دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره دوازدهم، شماره بیست و چهارم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

اثر تغییر اقلیم بر گستره رویشی گونه *Bromus tomentellus* Boisss. در رویشگاه‌های مرتعی البرز– استان مازندران

حسن قلیچ‌نیا [1*]، مرتضی خداقلی [2]

[1] دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل و مرتع ، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

[2] استاد پژوهش، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۱۷

چکیده

یکی از آثار مهم تغییر اقلیم، ایجاد تغییرات در دامنه پراکندگی گیاهان است. بنابراین بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکندگی گونه‌های گیاهی امری ضروری است و تعیین گستره رویشی گونه‌های گیاهی تحت اثرات تغییر اقلیم با استفاده از روش‌های مدل‌سازی می‌تواند به مدیریت و بهره‌برداری از اکوسیستم‌ها کمک نماید. این تحقیق با هدف تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه *Bromus tomentellus* بر پایه مدل پیش‌بینی اقلیمی در رویشگاه‌های مرتعی البرز در استان مازندران انجام شد. در این پژوهش پراکندگی کنونی و آینده گونه *Bromus tomentellus* در رویشگاه‌های مرتعی البرز در استان مازندران تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 برای سال ۲۰۵۰ بررسی شد. بدین‌منظور، برای محاسبه ۱۹ متغیر زیست اقلیمی از اطلاعات اقلیمی ۱۵ ایستگاه سینوپتیک در استان استفاده شد. متغیرهای فیزیوگرافی شیب، جهت و ارتفاع با استفاده از مدل رقومی ارتفاع با دقت ۳۰ متر تهیه شد. در مرحله بعد، پس از مشخص کردن نقاط حضور و غیاب گونه با استفاده از نقشه اولیه پراکندگی گونه و بازدید از رویشگاهها، نقشه حضور گونه اصلاح و به‌هنگام‌سازی شد. سپس با استفاده از رگرسیون لجستیک، رفتار رویشی گونه و معادلات آن در شرایط کنونی به‌دست‌آمد و نقشه مربوط مدل‌سازی شد. سپس داده‌های زیست اقلیمی برای سال ۲۰۵۰ از سایت worldclime استخراج شد و با قرار دادن داده‌های استخراج‌شده در معادلات شرایط حاضر، نقشه پراکندگی آینده گونه *B.tomentellus*، برای سه دهه آینده تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 تهیه شد. نتایج نشان داد که گونه *B.tomentellus* تحت سناریوهای اقلیمی RCP 4.5 و RCP 8.5 به‌ترتیب برابر ۲۰۰ و ۳۰۰ متر به ارتفاعات بالاتر مهاجرت خواهد کرد. همچنین مساحت مناطق مناسب رویشگاه گونه، از ۹/ ۴۳ درصد مساحت رویشگاههای مرتعی استان مازندران در شرایط کنونی، به ۳۵/۳ درصد تحت شرایط سناریو RCP 4.5 و ۱۸/۷ درصد تحت سناریو بدبینانه RCP 8.5، در سال ۲۰۵۰ کاهش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: **تغییر اقلیم، رگرسیون لجستیک، سناریو اقلیمی، گونه** *Bromus tomentellus* Boisss

مقدمه

تغییرات اندک دما و رژیم بارندگی و یا تغییر در تکرار و مقدار حدهای نهایی وقایع اقلیمی می‌تواند به‌طور اساسی ترکیب، توزیع و پراکندگی گونه‌های گیاهی و همچنین تولید آنها را در برخی اکوسیستم‌ها کاهش دهد (Archer and Predick, 2008). حفاظت و مدیریت موثر اکوسیستم های طبیعی نیاز به شناسایی و تعیین عوامل اقلیمی موثر بر توزیع گیاهان

*نویسنده مسئول: h.ghelichnia@areeo.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

در زمان حال و استفاده از آنها برای پیش‌بینی پراکندگی رویشگاه‌ها در آینده و با اقلیم گرمتر دارد (Hannah et al, 2002).

تغییر اقلیم با تاثیر بر اندازه و میزان اشغالگری رویشگاه توسط گونه‌های گیاهی، وسعت رویشگاه‌های مناسب گونه‌ها را در آینده تغییر داده و به نظر می‌رسد که رویشگاه‌های مناسب را به مکان‌هایی منتقل می‌نماید که کمتر تحت تاثیر تخریب رویشگاه قرار می‌گیرند (Sarmento Cabral, 2012).

تغییر اقلیم جنبه‌های مختلف زیستی گونه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بنابر این به عنوان یک نگرانی عمده برای مدیریت و حفاظت از تنوع زیستی تبدیل شده است. یکی از آثار مهم تغییر اقلیم، ایجاد تغییرات در دامنه پراکندگی و انتشار موجودات زنده است (Elith & Franklin, 2013). بنابراین، بررسی تغییر اقلیم بر پراکندگی گونه‌های گیاهی و جانوری امری لاز م و ضروری است (Pressey et al, 2007).

مطالعات انجام‌شده در زمینه اثر تغییر اقلیم بر پراکندگی 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 (Tongli and Elizabe, 2012؛Krebs, 2014).

نتایج حاصل از پیش‌بینی پراکندگی گونه *Kelussia odoratissima* تحت سناریوهای اقلیمی طی سالهای ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰، بیانگر کاهش رخداد این گونه در مناطق کوهستانی زاگرس شرقی و جابه‌جایی این گونه به سمت مناطق مرتفع است که این جابه‌جایی به‌دلیل کاهش بارندگی سالیانه و افزایش میانگین دما تحت این سناریو است (ابوالمعالی و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج تحقیقات معتمدی و همکاران (۱۴۰۱) در مورد ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پراکندگی گونه *Stipa barbata* در منطقه البرز جنوبی نشان داد که طی سه دهه آینده، میزان حضور این گونه در رویشگاه‌های منطقه، کاهش می‌یابد و خطر حذف آن از اکوسیستم‌های منطقه، وجود دارد. در مجموع، تغییر اقلیم و به تبع آن افزایش شاخصهای دمایی، باعث گسترش عمودی این گونه و حرکت آن به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر در امتداد گرادیان ارتفاعی منطقه، خواهد شد.

نتایج مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گونه *Ferula ovina* در مناطق کوهستانی زاگرس، در حال حاضر و سالهای آینده، نشان داد که در سال ۲۰۸۰ به ازای ثابت ماندن تمامی عوامل اقلیمی به غیر از میانگین درجه حرارت سالیانه، احتمال باقی ماندن این گونه، افزایش یافته و احتمال رخداد آن، بیشتر می‌شود (قاضی مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج تحقیقات در اثر تغییر اقلیم بر پراکندگی آینده گونه *Astragalus adscendens* در زاگرس مرکزی، نشان داد که حدود ۶/۳۳ درصد از محدوده منطقه، به‌عنوان رویشگاههای مطلوب این گونه می‌باشند. در این ارتباط، موثرترین متغیرها در مطلوبیت رویشگاه این گونه به ترتیب بارندگی سالانه، هم‌دمایی، دامنه دمای سالانه و شیب، معرفی شده است (Haidaryan et al, 2021).

نتایج تحقیقات معتمدی و همکاران (۱۴۰۱) در مورد اثر تغییر اقلیم بر گونه *Artemisia aucheri* Boiss. تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 در استان قزوین نشان داد که تغییر اقلیم باعث تغییر زیادی در رویشگاه این گونه می‌شود و مساحت رویشگاه در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به‌ترتیب با کاهشی در حدود ۲۸ و ۵۵ درصد مواجه خواهد شد.

نتایج پژوهش فرزاد مهر و سنگونی (۱۳۹۹) در مورد تاثیر اقلیم بر پراکندگی جغرافیایی گونه *Anchusa italica*، نشان داد که که با سناریوی RCP 8.5 مجموعاً حدود ۴۰ درصد از مساحت اراضی دارای تناسب اقلیمی برای این گونه کاسته می‌شود.

