

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر گستره آینده گونه *Stipa barbata* در منطقه البرز جنوبیجواد معتمدی*¹، مرتضی خداقلی²، رستم خلیفه‌زاده³

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 در سطح کشور، اثر مثبت یا منفی بر حضور گونه‌ها در رویشگاه‌های محل پراکنش، خواهد داشت. برای این منظور، گستره کنونی و گستره آینده گونه *Stipa barbata* برای سه دهه آینده (سال 2050)، تحت دو مدل هشدار اقلیمی (سناریو RCP_{4.5} و RCP_{8.5}) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، پیش‌بینی شد. نقشه‌های خروجی، با احتمال رخداد بین صفر تا یک، به چهار طبقه؛ رویشگاه نامناسب (0-0/25)، رویشگاه تقریباً مناسب (0/25-0/5)، رویشگاه با تناسب بالا (0/5-0/75) و رویشگاه با تناسب خیلی بالا (0/75-1)، گروه‌بندی شد. در آخر، با استناد به ضرایب متغیرها در روابط رگرسیونی، متغیرهای موثر برای گستره کنونی و آینده گونه *S. barbata*، معرفی گردید. بر مبنای نتایج، تنها شاخصه‌های مرتبط با دما (BIO₇ و BIO₁₀)، بر پراکنش گونه *S. barbata*، در حال حاضر و آینده، موثر شناسایی شد که مقادیر شاخصه‌ها، با سخت‌تر شدن شرایط اقلیمی، افزایش می‌یابد. در نتیجه، گستره گونه *S. barbata* در واکنش به تغییرات اقلیمی، کمتر می‌شود. این موضوع، بیانگر آن است که طی سه دهه آینده، میزان حضور گونه *S. barbata*، در رویشگاه‌های منطقه، کاهش می‌یابد و خطر حذف آن از اکوسیستم‌های منطقه، وجود دارد. در مجموع؛ تغییر اقلیم و به تبع آن افزایش شاخصه‌های دمایی؛ باعث گسترش عمودی گونه *S. barbata* و حرکت آن به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر در امتداد گرادیان ارتفاعی منطقه، خواهد شد. بنابراین، دامنه تغییرات ارتفاع در گستره رویشی گونه *S. barbata* که در این تحقیق از 800 تا 2700 متر ذکر شده است با فرض وقوع سناریوهای اقلیمی RCP_{4.5} و RCP_{8.5}، در آینده به سمت ارتفاع بیشتر، تغییر خواهد یافت.

واژگان کلیدی: اکوسیستم‌های مرتعی، تغییر اقلیم، جابجایی گونه‌ها، مدل‌سازی، رگرسیون لجستیک.



مقاله پژوهشی

1. دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

motamedi@rifr-ac.ir

* نویسنده مسئول

2. دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

m-khodaghohi@yahoo.com

3. کارشناس پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

khalifehzadehr@gmail.com

شناسه مقاله: 2203-1021

شماره صفحه پیاپی: 151-160

تاریخ دریافت: 1400/12/20

تاریخ پذیرش: 1401/03/09

انتشار آنلاین: 1401/05/30

زمان پذیرش: 96 روز

استناددهی:

معتمدی، ج، خداقلی، م، و خلیفه‌زاده، ر. (1401). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر گستره آینده گونه *Stipa barbata* در منطقه البرز جنوبی. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، 2(2)، 13-22.

1- مقدمه

مطالعات انجام شده در زمینه اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌ها و جوامع گیاهی، نشان می‌دهد که در دهه‌های 2030 و 2080، دامنه انتشار همه گونه‌ها و جوامع گیاهی، به مقدار زیادی کاهش پیدا خواهند کرد (Krebs, 2014; 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 پایین‌تر، کاهش خواهد یافت (Taylor et al., 2012; Woodward and Williams, 1987). به عبارت دیگر، آشیان اکولوژیک این گونه‌ها در سال‌های آتی، به سمت مناطق مرتفع‌تر، پیش خواهد رفت و در ارتفاعات پایین، گستره پراکنش جغرافیایی گونه‌ها و جوامع گیاهی، محدودتر می‌شود (Ledig et al., 2010). برای مثال، نتایج حاصل از پیش‌بینی پراکنش گونه *Kelussia odoratissima* تحت سناریوهای اقلیمی طی سال‌های 2030 و 2080، 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 (ابوالمعالی و همکاران، 1396). در این ارتباط، نتایج متفاوتی نیز گزارش شده است و بیان می‌گردد که افزایش میانگین درجه حرارت سالانه در سال‌های 2030 و 2080 نسبت به حال حاضر، اثر مثبتی بر حضور برخی از گونه‌های گیاهی خواهد داشت (قاضی مرادی و همکاران، 1395). برای مثال، نتایج مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گونه *Ferula ovina* در مناطق کوهستانی زاگرس، در حال حاضر و سال‌های آینده، نشان داد که در سال‌های 2030 و 2080 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، 1395). نتایج منحنی‌های عکس‌العمل نیز بیانگر آن است که با افزایش درجه حرارت سالانه، احتمال حضور گونه *F. ovina* افزایش می‌یابد.

