

پیش‌بینی گستره کنونی و گستره بالقوه آینده گونه *Artemisia Aucheri* تحت دو مدل هشدار اقلیمی (Rcp4.5 و Rcp8.5) در رویشگاه‌های مرتعی البرز جنوبی، استان قزوین

جواد معتمدی*^۱، مرتضی خداقلی^۲، رستم خلیفه‌زاده^۳

*۱- دانشیار، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- دانشیار، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- کارشناس پژوهش، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: motamedi@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۷

چکیده

آشکارسازی تغییرات پارامترهای اقلیمی، بیانگر آن است که تغییرات اقلیمی در ایران شروع شده و ضرورت دارد که رویشگاه بالقوه گونه‌های شاخص، در حال حاضر و سال‌های آینده، تحت مدل‌های هشدار اقلیمی، مشخص گردد. در این ارتباط، باید بررسی شود که آیا افزایش دمای حادث شده، اثر مثبت بر حضور گونه‌ها، خواهد داشت یا اثر منفی؟. برای این منظور، گستره کنونی و گستره بالقوه آینده گونه *Artemisia Aucheri* برای سه دهه آینده (سال ۲۰۵۰)، تحت دو مدل هشدار اقلیمی (سناریو Rcp4.5 و Rcp8.5) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، پیش‌بینی شد. نقشه‌های خروجی، با احتمال رخداد بین صفر تا یک، به چهار طبقه؛ رویشگاه نامناسب (۰-۰/۲۵)، رویشگاه تقریباً مناسب (۰/۲۵-۰/۵)، رویشگاه با تناسب بالا (۰/۵-۰/۷۵) و رویشگاه با تناسب خیلی بالا (۰/۷۵-۱)، گروه‌بندی شد و با استناد به ضرایب متغیرها در روابط رگرسیونی، متغیرهای موثر برای گستره کنونی و گستره بالقوه آینده، معرفی گردید. بر مبنای نتایج؛ از بین متغیرهای اقلیمی و توپوگرافی، تنها شاخصه‌های مرتبط با دما (BIO₁ و BIO₅، BIO₁₀، BIO₉)، بر پراکنش گونه *A. Aucheri*، موثر شناسایی شد. مقادیر شاخصه‌ها، با سخت‌تر شدن شرایط اقلیمی، افزایش می‌یابد و در نتیجه، سطح رویشگاه مناسب (احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد) گونه *A. Aucheri*، برای دهه‌های بعدی، کاهش خواهد یافت. به تفسیر دیگر، گستره آن در واکنش به تغییرات اقلیمی، کمتر می‌شود. این موضوع، بیانگر این است که در آینده، حضور گونه *A. Aucheri*، در رویشگاه‌های منطقه، کاهش می‌یابد و خطر حذف آن از اکوسیستم‌ها، مشهود هست. در مجموع، تغییر اقلیم و به تبع آن افزایش شاخصه‌های دمایی، باعث گسترش عمودی گونه *A. Aucheri* و حرکت آن به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر در امتداد گرادیان ارتفاعی منطقه، خواهد شد. از اینرو، حد پائین (۱۱۰۰ متر) و بالای (۲۵۰۰ متر) مورد انتظار گستره رویشی گونه *A. Aucheri*، طی سه دهه آینده، دستخوش تغییر قرار خواهد گرفت.

کلمات کلیدی

"اکوسیستم‌های مرتعی"، "تغییر اقلیم"، "جابجایی گونه‌ها"، "مدل‌سازی"، "مدل‌های هشدار اقلیمی"

۱- مقدمه

سالانه در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰ نسبت به حال حاضر، اثر مثبتی بر حضور برخی از گونه‌های گیاهی خواهد داشت (قاضی مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). برای مثال، نتایج مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گونه *F. ovina* در مناطق کوهستانی زاگرس، در حال حاضر و سال‌های آینده، نشان داد که در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰ به ازای ثابت ماندن تمامی فاکتورهای اقلیمی به غیر از میانگین درجه حرارت سالیانه، احتمال باقی ماندن گونه *F. ovina* افزایش یافته و به عبارت دیگر احتمال رخداد آن بیشتر می‌شود (قاضی مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج منحنی‌های عکس‌العمل نیز بیانگر آن است که با افزایش درجه حرارت سالانه، احتمال حضور این گونه‌ها افزایش می‌یابد. در مجموع، در آینده، با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن، گیاهان سه کربنه، رشد بیشتر و توانایی رقابتی بیشتری در برابر گیاهان چهار کربنه خواهند داشت (Miri and Rasteghar, 2012). بررسی روند تغییرات دی‌اکسید کربن به‌عنوان معرف گازهای گلخانه‌ای که در نتیجه فعالیت‌های بشر، با احتراق سوخت‌های فسیلی حاصل می‌گردد؛ نشان می‌دهد که تا قبل از انقلاب صنعتی، به مدت حدود ۱۰۰۰۰ سال، مقدار آن در جو ثابت و معادل ۲۷۰ ppm می‌باشد ولی پس از انقلاب صنعتی، افزایش یافته و به مرور، شیب این افزایش، شدیدتر شده است. به‌طوری که از سال ۱۹۵۸ از ۳۱۶ ppm به رقم نگران‌کننده ۴۱۷ ppm در سال ۲۰۲۰ رسیده است. بنابراین، طی این مدت، درجه

مطالعات انجام شده در زمینه اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌ها و جوامع گیاهی، نشان می‌دهد که در دهه‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰، دامنه انتشار همه گونه‌ها و جوامع گیاهی، به مقدار زیادی کاهش پیدا خواهند کرد (Krebs, 2009; Tongli and Elizabeth, 2012). گرایش تغییرات محدوده اکولوژیک آنها، به این صورت است که در سال‌های آینده و تحت تاثیر اقلیم، در ارتفاعات بالاتری شاهد استقرار گونه‌های گیاهی خواهیم بود و احتمال حضور گونه‌ها در ارتفاعات پائین‌تر، کاهش خواهد یافت (Taylor et al., 2012). به‌عبارت دیگر، آشیان اکولوژیک این گونه‌ها در سال‌های آتی، به سمت مناطق مرتفع‌تر، پیش خواهد رفت و در ارتفاعات پائین، گستره پراکنش جغرافیایی گونه‌ها و جوامع گیاهی، محدودتر می‌شود (Thomas et al., 2010). برای مثال، نتایج حاصل از پیش‌بینی پراکنش گونه *Kelussia odoratissima* تحت سناریوهای اقلیمی طی سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰، بیانگر کاهش رخداد گونه *K. odoratissima* در مناطق کوهستانی زاگرس شرقی و جابجایی این گونه به سمت مناطق مرتفع است که این جابجایی به دلیل کاهش بارندگی سالیانه و افزایش میانگین دما تحت این سناریو است (ابولمعالی و همکاران، ۱۳۹۶). در این ارتباط، نتایج متفاوتی نیز گزارش شده است و بیان می‌گردد که افزایش میانگین درجه حرارت

