DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2022.18118.1884

پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر پر اکنش گیاهان شهدزا و گرده‌زای *Teucrium polium* L. و *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen.

(مقالهٔ پژوهشی)

۱- فاطمه علی‌نژاد، دانشجوی دکتری سیستماتیک گیاهی،گروه علوم و زیست فناوری گیاهی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- احمدرضا محرابیان*، دانشیار گروه علوم و زیست فناوری گیاهی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

a_mehrabian@sbu.ac.ir

۳- اسدالله احمدی‌خواه، استادیار گروه علوم و زیست فناوری گیاهی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴- طیبه اکبری‌اریزانی، استادیار گروه علوم زمین، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۵- داریوش مینایی‌تهرانی، دانشیار گروه زیست شناسی سلولی-مولکولی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۵

پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶

چکیده

گیاهان شهدزا و گرده زا با تولید شهد و گرده فراوان جمعیت گرده‌افشان‌ها را تقویت نموده و سبب حفظ تنوع گیاهی، افزایش تولید فرآورده‌های زنبور عسل می‌گردند. گونه‌های *Teucrium polium* L. و *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen از جمله مهمترین گیاهان شهدزای مهم ایران هستند که نقش عمده‌ای در تولید عسل و گرده گل در مراتع دارند. در این مطالعه پراکنش بالقوه دو گونه *T. kotschyanus* و *T. polium* با استفاده از مدل MaxEnt مورد ارزیابی قرار گرفت. دراین مطالعه ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی از مجموعه داده Chelsa برای ارزیابی شرایط آب‌وهوایی فعلی استخراج شد. و با نرم‌افزار MaxEnt مدل سازی شد. با توجه به نتایج، محتوای کربن آلی در پروفیل خاک (orc) مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر پراکنش هر دو گونه است. در گونه *T. kotschyanus* علاوه بر کربن آلی خاک میزان تابش نور خورشید (solar)، بارش خشک‌ترین ماه (BIO14) و جهت شیب (asp) مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار به شمار می‌روند. همچنین میزان شیب (slope)، بارش سالانه (BIO12) و درصد وزنی ذرات شن (sand) از جمله مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه *T. polium* پس از (orc) به شمار می‌آیند. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در جهت شناسایی مناطق اولویت‌دار و پناهگاه‌های احتمالی آینده برای حفاظت از دو گونه گیاهی *T. kotschyanus* و *T. polium* فراهم نماید.

واژگان کلیدی: عسل، مدل آنتروپی بیشینه، حفاظت، مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای.

مقدّمه

گرده‌افشان‌ها اهمیت بسیار زیادی در تعادل اکوسیستم و در تولید منابع غذایی عهده‌دار هستند [۳۸]. گرده‌افشانی نقش حیاتی در حفظ تعادل طبیعی اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند و سنگ بنای تولید محصولات زراعی است و پیوندی بین کشاورزی و چرخه زندگی ایجاد می‌کند. درنتیجه، گرده‌افشانی به دلیل بهبود کیفیت و کمیت در بخش اقتصادی نقش دارد. گرده‌افشانی همچنین خدمات زیادی، مانند افزایش تنوع زیستی و افزایش تولید مواد غذایی ارائه می‌دهد [۱۵].

گرده‌افشان‌ها به‌خصوص زنبورعسل در تولید گیاهان زراعی، درختان میوه، مراتع و جنگل‌ها برای انسان حائز اهمیت هستند، به‌طوری‌که سهم نسبتاً بزرگی از تولیدات مختلف گیاهی و دامی که در تغذیه و دام حیات بشر اهمیت دارند، مربوط به این حشره است. گرده‌افشان‌ها نه‌تنها در کمیت بلکه در کیفیت تولیدات گیاهی نیز تأثیر به سزایی دارند. آنها بعلاوه در تولید الوار، حفظ و افزایش تنوع پوشش گیاهی نقش اصلی را دارند [۱۵ و ۳۸].

تحقیقات نشان می‌دهد که میزان شهد در دسترس گرده‌افشان‌ها از عوامل اصلی مؤثر بر بقا، اندازه جمعیت کلنی زنبورها و کمیت و کیفیت محصولات کلنی است [۳۸ و ۱۳]. بنابراین، اطلاعات گیاه‌شناسی بخصوص آگاهی از انواع گیاهان شهدزا و گرده‌زا، مناطق انتشار و دوره گلدهی آنها در بقای کلنی‌ها به‌طور مستقیم و اکوسیستم جهانی و امنیت غذایی بشر حائز اهمیت است [۱]. بعلاوه وجود پوشش گیاهی شهدزا و گرده‌زا در مراتع می‌تواند زمینه اشتغال و استفاده چندمنظوره از مراتع را فراهم آورد.

استفاده چندمنظوره از مراتع و ایجاد راه‌های معیشتی جایگزین می‌تواند راهکاری اساسی برای حفظ مراتع و منابع باوجود استفاده از مراتع باشد [۱]. پرورش زنبورعسل، علاوه بر اشتغال‌زایی افراد محلی و درآمدزایی می‌تواند در ایجاد و حفظ تنوع گونه‌های موجود نقش داشته و راهکاری برای کاهش چرای دام در مراتع و جلوگیری از تخریب آن با اشتغال‌زایی و جبران کاهش درآمد دامداران باشد[۱ و ۱۴]. استفاده از گونه‌های شهدزا در طرح‌های مختلف کشاورزی، احیای مراتع و جنگلداری علاوه بر احیای پوشش گیاهی مناطق، در پرورش زنبورعسل، گرده‌افشانی و انتشار بیشتر گونه‌ها، مؤثر خواهد بود[۱۴]. لذا بنابراین، شناسایی و حفظ گیاهان شهدزا در مناطق مختلف به‌منظور بررسی پتانسیل زنبورداری در منطقه نیز اهمیت دارد.

تغییراقلیم، تنوع زیستی ، عملکرد اکوسیستم و رفاه انسان را تهدید می‌کند[۱۲]. تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های انسانی آن‌قدر سریع در حال رخ‌دادن است که بسیاری از گونه‌ها توان سازگاری را نخواهند داشت [۳۸]. زمین در ۱۰۰ سال گذشته حدود ۰/۴۷درجه سانتی‌گراد گرم شده است و پیش‌بینی می‌شود که میانگین دمای جهانی تا سال ۲۱۰۰ به میزان ۳/۴+۰/۷۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. انواعی از گونه‌ها قبلاً به تغییرات آب‌وهوایی اخیر پاسخ داده‌اند و پیش‌بینی می‌شود که توزیع مجدد گونه‌ها در آینده تسریع شود [۱۲].

در برابر این تغییر اقلیمی پاسخ گونه‌های مختلف متفاوت است. تغییر پراکنش جغرافیایی گونه‌ها، روشی برای بقا در برابر این تغییر اقلیم است [۹]. در واقع، تغییرات آب‌وهوایی به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان محرک‌های اصلی برای پیامدهای نامطلوب بر اکوسیستم‌های زمینی و دریایی شناخته می‌شوند. ازاین‌رو، درک چارچوب تعاملات آب‌وهوا-گونه برای ارزیابی پویایی پوشش گیاهی و بازخورد مربوط به آن در مورد عوامل زنده و غیرزنده از اهمیت بالایی برخوردار است [۳]. نتیجه سریع تغییر اقلیم، تغییر در محدوده جغرافیایی گونه‌ها است که به دلیل تغییر در الگوهای نرمال دما و رطوبت ایجاد می‌شود که معمولاً مرزهای گونه‌ها را مشخص می‌کند. هر ۱ درجه سانتی‌گراد تغییر دما، مناطق بوم شناختی روی زمین را حدود ۱۶۰ کیلومتر جابجا می‌کند [۳۲].

