

## Assessment of the effects of climate change on the habitat of important rangeland species in Alborz province based on the climate prediction model

S. Nateghi<sup>1\*</sup>, M. Khodagholi<sup>2</sup>, M. Souri<sup>3</sup> and A. Eftekhari<sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, E-mail: nateghi@rifr-ac.ir

2-Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

3-Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Received: 04/17/2024

Accepted: 10/15/2024

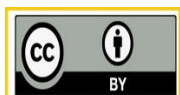
### Abstract

#### Background and objective

Rangeland ecosystems are very important and sensitive to changes in environmental factors. Small changes in temperature and rainfall regime or other climatic events can fundamentally reduce the composition, distribution and dispersion of plant species as well as their production. To better understand future climate change, it is essential to determine the current and future distribution of species. Species distribution modeling is currently the only tool that can be used to assess the number of changes in the distribution of multiple species in response to climate change. Therefore, considering the importance of climate in the distribution of plant species, this research examines the distribution of plant species in the future, taking into account the relationship between the important rangeland species in Alborz province and the climate factor.

#### Methodology

In this research, four plant species including *Stipa arabica*, *Ferula ovina*, *Bromus tomentellus* and *Artemisia aucheri* were investigated in Alborz province. In order to determine the amount of precipitation and temperature, the data of the synoptic stations, which were analyzed by the Man-Kendall method, were used. Using the maps of the Ecological Zones Recognition Plan of the Research Institute of Forests and Rangelands and ArcGIS, the vegetation cover map of the province and the current distribution of species, the presence and absence of species were drawn and recorded. In order to prepare the environmental information layer, 19 bio-climates for the present were calculated and downloaded from the WorldClim.org site for 2050 with an accuracy of 30 seconds. These data were obtained for two scenarios RCP4.5 and RCP8.5 for the future period. Then, the values of environmental variables were entered as independent variables and species presence and absence information as dependent variables in SPSS software, and the logistic regression statistical model was obtained from the presence of selected species. This statistical model was defined in the ArcGIS software environment and the potential species map



was prepared. Kappa statistical coefficient was used to validate the resulting potential habitat maps model using 22 independent variables and with the help of error matrix.

### Results

The results showed the rising temperature trends in all stations, and 65.76% of the trends were significant. In the northern and eastern heights of Alborz province, the increase in average temperature, especially in the early spring, late fall and winter seasons, will cause early snow melting in the region, and due to the decrease in precipitation in the mountainous regions, it will cause many problems in water storage. According to the predictions of the logistic regression model, *Stipa arabica* species, 68626 hectares equivalent to 13% of the province, *Bromus tomentellus*, 298842 hectares equivalent to 58% of the province, *Ferula ovina*, 195465 hectares equivalent to 38% of the province, and *Artemisia aucheri*, 232539 hectares equivalent to 45% of the province have the probability of occurrence of class 75-100. The percentage is for the presence of these species. The evaluation of regression model using Kappa coefficient for *Stipa arabica*, *Bromus tomentellus*, *Ferula ovina* and *Artemisia aucheri* species was equal to 86, 85, 82 and 79 respectively, which are models with good accuracy according to Koch and Smith classification. 19 bio-climatic maps were prepared under two scenarios 4.5 and 8.5 for the year 2050. The current situation is similar to the 4.5 scenario, but in both models, we will see a decrease in the probability of the floor occurring by 75-100 percent in 2050. Also, the average of all temperature parameters in Karaj station will increase by 1.9 degrees Celsius by 2050 and the amount of precipitation will decrease by 1.33 mm.

### Conclusion

Slope and temperature are the two main parameters affecting the distribution of species and so that the slope affects the depth of the soil and thus has an effect on the establishment of the roots. Due to heat compensation in pessimistic conditions, *Artemisia aucheri* species has moved to higher altitudes. By increasing the temperature due to climate change, the extent of habitat of the species under investigation will decrease and they will move to areas that are higher and therefore have lower temperature.

**KeyWords:** Climate change, climate scenario, logistic regression, species distribution model, trend.

## ارزیابی اثرهای تغییر اقلیم بر رویشگاه گونه‌های مهم مرتعی استان البرز بر پایه مدل پیش‌بینی اقلیم

سعیده ناطقی<sup>۱\*</sup>، مرتضی خداقلی<sup>۲</sup>، مهشید سوری<sup>۳</sup> و علیرضا افتخاری<sup>۲</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: nateghi@rifr-ac.ir

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

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

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۹

### چکیده

مقدمه

اکوسیستم‌های مرتعی دارای اهمیت به‌سزایی بوده و نسبت به تغییرات عوامل محیطی حساس هستند. تغییرات اندک دما و رژیم بارندگی و یا سایر وقایع اقلیمی می‌تواند به‌طور اساسی ترکیب، توزیع و پراکنش گونه‌های گیاهی و تولید آنها را کاهش دهد. برای درک بهتر از تغییرات اقلیم آینده، ضروری است که توزیع کنونی و آینده گونه‌ها مشخص شود. مدل‌سازی توزیع گونه‌ها در حال حاضر تنها وسیله‌ای است که می‌توان به کمک آن ارزیابی مقدار تغییرات توزیع گونه‌های متعدد را در پاسخ به تغییرات آب و هوایی انجام داد. بنابراین، این پژوهش با توجه به اهمیت اقلیم در پراکنش گونه‌های گیاهی به بررسی پراکنش گونه‌های گیاهی در آینده با در نظر گرفتن ارتباط بین گونه‌های مهم مرتعی موجود در استان البرز و عامل اقلیم می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، چهار گونه گیاهی شامل *Stipa arabica*، *Ferula ovina*، *Bromus tomentellus* و *Artemisia aucheri* در محدوده استان البرز بررسی شدند. برای تعیین میزان بارش و دما از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک که توسط روش من-کندال تحلیل روند شدند، استفاده شد. با استفاده از نقشه‌های طرح شناخت مناطق اکولوژیک مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و ArcGIS نقشه پوشش گیاهی استان و پراکنش فعلی گونه‌ها، ترسیم و ثبت نقاط حضور و غیاب گونه‌ها انجام شد. به منظور تهیه لایه اطلاعات محیطی ۱۹ بایو اقلیمی برای حال حاضر محاسبه و برای سال ۲۰۵۰ از سایت WorldClim.org با دقت ۳۰ ثانیه دانلود گردید. این داده‌ها برای دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره آینده به‌دست آمد. سپس، مقادیر متغیرهای محیطی به عنوان متغیرهای مستقل و اطلاعات حضور و غیاب گونه به عنوان متغیر وابسته در نرم‌افزار SPSS وارد شدند و مدل آماری رگرسیون لجستیک از حضور گونه‌های منتخب حاصل شد. این مدل آماری در محیط نرم‌افزار ArcGIS تعریف و نقشه بالقوه گونه‌ها تهیه شد. برای اعتبارسنجی مدل نقشه‌های رویشگاه بالقوه حاصل با استفاده از ۲۲ متغیر مستقل و با کمک ماتریس خطا، از ضریب آماری کاپا استفاده شد.

نتایج

نتایج بیانگر روندهای صعودی دمایی در تمامی ایستگاه‌ها بوده که ۶۵/۷۶ درصد روندها معنی‌دار بود. در ارتفاعات شمالی و شرقی استان البرز نیز افزایش میانگین دما به‌ویژه در اوایل فصول بهار، اواخر پاییز و زمستان سبب ذوب زود هنگام برف در منطقه شده و با توجه به کاهش بارش در مناطق کوهستانی موجب ایجاد مشکلات زیادی در ذخیره آب خواهد شد. براساس پیش‌بینی‌های مدل رگرسیون لجستیک گونه *Stipa arabica*، ۶۸۶۲۶ هکتار برابر ۱۳ درصد استان، *Bromus tomentellus*، ۲۹۸۸۴۲ هکتار برابر ۵۸ درصد استان، *Ferula ovina*، ۱۹۵۴۶۵ هکتار برابر ۳۸ درصد استان و *Artemisia aucheri*، ۲۳۲۵۳۹ هکتار برابر ۴۵ درصد از استان دارای احتمال رخداد طبقه ۱۰۰-۷۵ درصد برای حضور این گونه‌ها می‌باشد. ارزیابی مدل رگرسیون با استفاده از ضریب کاپا به ترتیب برای گونه‌های *Stipa arabica*، *Bromus tomentellus*، *Ferula ovina* و *Artemisia aucheri* برابر با ۰.۸۶، ۰.۸۵، ۰.۸۲ و ۰.۷۹

بود که طبق طبقه‌بندی کخ و اسمیت، مدل‌هایی با دقت خوب هستند. نقشه ۱۹ بایو اقلیمی در دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵ برای سال ۲۰۵۰ میلادی تهیه گردید. شرایط حاضر مشابه با سناریو ۴/۵ می‌باشد ولی در هر دو مدل شاهد کاهش احتمال رخداد طبقه ۱۰۰-۷۵ درصد در سال ۲۰۵۰ خواهیم بود. همچنین میانگین تمام پارامترهای دمایی در ایستگاه کرج تا سال ۲۰۵۰ در حدود ۱/۹ درجه سانتی‌گراد افزایش و مقدار بارش، ۱/۳۳ میلی‌متر کاهش خواهد داشت.

