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

پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی بنه (*Pistacia atlantica*) در منطقه زاگرس مرکزی

علی اصغر نقی‌پور برج [1*]، مریم حیدریان آقاخانی[2]، حامد سنگونی[3]

[1]استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[2]دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[3]دکتری علوم مرتع، استاد مدعو گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت‌حیدریه، تربت حیدریه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۳

چکیده

پیش‌بینی توزیع بالقوه گونه‌های گیاهی باارزش و در معرض خطر در پاسخ به تغییر اقلیم، امری ضروری در جهت حفاظت و مدیریت آن‌ها محسوب می‌شود. این مطالعه باهدف پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی گونه پسته وحشی یا بنه (*Pistacia atlantica*) در استان چهارمحال و بختیاری واقع در منطقه زاگرس مرکزی انجام شد. در این مطالعه از ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی حاصل از دما و بارش و سه متغیر فیزیوگرافی، به‌عنوان ورودی مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt) استفاده شد. نتایج نشان داد که به ترتیب میزان بارش سالیانه، دامنه تغییرات سالیانه دما و تغییرات فصلی دما بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه بنه داشتند. براساس نتایج حاصل از مدل‌سازی حداکثر آنتروپی، سطح رویشگاه مناسب برای گونه بنه در استان چهارمحال و بختیاری حدود ۱۴/۷ درصد (۲۴۱۳/۷ کیلومترمربع) می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که وسعت رویشگاه گونه بنه در سال ۲۰۵۰ در مقایسه باحال حاضر تحت سناریو RCP۴/۵، حدود ۸/۱۱ درصد و تحت سناریو RCP۸/۵، حدود ۱۱ درصد کاهش خواهد یافت. با توجه به‌دقت بالای مدل حداکثر آنتروپی در پیش‌بینی پراکنش گونه موردمطالعه (AUC=۰/۹۲)، از نتایج این مطالعه می‌توان در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و اصلاحی گونه بنه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: استان چهارمحال و بختیاری، تناسب رویشگاه، مدل گردش عمومی، مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای

[*]نویسنده مسئول: aa_naghipour@yahoo.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

مقدمه

روند داده‌های آب‌وهوایی در چند دهه اخیر و همچنین نتایج حاصل از خروجی مدل‌های پیش‌بینی تغییر اقلیم، حکایت از افزایش میانگین درجه‌حرارت کره زمین به‌عنوان عامل اصلی زنجیره تغییرات اقلیمی و همچنین تغییر در الگوهای بارش می‌باشد (Linstädter and Zielhofer, ۲۰۱۰). میانگین درجه حرارت سالانه در طی قرن حاضر بین ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (IPCC, ۲۰۱۴). یکی از اثرات مهم تغییر اقلیم بر گیاهان، تغییر در گستره جغرافیایی آن‌هاست (Lawler et al., ۲۰۰۶).

پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های گیاهی باارزش و مهم، امری ضروری در جهت حفاظت، ارزیابی سطح تهدیدات و مدیریت آن‌ها محسوب می‌شود (Rana et al., ۲۰۱۷)؛ 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 (Pressey et al., ۲۰۰۷). مدل‌های پراکنش گونه‌ای (Species Distribution Models) پرکاربردترین روش‌ها به‌منظور پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر تغییرات پراکنش گونه‌های گیاهی محسوب می‌شوند (Sinclair et al., ۲۰۱۰). این مدل‌ها به‌عنوان یک ابزار دقیق، سریع و کم هزینه به‌منظور یافتن رویشگاه‌های مطلوب و همچنین مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها تحت سناریوهای تغییراقلیم به‌کاربرده می‌شوند (Franklin, ۲۰۱۰). در سال‌های اخیر، علاقه‌مندی به مدل‌های پراکنش گونه‌ای و مطالعات مرتبط با آن به‌طور چشمگیری افزایش‌یافته است. به‌طوری‌که از سال ۲۰۰۰ میلادی چندین جلد کتاب و مقاله مروری در این رابطه منتشرشده است (Booth et al., ۲۰۱۴). ازجمله کتاب‌های مطرح می‌توان به فرانکلین (Franklin, ۲۰۱۰) و پترسون و همکاران (Peterson et al., ۲۰۱۱) اشاره نمود. همچنین ازجمله مقالات مروری که به این موضوع پرداخته‌اند، می‌توان، گویسان و زیمرمن (Guisan and Zimmermann, ۲۰۰۰)؛ گویسان و تایلر (Guisan and Thuiller, ۲۰۰۵) و الیت و لیدویک (Elith and Leathwick, ۲۰۰۹) را نام برد.

مدل‌های پراکنش گونه‌ای ارتباط موجود بین نقاط حضور گونه و متغیرهای زیست‌محیطی را محاسبه می‌نمایند (Franklin, ۲۰۱۰). یکی از روش‌های پرکاربرد به‌منظور مطالعات ارزیابی پراکنش جغرافیایی گونه‌ها، مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt) است. مدل حداکثر آنتروپی روشی است که احتمال حضور گونه را در یک فضا بر اساس متغیرهای محیطی امکان‌پذیر نموده و به‌عنوان کارآمدترین رویکرد مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای محسوب می‌شود که نیازی به دانستن نقاط عدم حضور گونه ندارد و تنها بر اساس نقاط حضور گونه، مدل را پیش‌بینی می‌نماید (Elith et al., ۲۰۰۶). در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در زمینه بررسی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های گیاهی توسط روش حداکثر

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

آنتروپی انجام‌شده است (خوشبخت، ۱۳۹۵؛ شعبانی، ۱۳۹۵؛ فاطمی آذرخوارانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Abolmaali et al., ۲۰۱۷؛ Rana et al., ۲۰۱۷).

