرانی (محاسبه شده بر اساس معیار ROC) برای طبقه‌بندی نقشه‌های تناسب رویشگاهی به دو کلاس مناسب و نامناسب استفاده شد و سپس میزان تفاوت در هریک از این دو کلاس به صورت جدول (جدول ۴) و همچنین به صورت نقشه (شکل ۸) محاسبه و تهیه شد.

این نتایج نشان دادند که مدل مورد استفاده، در تعیین عوامل مؤثر بر پراکنش گونه گاوزبان وحشی موفق عمل نموده است. چراکه هرگاه یک مدل اجرا شده دارای مقدار AUC بیش از ۰/۷ باشد، به عنوان یک مدل خوب و چنانچه این مقدار بیش از ۰/۹ باشد به عنوان یک مدل عالی شناخته خواهد شد؛ در غیر این صورت عملکرد مدل ضعیف ارزیابی می‌شود (۳۴). در مورد شاخص TSS، این حد برابر با ۰/۸ می‌باشد (۲).

1- Sensitivity  
2- Specificity

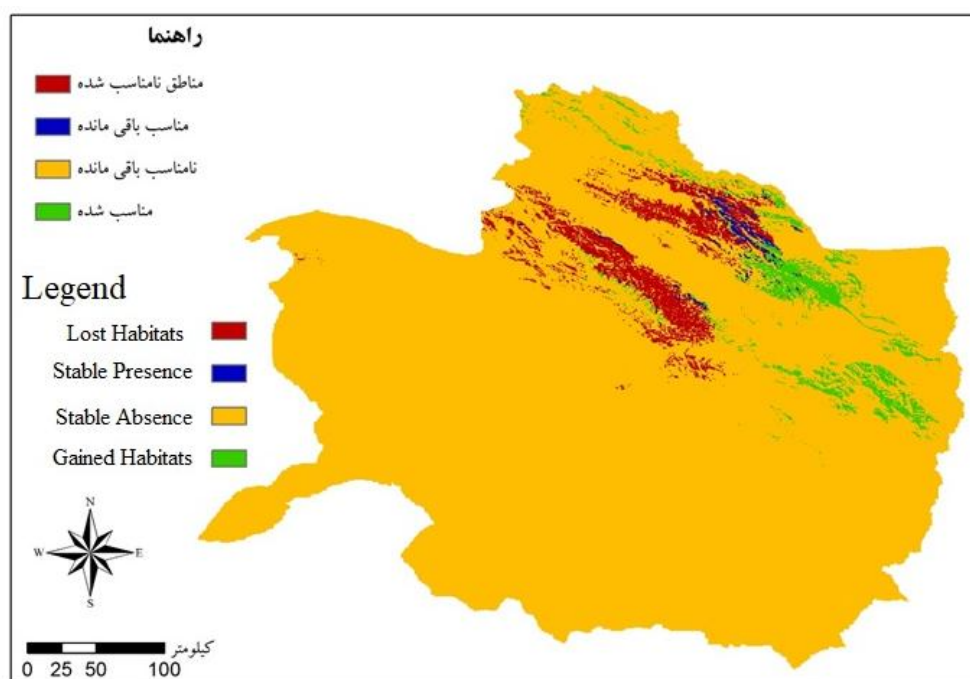
جدول ۴- تغییرات ایجاد شده در پراکنش جغرافیایی گونه مورد مطالعه در گام‌های زمانی.

Table 4. Changes in the geographic distribution of the studied species in studied time steps.

تغییرات رویشگاه‌های مناسب (%)	تناسب به دست آمده (%)	تناسب از بین رفته (%)	تناسب از بین رفته (ha)	تناسب به دست آمده (ha)	عدم تناسب پایدار (ha)	تناسب پایدار (ha)	تناسب پایدار (ha)	عدم تناسب فوری (ha)	تناسب شرایط فعلی (ha)	تناسب شرایط فعلی (ha)	تغییرات رویشگاه‌های مناسب (%)
Habitat Change (Percent)	Suitability Gain (Percent)	Suitability Loss (Percent)	Lost Suitability (ha)	Gained Suitability (ha)	Stable Unsuitability (ha)	Stable Suitability (ha)	Stable Suitability (ha)	Base Layer Unsuitability (ha)	Base Layer Unsuitability (ha)	Base layer Suitability (ha)	Habitat Change (Percent)
-40.32	41.99	82.31	597675	304925	10745825	128475	128475	11050750	726150	726150	-40.32
شرایط فعلی در برابر سال ۲۰۸۰ با شرایط تحت مطالعه											
Current vs 2080 (with studied climatic conditions)											