گرده‌افشان‌ها و گونه‌های گیاه گل‌داری که به آنها وابسته هستند و نمی‌توانند این تغییر مناطق آب‌وهوایی زمین به سمت قطب را تحمل کنند یا توانایی محدودی برای همگام‌شدن با نرخ تغییر دارند، در معرض خطر هستند. تغییرات آب‌وهوایی همچنین فصل رشد را تغییر می‌دهد؛ به این معنی که گیاهان زودتر در فصل شروع به گل‌دادن می‌کنند. درنتیجه، شکاف‌هایی می‌تواند در دسترسی گرده و شهد موردنیاز در طول فصل جستجوی علوفه کلنی‌های زنبورعسل رخ دهد [۳۸].

بحث‌های زیادی بر این موضوع متمرکز شده است که چگونه تغییرات آب‌وهوایی از طریق و الگوهای مختلفی، بر رفاه انسان تأثیر می‌گذارد [۳۲]. این رفاه همچنین به تنوع موجودات مورداستفاده برای کالاها و خدمات اکوسیستمی مانند غذا، تولید انرژی و دارو بستگی دارد [۳۲]. با تغییر اقلیم در بخش‌های خاصی از جهان، زنجیره‌ای که تنوع زیستی، فرآیندهای اکوسیستم، و کالاها و خدمات اکوسیستمی را به هم پیوند می‌دهد، احتمالاً از بین می‌رود، زیرا تنوع زیستی تحت تأثیر شرایط آب‌وهوایی، و

بسیاری از عوامل دیگر مؤثر بر سلامت و رفاه انسان تغییر یافته است [۳۲]. البته تغییرات در اکوسیستم‌های مختلف یکسان نیست و هر اکوسیستم باید با روش‌های مناسب بررسی شود [۹]. توانایی گونه‌ها برای انطباق یا سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی هم به سرعت تغییرات آب‌وهوایی و هم به توانایی‌های پراکندگی گونه‌ها بستگی دارد [۴]. 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 [۹].

در این راستا شناخت و انتخاب مکان‌های مناسب که با نیازهای زیستی و غیرزیستی گونه‌ها در اقلیم فعلی و آینده مطابقت داشته باشد لازم است. مدل‌های توزیع گونه‌ها (SDM) در حال حاضر ابزار اصلی مورد استفاده برای استخراج پیش‌بینی‌های صریح فضایی مناسب بودن محیط برای گونه‌ها هستند [۱۳]. آنها معمولاً با ارتباط آماری توصیف‌کننده‌های محیطی به شکل مستقیم با وقوع یا فراوانی گونه‌ها به این امر دست می‌یابند [۱۲،۱۳]. مدل-های مدل های انتشار گونه ها در شناسایی زیستگاه‌های بالقوه و حفاظت از گونه‌ها در تغییرات اقلیمی آینده از توانمندی زیادی برخوردار هستند [۱۲].

گونه‌های *Teucrium polium* L. و *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. از جمله مهم‌ترین گونه‌های گیاهی شهدزا در ایران هستند که نقش عمده‌ای در پرورش زنبور در مراتع دارند [۱،۳۵ و ۳۱]. علاوه بر این، این دو گونه از جمله گیاهان دارویی هستند که در طب سنتی ایران از اهمیت زیادی برخوردارند[۵ و ۱۸]. گونه کلپوره، گیاهی که تقریباً ۲۰۰۰ سال پیش در طب سنتی مورداستفاده قرار می‌گرفته است، عمدتاً در نواحی مدیترانه و نواحی مختلف ایران به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک کوهستانی و دشتی یافت می‌شود [۵ و ۱۷]. کلپوره چندساله، علفی، گیاهی چوبی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و ظاهری سفید و پنبه‌ای است. گل‌ها به رنگ‌های سفید، زرد و سفید تا زرد دیده می‌شوند. *T. polium* در نواحی صخره‌ای و شنی مدیترانه، نواحی مختلف اروپا، شمال آفریقا و جنوب‌غرب آسیا از جمله ایران (در مناطق مختلف شمال، غرب، جنوب و مرکز کوه‌های خشک) انتشار دارد [۱۷ و ۵].

گونه *T. kotschyanus* (آویشن) درختچه‌ای قوی و متراکم است که در طیف وسیعی از مراتع کوهستانی به‌عنوان گونه غالب همراه پراکنده است. داشتن ساقه‌های فراوان نسبتاً کوتاه و چوبی که تاجی بالشتکی به این گونه می‌دهد همراه با ریشه‌های قوی و متراکم نقش اساسی در تثبیت خاک و همچنین جلوگیری از فرسایش آبی در مناطق کوهستانی و شیب تند دارد [۱۸ و ۲۵].

این دو گونه گیاهی شهدزا، مقاوم و مناسب برای زنبورداری هستند بعلاوه آویشن در جلوگیری در فرسایش خاک نیز مؤثر می‌باشد، همه این‌ها نشانگر اهمیت حفظ و نگهداری از این گونه‌ها در مراتع است. این مهم بدون شناخت تغییرات محیط آنها در آینده و در پاسخ به تغییرات محیطی به‌ویژه تغییر اقلیم امکان‌پذیر نیست. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های ذکرشده در ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

ایران با مساحتی در حدود ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومترمربع در جنوب‌غربی آسیا واقع‌شده و شانزدهمین کشور بزرگ جهان است. این کشور در عرض جغرافیایی تقریباً بین ۲۵ تا ۴۰ شمالی و در طول جغرافیایی بین ۴۴ تا ۶۴ شرقی قرار دارد [۱۰]. مهم‌ترین کوه‌های ایران رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس هستند. رشته کوه‌های البرز و زاگرس در جهت شمال‌غربی-شمال‌شرقی و شمال‌غربی-جنوب‌شرقی امتداد دارند.

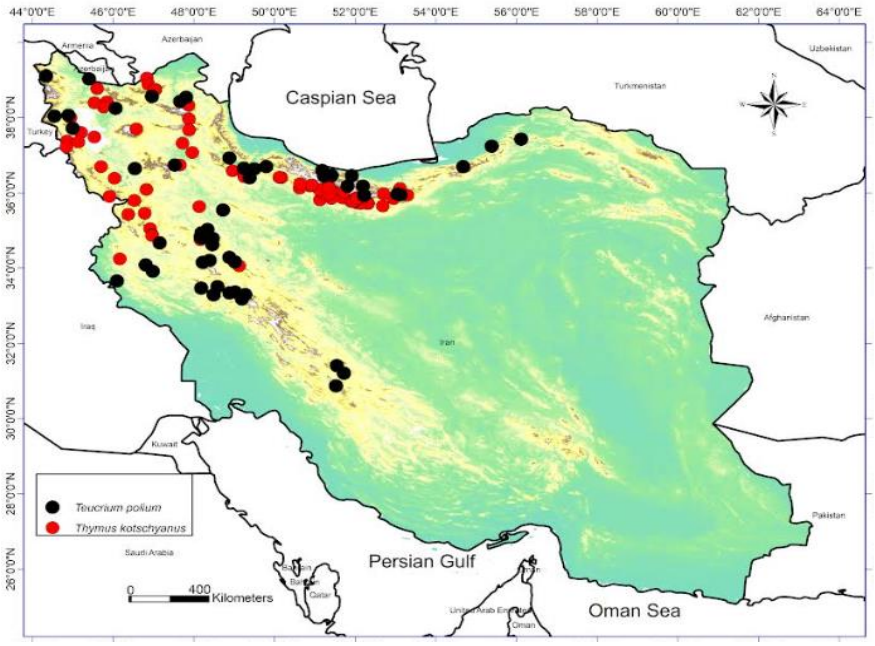
قله دماوند در البرز به ارتفاع ۵۶۰۰ متر از سطح متوسط دریا می‌رسد درحالی‌که سواحل خزر زیر سطح دریا (۲۸- متر) است. آب‌وهوای کشور به‌جز نواحی ساحلی شمالی و بخش‌هایی از غرب ایران عمدتاً خشک یا نیمه‌خشک است. میانگین بارندگی سالانه کشور حدود ۲۴۰ میلی‌متر (۱/۳) متوسط بارندگی سالیانه جهانی و حداکثر در دشت‌های دریای خزر، دامنه‌های البرز و زاگرس به ترتیب بیش از ۱۸۰۰ و ۴۸۰ میلی‌متر است.