جنگل‌های موجود در ناحیه رویشی زاگرس یکی از نواحی رویشی پنج‌گانه ایران است که با دارا بودن سطحی معادل ۵ میلیون هکتار و همچنین سایر جنبه‌های خاص خود، منحصربه‌فرد می‌باشد (مروی‌مهاجر، ۱۳۸۴). در دهه‌های اخیر، بیشتر جنگل‌های زاگرس به دلیل عوامل مختلفی همچون تغییر کاربری اراضی، چرای بیش‌ازحد دام، بهره‌برداری شدید، آتش‌سوزی و عوامل محیطی به‌شدت تخریب‌شده‌اند (نقی‌پور و فرخ‌نیا، ۱۳۹۶؛ Naghipour et al., ۲۰۱۶). یکی از گونه‌های درختی مهم ناحیه رویشی زاگرس، پسته وحشی یا بنه (*Pistacia atlantica*) می‌باشد که علاوه بر خصوصیات اکولوژیکی منحصربه‌فرد، تأثیر زیادی بر زندگی مردم منطقه نیز دارد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۵). در سال‌های اخیر به علت برداشت مستمر از چوب، میوه، محصولات فرعی و بهره‌برداری‌های غیرمستقیم از عرصه‌های رویشگاهی گونه بنه همچون چرای مفرط، به فرسایش رویشگاه و عدم تجدید حیات آن منجر شده است (Pourreza et al., ۲۰۰۸). بنه ازجمله گونه‌های باارزشی است که سطح قابل‌توجهی از مناطق مختلف ایران را به خود اختصاص داده و ازنظر اقتصادی و زیست‌محیطی جایگاه ویژه‌ای دارد. متأسفانه رویشگاه‌های این‌گونه تخریب‌شده و آینده آن را با چالش جدی روبرو نموده است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۵). ازجمله مطالعات صورت گرفته در رابطه با مدل‌سازی پراکنش گونه بنه در زمان حال حاضر و آینده، می‌توان به کوژورایدزه و همکاران (Kozhoridze et al., ۲۰۱۵) اشاره نمود؛ که در تحقیق آن‌ها پراکنش گونه‌های جنس پسته در جهان موردبررسی قرار گرفتند. نتایج پیش‌بینی آن‌ها در رابطه با گونه بنه نشان داد که سطح رویشگاه مناسب برای این‌گونه در سال ۲۰۵۰ در مقایسه بازمان حال‌حاضر، حدود ۱۶ درصد و در سال ۲۱۰۰، ۴۰ درصد کاهش خواهد یافت.

مطالعه حاضر در استان چهارمحال و بختیاری که بخش بزرگی از منطقه زاگرس مرکزی را به خود اختصاص داده است، انجام می‌شود. این منطقه دارای آب‌وهوا و خصوصیات طبیعی ویژه‌ای است که باعث شده است تا با داشتن فون و فلور منحصربه‌فرد ازلحاظ تنوع زیستی از اهمیت بالایی برخوردار باشد (Hunnam, ۲۰۱۱). با توجه به تنوع بالای فیزیوگرافی، امکان بررسی عکس‌العمل گونه موردمطالعه به تغییرات اقلیمی در این منطقه ازنظر تئوری وجود دارد و همین موضوع، این منطقه را به‌عنوان منطقه‌ای مناسب برای مطالعه اثرات تغییرات اقلیم بر پراکنش مکانی گونه‌های مختلف گیاهی مطرح می‌نماید. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعه حاضر با هدف بررسی پراکنش گونه گیاهی بنه به‌عنوان یک‌گونه مهم و اقتصادی در جنگل‌های زاگرس و شناسایی مهم‌ترین عوامل زیست‌اقلیمی تأثیرگذار بر پراکنش این‌گونه با استفاده از روش حداکثر آنتروپی انجام پذیرفت. همچنین پیش‌بینی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

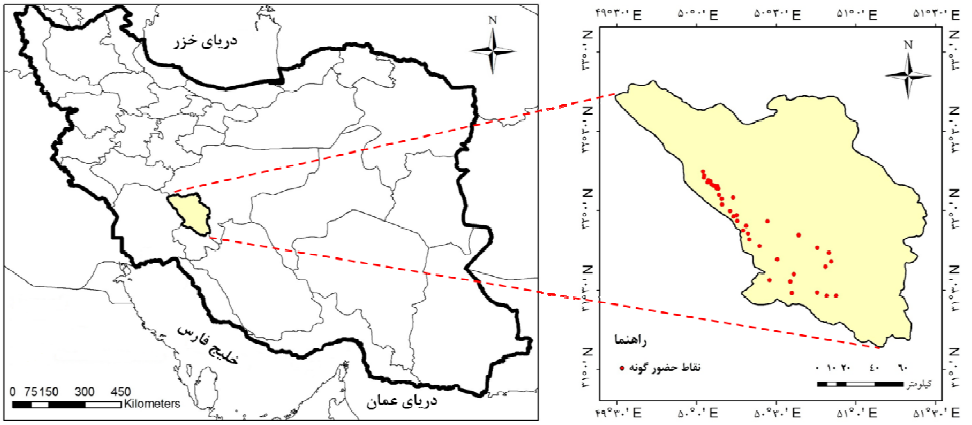
الگوی پراکنش این‌گونه در سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای اقلیمی RCP۴/۵ و RCP۸/۵ و مدل گردش عمومی HadGEM۲-CC جهت اتخاذ راهکارهای حفاظتی مناسب از اهداف دیگر این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

Pistacia یکی از مهم‌ترین جنس‌های اقتصادی تیره Anacardiaceae بوده و شامل حداقل ۱۱ گونه بافرم رویشی درختچه یا درختی می‌باشد (Farhoosh and Tavakoli, ۲۰۰۸; Fayyaz *et al.*, ۲۰۱۳). گونه‌های گیاهی موجود در این جنس، خزان‌کننده و یا همیشه‌سبز و دوپایه می‌باشند که با سه گونه بومی *P. vera*، *P. khinjuk* و *P. atlantica* در بیشتر مناطق کوهستانی ایران توزیع‌شده‌اند (خراسانی و همکاران، ۱۳۹۳). پسته وحشی یا بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) یکی از گونه‌های بومی محسوب شده که دارای گستره پراکنش قابل‌توجهی بوده و به‌عنوان گونه‌ای ایران-تورانی شناخته می‌شود (Farhoosh and Tavakoli, ۲۰۰۸). گونه بنه درخت یا درختچه‌ای دوپایه، برگ‌ریز به ارتفاع ۲ تا ۷ متر با تاج پوشش گسترده بوده که دارای برگ‌های مرکب شانه‌ای و میوه‌ای شفت با مصرف خوراکی می‌باشد (AL-Saghir, ۲۰۱۰). این‌گونه ۲/۴ میلیون هکتار از جنگل‌های نیمه‌خشک غرب و شمال‌غرب ایران را به خود اختصاص داده است. به دلیل تولید سقز در اندام‌های هوایی و میوه، این گیاه به‌عنوان سرمایه ملی کشور محسوب می‌شود (خراسانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ حیدری و همکارن، ۱۳۹۵). این‌گونه درختی سازگار با آب‌وهوای خشک، مناسب زمین‌های سبک و سنگلاخی و کاملاً نورپسند است که باعث شده بیشتر در شیب‌های جنوبی دیده شود (جهانبازی گوجانی و همکاران، ۱۳۸۵؛ حیدری و همکاران، ۱۳۹۵). خاک رویشگاه‌های این‌گونه از نوع لیتوسول با بافت متوسط تا سنگین که بیشتر در اراضی کوهستانی می‌باشد و بیشترین گسترش این‌گونه در اقلیم‌های نیمه‌خشک سرد و مدیترانه‌ای است (طهماسبی و فتاحی، ۱۳۸۰). همچنین ارتفاع رویش این‌گونه در سطح جنگل‌های زاگرس از ارتفاع ۹۰۰ تا ۲۸۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد (Fayyaz et al., ۲۰۱۳).