خاک، کاهش کیفیت خاک و در نتیجه، زوال گونه‌ها و افزایش روند بیابانزایی را به دنبال داشته است. از طرفی، تغییرات مذکور و در راس آنها، کاهش رطوبت در اکوسیستم‌های طبیعی، افزایش وقوع آتش‌سوزی‌های طبیعی در عرصه‌های مرتعی و جنگلی را به دنبال داشته است. این مناطق، همچنین در معرض افزایش آفات و امراض قرار گرفته و به تدریج از وسعت آنها، کاسته می‌شود (Ferrarini et al., 2014; Krebs, 2009). کم بارشی و بروز خشکسالی، موجب حذف برخی پهنه‌ها و اکوسیستم‌های آبی (چشمه‌ها، مانداب‌ها، باتلاق‌ها، دریاچه‌ها) و عرصه‌های مرتعی و جنگلی شده است که پیامد حذف این عرصه‌ها، موجب شده تا اندک بارش هم تبدیل به سیل گردد (جلیلی، ۱۴۰۰). نهایتاً اینکه افزایش دما، موجب کاهش ضریب آسایش زیست‌اقليمی گردیده و برخی گونه‌های گیاهی و جانوری که توان سازگاری با تغییر اقلیم را ندارند، از زیستگاه دائمی خود، مهاجرت کرده یا به تدریج، از بین می‌روند (Krebs, 2009). در این بین، بعضی از اکوسیستم‌ها نظیر اکوسیستم‌های نقاط مرتفع یا کوهستانی (اکوسیستم‌های آبی و شبه آبی)، به تغییرات اقلیمی حساس‌اند و شرایط را برای تشخیص زودهنگام و مطالعه سیگنال‌های تغییر اقلیم، فراهم می‌کنند. این اکوسیستم‌ها، دارای اقلیم سرد بوده و به دلیل تغییرات توپوگرافی شدید و اثر آنها بر پارامترهای اقلیمی (بارش و دما)، تمایل زیادی به تغییر در توزیع گونه‌های دارند (Ferrarini et al., 2014). در پژوهش حاضر، بر این جنبه از موضوع، یعنی تغییر اقلیم و پراکنش گونه‌های گیاهی، تاکید شده است. در این ارتباط با تهیه نقشه رخداد گستره کنونی (حال حاضر) و گستره بالقوه آینده (برای سه دهه آینده) گونه A. Aucheri، بر طبق دو مدل هشدار اقلیمی (سناریوی ملایم‌تر و سناریوی شدیدتر) (سناریو Rcp4.5 و Rcp8.5)؛ جابجایی آن، در عرض‌های جغرافیایی، در سطح اکوسیستم‌های مرتعی البرز جنوبی (استان قزوین)، مورد بررسی قرار گرفت و به این سؤال، پاسخ داده شد که؛ تغییر اقلیم در عرصه‌های مرتعی تا چه اندازه، در مهار عمودی و افقی گونه مورد پژوهش، مهم است؟.

۲- مواد و روش‌ها

انجام پژوهش حاضر، در چند بخش به شرح ذیل، انجام گرفت.

تهیه نقشه رخداد (حضور و عدم حضور) گونه

A. Aucheri در سطح عرصه‌های مرتعی

برای تعیین مکان‌های حضور گونه، از نقشه پراکنش بهنگام شده، استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا منطقه مطالعاتی، بر اساس خصوصیات محیطی (شیب، جهت، ارتفاع)، به یکسری پلی‌گون‌های همگن، تقسیم و سپس اقدام به نمونه‌برداری به صورت تصادفی در بین این مناطق همگن، شد. در این ارتباط، سعی شد که در ترکیبات مختلف محیطی، دست کم، یک سایت حضور، انتخاب شود. در خصوص ترسیم محدوده حضور گونه؛ صرفاً حضور گونه، مهم بود و نه اجتماع‌پذیری آن. بر همین اساس، همواره محدوده حضور گونه‌های گیاهی، از محدوده نقشه بالفعل گونه‌ها، بزرگتر می‌باشد. در واقع، نقشه بالفعل گونه‌ها، در داخل محدوده حضور، واقع است. ترسیم محدوده حضور گونه، بیشتر با تاکید بر حد پائین (۱۲۰۰ متر) و بالای (۲۵۰۰