نتایج یافته‌های خداقلی و همکاران، (۱۴۰۱) در مورد اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه گونه *Bromus tomentellus* در زاگرس جنوبی بر مبنای مدل پیش‌بینی اقلیم، نشان داد که این گونه تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به‌ترتیب برابر ۱۷۰ و ۲۶۰ متر به ارتفاعات بالاتر مهاجرت خواهد کرد. همچنین مساحت مناطق مناسب رویشگاه گونه، از ۲۶/۸ درصد مساحت رویشگاه‌های مرتعی زاگرس جنوبی در شرایط کنونی، به ۸/۵ درصد تحت شرایط سناریو RCP4.5 و ۱/۷ درصد تحت سناریو بدبینانه RCP8.5 در سال ۲۰۵۰ کاهش خواهد یافت. بررسی‌های سنگونی و همکاران (۱۳۹۶) در مورد پراکندگی مکانی گونه *Bromus tomentellus* در زاگرس مرکزی بر اساس مدل گردش عمومی HadCM3 در

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

دو مقطع زمانی ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰ در دو سناریوی A1B و A2 نشان داد که ۵۱ درصد کاهش رویشگاه در محدوده متناسب اقلیمی در سال ۲۰۸۰ خواهد داشت. برنا و همکاران (۱۳۹۹) در پیش‌بینی الگوی پراکندگی رویشگاه گونه *Artemisia aucheri*، بااستفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در مراتع ییلاقی بلده نور به این نتیجه رسیدند که این گونه تمایل زیادی به زندگی در رویشگاه‌های بسیار حاشیه‌ای و خاص در منطقه مورد مطالعه دارد. نتایج مطالعات فخیمی و خداقلی (۱۴۰۲) در مورد اثر تغییر اقلیم بر گستره رویشی گونه *Bromus tomentellus* در رویشگاه‌های مرتعی زاگرس مرکزی در استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که متغیرهای دمای سالانه، میانگین دمای گرم‌ترین ماه و میانگین دمای سردترین ماه دارای بیشترین اهمیت در تناسب رویشگاه این گونه هستند و مقادیر آنها در شرایط بدبینانه، افزایش می‌یابد. همچنین رویشگاه مطلوب حضور گونه به ارتفاعات بالاتر جابجا شده و در دامنه ارتفاعی ۳۶۰۰- ۲۴۰۰ متر قرار می‌گیرد.

نقی پور و همکاران (۱۳۹۷)، اثر تغییر اقلیم بر گستره جغرافیایی گونه بنه (*Pistacia atlantica*) را در زاگرس مرکزی مطالعه کردند. بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی آنتروپی، وسعت رویشگاه این گونه در سال ۲۰۵۰ در مقایسه باحال حاضر تحت سناریو RCP4.5 حدود ۸۱ درصد و تحت سناریو RCP8.5 حدود ۱۱ درصد کاهش خواهد یافت.

مطالعات امیری و همکاران (۱۳۹۸) در مورد گستره جغرافیایی گونه *Artemisia sieberi* تحت تاثیر اقلیم در مناطق نیمه‌استپی ایرانی- تورانی نشان داد که در سال ۲۰۸۰ نسبت به سال ۲۰۵۰، رویشگاه گونه به مقدار زیادتری کاهش خواهد یافت که گسترش مناطق بیابانی را به همراه خواهد داشت.

نتایج پژوهش (Rana et al, 2018)در خصوص اثر تغییر اقلیم بر پراکندگی جغرافیایی گونه *Fritillaria cirrhosa* در کشور نپال، با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی نشان داد که بیشترین تناسب رویشگاهی بین سناریوهای مختلف اقلیمی سال ۲۰۵۰ در RCP4/5 رخ خواهد داد. همچنین جابه‌جایی گونه به سمت مناطق مناسب اقلیمی در شمال غربی را پیش‌بینی نمودند. نتایج مدل‌سازی برای پیش‌بینی پراکندگی گیاه دارویی در معرض خطر *Homonoia riparia* در چین نشان داد که شایستگی زیستگاه این گونه با گرمایش جهانی افزایش می‌یابد (Yi et al, 2016).

به‌طورکلی بررسی‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های پراکندگی گونه‌ای برای ارزیابی ظرفیت تغییرات پراکندگی گونه‌ها در واکنش به تغییرات اقلیمی کارآمد است و با توجه به نتایج تحقیقات و تاکید براثر منفی تغییر اقلیم بر پراکندگی جغرافیایی گونه‌های گیاهی، لازم است رویشگاه‌های سایر گونه‌های با ارزش برای حفاظت در آینده پیش‌بینی شوند. مدل‌های پیش‌بینی کننده رویشگاه، تناسب رویشگاه را برای استقرار گونه های گیاهی مشخص می‌کنند و به مدیران منابع طبیعی کمک می‌کند تا با اختصاص زمان و هزینه کمتر، به شناسایی عوامل تهدیدکننده جمعیت‌ها، تعیین عامل‌های مهم در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی، بررسی سناریوهای تغییر اقلیم بر پراکندگی جغرافیایی گونه‌ها، رویشگاه‌های مطلوب گونه‌های گیاهی و... بپردازند (جعفریان، ۱۳۸۸). با وجود این، با توجه به تنوع زیستی قابل توجه، نیاز مبرمی به انجام مطالعاتی از این دست برای گونه‌های شاخص وعناصر اصلی اکوسیستم‌های مرتعی وجود دارد. ازاین‌رو، در این پژوهش، با تهیه نقشه رخداد پیش‌بینی گستره کنونی و آینده گونه *Bromus tomentellus* تحت دو مدل هشدار اقلیمی (سناریوهای Rcp4.5 و Rcp8.5) ، جابه‌جایی آن در عرض‌های جغرافیایی، در سطح اکوسیستم‌های مرتعی البرز در استان مازندران با استفاده از، مدل رگرسیون لجستیک به انجام رسیده است.

مواد و روش‌ها

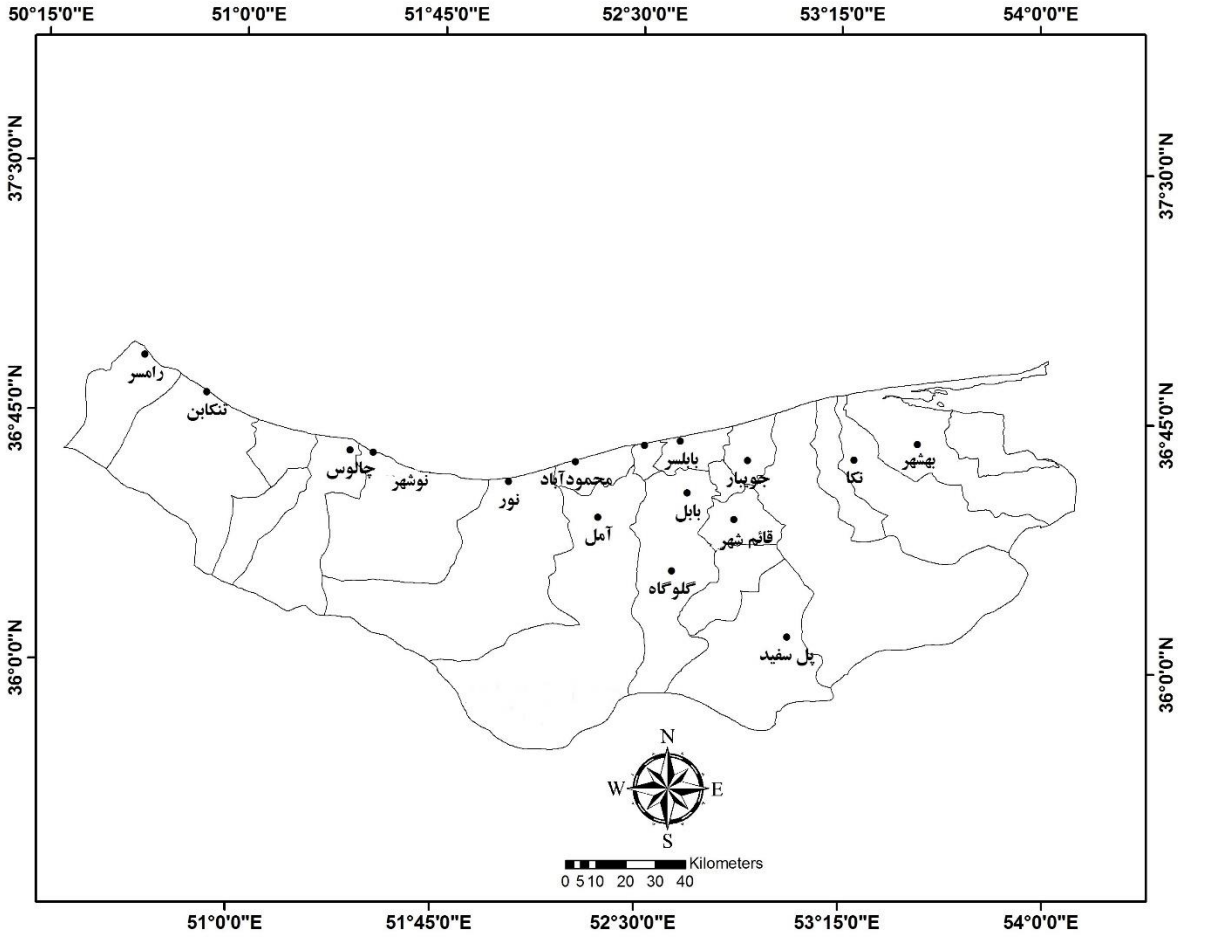
منطقه مورد مطالعه

استان مازندران با وسعت ۲۳۷۵۵۰۰ هکتار، حدود ۱/۴۶ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان در محدوده ″۳۶،′۴۷،°۳۵ تا ″۴۶،′۳۵،°۳۶ عرض شمالی و ″۳۱،′۳۴،°۵۰ تا ″۲۲،′۱۰ ،°۵۴ طول شرقی واقع شده است.