مطالعه حاضر در استان چهارمحال و بختیاری واقع در منطقه زاگرس مرکزی و با مساحتی حدود ۱/۶۵ میلیون هکتار (حدود ۱ درصد از مساحت کشور) انجام شد. این استان بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و نیز ۴۹ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. بارش متوسط سالانه استان حدود ۵۶۰ میلی‌متر است که در مناطق مرتفع عمدتاً به‌صورت برف می‌باشد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹). این تحقیق در مناطق عمده رویش گونه گیاهی پسته وحشی یا بنه در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد (شکل ۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



شکل ۱- موقعیت استان چهارمحال و بختیاری در ایران به همراه نقاط ثبت‌شده حضور گونه

نقاط حضور گونه بر اساس بررسی‌های مستقیم میدانی در مناطق پراکنش گونه بنه در کل استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری گردید. بازدید از مناطق حضور گونه در سطح استان انجام‌شده و با استفاده سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) نقاط مدنظر ثبت گردید. 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. همچنین نقاط نمونه‌برداری شده از یکدیگر حداقل یک کیلومتر فاصله داشته باشند. با توجه به شرایط ذکرشده، درنهایت ۴۰ نقطه حضور گونه انتخاب شد (شکل ۱).

مطالعه حاضر برای دو دوره زمانی حال حاضر و یک دوره زمانی ۲۰۵۰ برای آینده انجام شد. ابتدا متغیرهای دما و بارش ماهیانه و لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه موردمطالعه به‌صورت رستری و ریزمقیاس شده و با دقت ۳۰ ثانیه از پایگاه اطلاعاتی Worldclim (Hijmans et al., ۲۰۰۵) دریافت شد. سپس از داده‌های بارش ماهانه و دمای میانگین ماهانه ایستگاه‌های کلیماتولوژی و سینوپتیک (۵۰ ایستگاه) که در استان وجود داشتند به‌منظور اصلاح پیکسل‌های این لایه‌ها استفاده شد (شکل ۲). به این نحو که ابتدا موقعیت مکانی ایستگاه‌ها تعیین‌شده و مقدار ارزش پیکسلی مکان ایستگاه‌ها از ۲۴ لایه موردنظر (۱۲ لایه میانگین طولانی‌مدت بارندگی به‌صورت ماهانه و ۱۲ لایه میانگین طولانی‌مدت دما به‌صورت ماهانه) در آن‌ها استخراج شد. مقادیر ایستگاه‌ها به‌عنوان Y و مقادیر موجود در پیکسل به‌عنوان X در نظر گرفته شدند. رابطه موجود بین مقادیر X و Y به‌منظور اصلاح پیکسل‌های دانلود شده مورداستفاده قرار گرفت. سپس با استفاده از نرم‌افزار Curve expert، بهترین معادله‌ای که رابطه بین مقدار موجود در پیکسل و مقدار ثبت‌شده در مقطع زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ در هر ایستگاه را نشان می‌داد تعیین شد. در مرحله بعدی رابطه حاصله برای هر لایه در محیط سامانه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

اطلاعات جغرافیایی ArcGIS ۱۰.۳ و با استفاده از ابزار Raster calculator اعمال شد. سپس توسط لایه‌های دما و بارندگی اصلاح‌شده، لایه‌های ۱۹ متغیر زیست- اقلیمی (Bioclimatic variables) در نرم‌افزار DIVA-GIS تولید شدند. توضیحات مربوط به ۱۹ متغیر زیست- اقلیمی مربوطه در جدول ۱ آورده شده است. این متغیرهای زیست- اقلیمی برای رشد و توسعه گونه‌ها مهم بوده و به‌طور گسترده‌ای برای بررسی پراکنش گونه‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند (Warren et al., ۲۰۱۳).



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی به‌کاررفته برای اصلاح لایه‌های اقلیمی در منطقه موردمطالعه

از نقشه مدل رقومی ارتفاع در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نقشه‌های درصد شیب و جهت شیب تولید شد و به‌عنوان متغیرهای فیزیوگرافی مورداستفاده قرار گرفت. کل لایه‌های محیطی ازنظر محدوده، تعداد پیکسل و سیستم تصویر در نرم‌افزار ArcGIS یکسان‌سازی گردیدند. با توجه به این موضوع که همبستگی بین متغیرهای ورودی به مدل می‌تواند باعث ایجاد خطای قابل‌توجهی در خروجی مدل شود، ابتدا وجود همبستگی بین متغیرهای زیست‌اقلیمی اصلاح‌شده و متغیرهای فیزیوگرافی توسط آزمون آماری پیرسون (Pearson) بررسی شد. سپس لایه‌هایی با بیش از ۰/۸ (همبستگی بالا)، تعیین‌شده و لایه‌های با درجه اهمیت کمتر برای گونه موردمطالعه حذف گردیدند (Rana et al., ۲۰۱۷). درنهایت و پس از حذف لایه‌های دارای همبستگی بالا و غیرضروری، ۸ متغیر

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

شامل درصد شیب، جهت شیب، شاخص هم‌دمایی، تغییرات فصلی دما، دامنه سالانه دما، میانگین دمای خشکترین فصل سال، مجموع بارندگی سالانه و مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال به‌عنوان ورودی مدل‌ها انتخاب گردیدند.

جدول ۱- توصیف اقلیمی متغیرهای زیست‌اقلیمی

نمایه متغیر	توصیف اقلیمی	نمایه متغیر	توصیف اقلیمی
BIO_1	میانگین دمای سالیانه	BIO_{11}	میانگین دمای سردترین فصل سال
BIO_2	میانگین دامنه دمای روزانه	BIO_{12}	مجموع بارندگی سالانه
BIO_3	شاخص هم‌دمایی ($100x (BIO_2/BIO_7)$)	BIO_{13}	مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه
BIO_4	تغییرات فصلی دما	BIO_{14}	مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین ماه
BIO_5	حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال	BIO_{15}	تغییرات فصلی بارندگی (ضریب تغییرات)
BIO_6	حداقل دمای سردترین ماه سال	BIO_{16}	مجموع بارندگی پربارش‌ترین فصل سال
BIO_7	دامنه سالانه دما (BIO_5-BIO_6)	BIO_{17}	مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال
BIO_8	میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال	BIO_{18}	مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل سال
BIO_9	میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال	BIO_{19}	مجموع بارندگی سردترین فصل سال
BIO_{10}	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال		