با رفتن به داخل دشت‌های مرکزی و شرقی، دامنه بارش بسته به موقعیت مکانی به کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در سال کاهش می‌یابد [۱۰]. اگرچه بخش اعظم ایران خشک است، اما اقلیم‌های پیچیده و متنوع، توپوگرافی، سازندهای زمین‌شناسی و مدیریت منابع طبیعی باعث تنوع زیستی متنوع و منحصربه‌فردی شده است. رویشگاه‌های ایران از حدود ۸۰۰۰ گونه گیاه گل‌دار (متعلق به ۱۶۷ خانواده از ۱۲۰۰ جنس) هستند که از این تعداد تقریباً ۱۷۰۰-۲۳۰۰ گونه بومی هستند [۱۹].

مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای

الف) استخراج و آماده سازی اطلاعات مدل‌سازی

جهت انجام مطالعه، اطلاعات مربوط به حضور گونه‌ها در ایران با استفاده از داده های فلورهای ایران [۲]، ایرانیکا [۲۷] و نیز مطالعات میدانی، اطلاعات رویشگاه‌های [۹]، سازندهای زمین‌شناسی (Ministry of Industries and Mines Geological Survey of Iran) و آمار و اطلاعات هواشناسی ایران (بارندگی و دما در بازه زمانی (۱۹۹۰-۲۰۱۷) مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۱- پراکنش الگوی انتشارگونه‌های *Teucrium polium* و *Thymus* در ایران

در مجموع ۱۳۹ نقطه برای هر دو گونه جمع‌آوری شد (شکل ۱). برای ساخت مدل‌ها از ۷۵ درصد داده‌ها به‌صورت تصادفی به‌عنوان داده‌های آموزشی و ۲۵ درصد آنها به‌عنوان داده‌های تست استفاده شد.

ب) تحلیل اطلاعات مدل‌سازی

در مطالعه حاضر، یک دوره زمانی پایه (حاضر) و دو دوره زمانی آینده (سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) در نظر گرفته شد. به علاوه متغیرهای محیطی مربوط به اقلیم، خاک، توپوگرافی و میزان تابش نور خورشید از پایگاه‌های اطلاعاتی مربوطه استخراج گردیدند. به‌این‌ترتیب که داده-های اقلیمی از پایگاه داده‌های اقلیمی Chelsa به نشانی https://chelsa-climate.org، با وضوح فضایی تقریباً ۱×۱ کیلومترمربع، گرفته شدند.

داده‌های Chelsa از اندازه‌گیری ارتفاع، دما و بارندگی از ایستگاه‌های هواشناسی در سراسر جهان به دست می‌آیند. ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی از مجموعه داده Chelsa برای ارزیابی شرایط آب‌وهوایی فعلی استخراج شد. این متغیرها اغلب در مدل‌سازی توزیع گونه‌ها استفاده می‌شوند و محدوده‌های سالانه، فصلی، و عوامل محدودکننده مانند دمای ماهانه و فصلی و شدت بارش را به تصویر می‌کشند [۱۶].

همچنین لایه‌های رستری مربوط به میزان تابش نور خورشید در ماه و متغیرهای توپوگرافی از وب‌سایت

www.worldgrids.org به دست آمدند. از پایگاه شبکه-ای جهانی خاک (SoilGridsTM) جهت تهیه متغیرهای مربوط به ویژگی‌های فیزیکو-شیمیایی خاک استفاده شد. به‌منظور انتخاب متغیرهای نهایی ورودی به مدل‌ها، ابتدا وجود همبستگی بین آن‌ها توسط آزمون آماری پیرسون - یکی از متداول‌ترین ضرایب همبستگی- با برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار R v3.2.3 مورد بررسی قرار گرفت [۲۶]. سپس از جفت متغیری که همبستگی بالاتر از ۷۰ درصد داشتند یک متغیر حذف گردید.

از مدل گردش عمومی [1]جو و سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 برای بررسی شرایط اقلیمی آینده استفاده گردید. این مدل از جمله مناسب‌ترین مدل‌های گردش عمومی جو در خاورمیانه به شمار می‌آید و توسط مرکز هواشناسی آمریکا تدوین‌شده است. بررسی شرایط اقلیمی در بازه زمانی آینده از مدل‌های اقلیمی گردش عمومی (GCMs) RCP2.6 و RCP8.5 در دهه‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ میلادی استفاده گردید. لایه‌های رستری مربوط به این مدل‌های اقلیمی از پایگاه اطلاعاتی تغییر اقلیم، کشاورزی و امنیت غذایی به نشانی http://www.ccafs-climate.org استخراج شدند.

اندازه پیکسل کلیه لایه‌های متغیرهای محیطی مورد استفاده در این پژوهش ۳۰ arc (در حدود یک کیلومتر) است. همچنین از مدل آنتروپی بیشینه [2]و نرم‌افزار ver. MaxEnt 3.4.4 برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌های موردمطالعه استفاده گردید [۲۵]. مدل‌سازی با استفاده از ۱۰۲۴ نقطه پس‌زمینه‌و بر اساس ۱۰ مرتبه اجرای مدل‌سازی انجام شد. از معیار ناحیه زیرمنحنی [3]برای ارزیابی کارایی مدل‌ها در پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها استفاده شد. مقدار شاخص فوق توانایی تفکیک بین داده‌های حضور از نمونه‌های پس‌زمینه را زمانی که نقاط عدم حضور در دسترس نیست، دارد [۲۰]. این مقدار بین ۰ و ۱ است به‌طوری‌که مقدار AUC برابر با ۰/۵ نشان می‌دهد که کارایی تمایز مدل تصادفی و مقدار ۱ نشان‌دهنده توانایی تمایز بالای آن است [۳۰]. به‌علاوه مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌ها توسط آزمون جک نایف مشخص شدند. در نهایت نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3، در پنج کلاس زیستگاه با پتاسیل بسیار کم (۰/۲-۰)، کم (۰/۴-۰/۲)، متوسط (۰/۶-۰/۴)، بالا (۰/۸-۰/۶) و بسیار بالا (۱-۰/۸) گروه‌بندی شدند.