پست‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۸- متر از سطح دریا واقع در نواحی ساحلی و بالاترین ارتفاع آن قله دماوند با ارتفاع ۵۶۱۰ متر از سطح دریا در رشته کوه البرز در جنوب استان

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

است. بر اساس داده‌های ۹ ایستگاه سینوپتیک (در بازه زمانی ۱۵-۶۸ ساله)، میانگین بارندگی سالیانه در نوار ساحلی استان برابر با ۸۲۹ میلیمتر و میانگین دمای سالانه، ۱۷/۴ درجه سانتی‌گراد است. توزیع مکانی آن از غرب به شرق با کاهش همراه است. در نوار ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر، شرایط آب و هوایی کوهستانی حاکم است که از ویژگی‌های آن می‌توان کاهش میزان بارندگی سالیانه و همچنین کاهش متوسط درجه حرارت ماهانه را ذکر کرد. در نوار ارتفاعی بالاتر از ۳۰۰۰ متر که شامل قلل کوهستانهای دامنه شمالی البرز می شود، دمای هوا به‌شدت کاهش می‌یابد و یخبندان‌های طولانی ایجاد می‌شود (قلیچ‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه

معرفی گونه *B. tomentellus*

گیاه گندمی چندساله، ریشه رشته‌ای، ساقه‌های ماشوره‌ای راست، پهنک برگ‌ها باریک خطی – نوک‌دار، پانیکول کم و بیش انبوه، سنبلچه‌ها سبز کم رنگ یا زرد کم رنگ، سیخک راست یا کمی خمیده، هم‌اندازه پوشینه است.

این گونه انتشار گسترده‌ای در کشور و رشته کوه البرز دارد. در این گیاه، برگها در پائین ساقه تجمع یافته و روی خاک را به‌خوبی می‌پوشانند. به‌علاوه ریشه فیبری و بسیار قوی آن موجب مقاومت بسیار زیاد آن نسبت به چرای سنگین و حفظ خاک به‌ویژه در شیب‌های تند می‌شود. این گیاه با دیرزیستی طولانی، به سرما، یخبندان و خشکی مقاوم است. این گونه با وجود دوره رویشی نسبتا کوتاه، خوشخوراکی زیادی برای انواع گروه‌های دام دارد و از بهترین گندمیان کوهستانی برای اصلاح و توسعه مراتع است (عصری، ۱۳۹۰)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

روش تحقیق

در ابتدا، با استفاده از نقشه به‌هنگام شده تیپ‌های گیاهی طرح شناخت مناطق اکولوژیک استان مازندران (قلیچ‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶)، نقشه اولیه مناطق پراکندگی گونه تهیه شد. سپس با بازدید در مناطق مختلف رویشگاه گونه، ارتفاع حداقل و حداکثر پراکندگی مشخص گردید. همچنین با استفاده از نقشه کاربری اراضی تهیه شده توسط مؤسسه آب و خاک، کاربری‌هایی غیر از کاربری مرتع از پلی‌گون‌ها حذف گردید و در محیط ArcGIS ver10.5، نقشه‌ها اصلاح شد و نقشه حضور گونه فعلی گونه نهایی شد.

اطلاعات محیطی در محل رخداد گونه *B.tomentellus* برای ترسیم لایه اطلاعات محیطی ۱۹ بایو اقلیمی (جدول ۱)، از داده‌های ۱۵ ایستگاه سینوپتیک استان مازندران استفاده شد. همچنین برای محاسبه بایوهای اقلیمی آینده (سال ۲۰۵۰)، از سایت www.worldclim.org که یکی از سایت‌های تولید داده گزارش پنجم است، با دقت ۳۰ ثانیه استفاده شد. این داده‌ها برای دو سناریو $RCP_{4.5}$ و $RCP_{8.5}$ برای دوره آینده به‌دست آمد. همچنین نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع به‌عنوان ورودی داده‌های محیطی با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی، با دقت ۳۰ متر در محیط Arc GIS ترسیم شد. اندازه پیکسل‌ها ۴/۹×۴/۹ کیلومتر درنظرگرفته‌شد و پیکسل‌های حضور گونه با عدد یک و پیکسل‌های عدم حضور گونه با صفر مشخص گردید. با توجه به وسعت استان و اندازه پیکسل‌ها، تعداد ۹۸۵ پیکسل کل استان را پوشش می‌دهد که کلیه محاسبات پیش‌بینی رویشگاه بر روی این نقاط انجام گرفت.

هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود از سناریوهای جدید RCP به‌عنوان نماینده‌های چهار خط سیر کلیدی گازهای گلخانه‌ای با نام‌های RCP 2.6، RCP 4.5، RCP 4و RCP 8.5 استفاده کرده است که در این پژوهش از دو سناریو RCP 4.5 و RCP 8.5 استفاده شده است. در سناریو RCP4.5، میزان غلظت دی اکسیدکربن تا سال ۲۱۰۰، ۷۵۰ Ppm تخمین زده شده و بازتابش ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای تا قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴/۵ وات بر مترمربع ثابت می‌ماند. در این سناریو میزان رشد جمعیت کمتر از سناریوی RCP 2.6 تخمین زده شده است. در سناریوRCP 8.5 ، میزان غلظت دی‌اکسیدکربن تا سال ۲۱۰۰، ۱۹۶۰Ppm تخمین زده شده که ادامه روند منجر به واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر مترمربع در سال ۲۱۰۰ می‌گردد. یعنی تابش ورودی منهای تابش خروجی از جو ۸/۵+ وات بر مترمربع است (یعقوب‌زاده و رمضانی، ۱۳۹۸).

جدول ۱ - متغیرهای اقلیمی استفاده شده در فرایند مدل‌سازی

نام BIO	تعریف	نام BIO	تعریف
BIO_1	میانگین دمای سالانه (سانتی‌گراد)	BIO_{11}	میانگین دمای سردترین فصل(سانتی‌گراد)
BIO_2	دمای حداقل و حداکثر (سانتی‌گراد)	BIO_{12}	بارندگی سالانه (میلی‌متر)
BIO_3	(هم دمایی ۱۰۰× (BIO_2/BIO_7)	BIO_{13}	بارندگی مرطوبترین ماه(میلی‌متر)
BIO_4	دمای فصلی (انحراف معیار×۱۰۰)	BIO_{14}	بارندگی خشکترین ماه(میلی‌متر)
BIO_5	حداکثر دمای گرمترین ماه(سانتی‌گراد)	BIO_{15}	بارندگی فصلی (ضریب تغییرات)
BIO_6	حداقل دمای سردترین ماه(سانتی‌گراد)	BIO_{16}	بارندگی مرطوبترین فصل(میلی‌متر)
BIO_7	دامنه دمای سالانه (BIO_5-BIO_6)	BIO_{17}	بارندگی خشکترین فصل(میلی‌متر)
BIO_8	میانگین دمای مرطوبترین فصل(سانتی‌گراد)	BIO_{18}	بارندگی گرمترین فصل(میلی‌متر)
BIO_9	میانگین دمای خشکترین فصل(سانتی‌گراد)	BIO_{19}	بارندگی سردترین فصل(میلی‌متر)
BIO_{10}	میانگین دمای گرمترین فصل(سانتی‌گراد)		

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

پیش‌بینی پراکندگی جغرافیایی گونه *B.tomentellus*

برای پیش‌بینی پراکندگی رویشگاه گونه *B.tomentellus* از رگرسیون لجستیک (رابطه ۱) استفاده شد. به این‌صورت که متغیرهای محیطی در مدل رگرسیون لجستیک، به‌عنوان متغیرهای پیشگو (مستقل) و حضور و عدم حضور گونه، به عنوان متغیرهای پاسخ (وابسته) وارد و رفتار رویشی گونه مورد بررسی در شرایط فعلی، محاسبه و رابطه مربوطه تعیین گردید. از این رابطه، برای پیش‌بینی رویشگاه در سال ۲۰۵۰ از مدل گردش عمومی ESM2-MRI -0 تحت سناریو $RCP_{4.5}$ و $RCP_{8.5}$ استفاده شد. این روش در نرم‌افزار SPSS Ver24 اجرا و نتایج آن با استفاده از Arc GIS Ver10.5 تبدیل به نقشه گردید.