#### نتیجه‌گیری

شیب و دما دو پارامتر اصلی مؤثر بر پراکنش این گونه‌ها بوده، به طوری که شیب بر روی عمق خاک تأثیر گذاشته و بر استقرار ریشه مؤثر است. این گونه *Artemisia aucheri* به دلیل جبران گرما در شرایط بدبینانه به سمت ارتفاعات بالاتر جابه‌جا می‌شود. با افزایش دما در اثر تغییر اقلیم، وسعت رویشگاه گونه‌های تحت بررسی کاهش خواهد یافت و به سمت مناطقی که مرتفع‌تر و دارای دمای کمتری باشند، جابه‌جا خواهند شد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، رگرسیون لجستیک، روند، سناریو اقلیمی، مدل پراکنش گونه‌ای.

#### مقدمه

تغییرپذیری در اقلیم، هم در نتیجه تغییرپذیری سیستم‌های اقلیمی و هم به علت عوامل خارجی اتفاق می‌افتد (Chung and Yoon, 2000; Herath and Ratnayake, 2004; Yu et al., 2006). نگرانی انسان‌ها در مورد تغییرات اقلیمی آینده در سال‌های اخیر، باعث توجه بیشتر به این مسئله شده است، زیرا تغییر دما و بارش بیشتر در یکصد سال اخیر در سراسر دنیا رخ داده و انتظار می‌رود که همچنان ادامه داشته باشد (Lahmer, 2002). به‌طورکلی از انواع مختلف آثار تغییر اقلیم می‌توان افزایش میزان دمای حداقل، افزایش میزان دمای حداکثر، کاهش دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما، تغییر در الگوی بارش و غیره را نام برد. کمتر شدن فراوانی روزهای سرد، تداوم موج‌های گرمایی، وقوع سیل و شرایط حدی دیگر از جمله آثار زیان‌بار گرمایش جهانی است. به همین منظور، شناسایی و آشکارسازی تغییرات اقلیمی و یافتن علل این تغییرات از اهمیت بالایی برخوردار است (Rahimzadeh et al., 2005). در مورد منشأ تغییرات اقلیمی دو نظریه عمده وجود دارد. یکی از نظرات منشأ تغییرات را حوادث طبیعی می‌داند Plimer (۲۰۰۹) و دیگری فعالیت‌های انسانی را عامل اصلی تغییر اقلیم معرفی می‌کند (Pittock, 2009). فعالیت‌هایی مانند تغییر کاربری اراضی، جنگل‌زدایی، افزایش مصرف

فرآورده‌های گوشتی، صنعتی شدن بی‌حد و حصر و افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای را مهمترین دلایل تغییر اقلیم انسان‌ساخت می‌توان معرفی کرد. اکوسیستم‌های مرتعی به علت تنوع محصولات و خدمات از جمله دامداری، پناهگاه حیات وحش، تنوع گونه‌های جانوری، گیاهی و تنظیم جریان آب و کیفیت آنها دارای اهمیت به‌سزایی هستند. این اکوسیستم‌ها نسبت به تغییرات عوامل محیطی حساس هستند. از آنجایی که گیاهان و حیوانات این اکوسیستم‌ها در مرز تنش‌های حرارتی و آبی قرار دارند، تغییرات اندک دما و رژیم بارندگی و یا تغییر در تکرار و مقادیرهای حدهای نهایی وقایع اقلیمی می‌تواند به‌طور اساسی ترکیب، توزیع و پراکنش گونه‌های گیاهی و تولید آنها را کاهش دهد (Heshmati and Karimian, 2014). همچنین پراکنش هر گونه گیاهی در محدوده‌های جغرافیایی خاصی امکان‌پذیر است، زیرا گیاهان نیازهای محیطی ویژه‌ای دارند که اگر قرار باشد در یک منطقه معین رشد و تولیدمثل کند، باید این احتیاجات تأمین گردد. برای درک بهتر از تغییرات اقلیم آینده، ضروری است که توزیع کنونی و آینده گونه‌ها مشخص شود (Beaumont et al., 2005). مدل‌سازی توزیع گونه‌ها در حال حاضر تنها وسیله‌ای است که می‌توان به کمک آن ارزیابی مقدار تغییرات توزیع گونه‌های متعدد را در پاسخ به تغییرات آب و هوایی انجام داد. برای این منظور

و در برخی مناطق نیز شاهد بروز مناطق مستعد وقوع گونه خواهیم بود (به ترتیب ۱۳۵ و ۱۴۰ درصد). Sangoony و همکاران (۲۰۱۶) خصوصیات اقلیمی زیست‌بوم و پراکنش جغرافیایی دو گونه مرتعی را با استفاده از روش مدل‌سازی جنگل تصادفی در منطقه زاگرس مرکزی تعیین کردند. نتایج نشان داد که متغیرهای مجموع بارندگی سالانه (BIO2)، دمای متوسط پربارش‌ترین فصل (BIO8) و میانگین دامنه دمای روزانه (BIO2) برای هر دو گونه مورد مطالعه بیشترین اهمیت را داشته‌اند و مجموع این سه متغیر بیش از ۶۸ درصد تغییرات در مورد گونه *B. tomentellus* و ۶۴ درصد تغییرات در مورد گونه *A. trichophorum* را توجیه کرده است. Bazrmanesh و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر آشیان گونه *Bromus tomentellus* Boiss در استان اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که رویشگاه مطلوب گونه در محدوده ارتفاعی ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متر و شیب ۱۰ تا ۳۰ درجه است. Amiri و همکاران (۲۰۱۹) پراکنش گونه *Artemisia sieberi* Besser را تحت تأثیر تغییر اقلیم در مراتع استپی و نیمه‌استپی ایران - تورانی پیش‌بینی کردند. ارزیابی مدل‌سازی نشان داد که مدل بوستینگ تعمیم یافته نسبت به سایر مدل‌ها و پیش‌بینی اجماعی نسبت به مدل‌های مجزا پیش‌بینی درست‌تری برای تعیین رویشگاه اقلیمی داشت. بیشترین احتمال حضور گونه در مناطق دشتی و کم شیب با ارتفاع ۱۰۰۰-۲۰۰۰ متر و بارندگی سالانه ۲۰۰-۱۰۰ میلی‌متر است. بررسی سناریوهای تغییر اقلیم نشان داد که در سال ۲۰۷۰ نسبت به ۲۰۵۰ رویشگاه گونه به مقدار زیادتری کاهش خواهد یافت که گسترش مناطق بیابانی را به دنبال خواهد داشت. Naghipour borj و همکاران (۲۰۱۹) کاربرد روش مدل‌سازی اجماعی در پیش‌بینی اثرهای تغییر اقلیم بر پراکنش گونه لاله واژگون را در استان چهارمحال و بختیاری بررسی کردند. نتایج نشان داد که به ترتیب تغییرات فصلی دما و مجموع بارندگی سالانه بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه لاله