نتایج

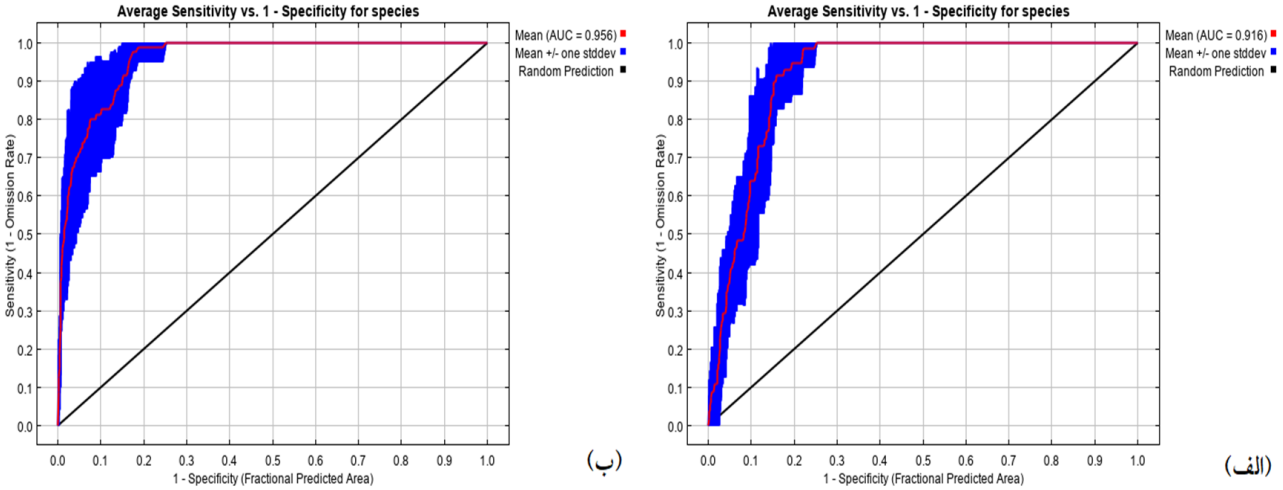
عملکرد مدل‌های مورداستفاده در این پژوهش با استفاده از سطح زیر منحنی ROC یعنی شاخص AUC مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار AUC برای مدل گونه‌های *T. polium* و *T. kotschyanus* به ترتیب برابر با ۰/۹۱۶ و ۰/۹۵۶ است، که بیانگر عملکرد قابل‌قبول مدل برای گونه‌های موردمطالعه است (شکل ۲).

نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان می‌دهد که انتشار بالقوه گونه *T. kotschyanus* در حال حاضر در نوار شمال و شمال‌غرب کشور و در بخش‌های از غرب ایران استقرار است (شکل ۳). به‌علاوه نتایج حاصل از این مطالعه پیش‌بینی می‌کنند که به‌طورکلی بیش از ۲۶ درصد از کل مساحت زیستگاه‌های مطلوب این گونه در پاسخ به تغییر اقلیم در دهه ۲۰۵۰ و تحت سناریو RCP2.6 از بین می-رود (جدول ۲). همچنین پیش‌بینی می‌شود که ۲۹/۵ درصد از دامنه پراکنش این گونه در دهه ۲۰۷۰ و تحت سناریوی RCP2.6 کاسته شود(جدول ۲).

تغییر اقلیم بر پراکنش این گونه تحت سناریوی RCP8.5 اثر مثبت خواهد گذاشت. به‌طوری‌که پیش‌بینی می‌شود که در دهه‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ به ترتیب ۷/۶۹ درصد و ۳/۷۸ درصد به‌کل زیستگاه‌های مطلوب این گونه اضافه شود (شکل ۳ و ۵) (جدول۳). همچنین پراکنش بالقوه فعلی گونه *T. polium* غالباً در شمال‌غرب، غرب، شمال و بخش‌های محدودی از شمال‌شرق و جنوب‌غربی است (شکل ۴). به‌علاوه پیش‌بینی پراکنش بالقوه گونه *T. polium* نشان می‌دهد که این گونه تأثیرپذیری کمتری نسبت به گونه *T. kotschyanus* در پاسخ به تغییر اقلیم دارد. *T. polium* به‌طور کلی تنها ۲/۳ درصد از کل زیستگاه‌های مطلوب خود را در پاسخ به تغییر اقلیم در دهه ۲۰۵۰ و تحت سناریو RCP2.6 را از دست خواهد داد (شکل ۳). همچنین در مجموع، این گونه در دهه

[1] Community Climate System Model4 (CCSM4)
[2] Maxent
[3] Area under the curve (AUC)

۲۰۷۰ و تحت سناریو RCP2.6، ۵/۴۵ درصد افزایش پراکنش را تجربه خواهد کرد. اثر تغییر اقلیم بر روی این سناریوی RCP8.5 شدیدتر خواهد بود، اما در هر دو سناریو مثبت است. به طوری که ۴/۳۳ درصد در دهه ۲۰۵۰ و ۶/۵۱ درصد در دهه ۲۰۷۰ به کل مساحت مطلوب آنها افزوده خواهد شد (شکل ۳ و جدول ۳).



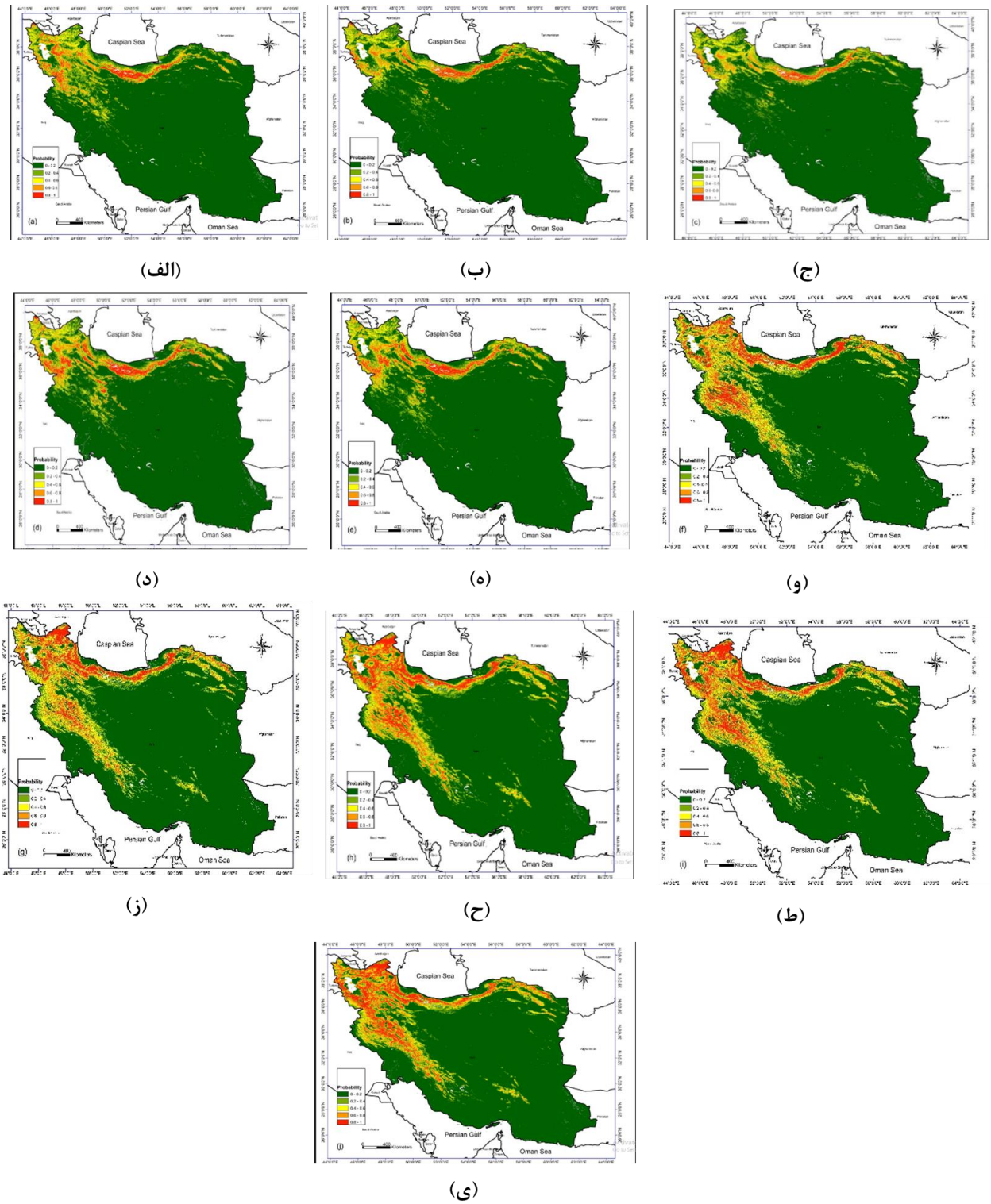
شکل ۲- نمودار سطح زیر منحنی ROC برای اعتبارسنجی مدل مطلوبیت زیستگاه گونه الف) *T. polium* و ب) گونه *T. kotschyanus*