رابطه ۱ $$p = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

رابطه ۲ $$z = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + \cdots + B_nx_n$$

در روابط فوق، z معادله چند متغیره‌ی خطی حاصل شده از تابع Logit است که همان متغیر وابسته یا پاسخ است، Bi نشان‌دهنده ضرایب مدل رگرسیون و Xi متغیرهای مستقل محیطی است. به منظور ارزیابی نقشه‌های تولید شده از شاخص آماری کاپا استفاده شد (رابطه ۳).

رابطه (۳)

$$k = \frac{\left(\frac{a+d}{n}\right) - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}}{1 - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}}$$

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 به‌عنوان حضور ثبت می‌کند. b نشان‌دهنده منفی کاذب است، یعنی پیش‌بینی‌هایی که در مدل وجود دارد، اما در دنیای واقعی وجود ندارد که به عنوان خطای مدل ثبت می‌شود. c نشان‌دهنده منفی کاذب است؛ یعنی پیش‌بینی‌هایی که در مدل وجود ندارد، اما در دنیای واقعی وجود دارد که به‌عنوان خطای مدل ثبت می‌شود. d نشان‌دهنده منفی واقعی است؛ یعنی پیش‌بینی‌هایی که نه در مدل وجود دارد و نه در دنیای واقعی؛ و مدل آنها را به‌عنوان عدم حضور ثبت می‌کند (Lamir et al, 2006).

نتایج

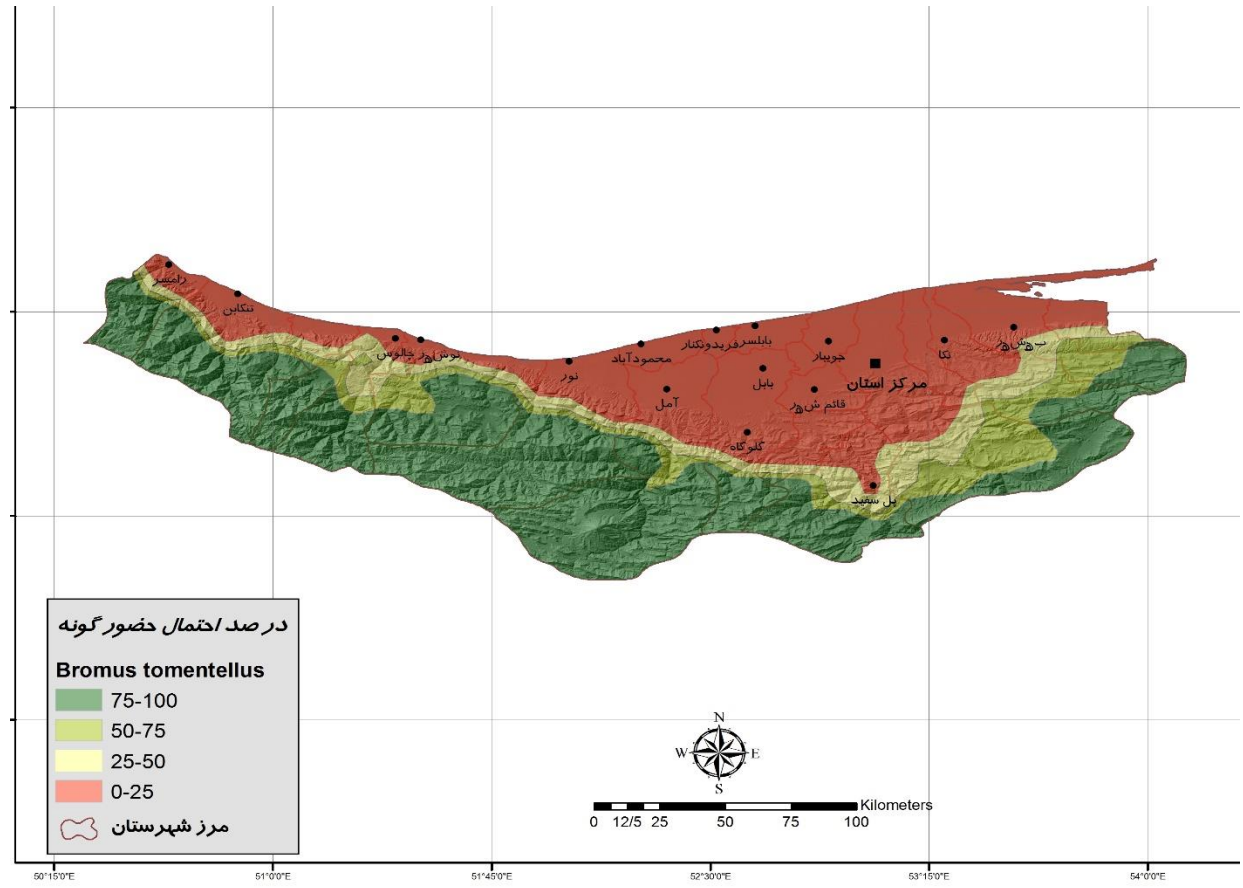
نقشه رویشگاه بالقوه گونه *B.tomentellus*

نقشه پراکندگی فعلی گونه *B.tomentellus* نشان می‌دهد که در بخش‌های ارتفاعات غربی، مرکزی و شرقی استان، این گونه در طبقه ۱۰۰ - ۷۵ درصد، مشاهده می‌شود. در مناطق کمتر از ارتفاع ۲۰۰۰ متر، درصد حضور این گونه بسیار کم شده، به طوری‌که کمترین حضور گونه در طبقه ۲۵-۰ درصد، قرار گرفته است. نقشه تولید شده، در چهار کلاس نشان داد که در ۴۳/۶۸ درصد سطح کل استان، احتمال رخداد این گونه ۱۰۰ - ۷۵ درصد است که برابر ۱۰۴۰۸۳۹ هکتار است (جدول ۲). در این ارتباط، مقدار ضریب آماری کاپا ۰/۸۵ 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.

جدول ۲- درصد مساحت کلاس‌های رویشگاه *Bromus tomentellus*

طبقات رویشگاه (درصد)	مساحت (هکتار)	درصد از کل
۷۵-۱۰۰	۸۶۶۵۷۱	۳۶/۳۷
۵۰-۷۵	۲۲۳۷۱۱	۹/۴
۲۵-۵۰	۲۵۱۵۰۴	۱۰/۵۵
۰-۲۵	۱۰۴۰۸۳۹	۴۳/۶۸

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]