در این ارتباط، نتایج بررسی‌های مرتبط با اثر تغییر اقلیم بر پراکنش آینده گونه گون گزی (*Astragalus adscendens*) در زاگرس مرکزی، نشان داد که حدود 33/6 درصد از محدوده منطقه (548678 کیلومتر مربع)، به عنوان رویشگاه‌های مطلوب گونه *A. adscendens*، می‌باشند. در این ارتباط، موثرترین متغیرها در مطلوبیت رویشگاه *A. adscendens*، به ترتیب؛ بارندگی سالانه، هم‌دمایی، دامنه دمای سالانه و شیب، معرفی شده است. بر مبنای منحنی‌های عکس‌العمل، احتمال وقوع گونه *A. adscendens*، عمدتاً در رویشگاه‌هایی با مجموع بارندگی سالیانه 380-630 میلی‌متر، هم‌دمایی 35/7-36/8، دامنه دمای سالانه 40/5-43 درجه سانتی‌گراد و شیب 0/1-30 درجه، وجود دارد. ضمن اینکه، یافته‌ها نشان داد: 89/7-59/3 درصد از رویشگاه‌های مطلوب گونه *A. adscendens* تا سال‌های 2050 و 2070، به واسطه تغییرات اقلیمی، نامناسب خواهد شد. در مقابل، 56/2-18/1 درصد از رویشگاه‌های نامناسب به علت تغییرات اقلیمی، مناسب خواهد شد. از اینرو، پیش‌بینی تغییرات آینده در رویشگاه مناسب گونه *A. adscendens* امکان تهیه طرح‌های حفاظتی و مدیریتی از این گونه با ارزش را در اختیار کارشناسان قرار می‌دهد (Haidarian et al., 2021).

با بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه در معرض خطر انقراض و دارویی لاله واژگون (*Fritillaria Imperialis*) در منطقه زاگرس مرکزی، گزارش شد که دمای فصلی و بارندگی خشک‌ترین فصل سال، به ترتیب با 55/1 و 22/9 درصد اهمیت، مهمترین عوامل تعیین کننده تناسب رویشگاه گونه *F. Imperialis* می‌باشند. در این رابطه، سطح رویشگاه مناسب برای این گونه، در منطقه زاگرس مرکزی، 2/33 درصد (37986 هکتار)، گزارش می‌شود و بیان می‌گردد که در سال 2070، تحت سناریوهای اقلیمی $RCP_{4.5}^1$ و $RCP_{8.5}$ ، به ترتیب 18 و 16 درصد از وسعت رویشگاه گونه، کاهش می‌یابد. از اینرو، تبدیل شرایط اقلیمی مناسب فعلی به نامناسب، منجر به کاهش رویشگاه گونه *F. Imperialis* در زاگرس مرکزی خواهد شد. نتایج حاصل از این مطالعه، در شناسایی رویشگاه‌های با احتمال انقراض بالای لاله واژگون و حفاظت از رویشگاه‌های آسیب‌پذیر در برابر اثرات تغییرات اقلیمی، موثر خواهد بود (Naghipour Borj et al., 2019).

با مدل‌سازی رویشگاه‌های بالقوه گونه *Gymnocarpus decander* با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره و رگرسیون لجستیک؛ گزارش شد که متغیرهای بارش، دما و ارتفاع، از مهمترین متغیرهای مستقل هستند که بر روی رویشگاه‌های بالقوه گونه *G. decander* در استان سیستان و بلوچستان، تأثیر می‌گذارند. در حال حاضر 48/2 درصد از منطقه، دارای رویشگاه واقعی است؛ در حالی که نتایج مدل‌سازی، نشان می‌دهد که درصد مساحت رویشگاه بالقوه، 52/3 درصد منطقه است. بنابراین، به طور متوسط، حدود 4/8 درصد از رویشگاه‌های بالقوه، فاقد گونه *G. decander* هستند. در این ارتباط، دامنه ارتفاعی 800-1250 متر، میانگین دمای فصل رشد 16 درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالانه 170 میلی‌متر، زیستگاه اصلی گونه *G. decander* معرفی شده است (Narouei et al., 2022).

در مجموع، در آینده، با افزایش درجه حرارت و غلظت دی اکسید کربن، گیاهان سه کربنه، رشد بیشتر و توانایی رقابتی بیشتری در برابر گیاهان چهار کربنه خواهند داشت (میری و رستگار، 1399). نتایج منفی این تغییرات، منجر به کاهش مقاومت گونه‌های گیاهی و توان ماندگاری آنها و در نتیجه کاهش تنوع زیستی شده است (Warren et al., 2013; Zwicke et al., 2015). پیش‌بینی شده است که با افزایش 1/5 تا 2/5 درجه سانتی‌گراد به متوسط دمای کره زمین، 20 تا 30 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، 1389). 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، 1400). این موضوع نیز کاهش جوانه‌زنی بذور، کاهش شادابی گونه‌ها، کاهش فلور میکروبی 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, 2014). 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، 1400). نهایتاً اینکه افزایش دما، موجب کاهش ضریب آسایش زیست‌اقلیمی 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, 2014). در این بین، بعضی از اکوسیستم‌ها نظیر اکوسیستم‌های نقاط مرتفع یا کوهستانی (اکوسیستم‌های آلبی و شبه آلبی)، 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 گونه‌ای 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 *Stipa barbata*، بر طبق دو مدل هشدار اقلیمی (سناریوی ملایم‌تر و سناریوی شدیدتر) (سناریو RCP4.5 و RCP8.5)؛ جایابی 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.

2- مواد و روش‌ها

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

2-1- تهیه نقشه رخداد (حضور و عدم حضور) گونه *S. barbata*

برای تعیین مکان‌های حضور گونه، از نقشه پراکنش بهنگام شده طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور (تهیه شده توسط موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع)، 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 حاصل از لایه‌های شیب، جهت و ارتفاع، دست کم، یک سایت حضور، انتخاب شود. در مجموع، تعداد 348 نقطه، به عنوان نقطه حضور در نظر گرفته شد که بر اساس بازدیدها و مشاهدات میدانی مجریان طرح شناخت مناطق اکولوژیک و با استفاده از GPS¹، داده‌های رخداد، جمع‌آوری شد. در خصوص ترسیم محدوده حضور؛ صرفاً حضور گونه، مهم بود و نه اجتماع‌پذیری آن. ترسیم محدوده حضور گونه، بیشتر با تاکید بر حد پائین (800 متر) و بالای (2700 متر) مورد انتظار گستره رویشی که در منابع علمی به آن اشاره شده و با توجه به دامنه ارتفاعی (2600-1200 متر) که گونه مورد مطالعه در آن مشاهده شد، صورت گرفت.