جدول ۲- درصد تغییر در پراکنش بالقوه گونه‌های *T. polium* و *T. kotschyanus* تحت سناریوی خوش‌بینانه در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰

گونه	سناریوها – زمان					
	سناریو خوش‌بینانه سال ۲۰۵۰			سناریو خوش‌بینانه سال ۲۰۷۰		
	افزایش (درصد)	کاهش (درصد)	تغییر (درصد)	افزایش (درصد)	کاهش (درصد)	تغییر (درصد)
T. polium	۷/۳۷	۹/۴۱	-۲/۰۳	۱۰/۵۲	۵/۰۷	۵/۴۵
T. kotschyanus	۵/۳۲	۳۱/۷۵	-۲۶/۴۳	۵/۱۴	۳۴/۱۹	-۲۹/۰۵

جدول ۳- درصد تغییر در پراکنش بالقوه گونه‌های *T. polium* و *T. kotschyanus* تحت سناریوی بدبینانه در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰

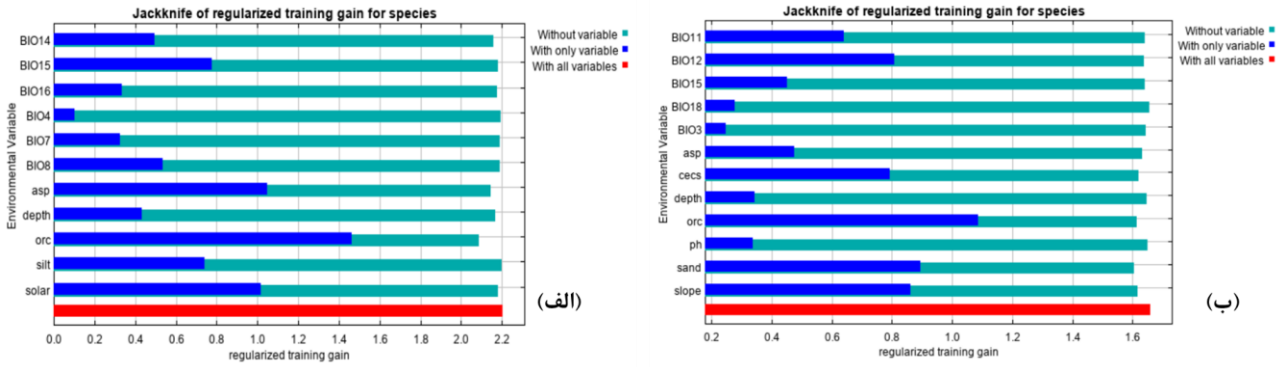
گونه	سناریوها – زمان					
	سناریو بدبینانه سال ۲۰۵۰			سناریو بدبینانه سال ۲۰۷۰		
	افزایش (درصد)	کاهش (درصد)	تغییر (درصد)	افزایش (درصد)	کاهش (درصد)	تغییر (درصد)
T. polium	۱۰/۲۶	۵/۹۲	۴/۳۳	۱۲/۹۳	۶/۴۲	۶/۵۱
T. kotschyanus	۲۰/۹۲	۱۳/۲۳	۷/۶۹	۱۹/۲۱	۱۵/۴۳	۳/۷۸



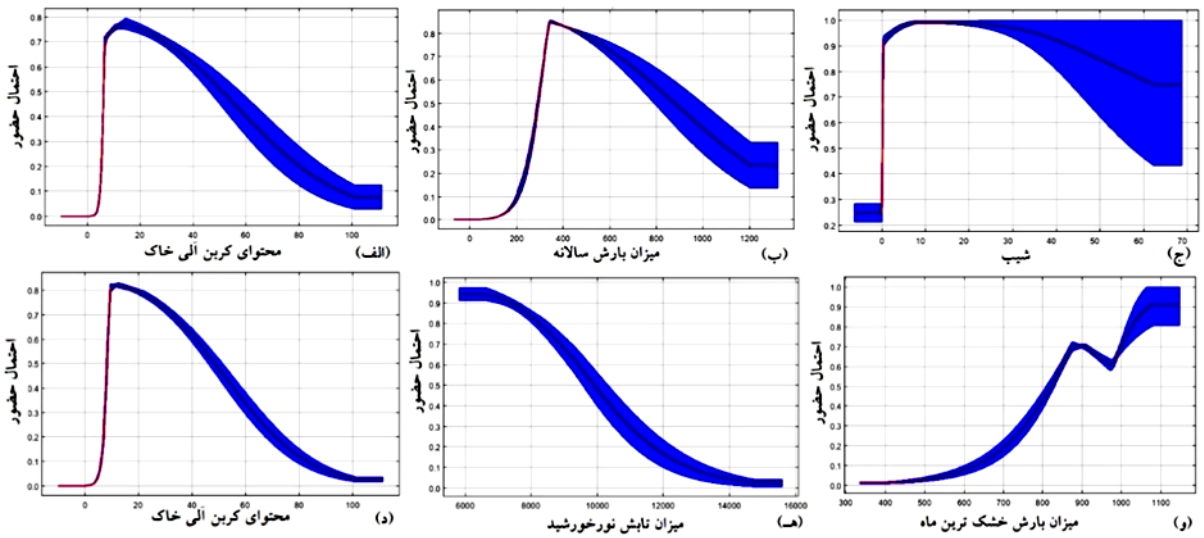
شکل ۳- مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای بالقوه *T. kotschyanus* : الف) در زمان حاضر؛ ب) در زمان آینده تحت سناریو RCP 2.6 در سال ۲۰۵۰؛ ج) تحت سناریو RCP 2.6 در سال ۲۰۷۰؛ د) تحت سناریو RCP 8.5 در سال ۲۰۵۰؛ ه) تحت سناریو RCP 8.5 در سال ۲۰۷۰ و مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای بالقوه *T. polium* : و) در زمان حاضر؛ ز) در زمان آینده تحت سناریو RCP 2.6 در سال ۲۰۵۰؛ ح) تحت سناریو RCP 2.6 در سال ۲۰۷۰؛ ط) تحت سناریو RCP 8.5 در سال ۲۰۵۰؛ ی) تحت سناریو RCP 8.5 در سال ۲۰۷۰.

محتوای کربن آلی در پروفیل خاک (orc) مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر پراکنش هر دو گونه است (شکل ۳). برای گونه *T. kotschyanus* پس از کربن آلی خاک، میزان تابش نور خورشید (solar) و بارش خشک‌ترین ماه

(BIO14) مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار به شمار می‌روند (شکل ۳). به علاوه میزان شیب (slope)، بارش سالانه (BIO12) و درصد وزنی ذرات شن (sand) ازجمله مهم‌ترین فاکتورهای محیطی مؤثر بر پراکنش گونه *T. polium* پس از (orc) به شمار می‌روند (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳- متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر پراکنش بالقوه گونه‌های الف) *T. kotschyanus* و ب) *T. polium* بر اساس آزمون جک نایف



شکل ۴- منحنی‌های پاسخ مهم‌ترین متغیرها برای گونه‌های *T. polium* (الف، ب و ج) و *T. kotschyanus* (د، هـ و و).