روش‌ها و مدل‌های بسیاری توسعه یافته است. مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی، به‌عنوان پیش‌بینی پراکنش بالقوه یک گونه گیاهی در سراسر چشم‌انداز، براساس ارتباط بین نقاط رخداد گونه گیاهی و متغیرهای محیطی مؤثر تعریف می‌شود و براساس این فرضیه است که عوامل محیطی پراکنش گونه گیاهی را کنترل می‌کنند (Guisan and Zimmermann, 2000). مدل‌های پیش‌بینی‌کننده رویشگاه، تناسب رویشگاه را برای استقرار گونه‌های گیاهی و جانوری 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 پراکنش جغرافیایی گونه‌ها، رویشگاه‌های مطلوب گونه‌های گیاهی، جانوری و ... بپردازند (Jafarian et al., 2012). در همین راستا، Abolmaali و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه *Daphne mucronata* Royle را در مراتع استان البرز به کمک مدل حداکثر آنتروپی بررسی کردند. نتایج نشان داد که گونه مذکور تا سال ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰ در مناطقی با ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر بدون تغییر خواهد ماند اما بین این دو محدوده ارتفاعی دستخوش تغییرات شدیدی می‌شود. Abbasi و Zare Chahouki (۲۰۱۶) به الگوسازی مطلوبیت رویشگاه گیاه *gropyron intermedium* با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در مراتع طالقان میانی پرداختند. نتایج نشان داد که رویشگاه مطلوب این گونه در ارتفاع حدود ۲۵۵۰ متری و شیب حدود ۴۵ درصد است. ضریب کاپای ۰/۷۶ از تطبیق نقشه پیش‌بینی با واقعیت میدانی حکایت داشت. Haidarian Aghakhani و همکاران (۲۰۱۷) اثرهای تغییر اقلیم بر پراکنش بالقوه گونه بادامک را با استفاده از مدل‌سازی اجماعی در زاگرس مرکزی پیش‌بینی کردند. تغییرات پراکنش جغرافیایی گونه در سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای اقلیمی مورد بررسی نشان داد که وسعت رویشگاه گونه کاهش می‌یابد (به ترتیب ۴۳ و ۵۹ درصد)

ظرفیت تغییرات در پراکنش گونه‌ها در واکنش به فاکتورهای متفاوت استفاده می‌شوند. تفسیر و توضیح دگرگونی در توزیع جغرافیایی گونه‌های گیاهی و جانوری براساس تغییر اقلیم، نیازمند زمان بوده و دشوار است (Pejhan, 2013). بنابراین، این مطالعه با توجه به وسعت مطالعه و اهمیت اقلیم در پراکنش گونه‌های گیاهی به بررسی پراکنش گونه‌های گیاهی در آینده با در نظر گرفتن ارتباط بین گونه‌های مهم مرتعی موجود در استان البرز و عامل اقلیم می‌پردازد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان البرز با وسعت ۵۸۳۳ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط ۱۳۲۰ متر از سطح دریا، حدود ۰/۳۵ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. از نظر اقلیمی دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. ۰/۸۱ درصد از سطح استان را جنگل‌ها تشکیل می‌دهند، همچنین مراتع ۷۲/۳ درصد از وسعت استان را شامل می‌شود و ۰/۸ درصد وسعت استان نیز بیابانی است. ۵۰/۵ درصد مراتع دارای پوشش خوب، ۳۳/۸ درصد مراتع دارای پوشش متوسط و ۱۵/۶ درصد مراتع دارای پوشش فقیر است. میانگین دمای سالانه در استان البرز ۱۶ درجه سانتی‌گراد است که در این میان ماه دی سردترین و ماه مرداد گرم‌ترین ماه‌های سال در استان البرز محسوب می‌شوند. تعداد روزهای یخبندان در استان البرز ۵۰ روز در سال است. میانگین سالانه دما ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثرها و حداقل‌ها نیز به ترتیب ۲۰/۸ و ۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. براساس محاسبات انجام شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی و بر مبنای تقسیم‌بندی دومارتن اصلاح شده، در حدود ۵۳ درصد از گستره استان در قلمرو استیلای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک قرار دارد.

گونه‌های گیاهی مورد بررسی و داده‌های ایستگاه‌های

واژگون داشتند. ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مدل‌ها از صحت و دقت خوبی برخوردار هستند و مدل جنگل تصادفی، قابل اعتمادترین مدل برای پیش‌بینی پراکنش گونه تعیین شد. همچنین، در مجموع رویشگاه این گونه در آینده تحت سناریو RCP4/5 و RCP8/5 به ترتیب حدود ۱۹/۷ و ۶۱ درصد کوچک‌تر از حال حاضر خواهد شد. Borna و همکاران (۲۰۱۹) به تعیین سهم عوامل محیطی مؤثر بر پیش‌بینی الگوی پراکنش رویشگاه گونه درمنه کوهی *Artemisia aucheri* Boiss در حوزه آبخیز بلده نور پرداختند. نتایج نشان داد که از بین ۱۴ متغیر محیطی مورد مطالعه، به ترتیب نسبت جذب سدیم، متوسط دمای سالانه، شیب، سلیت و اسیدیته عوامل مهم تأثیرگذار بر پراکنش این گونه می‌باشد. مقادیر شاخص‌های کاپا و سطح زیرمنحنی پلات‌های ROC به ترتیب برابر ۰/۵ و ۰/۷۵ برای مدل رگرسیون لجستیک می‌باشد. با توجه به مقادیر، روش رگرسیون لجستیک می‌تواند نقشه پراکنش گونه درمنه کوهی در مقیاس محلی را تولید نماید. مدل تولیدشده می‌تواند به‌عنوان ابزاری به منظور شناسایی مناطق مستعد برای عملیات اصلاحی مورد استفاده قرار بگیرد. با پیش‌بینی الگوی پراکنش رویشگاه گونه مورد بررسی با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی مشخص گردید که گونه درمنه کوهی دارای آشیان بوم‌شناختی به نسبت محدودی است و تمایل به زندگی در شرایط رویشگاهی خاص خودش را دارد. همچنین، Ghelichnia و خداقلی (2024) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه گونه درمنه کوهی (*Artemisia aucheri* Boiss) بر پایه مدل پیش‌بینی اقلیم در رویشگاه‌های مرتعی البرز استان مازندران پرداختند. نتایج نشان داد در مجموع، تغییر اقلیم و به‌تبع آن افزایش دما تحت دو سناریوی مورد مطالعه موجب گسترش عمودی گونه و حرکت آن به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر خواهد شد و حد پایین ۲۲۰۰ متر و بالای ۲۵۰۰ متر فعلی دستخوش تغییر قرار خواهد گرفت.

مدل‌های پراکنش گونه‌ای معمولاً برای ارزیابی

## سینوپتیک

برای مطالعه همگنی داده‌ها از آزمون تام استفاده شد. یکی از ابزارهایی که برای تعیین تغییرات در اقلیم و سری‌های زمانی هیدرولوژیکی استفاده می‌شود، تحلیل روند است. تحلیل روند به علت تأثیر جهانی تغییر اقلیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد ( Kruger and Shongwe, 2004).

در این پژوهش، چهار گونه گیاهی غالب مراتع استان البرز شامل *Bromus tumentellus*، *Ferula aucheri* و *Stipa arabica* بررسی شدند. داده‌های به دست آمده از ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور در محدوده استان البرز و ایستگاه‌های مجاور استان (جدول ۱) از لحاظ کیفی بررسی شده و

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان البرز

Table 1- Characteristics of synoptic weather stations in Alborz province

year	Geographical information		Hight (M)	Station
	Latitude	longitude		
1985-2018	35.8	50.95	1293	Karaj
2006-2018	36	50.74	1613	Hashgerd
2008-2018	36.16	50.76	1857	Taleghan
2008-2018	35.69	51.30	1191	Tehran (Mehrabad Airport)
2008-2018	36.23	51.30	1855	Siahbisheh
2008-2018	36.25	50.05	1279	Qazvin
2008-2018	35.08	50.37	1111	Saveh

روی نقشه مربوط مشخص گردید. با استفاده از ارتفاع بستر گونه‌های گیاهی مورد نظر (جدول ۲)، نقشه گونه منتخب ترسیم و کاربری‌هایی غیر از کاربری مرتع از پلی‌گون‌ها حذف گردید و با مطالعات میدانی مرزها بررسی و تدقیق گردید و در محیط ArcGIS نقشه‌ها اصلاح گردید و نقشه حضور فعلی گونه ترسیم شد (شکل ۱).