2-2- محاسبه مقادیر متغیرهای محیطی پیش‌بینی کننده، در محل رخداد گونه *S. barbata*

برای این منظور، از 19 متغیر زیست اقلیمی (جدول 1) و سه متغیر فیزیوگرافی (شیب، جهت، ارتفاع) که با اندازه پیکسل $4/9 \times 4/9$ کیلومتر برای گستره رویشی مناطق مختلف آب و هوایی کشور تهیه شده بود؛ جهت مدل‌سازی پراکنش گونه، استفاده شد. به این ترتیب، پوششی با 650 پیکسل 24 کیلومتر مربعی برای گستره منطقه مطالعاتی (البرز جنوبی، استان قزوین)، در نظر گرفته شد. در گام بعد، برای افزایش دقت مطالعه و تعمیم نتایج به رویشگاه‌های مرتعی البرز جنوبی (استان قزوین)، مقادیر متغیرها برای پیکسل‌های یک کیلومتری، بهنگام شد که نقاط حضور گونه با عدد یک و عدم حضور، با صفر مشخص شد. در این ارتباط، با ترسیم منحنی اندازه پیکسل و تغییرات متغیر بارش، مناسب‌ترین ابعاد پیکسل $4/9$ در $4/9$ کیلومتر محاسبه شد.

1. Global Positioning System

متغیرهای اقلیمی ذکر شده، با استفاده از پایگاه داده 9 ایستگاه سینوپتیک، در داخل استان قزوین و 8 ایستگاه سینوپتیک، در مناطق مجاور، محاسبه شد که این داده‌ها، از تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های پهنه‌ای و به تفسیر دیگر، پهنه‌بندی داده‌های بارش و درجه حرارت در بازه زمانی حداقل 20 ساله، تهیه شدند. متغیرهای فیزیوگرافی (شیب، جهت، ارتفاع) نیز بر اساس لایه رقمی ارتفاع¹ با دقت مکانی 30 متر، محاسبه شد.

جدول (1): متغیرهای اقلیمی بکار گرفته شده برای پیش بینی پراکنش گونه *S. barbata*

ردیف	نام BIO ²	پارامترهای هواشناسی	ردیف	نام BIO	پارامترهای هواشناسی
1	BIO ₁	میانگین دمای سالانه	11	BIO ₁₁	میانگین دمای سردترین فصل
2	BIO ₂	دمای حداقل و حداکثر ماهانه (دمای حداکثر - دمای حداقل)	12	BIO ₁₂	بارندگی ماهانه
3	BIO ₃	همدمایی $100 \times (BIO_2/BIO_7)$	13	BIO ₁₃	بارندگی مرطوب‌ترین ماه
4	BIO ₄	دمای فصلی (انحراف معیار $\times 100$)	14	BIO ₁₄	بارندگی خشک‌ترین ماه
5	BIO ₅	حداکثر دمای گرم‌ترین ماه	15	BIO ₁₅	بارندگی فصلی (ضریب تغییرات)
6	BIO ₆	حداقل دمای سردترین ماه	16	BIO ₁₆	بارندگی مرطوب‌ترین فصل
7	BIO ₇	دامنه دمای سالانه $(BIO_5 - BIO_6)$	17	BIO ₁₇	بارندگی خشک‌ترین فصل
8	BIO ₈	میانگین دمای مرطوب‌ترین فصل	18	BIO ₁₈	بارندگی گرم‌ترین فصل
9	BIO ₉	میانگین دمای خشک‌ترین فصل	19	BIO ₁₉	بارندگی سردترین فصل
10	BIO ₁₀	میانگین دمای گرم‌ترین فصل			

2-3- ارائه رابطه رگرسیونی بین رخداد گونه *S. barbata* با عوامل محیطی با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک

برای این منظور، با مد نظر قرار دادن مقادیر هر یک از متغیرهای اقلیمی و فیزیوگرافی (محاسبه شده در مرحله قبل)، به‌عنوان متغیرهای مستقل (پیش‌گو) و مقدار حضور و عدم حضور گونه، به‌عنوان متغیر (پاسخ) وابسته؛ با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، رابطه رگرسیونی، مرتبط با حضور گونه *S. barbata*، محاسبه شد. در آخر؛ مدل آماری حاصله، در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.5، تعریف و نقشه گستره کنونی گونه *S. barbata* تهیه شد و با استفاده از ضریب کاپا، صحت نقشه ترسیمی، تعیین شد. نقشه خروجی حاصل از مدل، شامل مقادیر احتمال حضور بین صفر تا یک برای رویشگاه‌های مورد نظر است.

رگرسیون لجستیک، فرم ویژه‌ای از مدل خطی تعمیم یافته³ است که به‌صورت کلی زیر تعریف می‌شود:

$$p = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad \text{رابطه (1)}$$

$$z = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_nx_n \quad \text{رابطه (2)}$$

در رابطه‌های 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 استفاده می‌شود تا احتمال رخداد گونه را پیش‌بینی کند (صفائی و همکاران، 1392).