حرارت کره زمین، چندین درجه سانتی‌گراد، افزایش یافته است، اما آنچه گرمایش فعلی کره زمین را با گذشته متمایز می‌کند، اثرات مخرب انسانی است (Bytnerowicz et al., 2007). درجه حرارت، به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان شاخص گرم شدن کره زمین، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ray et al., 2019). منابع و گزارشات علمی، نشان می‌دهد در ۱۰۰ سال اخیر، میانگین دمای جهانی حدود ۰/۷۴ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است، در حالی که بررسی‌های انجام گرفته توسط سازمان هواشناسی، نشان می‌دهد که متوسط دمای سالانه ایستگاه‌های کشور، ۳/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (حبیبی نوخندان و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین، مقایسه این عدد با ۰/۷۴ درجه حرارت متوسط کره زمین، آشکار می‌سازد که ایران، بیش از چهار برابر متوسط کره زمین، گرم‌تر شده است. گزارشات سازمان هواشناسی نیز نشان می‌دهد در ۵۰ سال اخیر، افزایش درجه حرارت، معادل ۰/۴ درجه افزایش، به ازای دهه بوده است (سازمان هواشناسی ایران، ۱۳۹۶). در تائید مطالب فوق، مطرح می‌شود که گرمایش جهانی ناشی از افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییر کاربری اراضی، موجب تغییرات آشکاری در اقلیم ایران از جمله افزایش دما، افزایش مخاطرات جوی اقلیمی و کاهش بارش در دو دهه اخیر شده است. در نیم قرن گذشته، میانگین دمای کشور با شیبی حدود ۰/۴ درجه بر دهه، افزایش داشته است. تغییرات بارش نیز نشان از کاهش آن با شیب ۱/۱ میلی‌متر بوده است. همچنین سهم بارش به مقدار ۱۰ درصد کاهش داشته است. از نظر منطقه‌ای، بیشترین کاهش بارش، به ترتیب در منطقه زاگرس و شمالغرب رخ داده است. منطقه زاگرس علاوه بر بیشترین کاهش، با بیشترین افزایش دما نیز مواجه بوده است. تنها منطقه‌ای که احتمال افزایش بارش در آن وجود دارد، جنوب شرق کشور است ولی رفتار بارش‌ها در این منطقه به‌صورت ناگهانی و سیل‌آسا پیش‌بینی می‌شود. افزون بر این، تبخیر و تعرق پتانسیل (نیاز آبی بالقوه)، با شیب ۵/۴ میلی‌متر بر دهه، افزایش یافته است. از سال ۱۳۸۴ تاکنون نمایه خشکسالی دهه‌ای کشور، منفی بوده و از آن زمان تاکنون، کشور با خشکسالی انباشته مواجه بوده است. تعداد ساعات آفتابی، به‌طور میانگین، ۱۱ ساعت بر سال افزایش یافته است. میانگین سرعت باد در بسیاری از نقاط کشور علی‌الخصوص در شهرهای بزرگ، علاوه بر نوسانات شدید، دارای روند کاهشی نیز بوده است (حبیبی نوخندان و همکاران، ۱۳۸۹؛ سازمان هواشناسی ایران، ۱۳۹۶). نتایج منفی این تغییرات، منجر به کاهش مقاومت گونه‌های گیاهی و توان ماندگاری آنها و در نتیجه کاهش تنوع زیستی شده است (Zwicke et al., 2015; Warren et al., 2013). پیش‌بینی شده است که با افزایش ۱/۵ تا ۲/۵ درجه سانتی‌گراد به متوسط دمای کره زمین، ۲۰ تا ۳۰ درصد گونه‌های گیاهی و جانوری در خطر نابودی قرار خواهند گرفت. همچنین جذب کربن، توسط اکوسیستم‌ها تا نیمه قرن بیست و یکم، افزایش یافته و سپس تضعیف و یا معکوس می‌گردد و اکوسیستم‌ها، نه تنها قادر به جذب دی‌اکسید کربن نمی‌شوند، بلکه باعث رها شدن دی‌اکسید کربن به داخل جو خواهند شد و تغییر اقلیم را تشدید می‌نمایند (حبیبی نوخندان و همکاران، ۱۳۸۹). تغییرات مذکور، کاهش چشمگیر پهنه‌های اقلیم مرطوب و افزایش اقلیم خشک و در نتیجه کاهش شدید رطوبت در عرصه‌های طبیعی را حادث شده است (جلیلی، ۱۴۰۰). این موضوع نیز کاهش جوانه زنی بذور، کاهش شادابی گونه‌ها، کاهش فلور میکروبی

¹ Representative Concentration Pathways

متر) مورد انتظار گستره رویشی و دامنه ارتفاعی که گونه مورد مطالعه در آن مشاهده شد (۲۳۰۰-۱۵۰۰ متر)، بوده است.

محاسبه مقادیر متغیرهای محیطی پیش‌بینی کننده، در

محل رخداد گونه A. Aucheri

برای این منظور، از ۱۹ متغیر زیست اقلیمی (جدول ۱) و سه متغیر فیزیوگرافی (شیب، جهت، ارتفاع)، با اندازه پیکسل ۴/۹×۴/۹ کیلومتر، جهت مدل‌سازی پراکنش گونه، استفاده شد. به این ترتیب، پوششی با ۶۵۰ پیکسل ۲۴ کیلومتر مربعی برای گستره منطقه، در نظر گرفته شد که نقاط حضور گونه با عدد یک و عدم حضور گونه با صفر مشخص شد. متغیرهای اقلیمی ذکر شده، از داده‌های موجود در پایگاه داده، محاسبه شد که این داده‌ها، از پهنه‌بندی داده‌های بارش و درجه حرارت در بازه زمانی حداقل ۲۰ ساله، تهیه شدند. متغیرهای فیزیوگرافی (شیب، جهت، ارتفاع) نیز بر اساس لایه رقومی ارتفاع (DEM)، محاسبه شد.

ارائه رابطه رگرسیونی بین رخداد گونه A. Aucheri با

متغیرهای اقلیمی و توپوگرافی

جدول ۱- متغیرهای اقلیمی بکار گرفته شده برای پیش‌بینی پراکنش گونه A. Aucheri

ردیف	نام BIO	پارامترهای هواشناسی	ردیف	نام BIO	پارامترهای هواشناسی
۱	BIO ₁	میانگین دمای سالانه	۱۱	BIO ₁₁	میانگین دمای سردترین فصل
۲	BIO ₂	دمای حداقل و حداکثر ماهانه (دمای حداکثر - دمای حداقل)	۱۲	BIO ₁₂	بارندگی ماهانه
۳	BIO ₃	هم‌دمایی × ۱۰۰ (BIO ₂ /BIO ₇)	۱۳	BIO ₁₃	بارندگی مرطوب‌ترین ماه
۴	BIO ₄	دمای فصلی (انحراف معیار × ۱۰۰)	۱۴	BIO ₁₄	بارندگی خشک‌ترین ماه
۵	BIO ₅	حداکثر دمای گرم‌ترین ماه	۱۵	BIO ₁₅	بارندگی فصلی (ضریب تغییرات)
۶	BIO ₆	حداقل دمای سردترین ماه	۱۶	BIO ₁₆	بارندگی مرطوب‌ترین فصل
۷	BIO ₇	دامنه دمای سالانه (BIO ₅ -BIO ₆)	۱۷	BIO ₁₇	بارندگی خشک‌ترین فصل
۸	BIO ₈	میانگین دمای مرطوب‌ترین فصل	۱۸	BIO ₁₈	بارندگی گرم‌ترین فصل
۹	BIO ₉	میانگین دمای خشک‌ترین فصل	۱۹	BIO ₁₉	بارندگی سردترین فصل
۱۰	BIO ₁₀	میانگین دمای گرم‌ترین فصل			

در معادلات فوق، p احتمال حضور، e عدد نپر، Z معادله چند متغیره خطی حاصل شده از تابع logit است که در واقع متغیر وابسته یا پاسخ می‌باشد، B_i نشان دهنده ضرایب مدل رگرسیون و X_i متغیرهای مستقل محیطی است. در این مدل، پس از تبدیل متغیر وابسته به متغیر لجیت، از تخمین بیشینه احتمالی (Maximum Likelihood Estimation) استفاده می‌شود تا احتمال رخداد گونه را پیش‌بینی کند (صفائی و همکاران، ۱۳۹۲).