تهیه نقشه پوشش گیاهی استان و پراکنش فعلی گونه‌ها به منظور بررسی مناطق پراکنش گونه‌های منتخب، ابتدا نقشه پوشش گیاهی با استفاده از نقشه‌های طرح شناخت مناطق اکولوژیک مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد. سپس با بازدیدهای میدانی و توجه به متغیرهای توپوگرافی منطقه به‌ویژه ارتفاع مناطق رویشی این گونه‌ها مشخص شد. با نرم‌افزارهای ساج (سیستم اطلاعات جغرافیایی) محدوده پراکنش هر گیاه

جدول ۲- ارتفاع گونه‌های منتخب

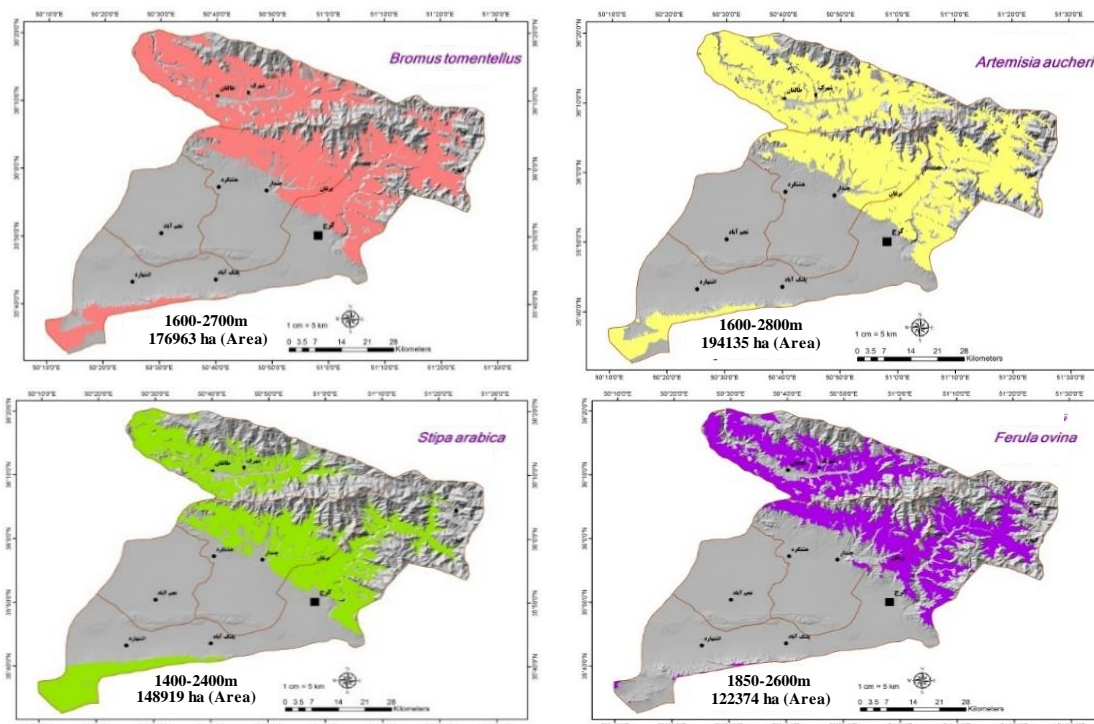
Table 2- Height of selected species

نام گونه	ارتفاع (متر)
<i>Stipa arabica</i>	1400-2400
<i>Ferula ovina</i>	1850-2600
<i>Bromus tomentellus</i>	1600-2700
<i>Artemisia aucheri</i>	1600-2800

## اطلاعات محیطی

گردید که یکی از سایت‌های تولید داده می‌باشد. این داده‌ها برای دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره آینده به دست آمد (جدول ۴). همچنین نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع به عنوان ورودی داده‌های محیطی در محیط ArcGIS ترسیم شد.

به منظور تهیه لایه اطلاعات محیطی ۱۹ بایو اقلیمی برای حال حاضر برای ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب با استفاده از جدول ۳ محاسبه و برای ۱۹ بایو اقلیمی در سال ۲۰۵۰ از سایت WorldClim.org با دقت ۳۰ ثانیه دانلود



شکل ۱- نقشه حضور گونه‌های مورد مطالعه در استان البرز

Figure 1- Map of the presence of studied species in Alborz province



جدول ۳- متغیرهای محیطی استفاده شده در فرایند مدل‌سازی

Table 3- Environmental variables used in the modeling process

BIO	Description	Unit
BIO <sub>1</sub>	average annual temperature	°C
BIO <sub>2</sub>	minimum and maximum monthly temperature	°C
BIO <sub>3</sub>	۱۰۰%/temperature (BIO2 / BIO7)	°C
BIO <sub>4</sub>	seasonal temperature (standard deviation × 100)	°C
BIO <sub>5</sub>	maximum temperature of the hottest month	°C
BIO <sub>6</sub>	minimum temperature of the coldest month	°C
BIO <sub>7</sub>	annual temperature range (BIO5-BIO6)	°C
BIO <sub>8</sub>	the average temperature of the wet season	°C
BIO <sub>9</sub>	the average temperature of the driest season	°C
BIO <sub>10</sub>	the average temperature of the hottest season	°C
BIO <sub>11</sub>	the average temperature of the coldest season	°C
BIO <sub>12</sub>	monthly precipitation	mm
BIO <sub>13</sub>	the wettest month is the wettest month	mm
BIO <sub>14</sub>	the driest month precipitation	mm
BIO <sub>15</sub>	seasonal precipitation (coefficient of variation)	mm
BIO <sub>16</sub>	the wettest season is the wettest	mm
BIO <sub>17</sub>	the driest season	mm
BIO <sub>18</sub>	precipitation is the warmest season	mm
BIO <sub>19</sub>	the coldest season	mm
slope	-	%
aspect	-	degree
height	-	meter

جدول ۴- سناریوهای گزارش پنجم تغییر اقلیم (IPCC, 2013)

Table 4- Scenarios of the fifth climate change report (IPCC, 2013)

scenario	Radiative forcing	Carbon dioxide concentration
RCP4.5	4.5 watts per m <sup>2</sup> will remain constant after 2100	650 ppm and remains constant after 2100
RCP8.5	more than 8.5 watts per m <sup>2</sup> in 2100	370 ppm by 2100

### پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های منتخب رگرسیون لجستیک

اساس تجزیه و تحلیل به‌کار برده شده در این تحقیق را رگرسیون لجستیک تشکیل می‌دهد که براساس مقادیر متغیرهای اقلیمی و فیزیوگرافی مربوط به نقاط حضور و غیاب گونه می‌باشد. رگرسیون لجستیک فرم ویژه‌ای از مدل خطی تعمیم یافته (GLM) است. این روش در نرم‌افزارهای مختلف از جمله SPSS قابل اجرا است که نتایج آن با استفاده از ArcGIS تبدیل به نقشه می‌گردد. رگرسیون لجستیک امکان برقراری یک ارتباط رگرسیونی چند متغیره را بین یک متغیر وابسته و چندین متغیر مستقل فراهم می‌کند و یکی از مدل‌های آنالیز چند متغیره برای پیش‌بینی حضور و عدم حضور یک پدیده مثلاً یک گونه گیاهی براساس یک سری متغیرهای پیش‌بینی کننده است. با استخراج مقادیر پیش‌بینی شده از نقشه متغیرهای محیطی، ماتریس همبستگی تشکیل شد و متغیرهایی که همبستگی بیشتر از ۸۰ درصد داشتند، حذف گردیدند. متغیرهای محیطی در مدل رگرسیون لجستیک به عنوان متغیرهای پیش‌گو (مستقل) و حضور و عدم حضور گونه به عنوان متغیرهای پاسخ (وابسته) وارد شدند. برای برآزش مدل از روش میانگین استفاده شد و متغیرهای دارای  $P \geq 0.05$  از روند محاسبات حذف شدند. در این مطالعه مقادیر متغیرهای محیطی به عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده یا مستقل و اطلاعات حضور و غیاب گونه به عنوان متغیر پاسخ یا وابسته در نرم‌افزار SPSS وارد شدند و مدل آماری رگرسیون لجستیک از حضور گونه‌های منتخب حاصل شد. این مدل آماری در محیط نرم‌افزار ArcGIS تعریف و نقشه بالقوه گونه‌ها تهیه گردید (Pejhan, 2013).

### ارزشیابی مدل

برای ارزشیابی و اعتبارسنجی مدل نقشه‌های رویشگاه بالقوه حاصل از رگرسیون لجستیک با استفاده از ۲۲ متغیر مستقل و با کمک ماتریس خطا، از ضریب آماری کاپا استفاده شد. پیش‌بینی مدل‌های باینری (مناسب یا نامناسب بودن) نیازمند تکمیل ماتریس خطاست. ماتریس خطا فراوانی

پیش‌بینی داده‌های آزمون مدل را ثبت می‌کند که براساس تعداد رخداد‌های صحیح و اشتباه حضور و عدم حضور گونه در مقادیر واقعی و مدل تولید می‌شوند (Robert and Hijman, 2006). ضریب کاپا توافق بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد و برای محاسبه آن از ماتریس خطا استفاده می‌شود. حداکثر مقدار کاپا برابر یک است، یعنی اینکه توافق کامل بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده وجود دارد. در مقادیر صفر احتمال تصادفی یا غیرتصادفی بودن مقادیر واقعی و پیش‌بینی برابر است و منفی بودن نشان‌دهنده غیر واقعی بودن مدل می‌باشد (Basiri et al., 2012).