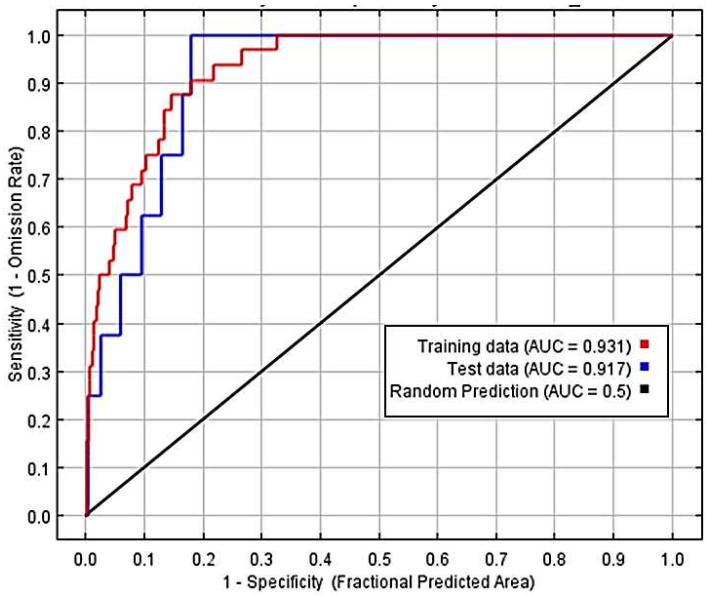
مدل‌های گردش عمومی ابزارهای قابل‌اعتماد و قدرتمندی برای افزایش درک عوامل مؤثر بر اقلیم و بهبود توانایی پیش‌بینی الگوهای اقلیمی آینده هستند. در این مطالعه از مدل گردش عمومی HadGEM۲-CC استفاده شد که صحت پیش‌بینی آن در نیمکره شمالی تأییدشده است (Sutton et al., ۲۰۱۴). در این مطالعه از دو سناریو اقلیمی RCP۴/۵ و RCP۸/۵ استفاده شد که به ترتیب سناریوهای متعادل و بدبینانه هستند. مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای حال حاضر و آینده گونه موردمطالعه با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی و با استفاده از نرم‌افزارMaxEnt (Phillips et al., ۲۰۰۶) انجام شد. داده‌های حضور گونه بنه با ۸ متغیر اقلیمی و با تکرار ۱۰ بار با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt مورد تحلیل قرار گرفت. برای حساسیت‌سنجی مدل و مشخص کردن متغیرهای مهم در پراکنش، از تحلیل جک‌نایف استفاده شد. برای ارزیابی نتایج مدل‌سازی از سطح زیر منحنی ROC یا شاخص AUC استفاده شد. درصورتی‌که مقادیر سطح زیر منحنی (AUC) کمتر از ۰/۷ باشد نشان‌دهنده توانایی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

ضعیف مدل در پیش‌بینی، مقادیر ۰/۹-۰/۷ نشان‌دهنده یک پیش‌بینی قابل‌قبول و مقادیر بالای ۰/۹ نشان‌دهنده توانایی پیش‌بینی عالی مدل است (Rana et al., ۲۰۱۷).

نتایج

به‌منظور ارزیابی مدل پیش‌بینی حاصل، از روش تحلیل سطح زیر منحنی (AUC) استفاده گردید (شکل ۳). نتایج ارزیابی نشان داد که مدل‌سازی حداکثر آنتروپی، توانایی بالایی جهت پیش‌بینی توزیع جغرافیایی بالقوه گونه بنه در استان چهارمحال و بختیاری دارا می‌باشد. با توجه به مقادیر سطح زیر منحنی برای داده‌های آموزشی (AUC=۰/۹۳۱) و داده‌های آزمون (AUC=۰/۹۱۷) و بر اساس طبقه‌بندی آن (Rana et al., ۲۰۱۷)، دقت مدل در طبقه خوب قرار می‌گیرد.

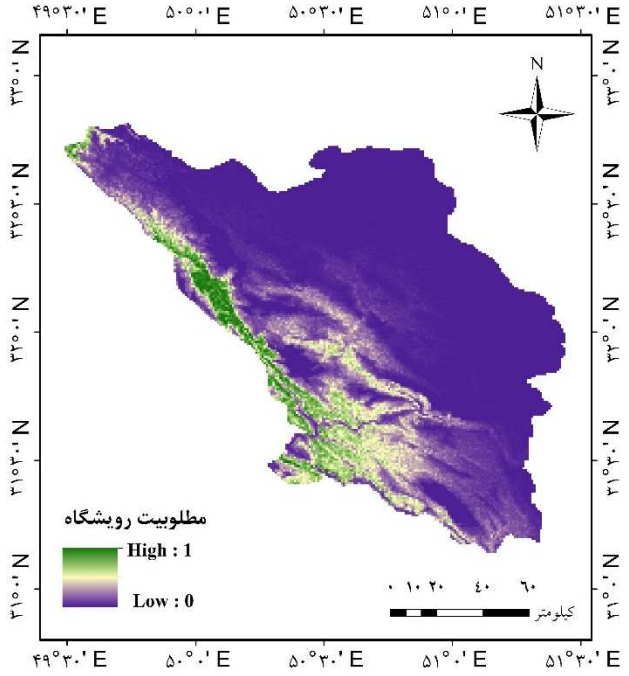


شکل ۳- سطح زیر منحنی (AUC) داده‌های آموزش و داده‌های آزمون بر اساس مدل حداکثر آنتروپی

نقشه مطلوبیت زیستگاه یا احتمال پراکنش گونه بنه در زمان حال حاضر در شکل ۴ آورده شده است. با توجه به نقشه پیش‌بینی، سطح رویشگاه مناسب این‌گونه ۲۴۱۳۷۱ هکتار می‌باشد که حدود ۱۴/۷ درصد از کل منطقه موردمطالعه را به خود اختصاص داده است. همچنین، درصد سهم نسبی (اهمیت) هر یک از متغیرهای واردشده به مدل در پیش‌بینی مناطق مناسب برای حضور گونه بنه در شکل ۵ آمده است. بر اساس پیش‌بینی مدل، میزان بارش سالیانه (Bio۱۲)، دامنه تغییرات سالیانه دما

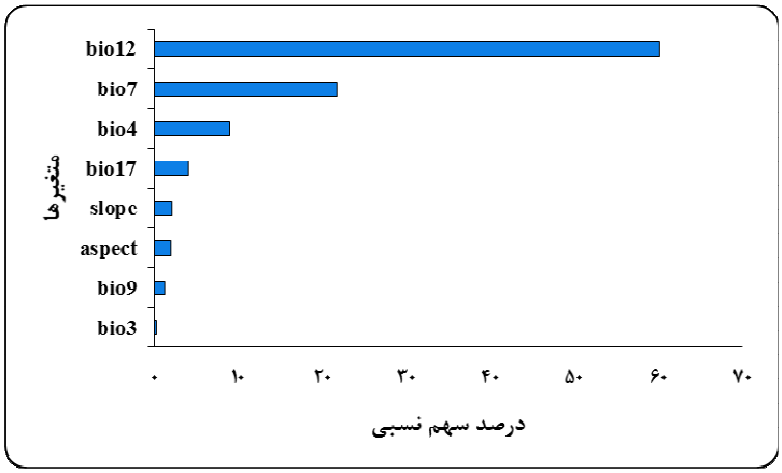
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

(Bio۷)، تغییرات فصلی دما (Bio۴) و مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال (Bio۱۷) مهم‌ترین متغیرهایی بودند که بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه بنه داشتند. دو متغیر میزان بارش سالیانه و دامنه تغییرات سالیانه دما با همدیگر در حدود ۸۱/۸ درصد تغییرات پراکنش گونه را توجیه نمودند و بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت رویشگاه داشتند. ترتیب اهمیت متغیرها بر اساس آزمون جک‌نایف نیز در شکل ۶ آمده است. نتایج آزمون جک‌نایف نیز حاکی از اهمیت بالای متغیر میزان بارش سالیانه می‌باشد.