به صورت نقشه هم به تصویر کشیده شده است (شکل ۸). در این نقشه‌ها مناطقی که حضور گونه در آنها ثابت باقی مانده است با رنگ آبی، مناطقی که نامناسب بوده‌اند و نامناسب باقی مانده‌اند با رنگ نارنجی، مناطقی که تناسب خود را برای حضور گونه از دست داده‌اند با رنگ قرمز و مناطقی که قبلاً مناسب نبوده‌اند اما در شرایط تغییر اقلیمی برای حضور گونه مناسب شده‌اند با رنگ سبز نمایش داده شده‌اند.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، مساحت بخش‌های دارای تناسب اقلیمی برای حضور گونه *A. italica* در سال ۲۰۸۰ با سناریوی مورد مطالعه (RCP 8.5) و مدل گردش عمومی HadGem2 ۸۲ درصد کاهش پیدا کرده و تنها حدود ۴۲ درصد افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین با این سناریو، مجموعاً ۴۰ درصد از اراضی دارای تناسب اقلیمی برای گاو زبان وحشی کاسته می‌شود. این موارد



شکل ۸- تغییرات محدوده جغرافیایی مناسب برای گونه در شرایط اقلیمی حال حاضر در مقایسه با سال ۲۰۸۰ با سناریوی RCP 8.5.  
**Figure 8. Changes in the suitable geographical range for the species in the present climate compared with 2080 with scenario RCP 8.5.**

این گونه به سمت ارتفاعات جابجا خواهد شد (۳۱). باکنس و همکاران (۲۰۰۲) هم با مطالعه گیاهان عالی در اروپا به نتایج مشابهی دست یافتند (۸). تایلر (۲۰۰۷) بیان کرد که به‌طور متوسط تغییر اقلیم باعث حرکت گونه‌های گیاهی و جانوری به سمت ارتفاعات به‌میزان ۱۶۰ متر خواهد شد (۳۶). مطالعه‌ای که روی جوامع گیاهی منطقه جنوب‌غربی ایالات متحده انجام شد نشان داد که اغلب جوامع گیاهی در پاسخ به

ویلیامز و بلویز (۲۰۱۸) با بررسی اثر تغییر اقلیم بر جابجایی دامنه پراکنش گونه‌ها، از تداخل زیستگاهی گونه‌ها در اثر تغییر اقلیم خبر دادند و آن را مربوط به توان پراکنشی گونه‌ها دانستند (۳۸). سنگونی و همکاران (۲۰۱۶)، با مطالعه اثر تغییر اقلیم بر روی یک گراس در منطقه زاگرس، میزان تغییر محدوده رویشگاهی آن را پیش‌بینی کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که در اثر تغییر اقلیم، محدوده پراکنش

منطقه مورد مطالعه، تحت تأثیر تغییرات اقلیمی به سمت شرق (که عموماً دارای ارتفاع بالاتری است) جابجا می‌شود. به عبارت دقیق‌تر، میانگین ارتفاع منطقه حضور گاوزبان وحشی در شرایط اقلیمی فعلی ۱۶۷۵ متر است در حالی که پس از اعمال تغییرات اقلیمی و بررسی جابجایی گونه، میانگین ارتفاع مناطقی که طبق نتایج مدل‌سازی، گونه به آن‌ها جابجا خواهد شد، به ۱۷۴۰ متر خواهد رسید. هم‌چنین، می‌توان گفت که این گونه بیش‌تر به سمت کوه‌های هزارمسجد جابجا خواهد شد.