### پیش‌بینی پراکنش گونه‌های منتخب

در این مطالعه برای مدل‌سازی رویشگاه بالفعل گونه‌های منتخب از داده‌های اقلیمی مربوط به سال ۲۰۲۲-۱۹۸۵ میلادی و مدل رگرسیون لجستیک استفاده شد و پس از برآزش مدل، نقشه پراکنش فعلی گونه تولید گردید. پس از اطمینان از کارآمد بودن مدل، این مدل برای پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های منتخب در سال ۲۰۵۰ استفاده شد. بدین منظور از داده‌های اقلیمی پیش‌بینی شده توسط مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0 تحت سناریو ۴/۵ و ۸/۵ استفاده گردید. بدین صورت که در مرحله تعریف مدل رگرسیون لجستیک در ArcGIS، به جای نقشه متغیرهای اقلیمی که در مدل وجود دارند نقشه‌های همان متغیرها که برای سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی شده‌اند، جایگذاری گردیدند که نتیجه آن تولید نقشه پراکنش بالقوه گونه‌های منتخب برای سال مورد نظر است.

### نتایج روند پارامترهای اقلیمی

#### میانگین دما

با توجه به آزمون من-کندال، متوسط دمای سالانه منطقه مورد مطالعه با روند صعودی (۲/۰۲) همراه شده است که در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد اطمینان، تأیید شده است که با توجه به تحلیل روند انجام شده برای داده‌های کمینه و بیشینه مطلق دمایی مشاهده شد که بیشینه دما با روند فزاینده همراه شده که این موضوع در افزایش متوسط دمایی منطقه نقش

و می با روند مثبت و معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد اطمینان تأیید شده است. در برآوردهای انجام شده از کمینه مطلق دمایی، مشاهده گردید که کمینه دمایی از ماه‌های ژانویه تا سپتامبر با روند فزاینده (با معنی‌داری در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد اطمینان) همراه شده است (جدول ۵ و شکل ۳).

مؤثرتری را داشته است. در واکاوی ماهانه روند متوسط دما مشاهده گردید که ماه مارس با روند مثبت متوسط دما همراه شده است که در سطح اطمینان ۹۹ درصد نیز تأیید شده است. در ماه‌های ژانویه و فوریه روند افزایشی بوده و در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار بوده است. بیشینه روند دمایی در ماه مارس (۳/۳۵) مشاهده شده است. بیشینه دمایی ماه‌های ژانویه، فوریه

جدول ۵- مقادیر روند میانگین دما به روش من-کندال در مقیاس ماهانه و سالانه در استان البرز ایستگاه کرج

Table 5- Values of average temperature trend by Mann-Kendall method on monthly and annual scale in Alborz province, Karaj station

Month	Maximum temperature	Mean temperature	Minimum temperature
January	0.108 *	0.098 *	0.1 **
February	0.106 *	0.094 *	0.095 *
March	0.173 ***	0.154 ***	0.133 ***
April	0.055	0.057 *	0.047 *
May	0.079 *	0.077 **	0.08 ***
June	0.07 **	0.067 **	0.069 **
July	0.061 **	0.063 ***	0.062 **
August	0.052 **	0.05 *	0.046 *
September	0.036 +	0.044 **	0.058 **
October	0.022	0.041	0.046
November	-0.062	-0.03	-0.002
December	0.042	0.041	0.036
Annual	0.062 ***	0.061 ***	0.061 ***

\* : معنی‌داری در سطح ۵ درصد

\*\* : معنی‌داری در سطح ۱ هزارم ؛ \*\*\* : معنی‌داری در سطح ۱ درصد

روند حداقل دما

جدول ۶- مقادیر روند دمای حداقل به روش من-کندال در مقیاس ماهانه و سالانه در استان البرز ایستگاه کرج

Table 6- Values of the minimum temperature trend by Menkendall method on a monthly and annual scale in Alborz province, Karaj station

Month	year	Test Z	Sig	Q	B
January	1985	2.79	**	0.1	-3.74
February	1985	2.43	*	0.095	-1.87
March	1985	3.74	***	0.133	1.42
April	1985	2.11	*	0.047	7.56
May	1985	3.74	***	0.08	11.29
June	1985	3.10	**	0.069	15.59
July	1985	2.76	**	0.062	18.3
August	1985	1.99	*	0.046	18.36
September	1985	3.29	**	0.058	14.64
October	1985	1.6		0.046	9.87
November	1985	-0.06		-0.002	5.076
December	1985	1.27		0.036	0.14
Annual	1985	5.13	***	0.061	7.88

## روند میانگین دمای حداکثر

جدول ۷- مقادیر روند دمای حداقل به روش من-کندال در مقیاس ماهانه و سالانه در استان البرز ایستگاه کرج

Table 7- Values of the minimum temperature trend by Menkendall method on a monthly and annual scale in Alborz province, Karaj station

Month	Test Z	Sig	Q	Qmin95	Qmax95	B	Bmin95	Bmax95
January	2.11	*	0.108	0.005	0.211	5.08	7.03	3.16
February	2.05	*	0.106	0.004	0.204	7.55	9.22	6.24
March	3.35	***	0.173	0.078	0.263	11.78	13.19	10.39
May	2.31	*	0.079	0.016	0.149	25.2	26.41	24.2
June	2.99	**	0.070	0.023	0.113	31.91	32.72	31
July	3.08	**	0.061	0.026	0.102	34.58	35.26	33.8
August	2.67	**	0.052	0.013	0.088	33.9	34.49	33.08
September	1.78	+	0.036	-0.004	0.076	29.97	30.56	29.18
Annual	4.48	***	0.062	0.04	0.079	20.59	21.02	20.27

## روند بارش

جدول ۸- مقادیر روند بارش به روش من-کندال در مقیاس ماهانه و سالانه در استان البرز ایستگاه کرج

Table 8- Precipitation trend values by Mann-Kendall method on a monthly and annual scale in Alborz province, Karaj station

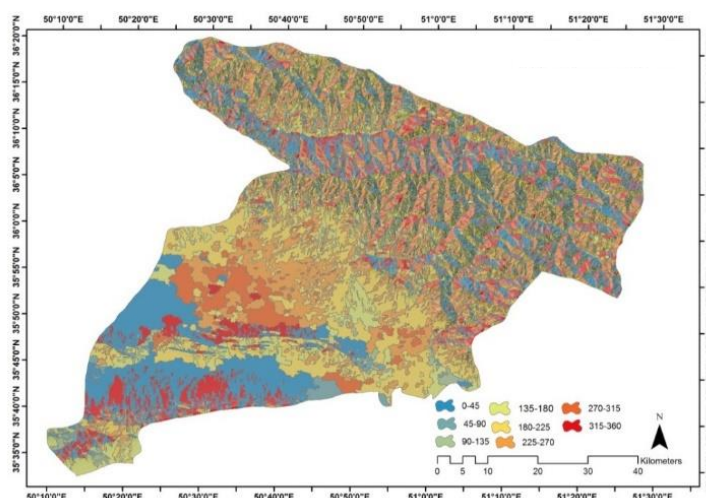
Month	year	Test Z	Sig	Q	B
January	1985	-0.61		-0.218	29.03
February	1985	-0.77		-0.254	34.97
March	1985	-1.36		-0.619	47.74
April	1985	1.38		0.6	27.8
May	1985	0.31		0.075	16.29
June	1985	0.0		0.0	1.1
July	1985	0.46		0.0	0.3
August	1985	-0.4		0.0	0.0
September	1985	1.08		0.0	0.0
October	1985	1.32		0.16	4.51
November	1985	1.73	*	0.9	9.1
December	1985	-0.77		0.19	33.7
Annual	1985	-0.03		-0.04	257.29

## متغیرهای محیطی

## متغیرهای فیزیوگرافی

مدل طبقات ارتفاعی در منطقه مطالعاتی تهیه گردید که مشخص شد مناطق مرکزی کمترین ارتفاع که در حدود ۱۰۷۹ متر می‌باشد و با حرکت به سمت مناطق شمالی و شمال شرقی ارتفاع افزایش یافته و به حدود ۴۰۷۳ متر می‌رسد.