بحث و نتیجه‌گیری

گونه‌های گیاهی بر اساس دامنه بردباری‌شان به متغیرهای مختلف محیطی و خصوصیات بوم‌شناختی خود پراکنش می‌یابند و در محیط‌هایی که مطلوب آن‌هاست بیشترین وفور را دارند. بنابراین شناخت عوامل مؤثر بر پراکنش جغرافیایی گونه‌ها می‌تواند در شناخت رویشگاه‌های بالقوه گونه‌های باارزش، کارآمد باشد [۲۰ و ۱۱]. در این مطالعه پراکنش بالقوه دو گونه *T. kotschyanus* و *T. polium* با استفاده از مدل MaxEnt مورد ارزیابی قرار گرفت.

مقایسه نتایج حاصل از مدل‌سازی با اطلاعات مکانی گزارش‌شده قبلی برای این گونه‌ها نشان می‌دهد که مدل MaxEnt در پیش‌بینی پراکنش بالقوه گونه‌ها عالی عمل کرده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مناطق شمال، شمال‌غرب و شمال‌شرق و بخش کوچکی از غرب ایران برای هر دو گونهٔ موردمطالعه و همچنین مناطقی از جنوب‌غرب کشور برای گونه *T. polium* زیستگاه‌های مطلوب به شمار می‌آیند و امکان حضور این گونه‌ها در سایر زیستگاه‌های شرقی، مرکزی و جنوبی ایران بسیار کمتر است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محتوای کربن آلی در پروفیل خاک (orc)، بیشترین تأثیر را در پراکنش *T. kotschyanus* و *T. polium* دارد. مطالعات زیادی نشان می‌دهد که ویژگی‌های خاک بیشترین نقش را در پوشش و تراکم گونه *T. kotschyanus* دارد] ۲۹، ۸، ۳۶ و ۶]. زارع چاهوکی و همکاران (۳۷) و شکراللهی و همکاران (۲۹) در تحقیقات خود به نقش عوامل خاکی در پراکنش گونه *T. kotschyanus* اشاره نموده‌اند (۲۹ و ۳۸). به‌طوری‌که سایر مطالعات میزان مواد الی خاک را یکی از دلایل اصلی گستردگی تاج و افزایش پوشش آویشن بیان کرده‌اند[۲۹] این درحالی است که توپوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع) از عوامل انتشار این گونه در ایران معرفی شده است.

مطالعه انجام شده در منطقه اردبیل نیز بر اهمیت مولفه‌های بافت خاک در انتشار این گونه تأکید کرده است [۸]. با این‌حال نتایج مطالعه دیگری در پلور بر پراکنش گونه نشان داد که مواد آلی خاک تأثیر کمتری در تعیین زیستگاه گونه *T. Kotschyanus* دارد که این نتیجه احتمالا با محدودیت منطقه مورد بررسی [۶] و یا تفاوت شرایط بوم‌شناختی دو زیستگاه مرتبط است.

با توجه به متفاوت‌بودن نتایج در مورد تأثیر این پارامتر خاک، توصیه می‌گردد که مطالعات بیشتر بخصوص مطالعات میدانی در مناطق و رویشگاه‌های متفاوت انجام گردد تا به نتایج قطعی‌تری دست‌یابیم. سایر مطالعات بر محدودیت آشیان بوم شناختی این گونه تاکید می‌کند [۳۷]. این در حالی است که جهت شیب درگونه‌های گیاهی ازجمله ریواس *Rheum ribes L.* [۳۴]، لاله واژگون [۲۱] و بادامک [۹] نیز به‌عنوان عوامل اصلی پراکنش عنوان‌شده‌اند.

ویژگی‌های توپوگرافی ازجمله جهت شیب از عوامل اصلی الگوی پراکنش پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی هستند [۳۵]. توپوگرافی علاوه بر تأثیری که بر پوشش گیاهی و گیاهان شهدزا و گرده‌زا دارد [۳۵ و ۴] بر پتانسیل زنبورداری و حفظ گونه‌های شهدزا و گرده‌زا نیز مؤثر است [۴]. عواملی همچون دمای هوا در ماه‌های گلدهی گونه‌های شهدزا و گرده‌زا نیز علاوه بر تأثیر بر پوشش گیاهی بر پتانسیل زنبورداری و میزان عسل تولیدی تأثیرگذار است [۹، ۱۴ و ۳۱] اکنون شواهد دال بر تغییرات سریع آب‌وهوا بسیار زیاد به نظر می‌رسد. پیش‌بینی می‌شود دمای جهانی تا سال ۲۱۰۰ تا ۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، که همراه با تغییرات مرتبط در الگوهای بارش است. ارزیابی پیامدهای تنوع زیستی و چگونگی کاهش آنها، یک چالش بزرگ در اکولوژی است [۳۲].

مطالعات محدودی در مورد پراکنش و عوامل مؤثر بر پراکنش گونه *T. polium* انجام‌شده است، که عوامل خاکی را از مؤثرترین عامل بر پراکنش گونه می‌دانند [۲۶]. این درحالی است که گونه *T. polium* یک گونه درون لقاح با تنوع ژنتیکی پایین است که این می‌تواند سبب آسیب‌پذیری این گونه گردد [۳۴]. به علاوه برداشت بی‌رویه و کاهش جمعیت‌های این گونه سبب آسیب‌پذیری مضاعف در این گونه می‌گردد [۲۰].

با وجودکمبودها، مدل‌های پراکنش گونه‌ای الگوهای کلی جابجایی گونه‌ها را پیش‌بینی می‌نمایند که اغلب با روندهای زیستی مشاهده‌شده منطبق هستند [۲۱ و ۹]. مدل‌های پراکنش گونه‌ای، ابزاری مفید و مقرون‌به‌صرفه برای شناسایی زیستگاه‌های امروزه و بالقوه گونه‌های گیاهی هستند [۹ و ۲۲]. این مدل‌ها به شناسایی مناطق حساس و درخطر به‌منظور برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی و استراتژی‌های مناسب بهره‌برداری کمک شایانی می‌کنند.

مدل‌های پراکنش گونه‌ای می‌توانند ابزار بسیار کارآمدی به‌منظور استفاده مدیران منابع طبیعی می‌باشند و آگاهی آنها را نسبت به اثرات تغییر اقلیم بر گونه‌ها افزایش می‌دهند. نقشه‌های حاصل از مدل‌ها، مناطق حساس به تغییر اقلیم و پناهگاه‌های ممکن در آینده گونه‌ها را به‌منظور استفاده در طرح‌های حفاظتی و مدیریت جنگلی و مرتعی این مناطق مشخص می‌نمایند.

این این راهبردها باید به‌منظور حفاظت این مناطق در برابر تهدیدها و به‌منظور بهبود مقاومت گونه‌ها به تغییر اقلیم به کار روند تا حضور گونه‌ها در آینده را تضمین کنند [۹]. در واقع امیدبخش‌بودن بهره‌گیری از این گونه مدل‌ها در پیش‌بینی پراکنش بالقوهٔ گونه‌های حیات‌وحش در پژوهش‌های دیگر مورد تأکید قرارگرفته[۲۲].