پیش‌بینی گستره کنونی (حال حاضر) و گستره بالقوه آینده گونه A. Aucheri برای سه دهه آینده (سال ۲۰۵۰)

برای این منظور، داده‌های مرتبط با ۱۹ متغیر اقلیمی برای دوره زمانی پایه (حال حاضر) و دوره زمانی آینده، در نظر گرفته شد. لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) و دما و بارش ماهیانه منطقه مورد مطالعه با قدرت تفکیک‌پذیری ۳۰ ثانیه، به‌صورت ریز مقیاس شده از پایگاه اطلاعاتی WorldClim.org، تحت دو مدل هشدار اقلیمی (سناریوی ملایم‌تر و سناریوی شدیدتر) (سناریو Rcp4.5 و Rcp8.5)

از مدل گردش عمومی جو (CCSM4)، دانلود شد و با استفاده از داده‌های دما و بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک، نقشه‌ها اصلاح شدند. سپس توسط لایه‌های دما و بارندگی اصلاح شده، لایه‌های ۱۹ متغیر زیست اقلیمی در نرم افزار DIVA-GIS تولید شدند. از نقشه مدل رقومی ارتفاع در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های درصد شیب و جهت شیب، تولید شد و به‌عنوان متغیرهای فیزیوگرافی مورد استفاده قرار گرفت. کل لایه‌های محیطی از نظر محدوده، تعداد پیکسل و سیستم تصویر، در نرم افزار Arc-GIS یکسان سازی گردیدند. در ادامه، متغیرهای محیطی محاسبه شده، در رابطه رگرسیونی ارائه شده در مرحله قبل که بین رخداد گونه با متغیرهای اقلیمی و فیزیوگرافی می‌باشد، قرار داده شد. سپس، در چارچوب بسته Biomod در برنامه R؛ مدل آماری، به نقشه پراکنش گونه‌ای، تبدیل شد و مطابق با مقادیر برازش شده، در نرم‌افزار Arc GIS، نقشه‌ای تولید گردید که ارزش آن بین صفر و یک می‌باشد. مقادیر نزدیک به یک، نشان‌دهنده مناطق با احتمال رخداد

عنوان حضور ثبت می‌کند. b نشان‌دهنده مثبت کاذب است، یعنی پیش‌بینی‌هایی که در مدل وجود داشته، اما در دنیای واقعی وجود ندارد که به‌عنوان خطای مدل ثبت می‌شود. c نشان‌دهنده منفی کاذب است یعنی پیش‌بینی‌هایی که در مدل وجود نداشته است ولی در دنیای واقعی وجود دارد و به‌عنوان خطای مدل ثبت می‌شود. d نشان‌دهنده منفی واقعی است، یعنی پیش‌بینی‌هایی که نه در مدل وجود داشته و نه در دنیای واقعی دیده می‌شود و مدل، آن را به‌عنوان عدم حضور ثبت می‌کند (Latimer et al., 2006).

۳- نتایج

رابطه رگرسیونی بین رخداد گونه A. Aucheri با متغیرهای اقلیمی و توپوگرافی

رابطه رگرسیونی بین رخداد (حضور و عدم حضور) گونه A. Aucheri با متغیرهای اقلیمی و توپوگرافی، به شرح ذیل می‌باشد.

بالا برای حضور گونه می‌باشد. برای نمایش بهتر نقشه گستره کنونی و گستره بالقوه آینده گونه؛ نقشه‌های خروجی با احتمال رخداد بین صفر تا یک، به چهار طبقه، گروه‌بندی شد. این گروه‌ها شامل رویشگاه نامناسب، (۰-۰/۲۵)؛ رویشگاه تقریباً مناسب، (۰/۲۵-۰/۵)؛ رویشگاه با تناسب بالا، (۰/۵-۰/۷۵) و رویشگاه با تناسب خیلی بالا، (۰/۷۵-۱) می‌باشند (Kosanic et al., 2018; Rana et al., 2017; Yilmaz et al., 2017؛ قاضی مرادی و همکاران، ۱۳۹۵).

ارزیابی میزان تطابق گستره حضور گونه A. Aucheri با گستره کنونی (حال حاضر) و گستره بالقوه آنها در آینده

به‌منظور ارزیابی نقشه‌های تولید شده، از شاخص آماری کاپا، استفاده شد (رابطه ۳).

$$K = \frac{\left(\frac{a+d}{n}\right) - \frac{(a+b)(a+c) + (c+d)(d+b)}{n^2}}{1 - \frac{(a+b)(a+c) + (c+d)(d+b)}{n^2}} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

که در آن؛ a نشان‌دهنده مثبت حقیقی، یعنی پیش‌بینی‌هایی که هم در مدل وجود دارد و هم در دنیای واقعی دیده می‌شوند و مدل، آنها را به

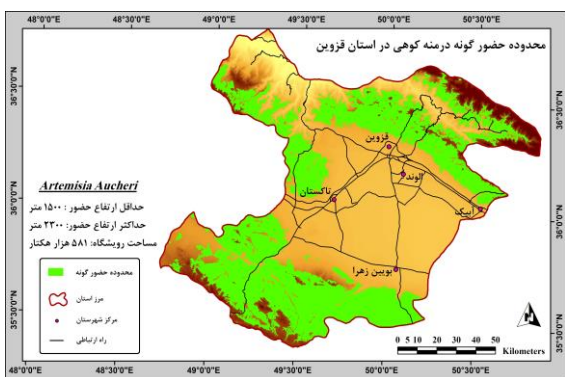
$$P(\text{Ar.Au}) = \frac{\text{EXP}(-3.606+0.001\text{DEm}+0.017\text{Slop}+0.001\text{Aspect}+0.227\text{B1}+0.185\text{B2}+0.012\text{B3}-0.036\text{B5}-0.036\text{B6}+0.168\text{B7}+0.042\text{B8}+0.682\text{B9}-0.475\text{B10}-0.01\text{B12}-0.016\text{B13}-0.054\text{B15}+0.02\text{B16}+0.019\text{B17}+0.007\text{B18}+0.006\text{B19})}{1+\text{EXP}(-3.606+0.001\text{DEm}+0.017\text{Slop}+0.001\text{Aspect}+0.227\text{B1}+0.185\text{B2}+0.012\text{B3}-0.036\text{B5}-0.036\text{B6}+0.168\text{B7}+0.042\text{B8}+0.682\text{B9}-0.475\text{B10}-0.01\text{B12}-0.016\text{B13}-0.054\text{B15}+0.02\text{B16}+0.019\text{B17}+0.007\text{B18}+0.006\text{B19})}$$

می‌باشد نسبت به مکان‌هایی که تناسب رویشگاه برای گستره گونه مورد پژوهش، کم و یا نامناسب می‌باشد؛ کمتر است. به‌عبارت دیگر، هر چه شاخص‌های دمایی افزایش یابد، تناسب رویشگاه برای حضور گونه در آینده، کمتر خواهد شد. به تفسیر دیگر، از بین متغیرهای اقلیمی، تنها شاخص‌های مرتبط با دما، بر پراکنش گونه‌های مورد پژوهش، در حال حاضر و آینده، موثر خواهند بود.