برای محاسبه ضریب آماری کاپا، از رابطه 3، استفاده شد. در این رابطه، بیان می‌شود که بهترین روش اندازه‌گیری توافقی بین فراوانی‌های مشاهده شده (تیپ‌های گیاهی واقعی) و فراوانی مورد انتظار (نقشه پیش‌بینی)، استفاده از آماره کاپا است (Liu et al., 2005; Monserud and Leemans, 1992).

$$K = \frac{\left(\frac{a+d}{n}\right) - \frac{(a+b)(a+c) + (c+d)(d+b)}{n^2}}{1 - \frac{(a+b)(a+c) + (c+d)(d+b)}{n^2}} \quad \text{رابطه (3)}$$

در رابطه 3؛ a نشان‌دهنده پیش‌بینی‌های مثبت حقیقی، یعنی پیش‌بینی‌هایی که هم در مدل وجود دارد و هم در دنیای واقعی دیده می‌شوند و مدل، آنها را به‌عنوان حضور ثبت می‌کند. B نشان‌دهنده پیش‌بینی‌های مثبت کاذب است، یعنی پیش‌بینی‌هایی که در مدل وجود داشته، اما در دنیای واقعی وجود ندارد که به‌عنوان خطای مدل ثبت می‌شود. C نشان‌دهنده پیش‌بینی‌های منفی کاذب است یعنی پیش‌بینی‌هایی که در مدل وجود نداشته است

1. Digital Elevation Model (DEM)

3. Generalized Linear Model

2. Bioclimatic variables

ولی در دنیای واقعی وجود دارد و به‌عنوان خطای مدل ثبت می‌شود. D نشان‌دهنده پیش‌بینی‌های 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). حداکثر مقدار ضریب کاپا، برابر یک است. یعنی اینکه توافق کامل بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده، وجود دارد. در پژوهش مذکور، مقدار ضریب آماری کاپا، 0/86 بدست آمد که با توجه به طبقه‌بندی ارائه شده از ضرایب کاپا (Ilunga Nguy and Shebitz, 2019)؛ مدل از دقت خوب و قابل قبولی برخوردار است.

2-4- پیش‌بینی گستره آینده گونه *S. barbata* برای سال 2050

برای بررسی رفتار اقلیم رویشی و مدل‌سازی رویشگاه بالفعل گونه *S. barbata*، از داده‌های اقلیمی مربوط به ابتدای تاسیس ایستگاه‌ها تا سال 2018 و مدل رگرسیون لجستیک، استفاده شد و با استفاده از ضریب کاپا، صحت نقشه ترسیمی تعیین شد. پس از اطمینان از کارآمد بودن آن؛ مدل مذکور برای پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه *S. barbata* برای سه دهه آینده (سال 2050)، بکار برده شد. بدین منظور، داده‌های اقلیمی از پایگاه اطلاعات جهانی اقلیم¹ WorldClim.org (که یکی از سایت‌های معتبر برای تولید داده‌های گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم² است)، تحت دو مدل هشدار اقلیمی (سناریوی ملایم‌تر و سناریوی شدیدتر) (سناریو RCP_{4.5} و RCP_{8.5}) از مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0³، با دقت 30 ثانیه دانلود شد. بدین صورت که در مرحله تعریف مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار ArcGIS، به‌جای نقشه متغیرهای اقلیمی که در مدل وجود دارند، نقشه‌های همان متغیرها که برای سال 2050 تحت دو سناریوی ملایم‌تر و سناریوی شدیدتر پیش‌بینی شده‌اند، جایگذاری گردیدند که نتیجه آن، تولید نقشه گستره بالقوه (آینده) گونه *S. barbata* تحت دو سناریوی ملایم‌تر و سناریوی شدیدتر، برای سال 2050 است. برای نمایش بهتر، نقشه‌های خروجی با احتمال رخداد بین صفر تا یک، به چهار طبقه، گروه‌بندی شد. این گروه‌ها، رویشگاه نامناسب، (0-0/25)؛ رویشگاه تقریباً مناسب، (0/25-0/5)؛ رویشگاه با تناسب بالا، (0/5-0/75) و رویشگاه با تناسب خیلی بالا، (0/75-1) را نشان می‌دهد (Rana et al., 2017; Kosanic et al., 2018). (Yilmaz et al., 2017).

3- نتایج

3-1- رابطه رگرسیونی بین رخداد گونه *S. barbata* با متغیرهای اقلیمی و فیزیوگرافی

رابطه رگرسیونی بین رخداد (حضور و عدم حضور) گونه *S. barbata* با متغیرهای اقلیمی و فیزیوگرافی، به شرح ذیل می‌باشد.

$$P(S. barbata) = \frac{\text{EXP}(-1.411 + 0.0145B_1 + 0.072B_2 - 0.019B_3 + 0.001B_4 - 0.152B_5 + 0.223B_7 - 0.061B_8 + 0.109B_9 - 0.205B_{10} + 0.158B_{11} - 0.002B_{12} - 0.015B_{13} + 0.0B_{14} - 0.014B_{15} + 0.005B_{16} + 0.0B_{17} + 0.008B_{18} + 0.006B_{19})}{1 + \text{EXP}(-1.411 + 0.0145B_1 + 0.072B_2 - 0.019B_3 + 0.001B_4 - 0.152B_5 + 0.223B_7 - 0.061B_8 + 0.109B_9 - 0.205B_{10} + 0.158B_{11} - 0.002B_{12} - 0.015B_{13} + 0.0B_{14} - 0.014B_{15} + 0.005B_{16} + 0.0B_{17} + 0.008B_{18} + 0.006B_{19})}$$

در این ارتباط، مقادیر هر یک از متغیرهای مرتبط با گستره کنونی (حال حاضر)، گستره بالقوه آینده (RCP_{4.5}) و گستره بالقوه آینده (RCP_{8.5}) گونه مورد پژوهش، در جدول 2 ارائه شده است. برای این منظور، با تبدیل نقشه‌های گستره کنونی و آینده، به نقاط حضور؛ ارزش نقاط حضور، از لایه‌های عوامل محیطی، استخراج و طبقه‌بندی شد.