تغییرات در پراکنش این گونه به‌نحوی هستند که باعث محدود شدن شرایط اقلیمی مناسب برای زیست این گونه در منطقه مورد مطالعه خواهند شد و آن را تحت فشار اکولوژیکی قرار می‌دهند؛ بنابراین برای بهبود شرایط، حداقل کاری که در مقیاس محلی می‌توان انجام داد این است که با مدیریت و جلوگیری از تغییر کاربری اراضی مرتعی، تخریب رویشگاه‌های گاوزبان وحشی کنترل شود. البته تلاش‌های بین‌المللی در مقیاس جهانی برای کاهش یا توقف روند تغییر اقلیم هم از اهمیت زیادی برخوردار خواهند بود. با این روش می‌توان امیدوار بود که تغییر اقلیم به‌تنهایی توان تضعیف بیش‌ازحد و یا حتی حذف کامل این گونه ارزشمند از فلور منطقه را نداشته باشد و تطابق‌های فیزیولوژیک، فنولوژی و مورفولوژی این گونه، آن را در مقابله با تغییرات اقلیمی یاری کند.

### سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده به شماره قرارداد ۵۸ از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه تربت‌حیدریه است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

تغییرات اقلیمی، به‌سمت ارتفاعات یا قطب جابجا می‌شوند (۵)؛ بنابراین اگر گونه‌هایی با دامنه تحمل دمای کم<sup>۱</sup> در مکان‌هایی قرار داشته باشند که نتوانند به‌سمت ارتفاعات بیش‌تر حرکت کنند، بیش‌ترین آسیب را از تغییر اقلیم خواهند دید (۳).

### نتیجه‌گیری کلی

تغییر اقلیم بزرگ‌ترین اثری است که یک موجود زنده بر شرایط زیستی کره زمین داشته است و می‌تواند بسیاری از ویژگی‌های یک اکوسیستم طبیعی را تغییر دهد (۳۳). یکی از مباحث مهم در زمینه بررسی اثر تغییرات محیطی بر موجودات زنده، این است که توان تطبیق گونه‌های مختلف با تغییرات محیطی چقدر می‌تواند بر توانایی آن‌ها در تحمل این تغییرات مؤثر باشد. در این پژوهش اثر تغییر اقلیم بر پراکنش مکانی گاوزبان وحشی (به‌عنوان یک گونه گیاهی دارای ارزش‌های مختلف) در استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان دادند که نیاز این گونه به جابجایی محدوده پراکنش در شرایط تغییر اقلیم یک نیاز واقعی است، چرا که از نظر فیزیولوژیک، توان انطباق سریع با تغییرات گسترده را ندارد؛ بنابراین برای حفاظت از این گونه و تضمین استمرار حضور و تولیدات آن در منطقه، باید تمهیدات خاصی برای تسهیل امکان جابجایی آن در منطقه اندیشیده شود.

با توجه به تقسیم‌بندی ارائه‌شده توسط وینز و همکاران (۲۰۰۹)، از آن‌جاکه به‌نظر نمی‌رسد که انطباق فیزیولوژیک با تغییرات در کوتاه‌مدت ممکن باشد، اگر گیاه نتواند محدوده پراکنش خود را تغییر دهد (جابجایی)، ناگزیر به انتخاب راه سوم (انقراض محلی یا محدود شدن به پناهگاه‌ها) خواهد بود (۳۹). نتایج این مطالعه نشان داد که گونه *Anchusa italica* در