نیاز اولیه مدل‌سازی، تهیه DEM منطقه می‌باشد که اساس تهیه نقشه‌های محیطی جدید است و قدرت تفکیک مکانی آنها را معین می‌کند (Basiri et al., 2012). نقشه



شکل ۷- نقشه جهت‌های جغرافیایی استان البرز

Figure 7- Map of geographical directions of Alborz province

طبقه ۱۸۰ تا ۲۲۵ درجه می‌باشد که ۲۱ درصد کل استان را به خود اختصاص داده است.

#### بایوهای اقلیمی حال حاضر

بایوهای اقلیمی برای ۱۰ ایستگاه استان البرز که از طول دوره آماری قابل قبولی برخوردار بود و از کمترین داده گم شده برخوردار است، در نرم‌افزار R محاسبه شد که نتایج آن به شرح جدول ۹ می‌باشد.

برای شناخت کلی از میزان شیب منطقه، نقشه شیب منطقه از نقشه مدل رقمی ارتفاعی تهیه شد و طبقه‌بندی گردید. مشخص گردید که شیب غالب ۰ تا ۶ درجه می‌باشد که تقریباً ۴۴ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص می‌دهد.

فاکتور جهت در ارتباط تنگاتنگ با نیاز و رفتار گیاهان نسبت به نور می‌باشد. در اینجا نقشه جهت جغرافیایی در ۸ طبقه استخراج گردید (شکل ۷). بیشترین مساحت مربوط به

#### جدول ۹- بایوهای اقلیمی محاسباتی برای داده‌های اقلیمی حال حاضر

Table 9- Computational climate bios for current climate data

Climatic bios	Karaj	Climatic bios	Karaj
Bio1	15.29	Bio11	-0.85
Bio2	12.57	Bio12	848.76
Bio3	25.8	Bio13	144.6
Bio4	898.22	Bio14	0
Bio5	38.8	Bio15	110.37
Bio6	-9.89	Bio16	235.1
Bio7	48.75	Bio17	0
Bio8	9.25	Bio18	7.2
Bio9	25.8	Bio19	98.4
Bio10	28.33		

درصدی با درصد مساحت ۷۶/۵ درصد که برابر ۳۹۴۷۹۲ هکتار می‌باشد در مناطق هشتگرد، نظرآباد، ماهدشت و کرج واقع شده‌اند. این گونه در بخش‌های جنوب‌غربی در منطقه

نقشه رویشگاه بالقوه گونه‌های منتخب در استان البرز نقشه حضور فعلی گونه‌ها نشان می‌دهد، بیشترین درصد مساحت گونه *Stipa Arabica* در احتمال حضور ۵۰ تا ۷۵

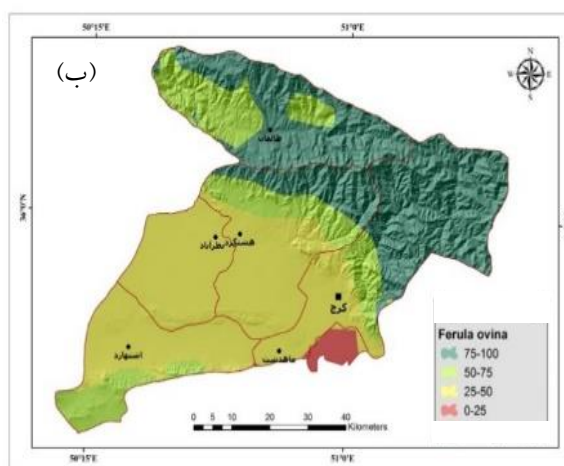
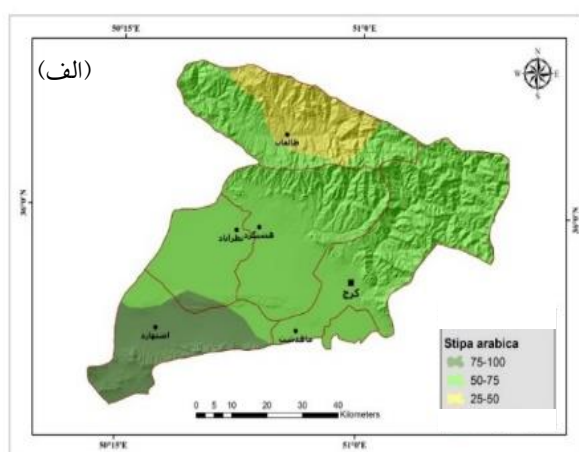
استان، در طبقه ۱۰۰-۷۵ درصد مشاهده می‌شود و در مناطق پست مرکزی احتمال حضور این گونه ۷۵-۵۰ درصد می‌باشد. کمترین حضور گونه در طبقه ۲۵-۵۰ با مساحت ۱۷۹۸۴ برابر ۳ درصد منطقه، قرار گرفته است. نقشه تولید شده در چهار کلاس نشان داد در تقریباً ۵۸ درصد استان احتمال رخداد این گونه ۱۰۰-۷۵ درصد است که برابر ۲۹۸۸۴۲ هکتار می‌باشد. گونه *Artemisia aucheri* با درصد حضور ۷۵-۵۰ درصد به صورت لکه‌هایی در بخش‌های غربی، جنوب‌غربی و تا حدودی مرکزی مشاهده می‌شود. همچنین طبقه ۵۰-۲۵ درصد در بخش‌های مرکزی دیده می‌شود. نقشه تولید شده در چهار کلاس نشان داد که بیشترین درصد مساحت گونه با ۴۵ درصد مساحت منطقه مربوط به احتمال حضور ۱۰۰-۷۵ درصد می‌باشد که مساحتی در حدود ۲۳۲۵۳۹ هکتار می‌باشد.

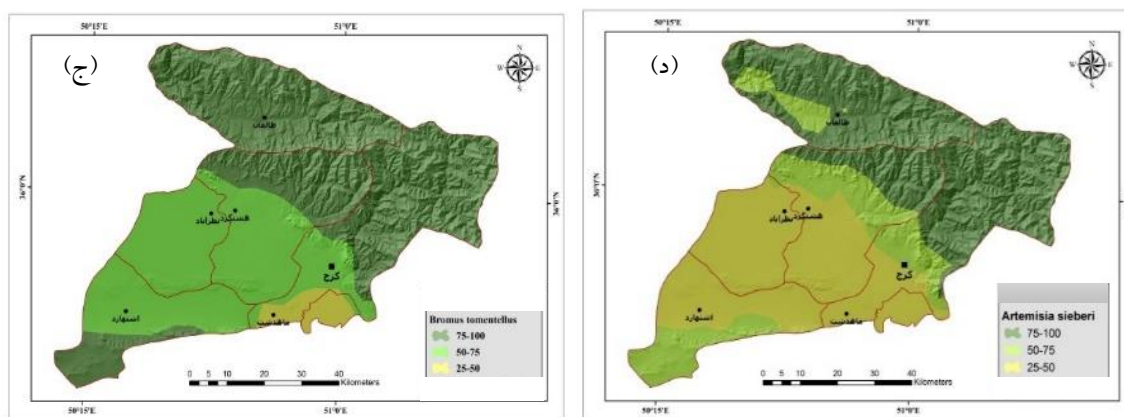
اشتهارد با احتمال حضور ۱۰۰-۷۵ درصد با مساحت ۱۳ درصد می‌باشد و کمترین درصد مساحت مربوط به احتمال حضور ۲۵-۵۰ درصدی گونه در منطقه طالقان است (شکل ۸). شکل ۸ با شکل ۱ مطابقت دارد، با این تفاوت که در شکل ۸، پراکنش فعلی (حضور) گونه‌ها در طبقات رویشگاهی متفاوت دسته‌بندی شده است. گونه *Ferula ovina* در بخش‌های شمالی و شمال‌شرقی حضور پررنگ‌تری داشته و با حرکت به سمت مناطق پست مرکزی از درصد حضور گونه کاسته شده و طبقه ۲۵-۰ کمترین درصد را به خود اختصاص می‌دهد. نقشه تولید شده در چهار کلاس نشان داد در تقریباً ۳۸ درصد مساحت استان احتمال رخداد این گونه ۱۰۰-۷۵ درصد است که برابر ۱۹۵۴۶۵ هکتار می‌باشد. گونه *Bromus tomentellus* در بخش‌های شمال، شمال‌شرقی، شمال‌غربی و جنوب‌غربی