شکل ۱- نقشه پراکندگی فعلی گونه *Bromus tomentellus* در استان مازندران

پیش‌بینی پراکندگی گونه *B.tomentellus* در سال ۲۰۵۰

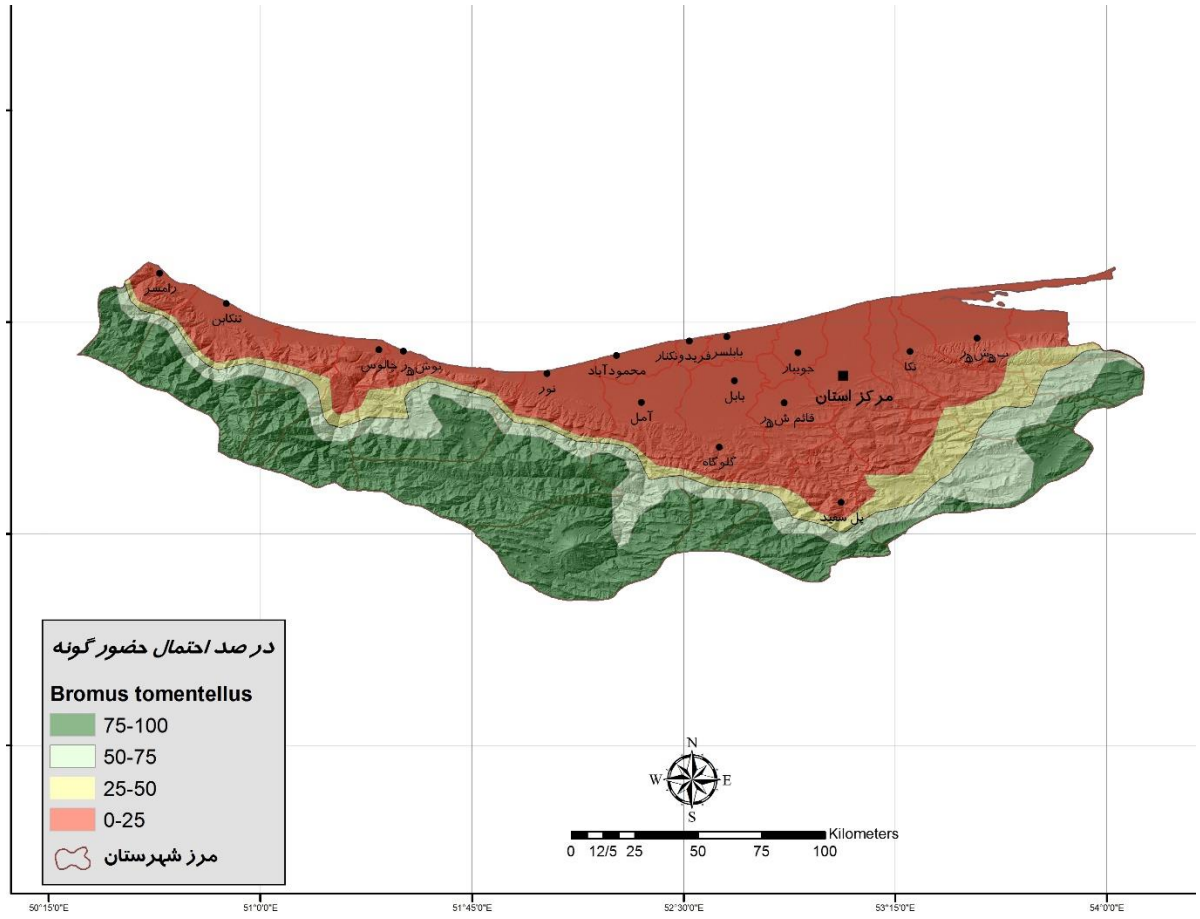
نقشه‌های حاصل از پیش‌بینی مدل رگرسیون لجستیک نشان می‌دهد که تحت سناریوی RCP 4.5، حضور گونه در مناطق با ارتفاع زیاد (۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متر) که شامل تمام مناطق در قسمتهای مرکزی و غربی و شرقی استان است، بیشتر می‌شود. درصد حضور در طبقه ۱۰۰-۷۵ درصد در ۴۳/۴۶ درصد سطح استان مشاهده شده و بیشترین درصد را طبقه ۱۰۰-۷۵ درصد به خود اختصاص می‌دهد. درصد طبقه ۲۵-۰ درصد، کاهش می‌یابد (شکل ۲ و جدول ۳).

نتایج پیش‌بینی رویشگاه برای سناریو RCP 8.5، نشان می‌دهد که حضور گونه در طبقه ۱۰۰-۷۵ درصد در قسمت‌های مرکزی، غربی و شرقی استان کاهش یافته که این کاهش در قسمت‌های شرقی بیشتر از سایر نقاط است. در صد طبقه ۲۵-۰ درصد به میزان زیادی افزایش و درصد طبقه ۷۵-۵۰ درصد به میزان خیلی کمی افرایش و درصد طبقه ۵۰-۲۵ درصد به میزان خیلی کم، کاهش دارد. (شکل ۳ و جدول ۴). جدول ۵، میزان رویشگاه‌های اضافه‌شده و ازدست‌رفته گونه *Bromus tomentellus* را در دو سناریوی RCP 4.5 و RCP 8.5 نشان می‌دهد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ۳- درصد مساحت کلاس‌های رویشگاه *Bromus tomentellus* در سناریو $RCP_{4.5}$

طبقات رویشگاه (درصد)	مساحت (هکتار)	درصد از کل
۷۵-۱۰۰	۱۰۳۵۶۳۲	۴۳/۴۶
۵۰-۷۵	۱۹۶۰۳۴	۸/۲۳
۲۵-۵۰	۳۰۸۰۷۰	۱۲/۹۳
۰-۲۵	۸۴۲۸۸۹	۳۵/۳۸

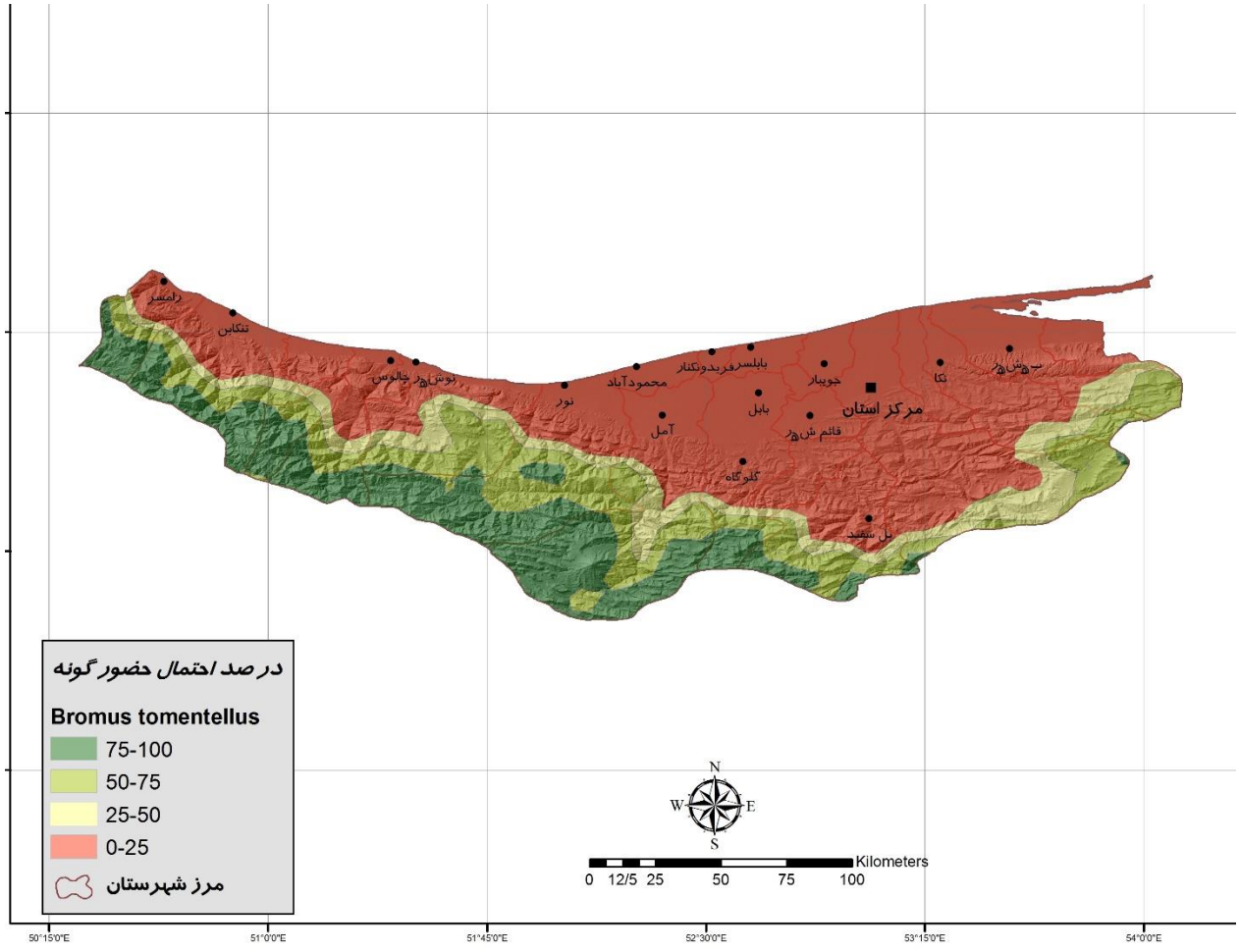


شکل ۲- نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه *Bromus tomentellus* در استان مازندران با استفاده از سناریو $RCP_{4.5}$

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ۴- درصد مساحت کلاس‌های رویشگاه *Bromus tomentellus* در سناریو RCP 8.5

طبقات رویشگاه (درصد)	مساحت (هکتار)	درصد از کل
۷۵-۱۰۰	۴۴۶۲۷۳	۱۸/۷۳
۵۰-۷۵	۴۱۶۰۵۷	۱۷/۴۶
۲۵-۵۰	۲۴۳۲۲۱	۱۰/۲۱
۰-۲۵	۱۲۷۷۰۷۴	۵۳/۶



شکل ۳- نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه *Bromus tomentellus* در استان مازندران با استفاده از سناریو RCP 8.5

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

جدول ۵- مساحت‌های رویشگاههای اضافه شده و از دست رفته گونه *Bromus tomentellus* در سناریوهای مختلف