منابع

1. Al-Snafy, A. 2014. The pharmacology of *Anchusa italica* and *Anchusa strigosa*, a review. *Inter. J. Pharm. Pharmaceut. Sci.* 6: 4. 7-10.
2. Allouche, O., Tsoar, A., and Kadmon, R. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *J. Appl. Ecol.* 43: 1223-32.
3. Anderson, R.P. 2013. A framework for using niche models to estimate impacts of climate change on species distributions. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 1297: 8-28.
4. Araujo, M.B., and Guisan, A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *J. Biogeograph.* 33: 1677-88.
5. Archer, S.R., and Predick, K.I. 2008. Climate change and ecosystems of the southwestern United States. *Rangelands.* 30: 23-8.
6. Attorre, F., Francesconi, F., Taleb, N., Scholte, P., Saed, A., Alfo, M., and Bruno, F. 2007. Will dragonblood survive the next period of climate change? Current and future potential distribution of *Dracaena cinnabari* (Socotra, Yemen). *Biological Conservation.* 138: 430-9.
7. Aurambout, J., Finlay, K., Luck, J., and Beattie, G. 2009. A concept model to estimate the potential distribution of the Asiatic citrus psyllid in Australia under climate change-A means for assessing biosecurity risk. *Ecological Modelling.* 220: 2512-24.
8. Bakkenes, M., Alkemade, J., Ihle, F., Leemans, R., and Latour. J. 2002. Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global change biology.* 8: 390-407.
9. Braunisch, V., Coppes, J., Arlettaz, R., Suchant, R., Schmid, H., and Bollmann, K. 2013. Selecting from correlated climate variables: a major source of uncertainty for predicting species distributions under climate change. *Ecography.* 36: 971-83.
10. Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A., and Stone, C.I. 1984. Classification and regression trees. Taylor & Francis, California, 368p.
11. Collevatti, R.G., Nabout, J.C., and Diniz-Filho, J.A.F. 2011. Range shift and loss of genetic diversity under climate change in *Caryocar brasiliense*, a Neotropical tree species. *Tree Genetics & Genomes.* 7: 1237-47.
12. DE'ATH, G. 2007. Boosted trees for ecological modeling and prediction. *Ecology.* 88: 243-51.
13. Elith, J., Leathwick, J.R., and Hastie, T. 2008. A working guide to boosted regression trees. *J. Anim. Ecol.* 77: 802-13.
14. Flom, P.L. 1999. Multicollinearity diagnostics for multiple regression: A Monte Carlo study. ETD Collection for Fordham University, 155p.
15. Ghahreman, A. 2006. Basic Botany. Tehran: University of Tehran Press, 492p.
16. Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., and Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Inter. J. Climatol.* 25: 1965-78.
17. Hussain, H.Z., Al-Baldawy, M., and Al-Ani, R. 2014. Efficiency of borage (*Anchusa italica*) and french jasmin powders (*Calotropis procera*) in detoxification of ochratoxin A and deoxynivalenol in poultry diet. *J. Exp. Biol. Agric. Sci.* 2: 5. 484-488.
18. IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, 54p.
19. IPCC. 2007. Climate change 2007: The physical science basis. Agenda. 6: 333.
20. Iverson, L.R., and McKenzie, D. 2013. Tree-species range shifts in a changing climate: detecting, modeling, assisting. *Landscape ecology.* 28: 879-89.
21. Keith, D.A., Akçakaya, H.R., Thuiller, W., Midgley, G.F., Pearson, R.G., Phillips, S.J., Regan, H.M., Araújo, M.B., and Rebelo, T.G. 2008. Predicting extinction risks under climate change: coupling stochastic population models with dynamic bioclimatic habitat models. *Biology Letters.* 4: 560-3.

22. Khatamsaz, M. 2002. Flora of Iran (Boraginaceae), No. 39. Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands Press, 508p.
23. King, D.A., Bachelet, D.M., and Symstad, A.J. 2013. Climate change and fire effects on a prairie-woodland ecotone: projecting species range shifts with a dynamic global vegetation model. *Ecology and evolution*. 3: 5076-97.
24. Lawler, J.J., White, D., Neilson, R.P., and Blaustein, A.R. 2006. Predicting climate-induced range shifts: model differences and model reliability. *Global change biology*. 12: 1568-84.
25. Malmir, M., Mohamadrezapour, O., Sharifazari, S., and Ghandehari, Gh. 2016. *J. Water Soil Cons.* 23: 317-326.
26. Merlani, M., Barbakadze, V., Gogilashvili, L., and Amiranashvili, L. 2017. Antioxidant Activity of caffeic Acid-Derived Polymer from *Anchusa italica*. *Bulletin of the Georgian national academy of sciences*, 11: 2. 123-127.
27. Mohammadi, S., Ebrahimi, E., Shahriari Moghadam, M., and Bosso, L. 2019. Modelling current and future potential distributions of two desert jerboas under climate change in Iran, *Ecological Informatics*, 52: 7-13.
28. Morin, X., and Thuiller, W. 2009. Comparing niche-and process-based models to reduce prediction uncertainty in species range shifts under climate change. *Ecology*. 90: 1301-13.
29. Peterson, A.T., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Bartley, J., Buddemeier, R.W., and Navarro-Sigüenza, A.G. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling*. 144: 21-30.
30. Ridgeway, G. 1999. The state of boosting. *Computing Science and Statistics*. 31: 172-81.
31. Sangoony, H., Vahabi, M., Tarkesh, M., Soltani, S. 2016. Range shift of *Bromus tomentellus* as a reaction to climate change in central Zagros, Iran. *Applied ecology and environmental research*. 14: 85-100.
32. Schapire, R.E. 2003. The boosting approach to machine learning - an overview. *MSRI Workshop on Nonlinear Estimation and Classification*. New York: Springer. Pp: 1-23.
33. Sohrabian, E., Meftah Halaghi, M., Ghorbani, KH., Golian, S., and Zakerinia, M. 2015. Effects of climate change on runoff from rainfall (Case study: Galikesh Watershed in Golestan). *J. Water Soil Cons.* 22: 2. 111-125.
34. Swets, K. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*. 240: 1285-93.
35. Thuiller, W. 2003. BIOMOD-optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global change biology*. 9: 1353-62.
36. Thuiller, W. 2007. Biodiversity: climate change and the ecologist. *Nature*. 448: 550-2.
37. Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T., and Prentice, I.C. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 102: 8245-50.
38. Williams, J.E., and Blois, J.L. 2018. Range shifts in response to past and future climate change: Can climate velocities and species' dispersal capabilities explain variation in mammalian range shifts? *J. Biogeography*. 45: 9. 2175-2189.
39. Wiens, J.A., Stralberg, D., Jongsomjit, D., Howell, C.A., and Snyder, M.A. 2009. Niches, models and climate change: assessing the assumptions and uncertainties. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 729-736.
40. Xu, Z. 2014. Potential distribution of invasive alien species in the upper Ili river basin: determination and mechanism of bioclimatic variables under climate change. *Environmental Earth Sciences*. Pp: 1-8.
41. Zimbres, B., de Aquino, P.D., Machado, R., Silveira, L., Jácomo, A., Sollmann, R., Tôrres, N., Furtado, M., and Marinho-Filho, J. 2012. Range shifts under climate change and the role of protected areas for armadillos and anteaters. *Biological Conservation*. 152: 53-61.