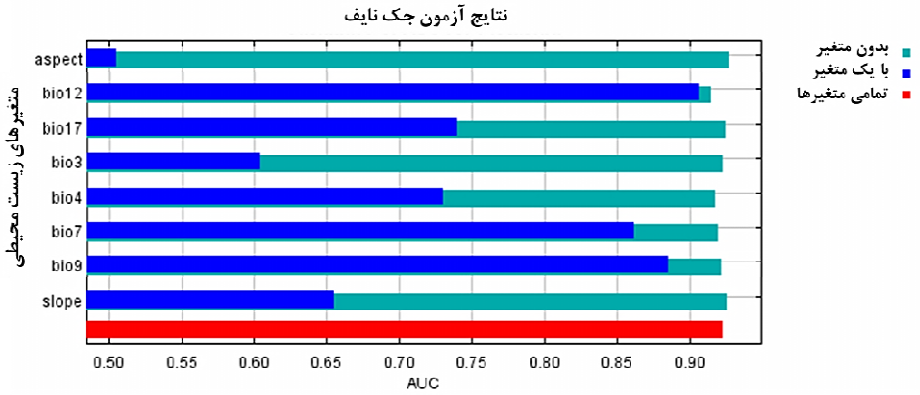


شکل ۴- نقشه مطلوبیت نسبی شرایط محیطی گونه بنه در شرایط حال حاضر

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



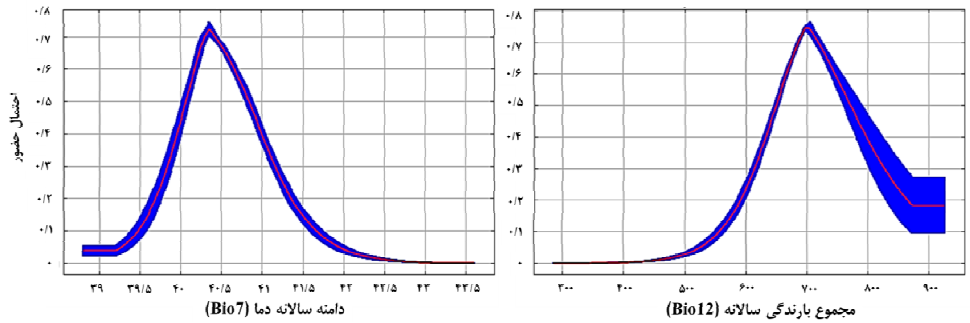
شکل ۵- درصد سهم نسبی متغیرها در مدل‌سازی پراکنش گونه بنه



شکل ۶- اهمیت متغیرهای تأثیرگذار در حضور گونه بنه بر اساس آزمون جک نایف

منحنی‌های پاسخ مربوط به مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر مطلوبیت رویشگاه گونه بنه در شکل ۷ آورده شده است. با توجه به شکل ۶، بیشترین مطلوبیت رویشگاه برای گونه بنه در میانگین بارندگی سالانه (Bio۱۲) ۷۰۰ میلی‌متر بوده و با کاهش بارش، مطلوبیت برای گونه کاهش می‌یابد. همچنین ازنظر دامنه تغییرات سالانه دما (Bio۷)، بالاترین مطلوبیت در حدود ۴۰/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و بعدازآن مطلوبیت برای گونه کاهش می‌یابد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



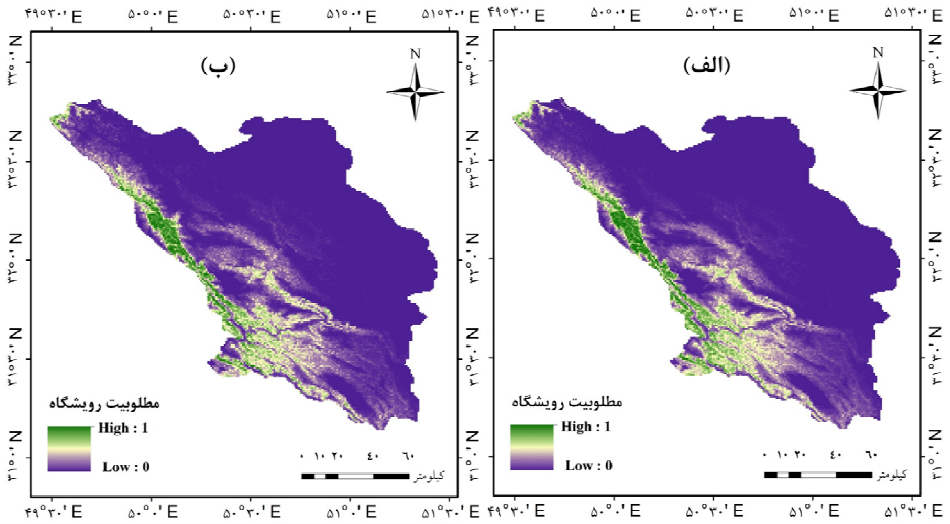
شکل ۷- منحنی‌های پاسخ مهم‌ترین متغیرها برای گونه بنه

همچنین بامطالعه تغییر اقلیم، نقشه پراکنش بنه بر مبنای نیازهای محیطی آن، تحت سناریو اقلیمی RCP ۴/۵ (شکل ۸، الف)، سناریو اقلیمی RCP۸/۵ (شکل ۸، ب) و مدل گردش عمومی HadGEM۲-CC برای سال ۲۰۵۰ تولید شد. جهت پیش‌بینی جابجایی دامنه گونه در سال ۲۰۵۰، ابتدا یک سطح بحرانی (در این مطالعه، احتمال حضور بیشتر از ۰/۲۴) مورداستفاده قرار گرفت. این سطح، صحت مدل را براساس معیار AUC حداکثر می‌نمود. بر اساس آن، نقشه‌ها به دوطبقه مناسب و نامناسب طبقه‌بندی شدند. سپس نقشه‌های حال حاضر و آینده دوبه‌دو مقایسه شدند (جدول ۲). نتایج مطالعه نشان داد که تحت سناریو اقلیمی RCP ۴/۵، ۲۰۲۱۳ هکتار (۸/۳۷ درصد) از سطح رویشگاه مناسب گونه در سال ۲۰۵۰ ازدست‌رفته و در مقابل، ۶۲۷ هکتار (۰/۲۶ درصد) به سطح رویشگاه مناسب جهت وقوع گونه افزوده‌شده است. همچنین تحت سناریو۸/۵ RCP، ۳۰۲۵۰ هکتار (۱۲/۵ درصد) از سطح رویشگاه مناسب گونه کاهش‌یافته و ۳۶۹۴ هکتار (۱/۵ درصد) به سطح رویشگاه مناسب گونه افزوده‌شده است (جدول ۲)؛ بنابراین، نتایج نشان می‌دهد که تحت هر دو سناریوی اقلیمی، سطح رویشگاه مناسب برای گونه در سال ۲۰۵۰ کاهش خواهد یافت.