همانگونه که مشاهده می‌شود، مقادیر متغیرهای مذکور (BIO₇ و BIO₁₀) که مرتبط با شاخصه‌های دمایی است؛ با سخت‌تر شدن شرایط اقلیمی، افزایش می‌یابد. ضمن اینکه مقادیر شاخص‌های مذکور، در مکان‌هایی که تناسب رویشگاه برای پراکنش گونه، زیاد می‌باشد نسبت به مکان‌هایی که تناسب رویشگاه برای گستره گونه مورد پژوهش، کم و یا نامناسب می‌باشد؛ کمتر است. به عبارت دیگر، هر چه شاخصه‌های دمایی افزایش یابد، تناسب رویشگاه برای حضور گونه در آینده، کمتر خواهد شد. به تفسیر دیگر، از بین متغیرهای اقلیمی، تنها شاخصه‌های مرتبط با دما، بر پراکنش گونه‌های مورد پژوهش، در حال حاضر و آینده، موثر خواهند بود.

3-2- گستره حضور گونه *S. barbata*

بر مبنای بررسی‌های انجام شده، مساحت محدوده حضور گونه *S. barbata* به شرح شکل 1 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 51 درصد از سطح اکوسیستم‌های مرتعی، امکان حضور دارد.

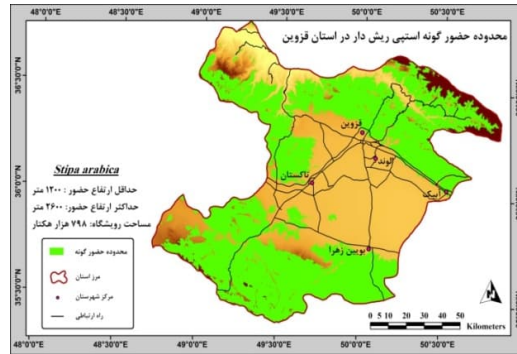
1. <https://wordclim.org/>

2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

3. Meteorological Research Institute Earth System Model version 2.0

جدول (2): دامنه اکولوژیک متغیرهای محیطی موثر بر گستره گونه *S. barbata* در رویشگاه‌های مرتعی

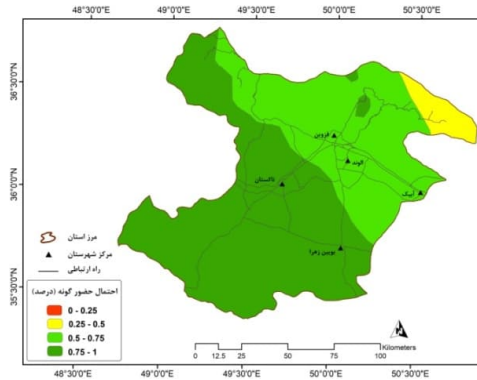
تناسب رویشگاه	گستره کنونی (حال حاضر)		گستره بالقوه آینده (RCP4.5)		گستره بالقوه آینده (RCP8.5)	
	BIO ₇	BIO ₁₀	BIO ₇	BIO ₁₀	BIO ₇	BIO ₁₀
زیاد	33/5	25/1	30/6	25/5	33/1	26/0
متوسط	37/7	27/5	37/8	27/6	39/6	26/7
کم	38/1	29/7	39/1	31/0	40/3	30/0
نامناسب	39/2	33/7	39/8	34/3	41/0	34/8



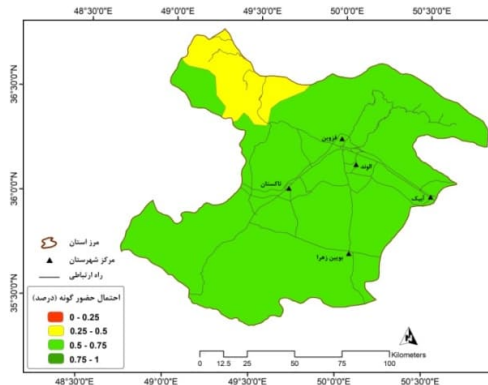
شکل (1): گستره حضور گونه *S. barbata*

3-3- نقشه رخداد گونه *S. barbata* (گستره کنونی و گستره بالقوه آینده)

گستره کنونی گونه *S. barbata* و همچنین گستره بالقوه آینده آن در سال 2050، تحت سناریوهای ملایم‌تر (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 2 الی 4 ارائه شده است.

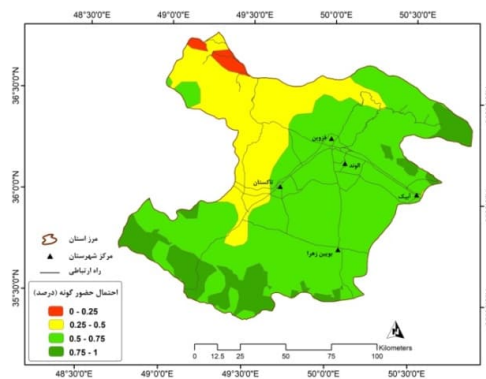


شکل (2): مطلوبیت گستره کنونی (حال حاضر) گونه *S. barbata*



شکل (3): مطلوبیت گستره بالقوه آینده گونه *S. barbata* برای سه دهه آینده (سال 2050) تحت مدل هشدار اقلیمی RCP4.5

مساحت طبقات نقشه رخداد گونه *S. barbata* در حال حاضر و سال 2050 تحت سناریوهای ملایم‌تر و شدیدتر، در جدول 3 ارائه شده است. در این ارتباط، سطح رویشگاه مناسب این گونه (احتمال وقوع بیشتر از 75 درصد) با توجه به نقشه پیش‌بینی حال حاضر، 917399 هکتار است که حدود 59 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 پیش‌بینی برای سال 2050، تحت دو سناریوی $RCP_{4.5}$ و $RCP_{8.5}$ ، به ترتیب صفر و 189706 هکتار است که صفر و 12 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 *S. barbata* در آنها بیشتر است، در سال 2050 نسبت به حال حاضر، کاهش یافته است. این موضوع، بیانگر آن است که طی سه دهه آینده، میزان حضور گونه *S. barbata* در رویشگاه‌های مورد پژوهش، کاهش می‌یابد.