در این ارتباط، مقادیر هر یک از متغیرهای مرتبط با گستره کنونی (حال حاضر)، گستره بالقوه آینده (Rcp4.5) و گستره بالقوه آینده (Rcp8.5) گونه مورد پژوهش، در جدول ۲ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، مقادیر متغیرهای مذکور (BIO₉، BIO₁₀، BIO₅ و BIO₁) که مرتبط با شاخص‌های دمایی است؛ با سخت‌تر شدن شرایط اقلیمی، افزایش می‌یابد. ضمن اینکه مقادیر شاخص‌های مذکور، در مکان‌هایی که تناسب رویشگاه برای پراکنش گونه، زیاد

جدول ۲- دامنه اکولوژیک متغیرهای محیطی موثر بر گستره گونه A. Aucheri در رویشگاه‌های مرتعی

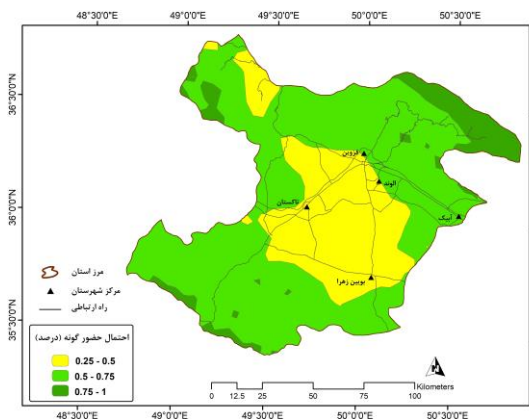
تناسب رویشگاه	گستره کنونی (حال حاضر)				گستره بالقوه آینده (Rcp4.5)				گستره بالقوه آینده (Rcp8.5)			
	BIO ₉	BIO ₁₀	BIO ₅	BIO ₁	BIO ₉	BIO ₁₀	BIO ₅	BIO ₁	BIO ₉	BIO ₁₀	BIO ₅	BIO ₁
زیاد	۲۱/۸	۲۲/۳	۳۰/۱	۱۱/۲	۲۴/۹	۲۵/۳	۳۳/۹	۱۳/۵	۲۶/۰	۲۶/۴	۳۵/۴	۱۴/۹
متوسط	۲۴/۳	۲۴/۸	۳۴/۲	۱۳/۸	۲۷/۳	۲۷/۷	۳۶/۹	۱۶/۱	۲۸/۷	۲۹/۲	۳۸/۸	۱۷/۸
کم	۲۶/۶	۲۷/۴	۳۶/۱	۱۶/۶	۳۰/۰	۳۰/۷	۳۹/۳	۱۹/۴	۳۱/۶	۳۲/۷	۴۱/۲	۲۱/۸
نامناسب	۲۴/۸	۲۸/۹	۳۶/۳	۱۹/۴	۲۷/۱	۳۱/۵	۳۸/۶	۲۲/۰	۲۷/۴	۳۲/۴	۴۰/۰	۲۳/۲



شکل ۱- گستره حضور گونه A. Aucheri

گستره حضور گونه A. Aucheri

بر مبنای بررسی‌های انجام شده، مساحت محدوده حضور گونه A. Aucheri، به شرح شکل ۱ می‌باشد. در این ارتباط، با استناد به حد پائین و بالای گستره رویشی و دامنه ارتفاعی که در آن گونه مورد مطالعه، مشاهده شد؛ در ۲۸ درصد از سطح اکوسیستم‌های مرتعی، امکان حضور دارد.

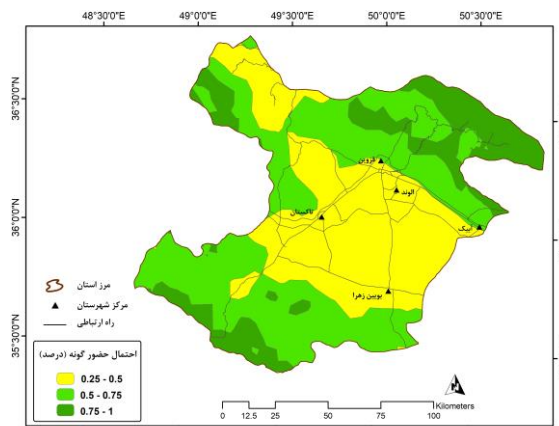


شکل ۴- گستره بالقوه آینده گونه *A. Aucheri* برای یک دهه آینده تحت مدل هشدار اقلیمی Rcp8.5 (سال ۲۰۵۰)

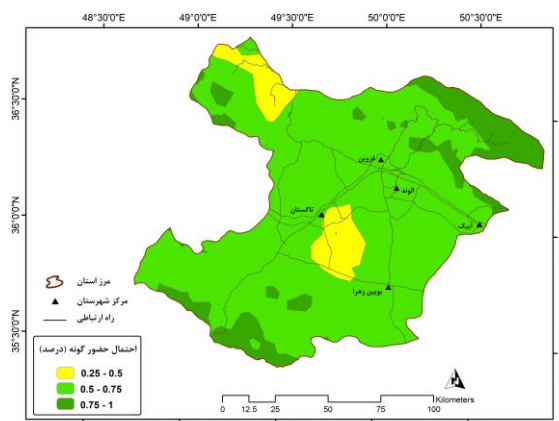
مساحت طبقات نقشه رخداد گونه *A. Aucheri* در حال حاضر و سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای ملایم‌تر و شدیدتر، در جدول ۳ ارائه شده است. در این ارتباط، سطح رویشگاه مناسب این گونه (احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد) با توجه به نقشه پیش بینی حال حاضر، ۲۷۴۵۰۵ هکتار است که حدود ۱۸ درصد از کل رویشگاه‌های مرتعی در البرز جنوبی (استان قزوین) را به خود اختصاص داده است. همچنین سطح رویشگاه مناسب این گونه با توجه به نقشه‌های پیش بینی برای سال ۲۰۵۰، تحت دو سناریوی Rcp4.5 و Rcp8.5، به ترتیب ۲۰۸۱۷۵ و ۱۳۱۹۶۴ هکتار است که حدود ۱۳ و ۸ درصد از کل رویشگاه‌های مرتعی در البرز جنوبی (استان قزوین) را به خود اختصاص داده است. در مجموع؛ مساحت مربوط به طبقاتی که احتمال حضور گونه *A. Aucheri* در آنها بیشتر است، در سال ۲۰۵۰ نسبت به حال حاضر، کاهش یافته است. این موضوع، بیانگر آن است که طی سه دهه آینده، میزان حضور گونه *A. Aucheri* در رویشگاه‌های مورد پژوهش، کاهش می‌یابد.