جدول ۲- تغییرات مساحت رویشگاه گونه بنه در سال ۲۰۵۰ و سناریوهای اقلیمی RCP ۴/۵ و RCP ۸/۵ در مقایسه با شرایط محیطی حال حاضر

سناریو	حضور پایدار (هکتار)	غیاب پایدار (هکتار)	رویشگاه نامناسب شده (هکتار)	رویشگاه مناسب شده (هکتار)	رویشگاه مناسب شده (درصد)	رویشگاه نامناسب شده (درصد)	تغییرات در رویشگاه گونه (درصد)
RCP ۴/۵	۲۲۱۱۵۸	۱۳۹۱۷۰۰	۲۰۲۱۳	۶۲۷	۰/۲۶	۸/۳۷	-۸/۱۱
RCP ۸/۵	۲۱۱۱۲۱	۱۳۸۸۶۳۳	۳۰۲۵۰	۳۶۹۴	۱/۵	۱۲/۵	-۱۱

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



شکل ۸- نقشه پیش‌بینی مطلوبیت نسبی شرایط محیطی گونه بنه برای سال ۲۰۵۰ و بر اساس سناریوهای اقلیمی (الف) RCP۴/۵ (ب) RCP۸/۵

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی اثر سناریوهای تغییر اقلیم جهانی بر توزیع جغرافیایی گونه‌ها، نقش مهمی در درک عوامل تعیین‌کننده وسعت محدوده جغرافیایی آن‌ها دارا است (Davies et al., ۲۰۰۹). به دلیل ارتباطی که بین وسعت محدوده جغرافیایی گونه و خطر انقراض گونه‌ای وجود دارد، این نوع ارزیابی می‌تواند نقش مهمی در مدیریت حفاظت ایفا نماید (Cardillo et al., ۲۰۰۸). به همین دلیل، مدل‌های پراکنش گونه‌ای یکی از ابزارهای مهم و مقرون‌به‌صرفه برای تعیین آشیان اکولوژیک‌گونه‌ها محسوب می‌شوند (Rana et al., ۲۰۱۷). نتایج اجرای مدل، میزان AUC زیاد را نشان داد که نشان‌دهنده عملکرد مناسب مدل حداکثر آنتروپی در پیش‌بینی پراکنش گونه در منطقه موردمطالعه است. فاطمی آذرخوارانی و همکاران (۱۳۹۶) جهت پیش‌بینی پراکنش حال حاضر و آینده گونه *Juniperus excelsa* در استان سمنان، ضرابی و همکاران (۱۳۹۶) به‌منظور تحقیق در مورد وضعیت حفاظت گونه *Pistacia vera* در استان خراسان رضوی، چودهاری و همکاران (Choudhury et al., ۲۰۱۶) برای بررسی پراکنش احتمالی دو گونه مهاجم در هند و رانا و همکاران (Rana et al., ۲۰۱۷) جهت بررسی پراکنش دو گونه گیاهی دارویی از تیره لاله در نپال، از مدل پراکنش گونه‌ای حداکثر آنتروپی استفاده کردند. نتایج این محققان همچون مطالعه حاضر، نشان‌دهنده عملکرد بالای مدل حداکثر آنتروپی در پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای می‌باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

براساس نتایج حاصل از مدل‌سازی حداکثر آنتروپی، سطح رویشگاه مناسب برای گونه بنه در استان چهارمحال و بختیاری حدود ۱۴/۷ درصد (۲۴۱۳/۷ کیلومترمربع) می‌باشد. همچنین میزان بارش سالیانه، دامنه تغییرات سالیانه دما و تغییرات فصلی دما در حدود ۹۱ درصد تغییرات پراکنش گونه را توجیه نمودند و بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه داشتند. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, ۲۰۱۴) با بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه *Pistacia chinensis* در کشور چین، بارندگی را به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر در پراکنش این‌گونه ذکر نمودند. کوژوریدزه و همکاران (Kozhoridze et al., ۲۰۱۵) نیز تغییرات فصلی دما را یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در پراکنش گونه بنه معرفی نمودند.

بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی، میانگین ارتفاع مناطقی که در حال حاضر، گونه در آن‌ها حضور دارد ۱۷۵۰ متر است. نتایج مدل‌سازی در سال ۲۰۵۰ بر اساس سناریو RCP۸/۵ در مناطق مستعد حضور گونه، این میانگین ارتفاع را ۱۹۳۳ متر نشان می‌دهد؛ بنابراین، به‌طور میانگین حدود ۱۸۳ متر جابجایی در ارتفاع گونه بنه برای سال ۲۰۵۰ اتفاق خواهد افتاد. طی سال‌های اخیر، محققان بسیاری گسترش گیاهان به سمت ارتفاعات را نمونه‌ای از جابجایی گونه‌ها تحت تأثیر تغییر اقلیم ذکر نموده‌اند (Walther et al., ۲۰۰۲). تایلر (Thuiller, ۲۰۰۷) نیز یکی از مهم‌ترین اثرات تغییر اقلیم را جابجایی محدوده جغرافیایی گونه‌های گیاهی دانست. وی بیان نمود که افزایش دما باعث حرکت گونه‌های نیمکره شمالی به سمت ارتفاعات خواهد شد. البته این تغییرات در اکوسیستم‌های مختلف یکسان نیست و هر اکوسیستم باید با روش‌های مناسب بررسی شود. همان‌طور که گونه‌ها به سمت قطب یا ارتفاعات می‌روند ممکن است ناپدید شوند و یا به پناهگاهی دور از بقیه محدود شوند، درحالی‌که گونه‌های دیگر ممکن است دامنه پراکنش خود را گسترش دهند. زیست‌شناسان در مورد نابودی گونه‌هایی که دسترسی آن‌ها به رویشگاه مناسب محدود شود، اظهار نگرانی نموده‌اند (Potter & Hargrove, ۲۰۱۳). با توجه به نتایج مدل‌سازی به نظر می‌رسد که در مورد گونه بنه، جابجایی به سمت ارتفاعات نسبت به انقراض گونه با سرعت کمتری رخ خواهد داد.