جدول ۱۰- بایوهای اقلیمی محاسباتی برای داده‌های اقلیمی حال حاضر

Table 10- Computational climate bios for current climate data

Habitat classes (%)	Species							
	<i>Stipa arabica</i>		<i>Ferula ovina</i>		<i>Bromus tomentellus</i>		<i>Artemisia aucheri</i>	
	Area (ha)	Percentage of total	Area (ha)	Percentage of total	Area (ha)	Percentage of total	Area (ha)	Percentage of total
75-100	68626	13	195465	38	298842	58	232539	45
50-75	394792	76.5	99450	19.3	200918	39	94137	18
25-50	54325	10.5	214091	41	17984	3	191066	37
0-25	-	-	8737	1.7	-	-	-	-





شکل ۸- نقشه پراکنش فعلی گونه *Stipa arabica* (الف) *Ferula ovina* (ب) *Bromus tomentellus* (ج) و *Artemisia aucheri* (د) در استان البرز

Figure 8- Current distribution map of (a) *Stipa arabica* (b) *Ferula ovina* (c) *Bromus tomentellus* and (d) *Artemisia aucheri* in Alborz province

برخوردار است. Abbasi و Zare Chahouki (۲۰۱۶) و Borna و همکاران (۲۰۱۹) به ضرایب کاپای کمتری (به ترتیب ۷۶ و ۵۰) دست یافتند و مدل‌سازی خود را دقیق معرفی کردند. اما در این پژوهش، کمترین ضریب کاپا ۷۹ است و نشان می‌دهد که مدل از دقت بسیار بالاتری نسبت به تحقیقات مشابه برخوردار است.

### اعتبارسنجی مدل

ارزشیابی مدل با استفاده از داده‌های حضور و عدم حضور گونه و با استفاده از ضریب آماری کاپا انجام شد. مقادیر این شاخص برای گونه‌های مختلف به شرح جدول ۱۱ می‌باشد که با توجه به طبقه‌بندی ضرایب کاپا توسط Koch و Landis (۱۹۷۷) مدل از دقت خوب و قابل قبولی

جدول ۱۱- ضریب کاپا گونه‌های منتخب

Table 11- Kappa coefficient of selected species

Species	ضریب کاپا
<i>Stipa arabica</i>	86
<i>Ferula ovina</i>	82
<i>Bromus tomentellus</i>	85
<i>Artemisia aucheri</i>	79

پیش‌بینی گردید. نقشه‌های حاصل از پیش‌بینی مدل رگرسیون لجستیک نشان می‌دهد که تحت سناریوی ۴/۵ حضور گونه *Stipa Arabica* در تمام استان البرز مشاهده می‌شود. مطابق با جدول ۱۱، درصد حضور طبقه ۵۰-۷۵ در ۹۹ درصد استان مشاهده شده است. به علاوه، نتایج پیش‌بینی رویشگاه برای سناریو ۸/۵ نشان می‌دهد که حضور این گونه با درصد حضور ۵۰-۷۵ درصد ۵۷ درصد در تمام استان به جز مرکز پراکنده می‌شود و حضور این گونه با فراوانی حضور ۷۵-۱۰۰ درصد در ارتفاعات بالای

### پیش‌بینی پراکنش گونه‌های منتخب در سال ۲۰۵۰

پس از برازش مدل و تهیه نقشه پراکنش بالقوه گونه‌های منتخب برای حال حاضر، نقشه متغیرهای تأثیرگذار بر روی گونه‌های منتخب با استفاده از مدل MRI-ESM2-0 برای سال ۲۰۵۰ تحت سناریوی ۴/۵ و ۸/۵ پیش‌بینی شد و به جای نقشه متغیرهای حال حاضر در مدل برازش شده، جایگزین گردید و با تعریف دوباره مدل در نرم‌افزار ArcGIS نقشه بالقوه پراکنش گونه برای سال ۲۰۵۰

حضور ۱۰۰-۷۵ درصد در ۴۶ درصد استان مشاهده شده و بیشترین درصد را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج پیش‌بینی رویشگاه برای سناریو ۸/۵ نشان می‌دهد حضور گونه با احتمال حضور ۰-۲۵ در قسمتهای جنوبی کرج، ماهدشت، هشتگرد، نظرآباد و اشتهارد بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است و در حدود ۴۰ درصد استان را شامل می‌شود و حضور این گونه با فراوانی حضور ۱۰۰-۷۵ درصد در ارتفاع ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متر مشاهده می‌شود که ۲۵ درصد مساحت را به خود اختصاص داده است. درصد حضور گونه *Artemisia aucheri* ۷۵-۵۰ درصد در ۵۰ درصد استان مشاهده شده و بیشترین درصد را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج پیش‌بینی رویشگاه برای سناریو ۸/۵ نشان می‌دهد که حضور گونه با درصد حضور ۵۰-۷۵ درصد حدود ۵۵ درصد استان را شامل می‌شود و حضور این گونه با فراوانی حضور ۱۰۰-۷۵ درصد در ارتفاع ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متر مشاهده شد که ۴۵ درصد مساحت را به خود اختصاص داده است.

۳۰۰۰ متر مشاهده می‌شود که سطحی برابر با ۲۳ درصد را به خود اختصاص می‌دهد. احتمال حضور ۰-۲۵ گونه *Ferula ovina* در مناطق مرکزی کم می‌باشد و تقریباً برابر ۸ درصد منطقه است. درصد حضور ۱۰۰-۷۵ در ۳۸ درصد استان مشاهده شده و بیشترین درصد را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج پیش‌بینی رویشگاه برای سناریو ۸/۵ نشان می‌دهد حضور گونه با درصد حضور ۱۰۰-۷۵ درصد فقط در شمال شرقی استان بوده و در حدود ۱۹/۵ درصد استان را شامل می‌شود و حضور این گونه با فراوانی حضور ۵۰-۷۵ درصد در ارتفاع ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متر مشاهده می‌شود. بیشترین درصد مساحت (۴۰ درصد) با مساحت ۲۰۹۹۱۸ هکتار اختصاص پیدا می‌کند، به احتمال حضور ۰-۲۵ گونه، که در قسمتهای مرکزی استان شامل هشتگرد، نظرآباد، کرج، ماهدشت و اشتهارد می‌باشد. حضور گونه *Bromus tomentellus* با درصد احتمال ۷۵-۱۰۰، ۴۶ درصد می‌باشد و در مناطق با ارتفاع بالا (۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر) که شامل طالقان و شمال کرج می‌باشد قرار گرفته است. درصد

جدول ۱۲- درصد مساحت کلاس‌های رویشگاه گونه‌های مدنظر در سناریوهای مختلف

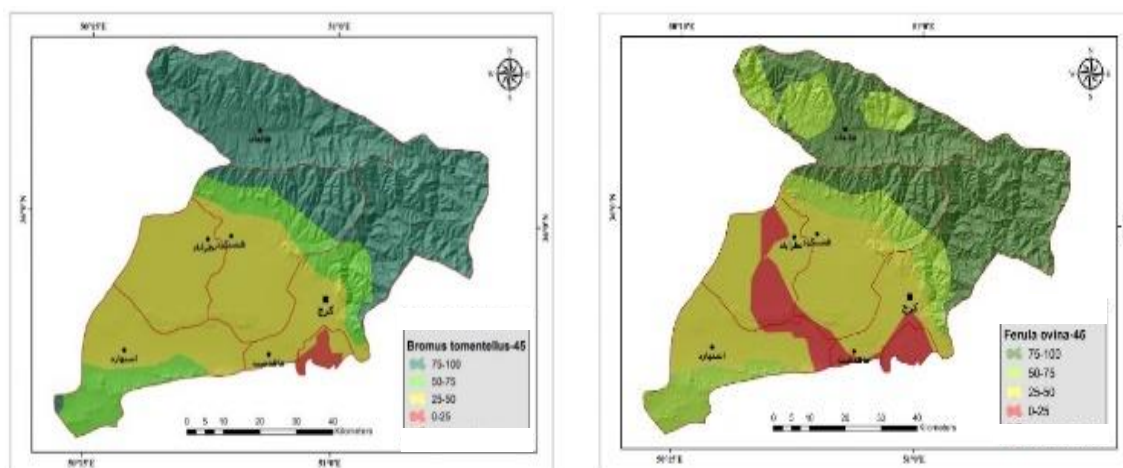
Table 12- The percentage area of the habitat classes of the considered species in different scenarios

scenario	Species							
	<i>Stipa arabica</i>				<i>Ferula ovina</i>			
	4.5		8.5		4.5		8.5	
Habitat classes (%)	Area (ha)	Percentage of total	Area (ha)	Percentage of total	Area (ha)	Percentage of total	Area (ha)	Percentage of total
75-100	-	-	119526	23	197593	38	101815	19.5
50-75	517735	99	295577	57	104288	20	135156	26
25-50	8.49	0.001	102641	19.8	171296	33	70855	14
0-25	-	-	-	-	44567	8.6	209918	40