شکل (4): مطلوبیت گستره بالقوه آینده گونه *S. barbata* برای سه دهه آینده (سال 2050) تحت مدل هشدار اقلیمی $RCP_{8.5}$

جدول (3): مساحت طبقات نقشه رخداد گونه *S. barbata* در حال حاضر و سال 2050 در طبقات مختلف مطلوبیت رویشگاه

احتمال وقوع گونه (درصد)	تناسب رویشگاه	گستره کنونی (حال حاضر)		گستره بالقوه آینده در سال 2050 تحت سناریوی $RCP_{4.5}$		گستره بالقوه آینده در سال 2050 تحت سناریوی $RCP_{8.5}$	
		مساحت (هکتار)	درصد مساحت	مساحت (هکتار)	درصد مساحت	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
بیشتر از 75	زیاد	917399	59	0	0	189706	12
75-50	متوسط	576349	37	1415071	91	981536	63
50-25	کم	64005	4	142682	9	366101	24
کمتر از 25	نامناسب	0	0	0	0	20410	1

4- بحث و نتیجه‌گیری

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 (حبیبی نوخندان و همکاران، 1389). در این ارتباط، اکثر منابع علمی، بر این موضوع تاکید دارند که افزایش دما، موجب کاهش ضریب آسایش زیست‌اقلیمی 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 (جلیلی، 1400؛ قاضی مرادی و همکاران، 2021؛ Haidarian et al., 2021؛ Krebs, 2014؛ Ray et al., 2019). در این پژوهش، بر این جنبه از موضوع یعنی تغییر اقلیم و پراکنش گونه‌های گیاهی، تاکید شد. نتایج نیز نشان داد که گستره گونه *S. barbata*، در واکنش به تغییرات اقلیمی، کمتر می‌شود؛ اگر چه، در بسیاری از مطالعات نیز بر این موضوع تاکید شده است که گستره گونه‌ها در واکنش به تغییرات اقلیمی، توسعه می‌یابند (قاضی مرادی و همکاران، 1395). نتایج پژوهش، نشان داد که تغییر اقلیم و به تبع آن افزایش شاخصه‌های دمایی، باعث گسترش عمودی گونه *S. barbata* و حرکت آن به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر در امتداد گرادیان ارتفاعی منطقه، شده است. بنابراین، دامنه تغییرات ارتفاع در گستره رویشی گونه *S. barbata* که در این تحقیق از 800 تا 2700 متر ذکر شده است با فرض وقوع سناریوهای اقلیمی $RCP_{4.5}$ و $RCP_{8.5}$ ، در آینده به سمت ارتفاع بیشتر، تغییر خواهد یافت. این موضوع، بیانگر آن است که در آینده، کیفیت رویشگاه و به تبع آن، میزان حضور گونه *S. barbata* در رویشگاه‌های البرز جنوبی، کاهش می‌یابد. 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؛ Dalmaris et al., 2015). همچنین، یکی از مهمترین اثرات تغییر اقلیم، جابجایی محدوده جغرافیایی گونه‌های گیاهی، ذکر شده است (Thuiller, 2001). بر این اساس، افزایش دما، باعث حرکت گونه‌های نیمکره شمالی به سمت ارتفاعات خواهد شد (Hoddt et al., 2014؛ Zwicke et al., 2015).

نتایج آماره کاپا حاصل از ارزیابی مدل، نشان داد که مدل رگرسیون لجستیک، توان بالایی در پیش‌بینی پراکنش گونه *S. barbata* دارد. همچنین این مدل می‌تواند پراکنش گونه را تحت سناریوهای مختلف اقلیمی، پیش‌بینی نماید و تفسیر اکولوژیک مکانی از چگونگی پراکنش این گونه تحت شرایط مختلف محیطی، در اختیار کاربران ارائه دهد (بذرمنش و همکاران، 1398). در پژوهش حاضر، مقدار ضریب آماری کاپا، 0/86 به‌دست آمد که با توجه به طبقه‌بندی ارائه شده از ضرایب کاپا (Ilunga Nguy and Shebitz, 2019)، مدل از دقت خوب و قابل قبولی برخوردار است. همچنین، به این موضوع باید توجه داشت که تغییرات در اکوسیستم‌های مختلف، یکسان نیست و برای تفسیر مناسب جابجایی گونه‌ها در هر اکوسیستم، لازم است از روش آماری مناسب استفاده شود (Ghorbani et al., 2020; Naghipour borj et al., 2019).