جدول پیوست - مقادیر همبستگی لایه‌های محیطی (معیار انتخاب لایه‌های ورودی به مدل).

Appendix Table. The correlations of environmental layers (The criterion to choose).

	Asp	BIO10	BIO11	BIO12	BIO13	BIO14	BIO15	BIO16	BIO17	BIO18	BIO19	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	BIO6	BIO7	BIO8	BIO9	dem	slp
Asp	1.0																					
BIO10	0.0	1.0		0.8																		
BIO11	0.0	1.0	1.0																			
BIO12	0.0	-0.8	-0.76	1.0																		
BIO13	-0.1	-0.75	-0.7	1.0	1.0																	
BIO14	0.0	-0.7	-0.8	0.7	0.6	1.0																
BIO15	0.0	0.5	0.6	-0.2	-0.1	-0.6	1.0															
BIO16	0.0	-0.8	-0.7	1.0	1.0	0.6	-0.1	1.0														
BIO17	0.0	-0.8	-0.9	0.7	0.6	1.0	-0.7	0.6	1.0													
BIO18	0.0	-0.8	-0.9	0.6	0.6	0.9	-0.78	0.6	0.9	1.0												
BIO19	0.0	-0.3	-0.2	0.7	0.9	0.1	0.5	0.7	0.1	0.0	1.0											
BIO1	0.0	1.0	1.0	-0.78	-0.77	-0.75	0.5	-0.8	-0.8	-0.9	-0.3	1.0										
BIO2	0.1	0.4	0.5	-0.6	-0.6	-0.6	0.6	-0.5	-0.6	-0.5	-0.1	0.4	1.0									
BIO3	0.1	0.4	0.6	-0.3	-0.3	-0.6	0.75	-0.8	-0.6	-0.7	0.4	0.5	0.78	1.0								
BIO4	0.0	0.1	-0.2	-0.3	-0.2	0.3	-0.5	-0.3	0.3	0.4	-0.7	0.0	-0.2	-0.7	1.0							
BIO5	0.0	1.0	0.9	-0.9	-0.8	-0.7	0.4	-0.8	-0.77	-0.79	-0.4	1.0	0.4	0.3	0.2	1.0						
BIO6	0.0	1.0	1.0	-0.7	-0.7	-0.8	0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-0.1	1.0	0.4	0.5	-0.2	0.9	1.0					
BIO7	0.0	-0.2	-0.4	-0.2	-0.2	0.3	-0.6	-0.2	0.4	0.5	-0.7	-0.3	-0.1	-0.7	0.9	-0.1	-0.4	1.0				
BIO8	0.0	0.5	0.4	-0.6	-0.6	-0.3	-0.2	-0.6	-0.3	-0.2	-0.6	0.5	0.0	-0.2	0.4	0.6	0.4	0.3	1.0			
BIO9	0.0	1.0	1.0	-0.8	-0.7	-0.76	0.5	-0.76	-0.8	-0.8	-0.3	1.0	0.4	0.4	0.0	1.0	1.0	-0.2	0.5	1.0		
dem	0.0	-0.8	-0.8	0.5	0.4	0.6	-0.4	0.5	0.6	0.7	0.1	-0.8	0.1	-0.1	0.0	-0.8	-0.9	0.3	-0.4	-0.8	1.0	
slp	0.0	-0.6	-0.6	0.4	0.4	0.5	-0.3	0.4	0.5	0.5	0.2	-0.6	-0.1	-0.2	0.1	-0.6	-0.6	0.2	-0.3	-0.6	0.6	1.0