نقشه رخداد گونه *A. Aucheri* (گستره کنونی و گستره بالقوه آینده)

گستره کنونی گونه *F.ovina* و همچنین گستره بالقوه آینده آن در سال ۲۰۵۰، تحت سناریوهای ملایم تر (Rcp4.5) و شدیدتر (Rcp8.5) که با استناد به رابطه رگرسیونی این گونه، در مقیاس کلان و برای گستره رویشی آن در سطح منطقه محاسبه گردید، در شکل‌های ۲ الی ۴ ارائه شده است.



شکل ۲- گستره کنونی (حال حاضر) گونه *A. Aucheri*



شکل ۳- گستره بالقوه آینده گونه *A. Aucheri* برای یک دهه آینده تحت مدل هشدار اقلیمی Rcp4.5 (سال ۲۰۵۰)

جدول ۳- مساحت طبقات نقشه رخداد گونه *A. Aucheri* در حال حاضر و سال ۲۰۵۰

احتمال وقوع گونه (درصد)	تناسب رویشگاه	گستره کنونی (حال حاضر)		گستره بالقوه آینده در سال ۲۰۵۰ تحت سناریوی Rcp4.5		گستره بالقوه آینده در سال ۲۰۵۰ تحت سناریوی Rcp8.5	
		مساحت (هکتار)	درصد مساحت	مساحت (هکتار)	درصد مساحت	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
بیشتر از ۷۵	زیاد	۲۷۴۵۰۵	۱۸	۲۰۸۱۷۵	۱۳	۱۳۱۹۶۴	۸
۵۰-۷۵	متوسط	۶۷۳۹۷۵	۴۳	۱۲۳۵۵۷۵	۷۹	۱۰۰۴۴۹۰	۶۴
۲۵-۵۰	کم	۶۰۹۲۷۳	۳۹	۱۱۴۰۰۲	۷	۴۲۱۳۰۰	۲۷
کمتر از ۲۵	نامناسب	۰	۰	۰	۰	۰	۰

اعتبار سنجی مدل

مقدار ضریب آماری کاپا در خصوص، ارزیابی میزان تطابق گستره حضور گونه *A. Aucheri* با گستره کنونی (حال حاضر) و گستره بالقوه آنها در آینده، ۷۹ می‌باشد که با توجه به طبقه‌بندی ارائه شده از ضرایب کاپا (Ilunga Nguay and Shebitz, 2019)، مدل از دقت خوب و قابل قبولی برخوردار است.

۴- نتیجه گیری

نتایج پژوهش، نشان داد که تغییر اقلیم و به تبع آن افزایش شاخصه‌های دمایی، باعث گسترش عمودی گونه *A. Aucheri* و حرکت آن به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر در امتداد گرادیان ارتفاعی منطقه، شده است. بنابراین، مقادیر ذکر شده در خصوص حد پائین (۱۲۰۰ متر) و بالای (۳۶۰۰ متر) مورد انتظار گستره رویشی و دامنه ارتفاعی که گونه *A. Aucheri* در آن مشاهده شد (۳۴۰۰-۱۸۰۰ متر)؛ طی یک دهه آینده، دستخوش تغییر قرار خواهد گرفت و دامنه ارتفاعی که در آن، گونه مورد مطالعه در سطح اکوسیستم‌های مرتعی، مشاهده خواهد شد؛ قطعاً متفاوت از ارقام ارائه شده می‌باشد. در این راستا، گسترش گیاهان به سمت ارتفاعات طی دوره‌های اخیر، نمونه‌ای از جابجایی گونه‌ها تحت تأثیر تغییر اقلیم، ذکر شده است (Walther et al., 2002). همچنین، یکی از مهمترین اثرات تغییر اقلیم، جابجایی محدوده جغرافیایی گونه‌های گیاهی، ذکر شده است (۲۱). بر این اساس، افزایش دما، باعث حرکت گونه‌های نیمکره شمالی به سمت ارتفاعات خواهد شد (Hodd et al., 2014). نتایج حاصل از مدل‌سازی پراکنش گونه *A. Aucheri*، نشان داد که متغیرهای اقلیمی موثر بر پراکنش گونه *A. Aucheri*، عمدتاً مرتبط با شاخصه‌های دمایی است که با سخت‌تر شدن شرایط اقلیمی، بر مقادیر آنها، افزوده می‌شود. به عبارت دیگر، هر چه شاخصه‌های دمایی افزایش یابد؛ تناسب رویشگاه برای حضور گونه در آینده، کمتر خواهد شد. در واقع نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه نیز تأیید کننده این موضوع هستند که میانگین شاخصه‌های دمایی در سه دهه آینده (سال ۲۰۵۰) نسبت به حال حاضر، افزایش خواهد یافت. نکته حائز اهمیت با استناد به نتایج

منابع

- ابوالعالی، س.م.ر.، ترکش اصفهانی، م.، بشری، م. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه در حال انقراض *Kelussia odoratissima* با استفاده از مدل افزایشی تعمیم یافته. مجله محیط طبیعی، ۷۰(۲): ۲۴۳-۲۵۴.
- جلیلی، ع.، ۱۴۰۰. ضرورت تغییر رویکرد در مدیریت محیط‌های طبیعی کشور؛ قسمت پنجم: ضرورت تغییر رویکرد در مرتعداری: تدوین طرح‌های مرتعداری با رویکرد اکوسیستمی. نشریه طبیعت ایران، ۶(۲): ۳-۳.
- حبیبی نوخندان، م.، غلامی بیرقدار، م.، شائمی برزکی، ا. ۱۳۸۹. تغییر اقلیم و گرمایش جهانی. انتشارات پژوهشکده اقلیم شناسی، ۱۳۶ صفحه.
- سازمان هواشناسی ایران، ۱۳۹۶. تشخیص و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و چشم انداز آن در ایران در قرن بیست و یکم. انتشارات پژوهشکده اقلیم شناسی، ۳۷ صفحه.
- صفایی، م.، ترکش اصفهانی، م.، بصیری م.، ۱۳۹۲. تهیه منحنی‌های پاسخ گونه گون زرد (*Astragalus verus*) نسبت به شیب تغییرات محیطی با استفاده از روش *None Parametric Multiplicative Regression* در منطقه فریدونشهر استان اصفهان. نشریه گیاه و زیست بوم، ۳۶: ۵۳-۶۴.
- قاضی مرادی، م.، ترکش اصفهانی، م.، بشری، ح.، وهایی، م.ر. ۱۳۹۵. تعیین رویشگاه بالقوه گونه کما (*Festuca ovina*) با استفاده از مدل افزایشی تعمیم یافته (GAM) در منطقه فریدونشهر استان اصفهان. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۶۹(۳): ۶۸۹-۳۷۷.
- Bytnerowicz, A., Omasa, K. and Paoletti, K. 2007. Integrated effects of air pollution and climate change on forests: a northern hemisphere perspective. *Environmental Pollution*, 147:438-445.