طبقات رویشگاه (درصد)	RCP 4.5		RCP 8.5	
	اضافه شده (هکتار)	از دست رفته (هکتار)	اضافه شده (هکتار)	از دست رفته (هکتار)
۱۰۰-۷۵	۱۶۹۰۶۱	-	-	۴۲۰۲۹۸
۷۵-۵۰	-	۲۷۶۷۷	۱۹۲۳۴۶	-
۵۰-۲۵	-	۵۶۵۶۶	۸۲۸۳	-
۲۵-۰	-	۱۹۷۹۵۰	۲۳۶۲۳۵	-

بحث و نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم یک پدیده طبیعی است که در طول دوره زمین‌شناسی رخ داده است. با این حال، روند فعلی توسط عوامل انسانی تشدید شده است (IPCC, 2007). اثرات تغییر اقلیم به‌صورت جابه‌جایی و کاهش گستره گونه‌های گیاهی برآورد شده است (Kurpris et al, 2016) و نقی‌پور و همکاران، (۱۳۹۷). 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، ۱۳۸۹). 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 دایمی خود، مهاجرت کرده یا به‌تدریج، از بین می‌روند (Ray et al, 2021; Haidarian et, 2019) و جلیلی(۱۴۰۰). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه، انتظار می‌رود تغییرات بزرگی در پراکندگی گونه *Bromus tomentellus* همراه با تغییرات اقلیمی، رخ دهد. این تغییرات، به‌گونه‌ای است که می‌تواند شرایط اقلیمی مناسب را برای زندگی این گونه مهم و موثر در رویشگاه‌های مرتعی البرز، محدود کند. بنابراین، برای بهبود شرایط، کنترل تخریب رویشگاه گونه از طریق مدیریت چرای دام و جلوگیری از تغییر کاربری مراتع است. 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 و 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 (معتمدی و همکاران، ۱۴۰۱). گرایش تغییرات محدوده اکولوژیک آنها، به این صورت است که در سال‌های آینده و تحت تأثیر اقلیم، در ارتفاعات بالاتری شاهد استقرار گونه‌های گیاهی خواهیم بود و احتمال حضور گونه‌ها در ارتفاعات پائین‌تر کاهش خواهد یافت (Tailor et al, 2012). به‌عبارت دیگر، آشیان اکولوژیک این گونه‌ها در سال‌های آینده، به سمت مناطق مرتفع‌تر، پیش خواهد رفت و در ارتفاعات پایین، گستره پراکندگی جغرافیایی گونه‌ها و جوامع گیاهی محدودتر می‌شود (Teimoori et al, 2020). مطالعات انجام شده در زمینه اثر تغییر اقلیم بر پراکندگی گونه‌ها و جوامع گیاهی، نشان می‌دهد که در دهه‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰ دامنه انتشار همه گونه‌ها و جوامع گیاهی به مقدار زیادی کاهش پیدا خواهد کرد (Tongli & Elizabet, 2009 ; Krebs, 2009 , 2012).

در مطالعه حاضر مشخص گردید که گونه *Bromus tomentellus* در محدوده ارتفاعی۳۴۰۰-۲۲۰۰ متر قرار گرفته است، در حالی که در سناریو RCP 4.5 (شرایط متعادل) و سناریو RCP 8.5 (سناریو بدبینانه) در ارتفاع ۳۷۰۰-۲۵۰۰ متر قرار می‌گیرد که نشان می‌دهد این گونه از نظر ارتفاعی کمی تفاوت دارد و از وسعت آن خصوصا در سناریو بدبینانه کاسته می‌شود. بنابراین بررسی پراکندگی گونه تحت سناریوی بدبینانه که شدیدترین تغییرات اقلیمی را

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

پیش‌بینی می‌کند، حاکی از این است که محدوده پراکندگی گونه برای جبران افزایش درجه حرارت به سمت ارتفاعات جابه‌جا خواهد شد. این موضوع، بیانگر آن است که در آینده، کیفیت رویشگاه و به پیروی از آن، میزان حضور گونه *Bromus tomentellus* در رویشگاه‌های البرز، کاهش می‌یابد. علاوه بر تغییر اقلیم، عوامل دیگری ازجمله تغییر کاربری اراضی، بهره‌برداری غیراصلولی و آتش‌سوزی نیز بر شدت پایداری و بقای این‌گونه گیاهی اثرگذار است.

در این راستا، گسترش گیاهان به سمت ارتفاعات طی دوره‌های اخیر، نمونه‌ای از جابجایی گونه‌ها تحت تأثیر تغییر اقلیم، ذکر شده است (Dalmaris et al 2015). بر این اساس، افزایش دما، باعث حرکت گونه‌های نیمکره شمالی به سمت ارتفاعات خواهد شد (Zwicke et al, 2015).

تمام سناریوهای اقلیمی در این تحقیق، جابجایی رویشگاه گونه *Bromus tomentellus* را به سمت مناطق مرتفع‌تر پیش‌بینی نمودند. علت این جابه‌جایی به به آشیان بوم‌شناختی اقلیمی (بارندگی و دما) این گونه مربوط است که سبب می‌شود مناطق با ارتفاع کمتر برای این گونه مناسب نباشد. 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 *Bromus tomentellus* در واکنش به تغییرات اقلیمی در زاگرس مرکزی، گزارش شد که این گونه در اثر تغییرات اقلیمی، به سمت غرب منطقه که عموماً ارتفاع بیشتری دارد، حرکت می‌کند. همچنین بیان گردید، میانگین ارتفاع مناطقی که گونه در آن حضور داشته است، ۲۵۵۰ متر بوده است که این مقدار در سال ۲۰۸۰ تحت به ۲۷۰۰ متر خواهد رسید (Sangoony et al, 2016).

نتایج مطالعات (Hosseini et al, 2024) در زمینه اثرات تغییر اقلیم در سناریوهای مختلف بر رویشگاههای سه گونه آویشن (*Thymus. pubescens, T. transcaucasicus, T. fedtschenkoi*) در ایران نشان داد که از وسعت رویشگاه‌های این گونه در آینده کاسته خواهد شد که با نتایج این تحقیق در خصوص کاهش سطح رویشگاه‌ها، مطابقت دارد. وایو و همکاران (Wouyou et al, 2022) مطالعه‌ای در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر گونه *Caesalpinia bunduc* در کشور بنین انجام دادند و نتیجه گرفتند که که این تغییرات، اثرات قابل توجهی بر پراکندگی این گونه خواهد گذاشت و برای حفظ این گونه از خطر انقراض، اقدامات پایدار مدیریتی در سیاستهای توسعه، پیشنهاد شده است. هر چند در مورد گونه *Bromus* tomentellus، حتی در مدل‌های بدبینانه امکان انقراض گونه وجود ندارد، ولی برای حفظ ظرفیت‌های رویشگاه‌های آن، اقدامات مدیریتی در زمینه تعادل دام و مرتع ضرورت دارد. هی و همکاران (He et al, 2019) در خصوص اثرات تغییر اقلیم بر رویشگاه‌های گونه‌های جنس *Cyananthus* و *Primula* در کوههای هیمالیا نشان دادند که تحت سناریوهای مختلف تا سال ۲۰۷۰، مهاجرت این گونه‌ها به سمت ارتفاعات بالاتر رخ خواهد داد که با نتایج ما در مورد گونه *Bromus tomentellus* ، مطابقت دارد. وانگ و همکاران (Wang et al, 2019) در مطالعه خود در مورد اثرات تغییر اقلیم بر گیاهان آلپی در کوههای چانگ‌بای چین، نشان دادند که در سناریوهای RCP 4.5 و RCP 8.5 در فاصله زمانی سه دهه آینده، جابه‌جایی گونه‌های علفی به سمت ارتفاعات بالاتر و کوچک شدن حجم آنها، رخ خواهد که با نتایج تحقیقات ما، مطابقت دارد. فخیمی و خداقلی (۱۴۰۲) نیز در بررسی اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه‌های گونه *Bromus tomentellus* در استان چهارمحال و بختیاری به این نتیجه رسیدند که موقعیت مکانی این گونه در سال ۲۰۵۰ در سناریوی خوش‌بینانه، مشابه حال حاضر است و در سناریوی بدبینانه از وسعت رویشگاههای مطلوب کاسته می‌شود و در عوض در برخی مناطق مرتفع شاهد بروز رویشگاه‌های مستعد وقوع گونه خواهد بود که این مناطق از نظر شرایط اقلیمی مناسب خواهند بود. به‌طوری‌که این گونه در مناطق با ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۳۲۰۰ متر از سطح دریا قابل مشاهده است. نتایج تحقیقات بر روی گونه کرفس کوهی (*Kelussia odoratissima*) در منطقه فریدون‌شهر در غرب استان اصفهان نشان می‌دهد این‌گونه در اثر تغییر اقلیم به مناطق مرتفع‌تر مهاجرت می‌کند و رویشگاه این‌گونه در سال ۲۰۸۰حدود ۸۰ درصد کاهش خواهد یافت (ابوالمعالی و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج تحقیقات خداقلی و همکاران (۱۴۰۱) در مورد اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه گونه *Bromus*