نتایج نشان داد که درمجموع، وسعت رویشگاه گونه بنه در آینده (سال ۲۰۵۰) در مقایسه باحال حاضر تحت سناریو RCP۴/۵، حدود ۸/۱۱ درصد و تحت سناریو RCP۸/۵، حدود ۱۱ درصد کاهش خواهد یافت. کوژوریدزه و همکاران (Kozhoridze et al., ۲۰۱۵) نیز در مطالعه خود بر روی این‌گونه که برای کل جهان انجام شد؛ پیش‌بینی نمودند که در سال ۲۰۵۰ رویشگاه این‌گونه حدود ۱۶ درصد کاهش می‌یابد؛ بنابراین، بخشی از میدان اکولوژیک واقعی گونه بنه در سال ۲۰۵۰ تحت پوشش قرار نخواهد گرفت و از شرایط بهینه گونه دور خواهد شد. این تغییرات پیش‌بینی‌شده در پراکنش بنه در پاسخ به تغییر اقلیم، مدیران را وادار می‌نماید تا استراتژی‌های منطبق با حفاظت این مناطق را اجرا

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

نمایند. رویشگاه‌هایی که پیش‌بینی‌شده دارای گونه ارزشمند بنه هستند باید از تغییر کاربری، دست‌اندازی، کف بر نمودن و تخریب بیشتر حفظ شوند. اثرات منفی تغییر اقلیم بر جنگل‌های زاگرس تنها شامل جنگل‌ها نیست؛ بلکه در پی کاهش خدمات اکوسیستم جنگل به‌ویژه چرخه آب، تولید خاک و محافظت از تنوع زیستی، زندگی ۹/۸ میلیون نفر ساکن در منطقه زاگرس و ۱/۵ میلیون نفر در مناطق جنگلی که از جنگل برای غذا، سوخت و درآمد استفاده می‌کنند نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. به علت پیوستگی ذاتی بین اکوسیستم‌های مختلف یک چشم‌انداز ضروری است که تنوع گونه‌ای حفاظت شود تا خدمات بشری به‌صورت پایداری حفظ شوند. پیشرفت در درک مدل‌های پراکنش گونه‌ای در مقابله با تغییر اقلیم و اصلاح پایگاه مکانی داده‌ها می‌تواند منجر به توسعه استراتژی‌های حفاظتی شود که برای اکوسیستم و هم گونه مفید است. علاوه بر آن در سطح محلی و جهانی خواهان حفظ تنوع زیستی زاگرس مرکزی هستند و این منطقه ازنظر اکولوژیکی و تنوع زیستی مهم است (Hunnam, ۲۰۱۱)؛ بنابراین نیازمند تلاش مضاعفی برای حفاظت از گونه‌های مختلف ازجمله گونه بنه در برابر تغییر اقلیم هستیم.

نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید و مقرون‌به‌صرفه به‌منظور استفاده مدیران منابع طبیعی محسوب شده و آگاهی آن‌ها را نسبت به اثرات تغییر اقلیم بر گونه‌ها افزایش می‌دهد. نقشه‌های حاصل از مدل‌ها، مناطق حساس به تغییر اقلیم و پناهگاه‌های ممکن در آینده گونه بنه را به‌منظور استفاده در طرح‌های حفاظتی و مدیریت جنگل‌های این مناطق مشخص می‌نماید. این استراتژی‌ها باید به‌منظور حفاظت این مناطق در برابر تهدیدها و به‌منظور بهبود مقاومت گونه بنه به تغییر اقلیم به کار روند تا حضور گونه بنه در آینده را تضمین کنند.

منابع

جهانبازی گوجانی، ح.، ایران‌منش، ی.، طالبی، م. ۱۳۸۵. توان جنگل‌های استان چهارمحال و بختیاری در زمینه تولید بذر بنه و اثر اقتصادی آن بر زندگی جنگل‌نشینان. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۴ (۲): ۱۵۹-۱۶۷.

حیدری، م.، نادری، س.، کرمشاهی، ع.، مزبانی، آ. ۱۳۹۵. آت اکولوژی و فنولوژی گونه بنه (*Pistacia atlantica*) در رابطه با عوامل ادافیکی و فیزیوگرافی در جنگل‌های کبیرکوه شهرستان دره‌شهر، استان ایلام. مجله پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)، ۲۹ (۱): ۸۰-۹۵.

خراسانی، م.، نصرتی، ه.، رزبان‌حقیقی، ا.، کلیج، ص. ۱۳۹۳. بررسی ریخت‌شناسی برگ در پایه‌های نر و ماده گونه بنه (*Pistacia atlantica* Desf) در جنگل‌های ارسباران. مجله پژوهش‌های گیاهی (زیست‌شناسی ایران)، ۲۷ (۴): ۶۰۵-۶۱۲.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

خوشبخت، م. ۱۳۹۵. پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه بالقوه گونه گیاهی سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbriifolia*) در استان اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

فاطمی آذرخوارانی، س.س.، رحیمی، م.، ترکش، م.، روان‌بخش، ه. ۱۳۹۶. پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه *Juniperus excelsa* M.Bieb. با استفاده از داده‌های اقلیمی در شرایط حاضر و آینده در استان سمنان. مجله جنگل ایران، ۹ (۲): ۲۳۳-۲۴۸.

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

شعبانی، ن. ۱۳۹۵. اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه بالقوه گونه گون گزی در غرب استان اصفهان با استفاده از مدل‌های پراکنش گونه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۰۱ صفحه.

ضرابی، م.، حقدادی، ر.، یوسفی، ح. ۱۳۹۶. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه پسته ارگانیک (وحشی) با استفاده از روش آنتروپی حداکثر در منطقه جنگلی سرخس خراسان رضوی. اکوهیدرولوژی، ۴ (۳): ۸۲۴-۸۱۷.

مروی مهاجر، م.ر. ۱۳۸۴. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ صفحه.

نقی‌پور برج، ع.ا.، فرخ‌نیا، س. ۱۳۹۶. اثر آتش‌سوزی بر ترسیب‌کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع نیمه‌استپی زاگرس مرکزی. حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۵(۱۰): ۳۹-۵۱.

Abolmaali, M.R., Tarkesh, M., Bashari, H. ۲۰۱۷. Maxent modeling for predicting suitable habitats and identifying the effects of climate change on a threatened species, *Daphne mucronata*, in central Iran. Ecological Informatics, ٤٣: ١١٦-١٢٣.

AL-Saghir, M.G. ۲۰۱۰. Phylogenetic analysis of the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae) based on morphological data. Asian Journal of Plant Sciences, ٩(١): ٢٨.