مدل مکسنت تا حد زیادی تأثیر عوامل ذهنی را کاهش می‌دهد و بنابراین، به‌طور گسترده‌ای برای پیش‌بینی مناطق توزیع بالقوه مناسب برای گیاهان و حتی حیوانات استفاده می‌شود [۳۲]. گیاهان شهدزا و گرده‌زا هر یک به نحوی در زندگی ما مؤثرند. این گیاهان از یک‌طرف با تولید شهد و گرده فراوان باعث تقویت جمعیت گرده‌افشان‌ها و جمعیت کندوهای زنبورعسل می‌شوند که در نهایت باعث ایجاد و حفظ تنوع گیاهی، تولید عسل و دیگر فراورده‌های کندوها می‌گردند. از طرف دیگر این گیاهان از نظر خواص دارویی، حفظ پوشش خاک، کاهش فرسایش خاک بسیار حائز اهمیت می‌باشند. بعلاوه این گیاهان در اقتصاد و اشتغال‌زایی محلی می‌توانند بسیار کمک‌کننده باشند.

با شناخت درست و کامل اکولوژی این گیاهان می‌توان از آنها در احیا و بازسازی زیست‌بوم‌ها و مدیریت منابع استفاده کرد. در واقع تنها توجه به چندمنظوره‌بودن این گونه‌های گیاهی، دلیلی کافی برای تحقیقات بیشتر درباره آنها و حفاظت از این گونه‌های گیاهی است. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در جهت شناسایی مناطق اولویت‌دار و پناهگاه‌های احتمالی آینده برای حفاظت از دو گونه گیاهی *T. kotschyanus* و *T. polium* فراهم نماید.

نتایج مطالعه موردی دردو گونه دارویی و نیز شهدزای ایران نشان می‌دهد که دوگونه با پراکنش نسبتاً گسترده از آسیب‌پذیری بالایی در برابر تغییرات اقلیمی برخوردارند. بنابراین این نکته بر حفاظت گونه‌های نادر و درمعرض خطر با دامنه انتشار وسیع‌تر به شدت تأکید می‌کند.

یافته‌های این مطالعه می‌تواند برای درک توزیع گونه‌ها و توسعه برنامه‌ریزی حفاظتی برای مدیریت پایدار گونه و راهنمای حفاظت در زیستگاه گونه‌ها و همچنین شناسایی مکان‌هایی برای بازسازی آنها، مفید باشد. ارزیابی دقیق گونه‌های گیاهی دارویی با ارزش بالا برای تصمیم‌گیرندگان مفید است [۷]. همچنین، نقشه منطقه پراکنش بالقوه می‌تواند به‌عنوان مرجعی برای برنامه‌ریزی اقدامات کاهشی مناسب، یعنی جابجایی و تعدیل در فعالیت‌های مختلف مرتبط، مانند ایجاد کلنی‌های انسانی، افزودنی‌ها و ساخت جاده‌های نزدیک، نیروگاه مورداستفاده قرار گیرد [۱].

نتیجه‌گیری کلی

اگرچه عواملی ازجمله چرای غیراصولی دام، برداشت بی‌رویه و عواملی از این قبیل باعث کاهش تراکم و گستره پراکنش این گونه‌ها در برخی مناطق شده است، اما نتایج این پژوهش اهمیت پیامدهای تغییر اقلیم بر پراکنش دو گونه گیاهی *T. kotschyanus* و *T. polium* را برجسته ساخته است.

این موضوع ضرورت توجه و حفاظت از این گونه‌ها را که گونه‌هایی باارزش بوم‌شناختی بالا می‌باشند را دوچندان می‌نماید. نقشه‌های تهیه‌شده نشانگر رویشگاه‌های مطلوب دو گونه در حال حاضر و آینده تهیه‌شده‌اند، در برنامه‌ها و طرح‌های مدیریتی و حفاظتی کارآمد خواهند بود.

References

[1]. Adhikari, D., Tiwary, R., Prakash Singh, P., Upadhaya, K., Singh, B., Ezhuthachan Haridasan, K., Bhushan Bhatt, B., Chettri, A. & Kanta Barika, S. (2019). Ecological niche modeling as a cumulative environmental impact assessment tool for biodiversity assessment and conservation planning: A case study of critically endangered plant Lagerstroemia minuticarpa in the Indian Eastern Himalaya. *Journal of Environmental Management*, 243 299–307

[2]. Assadi, M. (Ed.) 1988-2010. Flora of Iran. Vols. 1-74. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran in Farsi).

[3]. 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*, 16 (5): 1436-3798

[4]. 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: 1-637

[5]. Bahramikia, S. & Yazdanparast, R. (2012). Phytochemistry and Medicinal

Properties of Teucrium polium L. (Lamiaceae). *Phytotherapy research Phytother. Res*. 26: 1581–1593

[6]. Behmanesh, B., Tabasi, E., Fakhireh, A. & khalai Ahvazi, L. (2019). Modeling the distribution of medicinal plant species of Thymus kotschyanus and Achillea millefolium using ENFA and Logistic Regression *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 6 (13):91-120. (In Farsi)

[7]. Chandra, N., Singh, G., Lingwal S., Jalal, J.S, Bisht, M.S, Pal, V., Bisht, M.P.S., Rawat, B. & Tiwari, L.M. (2021). Ecological Niche Modeling and Status of Threatened Alpine Medicinal Plant Dactylorhiza Hatagirea D.Don in Western Himalaya. *Journal of Sustainable Forestry*, DOI: 10.1080/10549811.2021.1923530

[8]. Ghafari, S., Ghorbani, A., Moameri, M., Mostafazadeh, R., Bidar Lord, M. & Kake Mami. A. (2021). Habitat potential modeling of *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. in the northern of Ardabil Province rangelands. *Journal of Rangeland*, 15 (2): 195-213. (In Farsi)

[9]. Haidarian Aghakhani, M., Tamartash, R., Jafarian, Z., Tarkesh Esfahani, M. & Tatian, M.R. (2-17). Forecasts of climate change effects on Amygdalus scoparia potential distribution by using ensemble modeling in Central Zagros. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 8 (3): 1-14. (In Farsi)

[10]. Heshmati, G.A. Vegetation characteristics of four ecological zones of Iran. International Journal of Plant Production 1(2), March 2007 ISSN 1735-6814. 224-215

[11]. Jafari, R., Rafiee Mo, G., Matinkhah, S. H., Tarkesh M., Karimzadeh, H. R. & Jafari, Z. (2020). Predicting the Potential Habitat Distribution of Crataegus *Pontica* C. Koch, Using a Combined Modeling Approach in Lorestan Province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 9 (32): 45-59 (In Farsi)

[12]. Jarvie, S. Svenning J-C. (2018) Using species distribution modelling to determine opportunities for trophic rewilding under future scenarios of climate change. Phil. Trans. R. Soc. B 373: 20170446. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0446

[13]. Karimi, A.A.H., Nazarian H. & Jafari E. (2007). Identification of Fars Boney Bee Plant Resources from Three Families in Fars Province (Asteraceae, Papilionaceae and Lamiaceae). Pajouhesh-va-sazandegi, 20(2): 101-111. (In Farsi).

[14]. Khalifa, S.A.M., Elshafiey, E.H., Shetaia, A.A., El-Wahed, A.A.A., Algethami, A.F., Musharraf, S.G. AlAjmi, M.F., Zhao, C., Masry, S.H.D., Abdel-Daim, M.M. & et al. (2021). Overview of Bee Pollination and Its Economic Value for Crop Production. Insects, 12: 688.