نتایج حاصل از مدل‌سازی پراکنش گونه *S. barbata*، نشان داد که متغیرهای اقلیمی موثر بر پراکنش گونه *S. barbata*، عمدتاً مرتبط با شاخص‌های دمایی است که با سخت‌تر شدن شرایط اقلیمی، بر مقادیر آنها، افزوده می‌شود. نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه نیز تأیید کننده این موضوع هستند که میانگین شاخص‌های دمایی در سه دهه آینده (سال 2050) نسبت به حال حاضر، افزایش خواهد یافت. مساحت طبقات نقشه پیش‌بینی گستره گونه *S. barbata* در حال حاضر و سال 2050، در طبقات مختلف مطلوبیت رویشگاه؛ نشان داد که گستره گونه *S. barbata*، در واکنش به تغییرات اقلیمی، کمتر می‌شود و تحت سناریوی‌های اقلیمی، 47 درصد از رویشگاه‌های آب و هوایی مناسب خود را در سال 2050، از دست خواهد داد و رویشگاه‌های نامناسب فعلی نیز، 20 درصد افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، گونه *S. barbata*، در اثر تغییرات اقلیمی، به سمت رویشگاه‌های شمال غربی و جنوب غربی که عموماً ارتفاع بیشتری دارند، حرکت خواهد کرد. به‌طور دقیق، می‌توان گفت میانگین ارتفاع مناطقی که گونه در آن حضور داشته، 1936/6 متر بوده است، اما بر اساس نتایج مدل‌سازی با رگرسیون لجستیک، این مقدار در سال 2080 (در سناریوی بدبینانه، (RCP8.5)، 2166/1 متر، حاصل شد. بر مبنای نتایج، ارتفاع رویشگاه‌های مناسب این گونه، 164/1 تا 229/5 متر، بیشتر خواهد شد. در مقاله‌ای که در نشریه نیچر منتشر شده است، گزارش شد که تغییرات اقلیمی، به‌طور متوسط باعث 160 متر جابجایی گونه‌های گیاهی و جانوری، در امتداد گرادیان ارتفاعی خواهد شد (Thuiller, 2007). نتایج مشابهی نیز در بسیاری از مطالعات، به‌دست آمده است که در آنها، حرکت گونه‌ها تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، قرار گرفته است. در این ارتباط، با بررسی تغییر گستره گونه *B. tomentellus* در واکنش به تغییرات اقلیمی در زاگرس مرکزی؛ گزارش شد که گونه *B. tomentellus* در اثر تغییرات اقلیمی، به سمت غرب منطقه که عموماً ارتفاع بیشتری دارد، حرکت کرده است. همچنین بیان گردید، میانگین ارتفاع مناطقی که گونه در آن حضور داشته است، 2550 متر بوده است که این مقدار در سال 2080، تحت سناریوی A2 به 2700 متر خواهد رسید (Sangoony, 2016).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه، انتظار می‌رود تغییرات بزرگی در پراکنش این گونه همراه با تغییرات اقلیمی، رخ دهد. این تغییرات، به گونه‌ای است که می‌تواند شرایط اقلیمی مناسب را برای زندگی این گونه مهم و موثر در رویشگاه‌های مرتعی البرز جنوبی، محدود کند. بنابراین، برای بهبود شرایط، حداقل کاری که در چنین شرایطی توصیه شده است، کنترل تخریب رویشگاه گونه *S. barbata*، از طریق مدیریت چرای دام و جلوگیری از تغییر کاربری مراتع است. اگر اینکار انجام شود، می‌توان امیدوار بود که تغییرات اقلیمی، به‌خودی خود، نتواند این گونه ارزشمند را بیش از حد، تضعیف یا حتی به‌طور کامل از فلور منطقه، حذف کند و شاید سازگاری‌های فیزیولوژیکی، فنولوژیکی و مورفولوژیکی این گونه، به مبارزه با تغییرات اقلیمی، کمک کند. نکته حائز اهمیت، اینکه اهمیت نسبی گونه *S. barbata* در رویشگاه‌های فعلی محل پراکنش آن، طی سه دهه آینده به‌شدت کم خواهد شد و خطر حذف آنها از اکوسیستم‌ها، کاملاً مشهود هست. از اینرو، ضمن حفاظت آنها در داخل رویشگاه، لازم است برای حفاظت آن در خارج از رویشگاه با رویکرد نزدیک به طبیعت نیز تدابیری اندیشیده شود. در این راستا، جمع‌آوری بذور و ذخیره آنها در بانک ژن منابع طبیعی، معرفی اکوتیپ‌های برتر و متحمل به خشکی و دارای صفات ساختاری و عملکردی بهتر و تهیه بذور پر بنیه از آنها، کشت آنها در قطعات کوچک یک هکتاری در قطعات مربوطه در باغ‌های گیاهشناسی و کلکسیون‌های گیاهی و نهایتاً مرتعکاری آنها در رویشگاه‌های دارای طبقه وضعیت ضعیف و خیلی ضعیف؛ از ملزومات اساسی حفاظت آن در خارج از رویشگاه با رویکرد نزدیک به طبیعت است.

منابع

- ابوالعالی، س.م.ر.، ترکش اصفهانی، م. و بشری، ح. (1396). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه در حال انقراض کرفس کوهی با استفاده از مدل افزایشی تعمیم یافته. محیط زیست طبیعی، (2)70، 243-254.
- بذرمنش، آ.، ترکش اصفهانی، م.، بشری، ح. و پورمنافی، س. (1397). اثر تغییر اقلیم بر اشیان اکولوژیک اقلیمی گونه گیاهی (*Bromus tomentellus* Boiss) با استفاده از مدل Maxent در استان اصفهان. مرتع و آب‌خیزداری، (4)71، 857-867.
- جلیلی، ع. (1400). ضرورت تغییر رویکرد در مدیریت محیط‌های طبیعی کشور؛ قسمت پنجم: ضرورت تغییر رویکرد در مرتعداری: تدوین طرح‌های مرتعداری با رویکرد اکوسیستمی. طبیعت ایران، (2)6، 3-3.
- حبیبی نوخندان، م.، غلامی بیرقدار، م. و شامی برزکی، ا. (1389). تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین (پرسش و پاسخ). مشهد: انتشارات محقق، 138ص.
- صفائی، م.، ترکش، م.، و بصیری، م. (1392). تهیه منحنی‌های پاسخ گونه گون زرد (*Astragalus verus* Olivier) نسبت به شیب تغییرات محیطی با استفاده از روش None Parametric Multiplicative Regression در منطقه فریدون‌شهر استان اصفهان. گیاه و زیست بوم، (36)9، 53-64.