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation*, Vol. 27(3), 2020  
<http://jwsc.gau.ac.ir>  
DOI: 10.22069/jwsc.2020.16868.3221

Research Full Paper

## The effect of climate change on the geographical distribution of wild borage in Khorasan Razavi

\*J. Farzadmehr<sup>1</sup> and H. Sangoony<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Nature Engineering and Medicinal Plants, University of Torbat-e Heydarieh,

<sup>2</sup>Adjunct Prof., Lecturer, Dept. of Nature Engineering and Medicinal Plants, University of Torbat-e Heydarieh

Received: 07.06.2019; Accepted: 05.12.2020

### Abstract

**Background and Objectives:** Climate change which has begun due to human activities in the past centuries, intensified through positive feedbacks as time goes by. Changes in the characteristics of the environment of organisms definitely affect their lives. In the last decade, many studies have focused on the type, size, and extent of this effect on different organisms (including plants) in various ecosystems. In this study, the effect of climate change on the geographical distribution of *Anchusa italica* in Khorasan Razavi province was investigated at 2080 with RCP 8.5 and under the HadGem2 general circulation model. Despite its medicinal, conservational, economic and even forage importance, this species has never been studied. The impact of climate change on important species can only be examined through modeling, because modeling studies in the natural sciences are the key of many issues that cannot be tracked in normal studies.

**Materials and Methods:** At first, field studies were carried out including the record of geographical coordinates of the species presence in the rangelands of Khorasan Razavi province in late spring of 2018 (when the plant was flowering and easily visible and identified) and 113 presence points was recorded for *Anchusa italica*. Then the 19 bioclimatic variables alongside three topographic variables were used as inputs to GBM model. This model, which is a decision trees based methods, uses numerous incomplete trees to form the final model, and the algorithm required in this study was programmed in the R environment. The model simulates the relationship between the presence of species and climatic and topographical conditions, and then uses this simulation to study the effect of changes in climatic factors on the distribution of species. Two validation indices (AUC and TSS) were used to determine the model's potency.

**Results:** The maps of suitable areas for wild borage in current climatic conditions and under climate change in 2080 were prepared and the model assessment indices showed that the model has a high ability to predict suitable sites for species presence (AUC = 0.974 and TSS = 0.87). Habitat suitability of this species was highly affected by (BIO1), (BIO2), (BIO15) and (BIO12). Results showed that in comparison with current conditions, about 40% of the climatic suitable area for this species will be diminished with the RCP 8.5 (from the IPCC scenario series). The areas where changes in the habitat of this species occur are displayed in a map.

**Conclusion:** The effect of climate change on plants is divided into three groups: Adaptation, Shifting and Extinction. According to the results of this study, in the case of wild borage, physiological adaptation is not likely to be possible in the short term (less than few centuries

---

\* Corresponding Author; Email: [j.farzadmehr@torbath.ac.ir](mailto:j.farzadmehr@torbath.ac.ir)

to few millennia). So if this plant fails to alter its distribution range (Shifting or displacement), will have to choose the third way (local extinction or get limited to refuges). Therefore, it is necessary to plan local, national and regional programs to maintain and extend the current habitats of this biological, ecological, medicinal and economic important species and providing access to new habitats for it; alongside the preventive activities of climate change.

**Keywords:** Bioclimatic variables, Ecological niche, Range shift, Wild borage (*Anchusa italica*)