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

tomentellus در زاگرس جنوبی نشان‌دهنده تغییرات ارتفاعی این گونه در اثر تغییر اقلیم است و تحت سناریوهای بدبینانه و خوشبینانه به ترتیب ۱۷۰ و ۲۶۰ متر در سال ۲۰۵۰ به ارتفاعات بالاتر مهاجرت می‌کنند. نتایج تحقیقات معتمدی و همکاران (۱۴۰۱) در مورد اثرات تغییر اقلیم بر گونه *Stipa barbata* در منطقه البرز جنوبی نیز تایید کننده این است که تغییر اقلیم و به تبع آن افزایش شاخص‌های دمایی، باعث گسترش عمودی این گونه و حرکت آن به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر در امتداد گرادیان ارتفاعی منطقه، می‌شود.جابجایی رویشگاه به مناطق مرتفع‌تر در دیگر گونه-های گیاهی مناطق کوهستانی در ایران در مطالعات حیدریان و همکاران (۱۳۹۶)، ابوالمعالی و همکاران، (۱۳۹۶)، امیری و همکاران، (۱۳۹۸) (Fatemi et al, 2018), (Sangoony et al, 2016) در کوههای مدیترانه (Fois et al, 2016) ،در پاکستان (Khanum et al, 2013) و در شمال آفریقا (Al-Qaddi et al, 2016) گزارش شده است.

نتایج این تحقیق بر پایه نقشه پیش‌بینی رویشگاه بیانگر این بود که هرچه شاخص‌های دمایی افزایش یابد تناسب رویشگاه برای حضور گونه در آینده کمتر خواهد شد. تویلر (Thuiller, 2007) بیان داشت که به‌طور میانگین هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما، باعث حرکت گونه‌های نیمکره شمالی به میزان ۱۶۰ کیلومتر به سمت قطب یا ۱۶۰متر به سمت ارتفاعات خواهد شد. البته این تغییرات در اکوسیستم-های مختلف یکسان نیست و هر اکوسیستم باید با روش‌های مناسب بررسی شود. همان‌طورکه 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 پراکندگی خود را گسترش دهند. هرچند مدل‌سازی‌ها با عدم قطعیت روبه‌رو هستند، اما با متغیرهای انتخاب‌شده و انتخاب روش‌های آماری سعی گردیده که عدم قطعیت‌ها کاهش یابد و عملکرد مدل‌ها ابزار خوبی برای حفاظت و مدیریت گونه در آینده باشد. به‌طورکلی مدل‌های پراکندگی گونه‌ای، ابزارهای مفید و مقرون‌به‌صرفه‌ای برای استفاده مدیران منابع طبیعی هستند و آگاهی آن‌ها را نسبت به اثرات تغییر اقلیم بر گونه‌ها افزایش می‌دهند و با توجه به نتایج تحقیقات و تاکید بر اثر منفی تغییر اقلیم بر پراکندگی جغرافیایی گونه‌های گیاهی، لازم است رویشگاه‌های سایر گونه‌های گیاهی با ارزش برای حفاظت در آینده مدیریت شوند. این موضوع، در شرایطی است که ضرورت دارد در مدل-های پیش‌بینی، علاوه بر مقادیر حضور و عدم حضور، از شاخصهای ساختاری پوشش گیاهی مانند درصد پوشش تاجی، تراکم، فراوانی، اهمیت نسبی، تولید و ... نیز به‌عنوان متغیرهای ورودی به مدل‌ها، استفاده شود. نقشه‌های حاصل از مدل‌ها، مناطق حساس به تغییر اقلیم و پناهگاه‌های ممکن در آینده گونه‌های منتخب را به منظور استفاده در طرح‌های حفاظتی و مرتعی این مناطق مشخص می‌نمایند. این استراتژی‌ها باید به منظور حفاظت این مناطق در برابر تهدیدها و به منظور بهبود مقاومت گونه‌های منتخب به تغییر اقلیم به کار روند تا حضور این گونه‌ها در آینده را تضمین کنند.

منابع

ابوالمعالی، س.م.ر.، ترکش اصفهانی، م.، بشری، ح، ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پراکندگی گونۀ در حال انقراض کرفس کوهی (*Kelussia odoratissima*) با استفاده از مدل افزایشی تعمیم یافته، محیط زیست طبیعی، ۷۰(۲) : ۲۵۴-۲۴۳.

امیری، م، ترکش، م، جعفری، ر. ۱۳۹۸. پیش بینی پراکندگی گونۀ *Artemisia sieberi* Besser تحت تأثیر تغییر اقلیم در مراتع استپی و نیمه‌استپی ایران- تورانی، مدیریت بیابان، ۱۳(۷): ۲۹-۴۸.

برنا، ف، تمرتاش، ر.، طاطیان، م.، غلامی، و. ۱۳۹۹. پیش بینی الگوی پراکندگی رویشگاه گونه *Artemisia aucheri* Boiss با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (مطالعه موردی: مراتع ییلاقی بلده نور)، تحقیقات مرتع و بیابان، ۱(۲۷): ۹۸-۱۱۱.

جعفریان، ز.، ارزانی، ح.، جعفری، م.، کلارستاقی، ع.، زاهدی، ق.، آذرنیوند، ح. ۱۳۸۸. توزیع مکانی خصوصیات خاک با روش های زمین آماری در مراتع رینه، (۳)۱: ۸۱۷-۸۲۱.

جلیلی، ع. ۱۴۰۰ .ضرورت تغییر رویکرد در مدیریت محیطهای طبیعی کشور، قسمت پنجم: ضرورت تغییر رویکرد در

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

مرتعداری: تدوین طرحهای مرتعداری با رویکرد اکوسیستمی .طبیعت ایران،۲ (۶): ۱-۳.

حبیبی نوخندان، م، ۱۳۸۹. تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین (پرسش و پاسخ). انتشارات محقق، ۱۳۸ص).

حیدریان آقاخانی، م.، تمرتاش، ر.، جعفریان، ز.، ترکش اصفهانی، م.، طاطیان، م.ر. ۱۳۹۶. پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکندگی گونه *Amygdalus scopari*a با استفاده از مدل‌سازی اجماعی در زاگرس مرکزی، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸(۳):۱-۱۴.

خداقلی، م.، صبوحی، ر.، بیات، م.، عشوری، پ.، معتمدی، ج. ۱۴۰۱. اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه گونه *Bromus tomentellu*s .Boiss در زاگرس جنوبی بر پایه مدل پیش‌بینی اقلیم، مرتع و بیابان، ۴(۲۹): ۵۳۰-۵۴۱.

سنگونی، ح.، وهابی، ترکش، م.، عشقی‌زاده، ح.، سلطانی، س. ۱۳۹۶. تعیین خصوصیات اقلیمی زیست بوم و پراکندگی جغرافیایی دو گونه مرتعی با استفاده از روش مدل سازی جنگل تصادفی در منطقه زاگرس مرکزی. حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۱(۱۰): ۱-۱۱

عصری، ی. ۱۳۹۰. گیاهان مرتعی ایران. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۵۳۷ صفحه.

فخیمی، ا.، خداقلی، م. ۱۴۰۲. اثر تغییر اقلیم بر گستره رویشی گونه *Bromus tomentellus* Boiss در رویشگاههای مرتعی زاگرس مرکزی، استان چهارمحال و بختیاری، فصلنامه علوم محیط زیست، ۸(۲):۶۷۳۰-۶۷۴۰.

فخیمی، ا.، خداقلی، م. ۱۴۰۲. اثر تغییر اقلیم بر گستره رویشی گونه *Bromus tomentellus* در رویشگاههای مرتعی زاگرس مرکزی، استان چهارمحال و بختیاری، مطالعات علوم محیط زیست، ۲(۸): ۶۷۳۰-۶۷۴۰.

فرزادمهر، ج.، سنگونی، ح، ۱۳۹۹. بررسی تاثیر اقلیم بر پراکندگی جغرافیایی گاوزبان وحشی در استان خراسان رضوی، پژوهش-های حفاظت آب و خاک، ۳(۲۷): ۱۴۵-۱۶۲.