حاصل، این می‌باشد که اهمیت نسبی گونه مورد پژوهش در رویشگاه‌های فعلی محل پراکنش آنها، طی سه دهه آینده به شدت کم خواهد شد و خطر حذف آنها از اکوسیستم‌ها، کاملاً مشهود هست. بر مبنای نتایج پژوهش حاضر و پژوهش‌های مشابه، با مشخص نمودن میزان همپوشانی رخداد گستره کنونی (حال حاضر) با گستره بالقوه آینده (برای یک دهه آینده) گونه‌های گیاهی، بر طبق دو مدل هشدار اقلیمی (سناریوی ملایم‌تر و سناریوی شدیدتر)؛ می‌توان تغییراتی که در نتیجه تغییر اقلیم طی یک دهه آینده در توزیع گونه‌ها پیش می‌آید را بررسی نمود (Krebs, 2009). همچنین، نتایج حاصل، قابل کاربرد در برنامه‌های حفاظتی و احیاء پوشش گیاهی خواهد بود و بر مبنای نتایج، می‌توان مکان‌های مناسب از لحاظ اقلیمی و توپوگرافی را جهت حفاظت و مرتعکاری گونه‌ها، شناسایی کرد (Ghorbani et al., 2020). قاضی مرادی و همکاران، ۱۳۹۵. اکثر مطالعات انجام شده در کشور که مرتبط با پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های مرتعی تحت سناریوهای مختلف اقلیمی می‌باشد؛ صرفاً مرتبط با محدوده پراکنش گونه مورد پژوهش در یک منطقه خاص جغرافیایی، بوده است که نتایج حاصل، قابل تممیم به سطح کلان نمی‌باشد. به عبارت دیگر، بر مبنای نتایج حاضر، کمتر می‌توان در مقیاس اکوسیستمی، برای مدیریت رویشگاه‌های هر گونه گیاهی، تصمیم گرفت. از اینرو، در پژوهش حاضر، پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه *A. Aucheri*، در سطحی با ۶۵۰ پیکسل ۲۴ کیلومتر مربعی برای گستره رویشگاهی البرز جنوبی، مورد بررسی قرار گرفت. به عبارتی، تلاش بر این شد که تغییرات عرض جغرافیایی، توپوگرافی و اقلیم، همزمان بر پراکنش گونه‌ها، مورد سنجش قرار داد تا در نگان کلان و در مقیاس اکوسیستمی، بتوان به این سئوالات پاسخ داد که؛ آیا افزایش دمای حادث شده در سطح کشور، اثر مثبت بر حضور گونه‌ها در رویشگاه‌های محل پراکنش، داشته یا اثر منفی؟. ضمن اینکه، تغییر اقلیم در اکوسیستم‌های مرتعی تا چه اندازه، در مهار عمودی و افقی گوناگونی گیاهی، تأثیر گذار بوده است؟ و بهبود شرایط رویشگاهی یا تهدید رویشگاهی گونه‌ها را به دنبال داشته است.

- Ferrarini, A., Rossi, G., Mondoni, A. and Orsenigo, S. 2014. Prediction of climate warming impacts on plant species could be more complex than expected, evidence from a case study in the Himalaya. *Ecological Complexity*, 20: 307-314.
- Ghorbani, A., Samadi Khangah, S. and Esfanjani, J. 2020. Predicting the distribution of *Leucanthemum vulgare* using logistic regression in Fandoghluo rangelands of Ardabil province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 10 (1): 98-111.
- Hodd, R.L., Bourke, D. and Skeffington, M.S. 2014. Projected range contractions of European protected oceanic montane plant communities: focus on climate change impacts is essential for their future conservation. *PLoS one*, 9 (4-e95147): 1-13.
- Ilunga Nguy, K. and Shebitz, D. 2019. Characterizing the spatial distribution of *Eragrostis Curvula* (Weeping Lovegrass) in New Jersey (United States of America) using logistic regression. *Environments*, 6 (125): 1-14. <https://doi.org/10.3390/environments6120125>.
- Kosanic, A., Anderson, K., Harrison, S., Turkington, T. and Bennie, J. 2018. Changes in the geographical distribution of plants species and climatic variables on the West Cornwall peninsula (South West UK). *PLoS ONE*, 13(2): 1-18.
- Krebs, C.J. 2009. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. 6th ed. Benjamin Cummings, San Francisco. 655p.
- Latimer, A.M., Wu, S.S., Gelfand, A.E. and Silander, J.A. 2006. Building statistical models to analyze species distributions. *Ecological Applications*, 16: 33-50.
- Miri, H.R. and Rasteghar, A. 2012. Effect of CO₂ enrichment on growth and competitiveness of soyben and millet against lambs auarters and pigewwd. *Electronic Journal of Crop Production*, 5 (1): 1-18.
- Rana, S.K., Rana, H.K., Ghimire, S.K., Shrestha, K.K. and Ranjitkar, S. 2018. Predicting the impact of climate change on the distribution of two threatened Himalayan medicinal plants of Liliaceae in Nepal. *Journal of Mountain Science*, 14 (3): 558-570.
- Ray, D.K., West, P.C., Clark, M., Gerber, J.S., Prishchepov, A.V. and Chatterjee, S. 2019. Climate change has likely already affected global food production. *PLoS ONE*, 14(5): 1-18.
- Taylor, M.A., Stephenson, T.S., Anthony Chen, A. and Stephenson, K.A. 2012. Climate change and the caribbean: Review and response. *Caribbean Studies*, 40 (2): 169-200.
- Thomas, L.E., Gerald, S., Rehfeldt, C. and Celestino, F. 2010. Projection of suitable habitat for rare species under global warming scenario. *American Journal of Botany*, 97 (6): 970-987.
- Thuiller, W., 2007. Biodiversity: climate change and the ecologist. *Nature*, 448 (7153): 550-552.
- Tongli, W. and Elizabeth, C. 2012. Projecting future distributions of ecosystem climate niches: Uncertainties and management applications. *Forest Ecology and Management*, 279: 128-140.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O. and Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416 (6879): 389-395.
- Warren, R., Van Der Wal, J., Price, J., Welbergen, J.A., Atkinson, I. and Ramirez-Villegas, J. 2013. Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss. *Nature Climate Change*, 3 (7): 678-682.
- Yilmaz, H., Yilmaz, O.Y. and Akyuz, Y.F. 2017. Determining the factors affecting the distribution of *Muscari latifolium*, an endemic plant of Turkey and a mapping species distribution model. *Ecology and Evolution*, 7 (4): 1112-1124.
- Zwicke, M., Picon-Cochard, C., Morvan-Bertrand, A., Prud'homme, M.P. and Volaire, F. 2015. What functional strategies drive drought survival and re-recovery of perennial species from upland grassland?. *Annals of Botany*, 116:1001-1015.