- قاضی مرادی، م.، ترکش اصفهانی، م.، بشری، ح.، و وهابی، م.ر. (1395). تعیین رویشگاه بالقوه گونه کما (*Ferula ovina* Boiss) با استفاده از مدل افزایشی تعمیم یافته (GAM) در منطقه فریدون‌شهر استان اصفهان. مرتع و آبخیزداری، 69(3)، 677-689.
- میری، ح.ر.، و رستگار، ا. (1399). اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر رشد و توانایی رقابتی سویا و ارزن با علف‌های هرز سلمه تره و تاج خروس. تولید گیاهان زراعی، 5(1)، 1-18.
- Dalmaris, E., Ramalho, C.E., Poot, P., Veneklaas, E.J., and Byrne, M. (2015). A climate change context for the decline of a foundation tree species in south-western Australia: insights from phylogeography and species distribution modelling. *Annals of Botany*, 116(6), 941-952.
- 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 Khanghah, S., Moameri, M. and Esfanjani, J. (2020). Predicting the distribution of *Leucanthemum vulgare* using logistic regression in Fandoghlu rangelands of Ardabil province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 10(1), 98-111.
- Haidarian, M., Tamartash, R., Jafarian- Jeloudar, Z., Tarkesh, M., and Tatian, M.R. (2021). The effects of climate changes on the future distribution of *Astragalus adscendens* in central zagros, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 11(2), 152-170.
- 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), 1-14.
- 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(12), 1-14.
- 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. (2014). *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance* (6th ed). Benjamin Cummings, San Francisco, 655p.
- Latimer, A.M., Wu, S., Gelfand, A.E., and Silander Jr, J.A. (2006). Building statistical models to analyze species distributions. *Ecological Applications*, 16(1), 33-50.
- Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P., and Pearson, R.G. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28(3), 385-393.
- Monserud, R.A., and Leemans, R. (1992). Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological Modelling*, 62(4), 275-293.
- Naghypour borj, A.A., Ostovar, Z., and Asadi, E. (2019). The influence of climate change on distribution of an endangered medicinal plant (*Fritillaria Imperialis* L.) in Central Zagros. *Journal of Rangeland Science*, 9(2), 159-171.
- Narouei, M., Javadi, S.A., Khodaghohi, M., Jafary, M., and Azizinezhad, R. (2022). Modeling potential habitats for *Gymnocarpus decander* using Multivariate statistical methods and logistic regression (Case study: Sistan and Baluchestan province). *Journal of Rangeland Science*, Accepted Manuscript Available Online from 14 March 2022.
- Rana, S.K., Rana, H.K., Ghimire, S.K., Shrestha, K.K., and Ranjitkar, S. (2017). Predicting the impact of climate change on the distribution of two threatened Himalayan medicinal plants of Liliaceae in Nepal. *Journal of Mountain Science*, 14(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.
- Sangoony, H., Vahabi, M., Tarkesh, M. and Soltani, S. (2016). Range shift of *Bromus tomentellus* Boiss. as a reaction to climate change in Central Zagros, Iran. *Applied Ecology and Environmental Research*, 14(4), 85-100.
- Taylor, M.A., Stephenson T.S., Chen, A.A., and Stephenson, K.A. (2012). Climate change and the caribbean: Review and response. *Caribbean Studies*, 40(2), 169-200.
- Ledig, F.T., Rehfeldt, G.E., Sáenz-Romero, C., and Flores-López, C. (2010). Projection of suitable habitats 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, 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, 389-395.
- Warren, R., Van Der Wal, J., Price, J., Welbergen, J.A., Atkinson, I., Ramirez-Villegas, J. Osborn, T.J., Jarvis, A., Shoo, L.P., Williams, S.E., and Lowe, J. (2013). Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss. *Nature Climate Change*, 3(7), 678-682.
- Woodward, F.I., and Williams, B.G. (1987). Climate and plant distribution at global and local scales: Vegetatio, 69, 189-197.
- 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 recovery of perennial species from upland grassland?. *Annals of Botany*, 116(6), 1001-1015.

Assessment of the effects of climate change on the future range of *Stipa barbata* species in the southern Alborz region

Javad Motamedi *¹, Morteza Khodaghali², Rostam Khalifezadeh³



Research Article

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

motamedi@rifr-ac.ir

* Corresponding author

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

m-khodaghali@yahoo.com

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

khalifehzadehr@gmail.com

Article Code: 2203-1021
Continous Pagination: 151-160

Received: 11 March 2022
Accepted: 30 May 2022
Online: 21 August 2022
Review speed: 96 days

Citation:
Motamedi, J., Khodaghali, M., and Khalifezadeh, R. (2022). Assessment of the effects of climate change on the future range of *Stipa barbata* species in the southern Alborz region. Management of Natural Ecosystems, 2(2), 13-22.

Abstract

Detection of climate parameters indicates that climate change has begun in Iran and it is necessary to identify the potential habitat of the indicator species, present and future years, under climate warning models. In this regard, it should be examined whether the increase in incident temperature in the country, will have a positive effect on the presence of species in the habitats of the distribution site, or a negative effect? For this purpose, the current and future range of *Stipa barbata* species for the next three decades (year-2050) was predicted under two climate warning models (scenario RCP_{4.5} and RCP_{8.5}) using the logistic regression model. Output maps, with probability of occurrence between zero and one, to four categories unsuitable habitat (0-0.25), almost suitable habitat (0.25-0.5), habitat with high suitability (0.5-0.75) and habitat with very high suitability (0.75-1), were grouped. Finally, based on the coefficients of the variables in regression relationships, effective variables for the current and future range of *S. barbata* species were introduced. Based on the results; only temperature-related indices (BIO7 and BIO10) were found to be effective on the distribution of *S. barbata* species, present and future. The values of the indices increase with increasing climatic conditions. As a result, the range of *S. barbata* species decreases in response to climate change. This indicates during the next three decades, the presence of *S. barbata* species will decrease in the habitats of the region and there is a risk of its removal from the ecosystems of the region. In total, climate change and consequently increase in temperature characteristics causing the vertical spread of *S. barbata* species, and it will move towards higher latitudes along the altitude gradient of the region. Therefore, the range of altitude changes in the vegetative range of *S. barbata* species, which is mentioned in this study from 800 to 2700 meters, assuming the occurrence of RCP_{4.5} and RCP_{8.5} climate scenarios, will change to higher altitude in the future.

Key Words: Rangeland ecosystems, Climate change, Species movement, Modeling, Logistic regression.