قاضی مرادی، م.، ترکش اصفهانی، م.، بشری، ح.، وهابی، م.ر. ۱۳۹۵. تعیین رویشگاه بالقوه گونه کما (*Ferula ovin*a Boiss) با استفاده از مدل افزایشی تعمیم یافته(GAM) .ر منطقه فریدون شهر استان اصفهان. مرتع و آبخیزداری، ۳(۶۹) : ۶۷۷-۶۸۹.

قلیچ‌نیا، ح.، فیاض، م.، نعمتی، ه.، عشوری، پ. ۱۳۹۶. طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور: تیپ‌های گیاهی استان مازندران، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۱۹۸ صفحه.

معتمدی، ج.، خداقلی، م.، خلیفه زاده، ر. ۱۴۰۱. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر گستره آینده گونه *Stipa barbata* در منطقه البرز جنوبی، مدیریت اکوسیستمهای طبیعی، (۲)۲ : ۱۳-۲۲.

معتمدی، ج.، خداقلی، م.، خلیفه‌زاده، ر. ۱۴۰۱. پیش‌بینی گستره کنونی و گستره بالقوه گونه *Artemisia Aucheri* تحت دو مدل هشدار اقلیمی RCP 4.5 و RCP 8.5 در رویشگاههای مرتعی البرز جنوبی، استان قزوین، مطالعات علوم محیط زیست، ۷(۲): ۵۰۱۵-۵۰۲۳.

نقی‌پور، ع.، حیدریان آقاجانی، م.، سنگونی، ح. ۱۳۹۷. پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی بنه (*Pistacia atlantica*) در منطقه زاگرس مرکزی،۶ (۱۳): ۱۹۷-۲۱۴.

یعقوب‌زاده، م.، رمضانی، ی. ۱۳۹۸. ارزیابی مدلها و سناریوهای گزارش پنجم تغییراقلیم در برآورد دما و بارش ایستگاه بیرجند، پژوهش_های اقلیم‌شناسی، ۳۷(۱۰)، ۸۷-۱۰۰.

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, 17: 143-156.

Archer, S., Predick, K. 2008. Climate Change and Ecosystems of the Southwestern Unites States. Journal of Society for Range management, 23-28.

Dalmaris, E., Ramalho, C.E., Poot, P., Veneklaas, E.J., 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.

Elith, J., Franklin, J. 2013. Species distribution modelling. Encyclopedia of biodiversity , In ncyclopedia of Biodiversity: Second Edition ,692-705.

Fatemi, S.S., Rahimi, M., Tarkesh, M., Ravanbakhsh, H. 2018. Predicting the impacts of climate change on the distribution of Juniperus excelsa M. Bieb. In the central and eastern Alborz Mountains, Iran. forest-biogeosciences and forestry, 11(5): 643.

Fois, M., Cuena-Lombraña, A., Fenu, G., Cogoni, D., Bacchetta, G. 2016. The reliability of conservation status assessments at regional level: past, present and future perspectives on Gentiana lutea L. ssp. lutea in Sardinia. Journal for nature conservation, 33: 1-9.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

Climate change has likely already affected global food production. PLoS ONE, 14(5), 1-18.

Sangoony, H., Vahabi, M.R., Tarkesh, M., 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.

Sarmento Cabral, J., Jeltsch, F., Thuiller, W., Higgins, S., Midgley, G.F., Rebelo, A.G., Rouget, M. 2012. Impacts of past habitat loss snd future climate change on the range dynamics of South African proteaceae. Diversity and distribution, 1-14.

Teimoori, S., Naghipoor, A., Ashrafzadeh, M.R., Heydarian, M. 2020. Predicting the impact of climate chnge of potential habitats of *Stipa hohenackeriana* Trin & Rupr. In central Zagros. Journal of rangeland, 3(14): 526-538.

Thuiller, W., 2007. Biodiversity: climate change and the ecologist. Nature, 448(7153): 550-552.

Tongli, W., Elizabeth, C. 2012. Projecting future distributions of ecosystem climate niches: Uncertainties and management applications. Forest Ecology and Management, 279: 128-140.

Yi, Y. J., Cheng, X., Yang. Z. F., Zhang. S. H. 2016. MaxEnt modelling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (H. riparia Lour) in Yunnan, China. Ecological engineering, 92, 260-269.

Wang, L., Wang, W.J., Wu, Z., Du, H., Zong, S., Ma, S. 2019. Potential distribution shifts of plant species under climate change in Changbai mountains, China. forests, 10 (6), p.498.

Wouyou, H.G., Lokonon, B.E., Idohou, R., Zossou-Akete, A.G., Assogbadjo, A.E., Kakaï, R.G. 2022. Predicting the potential impacts of climate change on the endangered Caesalpinia bonduc (L.) Roxb in Benin (West Africa). Heliyon, 8(3).

Zwicke, M., Picon-Cochard, C., Morvan-Bertrand, A., Prud'homme, M.P., Volaire, F. 2015. What functional strategies drive drought survival and recovery of perennial species from upland grassland?. Annals of botany, 116(6), 1001-1015.

Haidarian, M., Tamartash, R., Jafarian-Jeloudar, Z., Tarkesh, M., Tataian, M.R., 2021. The effects of climate change on the future distribution of *Astragalus adscendens* in central zagros, Iran. Journal of Rangeland science, 11(2), 152-170.

Hannah, L., Midgley, G., Millar, D. 2002. Climate change-integrated conservation strategies. Glob Ecol biogeogr, 11: 485–495.

He, X., Burgess, K.S., Gao, L.M., Li, D.Z. 2019. Distributional responses to climate change for alpine species of *Cyananthus* and *Primula* endemic to the Himalaya-Hengduan Mountains. plant diversity, 41(1), 26-32.

Hosseini, N., Ghorbanpour, M., Mostafavi, H. 2024. Habitat potential modelling and the effect of climate change on the current and future distribution of three *Thymus* species in Iran using MaxEnt. Scientific reports, 14(1), p.3641.

Ilunga Nguy, K., 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.

IPCC 2007. Climate Change 2007: synthesis report. Contribu-tion of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Inter governmental panel on climate change.IPCC Geneva. Journal of rangeland, 14 (3): 526-538.

Khanum, R., Mumtaz, A.S., Kumar, S. 2013. Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. Acta oecologica, 49: 23-31.

Latimer, A.M., Wu, S.S., Gelfand, A.E., Silander, J.A. 2006. Building statistical models to analyze species distributions. Ecological applications, 16: 33-50.

Pressey, R.L. Cabeza, M. Watts, M.E. Cowling, R.M., Wilson, K.A. 2007. Conservation planning in a changing world, Trends Ecol. Evol. 22(4): 583–592.

Rana, S.K., H.K. Rana., S.K. Ghimire., K.K. Shrestha., 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., Chatterjee, S. 2019.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]

Effects of climate change on the vegetation range of *Bromus tomentellus* Boiss in Alborz Rangeland habitats, Mazandaran province

Hasan Ghelichnia[*1]. Morteza Khodagholi[2]

[*2]Associate Professor, Forest and Rangeland Research Department. Mazandaran Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran
[2]Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO,Tehran, Iran

Received: 2023/12/4; Accepted: 2024/7/7

Abstract

Climate change significantly impacts plant distribution, making it essential to model and predict shifts in plant species habitats. Therefore, determining the prediction of the habitat of plant species using modeling methods in this direction can help in the management and using of ecosystems. This study was conducted with the aim of creating a forecast map of *Bromus tomentellus* habitat based on climate prediction model in Alborz rangeland habitats of Mazandaran province. First, A database of climatic variables was formed using 15 synoptic stations- night temperature, daily temperature, and the average temperature, and 19 climatic variables were calculated. Also, using a digital evaluation model with an accuracy of 30 meters, three physiographic variables (slope, direction, height) were prepared. Then, presence and absence points of *B. tomentellus* were identified using new ecological maps and field visits. Logistic regression was employed to model the species' growth behavior in the Alborz rangeland habitats, and the corresponding equations were calculated in the current conditions. Using current equations and placement of data extracted from the Worldclime database, the future distribution map of *B. tomentellus* was created for 2050 under RCP4.5 and RCP8.5 climate scenarios. The results showed that B. tomentellus species will migrate to higher altitudes by 200 meters under RCP4.5 and 300 meters under RCP8.5 scenarios. Also, Suitable habitat area for B. tomentellus is projected to decrease from 43.9% to 35.3% under RCP4.5 and 18.7% under RCP8.5 by 2050.

***Keywords*:** Climate change, Logistic regression, Climate scenario, *Bromus tomentellus* Boisss

*Corresponding author: h.ghelichnia@areeo.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-19]