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

[16]. Khazaei, M., Nematollahi-Mahani, S. N., Mokhtari, T. & Sheikhbahaei, F. (2018). Review on *Teucrium polium* biological activities and medical characteristics against different pathologic situations. *J Contemp Med Sci*, 4(1): 1–6

[17]. Khoshsokhan, F., Poormeidani, A., Babalar, M. & Fatahi moghadam, M.R. (2014). Analysis of the essential oils of *Thymus kotschyanus* l. (10 populations) from IRAN. *Cercetări Agronomice în Moldova*, XLVII (2): 158.

[18]. Mehrabian, A.R., F. Khajoei Nasab and M. Amini Rad. 2021. Distribution patterns and priorities for conservation of Iranian Endemic Monocots: determining the Areas of Endemism (AOEs). *Journal of Wildlife and Biodiversity* 5(2): 69-87.

[19]. Moustafa.A. A. Zaghloul, M. & Ahmed, N. 2015. Autecology for two threatened species journal of Global Biosciences 4 (8): 3121-3139.

[20]. Naghipour borj, A. A., Ashrafzadeh, M. & Haidarian M. (2021). Modeling the current and future potential distribution of Fritillaria imperialis under climate change scenarios and using three general circulation models in Iran. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 8 (17):219-235. (In Farsi)

[21]. Naghizadeh, S., Moradi Zeinab, H., Mehrabian, A. R. Sayadi, S. & Mostafavi, H. (2020). Prediction The Climate Change Effects On The Potential Spatial Distribution *Onosma Sabalanica* Ponert. And *Onosma Cornuta* H. Riedl. (Boraginaceae Juss.) In Climatic Units of Iran. *Journal of range and*

watershed management (Iranian journal of natural resources), 72 (4): 1117-1129. (In Farsi)

[22]. Obeidavi. Z., Rangzan, K., Mirzaei, R. & Ashrafzadeh, M. R. (2018). Potential distribution modelling of wildlife species based on ecological knowledge of local communities compared with machine learning methods: A case study of Gazella subgutturosa in Mishdagh Protected Area. *Natural environment (Iranian journal of natural recources)* 70(4): 893-906. (In Farsi)

[23]. Phillips, S.J., Dudík, M. and Schapire, R.E. (2017). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from URL: http:// bio diversity informatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on 2020-8-18.

[24]. Pourmeidani, A., Ashraf J. & Mirza, A. (2017). Studying Drought Tolerance in *Thymus kotschyanus* Accessions for Cultivation in Dryland Farming and Low Efficient Grassland. *Journal of Rangeland Science*, 7 (4)

[25]. R Core Team. (2018). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [2019-05-21]. http://www.R-project.org/. 62.

[26]. Raisi, P., Tahmasebi, P., Shahrokhi, A., & Ismaili Farsani, S. (2014). Investigation of the effect of environmental factors on the ecological distribution of *Teucrium polium* in Tang Sayad area of Chaharmahal province. *The first national conference on agriculture and sustainable natural resources*. (In Farsi)

[27]. Riedl, H. 1967. Boraginaceae. pp. 1-281. In: K. H. Rechinger (ed.), Flora Iranica, Flora des iranischen Hochlandes und der umrahmenden Gebirge, vol. 48. University Press, Edinburgh.

[28]. Shokrollahi, S., Moradi, H.R. & Dianati Tilaki, G.A. (2012). The Investigation of Some Environmental Factors Affecting On *Thymus Kotschyanus* Boiss in Polur Summer Rangelands. *Plant and ecosystem*, 8(30): 9-87. (In Farsi)

[29]. Swets, J. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240(4857): 1285–1293.

[30]. Taghavizad R., Majd A., Fallahian F., Nazarian H. & Mehrabian S. (2007). Survey of the Attractive Characters of the Nectar and Pollen Plants for Honeybee in Sirachal Region, Tehran Province. *Pajouhesh-va-sazandegi*, 20(1): 41 To 52. (In Farsi)

[31]. Thuiller, W. (2007). Climate change and the ecologist. *Nature*. 448 (2): 550-552

[32]. Van der Sluijs, Jeroen P. & Vaage, Nora S. (2016). Pollinators and Global Food Security: The Need for Holistic Global Stewardship. *Food ethics*, 1:75–91

[33]. Vandepitte, k., Honnay, O., De Meyer, T., jacquemyn, H. & Roldan Ruiz, I. 2010. Patterns of sex ratio variation and genetic diversity in the dioecious forest perennial Mercurialis perennis. *Plant Ecology*, 206 (1): 105 -114

[34]. Yang, M., Li, Z., Liu, L., Bo, A., Zhang, C. & Li, M. (2020). Ecological niche modeling of Astragalus membranaceus var. mongholicus medicinal plants in Inner Mongolia, China Scientific Reports, 10:12482.

[35]. Yari, R., Heshmati, Gh. & Rafiei, H. (2016). Assessing The Potential of Beekeeping and Determination Of Attractiveness Range Plants Used Bee By Using Geographic Information System In Char-Bagh Summer Rangelands, Golestan. *Journal of RS and GIS for natural resources (journal of applied RS and GIS techniques in natural resource science)*, 7 (3): 1-17. (In Farsi).

[36]. Zare Chahouki, M. A. & Abbasi, M. (2018). Habitat Prediction Model Medicinal Species of Rheum Ribes L. With Maximum Entropy Model in Chahtorsh Rangeland of the Yazd Province. *Journal of range and watershed management (Iranian journal of natural resources)*, 71(7):379-391. (In Farsi)

[38]. Zare Chahouki, M. A., Abbasi, M. & Azarnivand, H. (2016). Evaluating Logistic Regression Model Capability to Determine Spatial Distribution Map of Plant Species (Case Study: Taleghan Miany Rangelands). *Rangeland*, 9(4):320-331. (In Farsi)

Predicting effects of climate change on the distribution of nectar and pollen plants species *Teucrium polium* L. and *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen.

1- Fatemeh Alinejad, PhD student, Department of Plant Sciences and Biotechnology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2- Ahmad Reza Mehrabian*, Assistant Professor, Department of Plant Sciences and Biotechnology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
a_mehrabian@sbu.ac.ir
3- Asadollah Ahmadikhah, Assistant Professor, Department of Plant Sciences and Biotechnology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
4- Tayebeh Akbari Azirani, Assistant Professor, Department of Physical Geography, School of Earth Sciences, Shahid Beheshti University (S.B.U), Tehran, Iran.
5- Dariush Minai-Tehrani, Associate Professor, BioResearch Lab, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Received: 17 Oct. 2021
Accepted: 07 Mar. 2022

Abstract

Plants producing nectar and pollen, producing abundant nectar and pollen strengthen the pollinator population and increses biodiversity and honeybee products. *Teucrium* and *Thymus kotschyanus* are among the most important species to produce vegetable nectar in Iran. These plants play a major role in producing honey and pollen in rangelands. In the present study, the potential distribution for *T. kotschyanus* and *T. polium* was assessed by using the MaxEnt model. Firstly, 19 bioclimatic variables were extracted from chelsa data collection for evaluating the current weather condition and was modeled by max software. According to the results, the organic carbon content in the soil profile (orc) is the most important variable affecting the distribution of both species. In. *T. kotschyanus* not only the soil organic carbon but also the amount of sunlight (solar), deriest month (BIO14) and aspect are the most influential variable. In addition to the amount of aspect, annual rainfall (Boio12) and the weight percentage of sand particle are also considered to be the most important environmental factors in the distribution of T. *polium* and *Thymus kotschyanus* species. The results of this study can provide valuable information to identify the priority of areas and possible future shelters for the protection of *T. kotschyanus*. *T. polium*. Species.

Keywords: Honey, Maximum entropy model, Conservation, Species distribution modeling.