Prediction of current and future potential range of *Artemisia Aucheri* under two climate warning models (Rcp4.5 and Rcp8.5) in southern Alborz rangeland habitats, Qazvin province

Javad Motamedi^{1*}, Morteza Khodagholi² and Rostam Khalifezadeh³

1* - Associate Professor , Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

2- Associate Professor , Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Research Expert, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

* Email Address: motamedi@rifr-ac.ir

Abstract

Introduction

The detection of changes in climate parameters indicates that climate change has begun in Iran and it is necessary to identify the habitats of potential species, present and future years, under climate warning models. In this regard, it should be examined whether the increase in temperature in the country will have a positive effect on the presence of species in rangeland habitats, or a negative effect?. For this purpose, the current and potential future range of *Artemisia Aucheri* for the next three decades (2050) were predicted under two climate warning models (Rcp4.5 and Rcp8.5).

Methodology

In this connection; First, the event map (presence and absence) of *A. Aucheri* species was prepared at the level of rangeland habitats. Then, the values of predictive environmental variables were calculated at the species occurrence site. For this purpose, 19 bioclimatic variables and three physiographic variables (slope, direction, height) with a pixel size of 4.9× 4.9 km were used to model the distribution. The points of presence were marked with the number one and the absence with the number zero. Then, considering the values of each of the climatic and physiographic variables as independent variables and the amount of presence and absence of the species as a dependent variable; a regression relationship between species occurrence and environmental variables was calculated. In the next step; based on the resulting regression relationship, prediction maps of the current (present) range and the potential future range of *A. Aucheri* species for the next three decades (2050) were prepared. In this regard, data related to monthly temperature and precipitation for the base time period (current) and the future time period, with a resolution of 30 seconds, in small scale from the WorldClim.org database, under two climate warning models (milder scenario and The more severe scenario) (Rcp4.5 and Rcp8.5) was downloaded from the General Atmospheric Circulation Model (CCSM4) and the maps were modified using temperature and rainfall data from synoptic meteorological stations. Then, by modifying the temperature and rainfall layers, layers of 19 bioclimatic variables were generated in DIVA-GIS software. From the digital elevation model map in the GIS environment, slope percentage and slope direction maps were generated and used as physiographic variables. All peripheral layers were standardized in Arc-GIS software in terms of area, number of pixels and image system. Next, the calculated environmental variables were placed in the regression relationship presented in the previous step, which was obtained between species occurrence with climatic and physiographic variables. Then, in the context of the Biomod package in the R program; the statistical model was transformed into a species distribution map, and in accordance with the fitted values, in Arc GIS software, a map was generated with a value between zero and one, and values close to one indicate areas with high probability of occurrence of the species. To better map the current range and future potential range; output maps, with a probability of occurrence between zero and one, to four floors; Inadequate habitat (0-0.25), almost suitable habitat (0.25-0.5), highly suitable habitat (0.5-0.75) and very high fitness habitat (0.75-1), The grouping was intense and by referring to the coefficients of variables in regression relations, effective variables for the current range and potential future range were introduced. In this regard, the extent of conformity of the presence range of *A. Aucheri* species with the current range (present) and their potential range in the future was evaluated using kappa statistical coefficient.

Conclusion

Global warming due to increased greenhouse gas emissions; it has caused obvious changes in Iran's climate, including rising temperatures, increasing climatic hazards and decreasing rainfall, in the last two decades. In this regard, most scientific sources emphasize that the increase in temperature has reduced the coefficient of bioclimatic comfort, and some plant and animal species that are not able to adapt to climate change, they migrate from their permanent habitat or gradually disappear. In this study, this aspect of the issue, namely climate change and the distribution of plant species, was emphasized. Based on the results; among the climatic and topographic variables, only the temperature-related indicators, in order of importance, include; BIO9, BIO10, BIO5 and BIO1 were identified as effective on the distribution of *A. Aucheri* species. The values of the characteristics increase as the climatic conditions worsen and as a result, the suitable habitat level (more than 75% probability) of *A. Aucheri* species will decrease for the following decades. In other words, it is shrinking in response to climate change. In this regard, the suitable habitat area of this species (probability of occurrence more than 75%) according to the current forecast map is 274505 hectares, which is about 18% of the total rangeland habitats in the southern Alborz. Also, the suitable habitat area of this species according to the forecast maps for 2050, under two scenarios of Rcp4.5 and Rcp8.5, is 208175 and 131964 hectares, respectively, which has about 13 and 8% of the total rangeland habitats. Overall; the area belonging to the classes in which *A. Aucheri* is more likely to be present has decreased in 2050 than at present. This indicates that in the future, the presence of *A. Aucheri* species in the habitats of the region will decrease and the risk of its removal from the ecosystems is evident. In sum, climate change and the consequent increase in temperature characteristics will cause the vertical expansion of *A. Aucheri* species and its movement towards higher latitudes along the altitude gradient of the region. Hence, the lower (1100 m) and upper (2500 m) expected range of vegetation range and altitude range in which *A. Aucheri* was observed (3400-1800 m); it will change over the next three decades. In this regard, the expansion of plants to higher altitudes during recent periods, an example of species displacement under the influence of climate change, has been mentioned. Also, one of the most important effects of climate change is the displacement of the geographical area of plant species. Based on the results of the present study and similar studies, by determining the degree of overlap of the current range event with the potential future range (for the next decade) of plant species, according to two climate warning models (milder scenario and more severe scenario); The changes that will occur as a result of climate change over the next decade in the distribution of species can be examined. Also, the results will be applicable in conservation and vegetation restoration programs, and based on the results, it is possible to identify suitable climatically and topographically sites for species conservation and rangeland.

Keywords

Rangeland ecosystems, Climate change, Species displacement, Modeling, Climate warning models.