Booth, T.H., Nix, H.A., Busby, J.R., Hutchinson, M.F. ۲۰۱٤. BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. Diversity and Distributions, ٢٠(١):١-٩.

Cardillo, M., Mace, G.M., Gittleman, J.L., Jones K.E., Bielby, J., Purvis A. ۲۰۰۸. The predictability of extinction: biological and external correlates of decline in mammals. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, ٢٧٥(١٦٤١):١٤٤١-٨.

Choudhury, M.R., Deb, P., Singha, H., Chakdar, B., Medhi, M. ۲۰۱٦. Predicting the probable distribution and threat of invasive *Mimosa diplotricha* Suavalle and *Mikania micrantha* Kunth in a protected tropical grassland. Ecological Engineering, ٩٧: ٢٣-٣١.

Davies, T.J., Purvis, A., Gittleman, J.L. ۲۰۰۹. Quaternary climate change and the geographic ranges of mammals. The American Naturalist, ١٧٤ (٣): ٢٩٧-٣٠٧.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

Elith, J., Leathwick, J.R. ۲۰۰۹. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. Annual review of ecology, evolution, and systematics, ٤٠: ٦٧٧-٦٩٧.

Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier S., Guisan, A., Hijmans, R.J., et al. ۲۰۰٦. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, ۲۹(۲): ۱۲۹-۱٥۱.

Farhoosh, R., Tavakoli, J., Khodaparast, M.H.H. ۲۰۰۸. Chemical composition and oxidative stability of kernel oils from two current subspecies of *Pistacia atlantica* in Iran. Journal of the American Oil Chemists' Society, ۸٥(۸): ۷۲۳.

Fayyaz, P., Etemadi, E., Julaiee-Manesh, N., Zolfaghari, R. ۲۰۱۳. Sodium and potassium allocation under drought stress in Atlas mastic tree (*Pistacia atlantica* subsp. *mutica*). iForest-Biogeosciences and Forestry, ٦(۲): ۹۰.

Franklin, J. ۲۰۱۰. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Guisan, A., Thuiller, W. ۲۰۰٥. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology letters, ۸(۹): ۹۹۳-۱۰۰۹.

Guisan, A., Zimmermann, N.E. ۲۰۰۰. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological modelling, ۱۳٥(۲): ۱٤۷-۱۸٦.

Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A. ۲۰۰٥. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, ۲٥: ۱۹٦٥-۱۹۷۸.

Hunnam, P. ۲۰۱۱. Conservation of biodiversity in the Central Zagros Landscape conservation zone: Mid-Term evaluation report. Government of the Islamic Republic of Iran, United Nations Development Programme, Global Environment Facility, Project No. PIMS ۲۲۷۸.

IPCC, ۲۰۱٤. Summary for Policymakers, In: Field CB et al. (eds.), Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kozhoridze, G., Orlovsky, N., Orlovsky, L., Blumberg, D.G., Golan-Goldhirsh, A. ۲۰۱٥. Geographic distribution and migration pathways of Pistacia–present, past and future. Ecography, ۳۸(۱۱): ۱۱٤۱-۱۱٥٤.

Lawler, J.J., White, D., Neilson, R.P., Blaustein, A.R. ۲۰۰٦. Predicting climate-induced range shifts: model differences and model reliability. Global Change Biology, ۱۲ (۸): ۱٥٦۸-۸٤.

Linstädter, A., Zielhofer, C. ۲۰۱۰. Regional fire history shows abrupt responses of Mediterranean ecosystems to centennial-scale climate change (Olea–Pistacia woodlands, NE Morocco). Journal of Arid Environments, ۷٤(۱): ۱۰۱-۱۱۰.

Naghipour, A.A., Bashari, H., Khajeddin, S.J., Tahmasebi, P., Iravani, M. ۲۰۱٦. Effects of smoke, ash and heat shock on seed germination of seven species from Central Zagros rangelands in the semi-arid region of Iran. African Journal of Range & Forage Science, ۳۳(۱): ٦۷-۷۱.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

Peterson, A.T. ۲۰۱۱. Ecological niches and geographic distributions (MPB-٤٩) (No. ٤٩). Princeton University Press.

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. ۲۰۰٦. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modelling, ۱۹۰(۳): ۲۳۱-۲٥۹.

Potter, K.M., Hargrove, W.W. ۲۰۱۳. Quantitative assessment of predicted climate change pressure on North American tree species. Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences (MCFNS), ٥(۲): ۱٥۱-۱٦۹.

Pourreza, M., Shaw, J.D., Zangeneh, H. ۲۰۰۸. Sustainability of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in Zagros forests, Iran. Forest Ecology and Management, ۲٥٥(۱۱): ۳٦٦۷-۳٦۷۱.

Pressey, R.L., Cabeza, M., Watts, M.E., Cowling, R.M., Wilson, K.A. ۲۰۰۷. Conservation planning in a changing world. Trends in ecology & evolution, ۲۲(۱۱): ٥۸۳-٥۹۲.

Rana, S.K., Rana, H.K., Ghimire, S.K., Shrestha, K.K., Ranjitkar, S. ۲۰۱۷. Predicting the impact of climate change on the distribution of two threatened Himalayan medicinal plants of Liliaceae in Nepal. Journal of Mountain Science, ۱٤ (۳): ٥٥۸-٥۷۰

Sinclair, S., White, M., Newell, G. ۲۰۱۰. How useful are species distribution models for managing biodiversity under future climates? Ecology and Society, ۱٥ (۱): ۸.

Sutton, W.B., Barrett, K., Moody, A.T., Loftin, C.S., deMaynadier, P.G., Nanjappa, P. ۲۰۱٤. Predicted changes in climatic niche and climate refugia of conservation priority salamander species in the northeastern United States. Forests, ٦ (۱): ۱-۲٦.

Thuiller, W. ۲۰۰۷. Biodiversity: climate change and the ecologist. Nature, ٤٤۸(۷۱٥۳): ٥٥۰_٥٥۲.

Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J., Fromentin, J-M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F. ۲۰۰۲. Ecological responses to recent climate change. Nature, ٤۱٦(٦۸۷۹): ۳۸۹-۳۹٥.

Wang, W., Tang, X., Zhu, Q., Pan, K., Hu, Q., He, M., Li, J. ۲۰۱٤. Predicting the impacts of climate change on the potential distribution of major native non-food bioenergy plants in China. PloS one, ۹(۱۱): ۱-۱۱.

Warren, R., VanDerWal, J., Price, J., Welbergen, J.A., Atkinson, I., Ramirez-Villegas, J., Osborn, T.J., Jarvis, A., Shoo, L.P., Williams, S.E., Lowe, J., ۲۰۱۳. Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss. Nature Climate Change, ۳: ٦۷۸-٦۸۲.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]