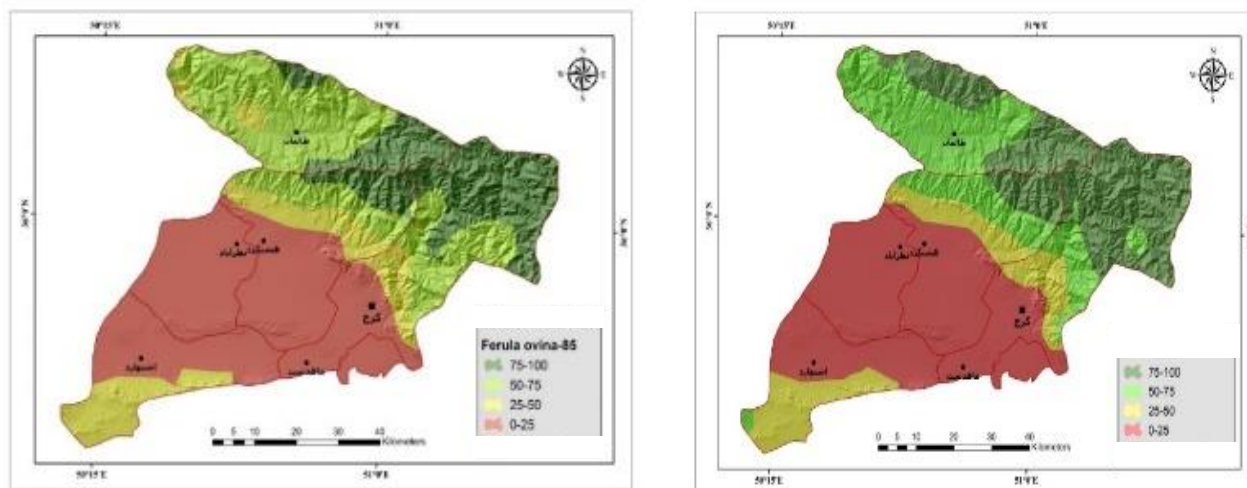
scenario	Species							
	<i>Bromus tomentellus</i>				<i>Artemisia aucheri</i>			
	4.5		8.5		4.5		8.5	
Habitat classes (%)	Area (ha)	Percentage of total	Area (ha)	Percentage of total	Area (ha)	Percentage of total	Area (ha)	Percentage of total
75-100	239596	46	131083	25	195027	37	234175	45
50-75	72110	14	114693	22	259261	50	283570	55
25-50	200274	38.6	66286	13	63455	12	-	-
0-25	5763	1.11	205682	40	-	-	-	-





شکل ۹- نقشه پراکنش بالقوه گونه‌های مورد بررسی در استان البرز با استفاده از سناریو ۴/۵

Figure 9- Potential distribution map of the species under investigation in Alborz province using scenario 4/5



شکل ۱۰- نقشه پراکنش بالقوه گونه‌های مورد بررسی در استان البرز با استفاده از سناریو ۸/۵

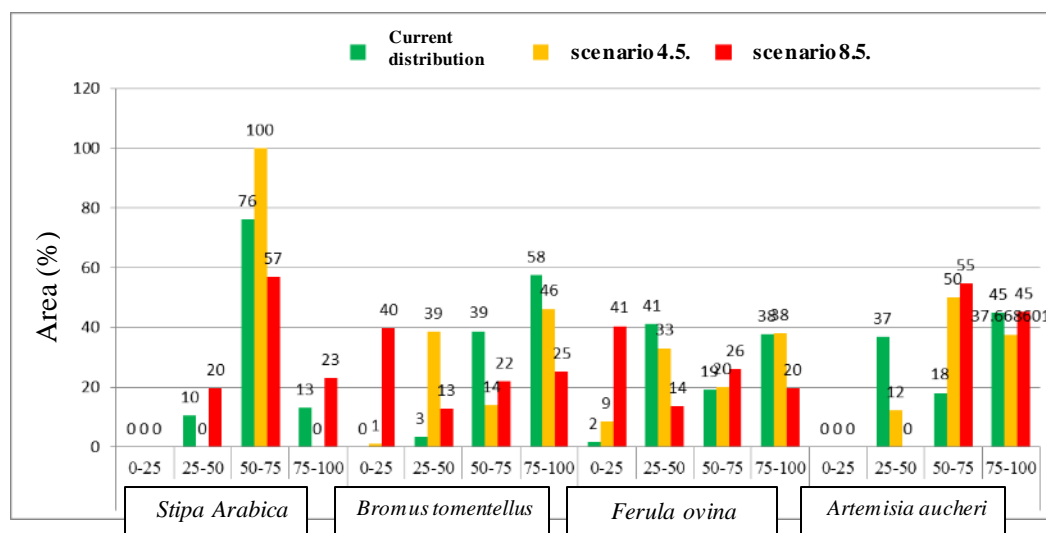
Figure 10- Potential distribution map of the species under investigation in Alborz province using scenario 8/5

*Ferula ovina* در حال حاضر طبقه ۵۰-۲۵ درصد بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است، اما با رفتن به سمت سناریو متعادل و بدبینانه، درصد حضور این گونه در طبقات ۲۵-۵۰ و ۷۵-۱۰۰ بسیار کاهش یافته است، در حالی که در طبقه ۷۵-۵۰ میزان آن از حدود ۱۹٪ به ۲۶٪ افزایش یافته است. در مورد گونه *Bromus tomentellus* بیشترین درصد حضور را در حال حاضر در طبقه ۷۵-۱۰۰ درصد نشان می‌دهد، اما با حرکت به سمت شرایط بدبینانه از درصد حضور

مقایسه مساحت گونه‌ها در سناریوهای مختلف همان‌طور که در شکل ۱۱ مشخص است، در گونه *Stipa arabica* در حال حاضر بیشترین مساحت را در احتمال حضور ۷۵-۵۰ با درصد مساحت ۷۶ درصد دارد. در سناریو ۴/۵ تمام استان البرز را با احتمال حضور ۷۵-۵۰ درصد با مساحت ۱۰۰ درصدی می‌پوشاند. در سناریو ۸،۵ بیشترین مساحت مربوط به احتمال حضور ۷۵-۵۰ می‌باشد و کمترین آن ۲۵-۵۰ و در طبقه ۰-۲۵ وجود ندارد. در مورد گونه

است. به طوری که با رفتن به سمت سناریو بدبینانه مساحت طبقه ۷۵-۱۰۰ از ۱۸٪ به ۵۵٪ تغییر یافته است. ولی در مورد طبقه ۷۵-۱۰۰ بین شرایط حال حاضر و سناریوهای متعادل و بدبینانه تفاوت معنی داری وجود ندارد.

۷۵-۱۰۰ و ۵۰-۷۵ درصد کاسته شده است و میزان آن به ترتیب از ۵۸٪ به ۲۵٪ و ۳۹٪ به ۲۲٪ کاهش می یابد. در گونه *Artemisia aucheri* از شرایط حال حاضر تا شرایط بدبینانه از وسعت مناطق با درصد حضور ۲۵-۵۰ درصد کاسته شده و بر وسعت مناطقی با درصد حضور ۷۵-۵۰ درصد افزوده شده



شکل ۱۱- درصد مساحت هریک از گونه های منتخب در شرایط کنونی و آینده تحت سناریوهای مختلف

Figure 11- The percentage of the area of each of the selected species in the current and future conditions under different scenarios

افزایش خواهد یافت. همچنین، در ارتباط با پارامتر مقدار بارش، این پارامتر در ایستگاه کرج تا سال ۲۰۵۰، ۱/۳۳ میلی متر کاهش خواهد یافت.

### تغییر عناصر اقلیمی تا سال ۲۰۵۰

مطابق با جدول ۱۳ میانگین تمام پارامترهای دمایی در ایستگاه کرج تا سال ۲۰۵۰ در حدود ۱/۹ درجه سانتی گراد

جدول ۱۳- تغییر عناصر اقلیمی تا سال ۲۰۵۰ در استان البرز

Table 13- Change of climatic elements until 2050 in Alborz province

Station	Mean Temperature (°C)	Mean maximum temperature (°C)	Mean Minimum Temperature (°C)	precipitation (mm)
Karaj	1.9***	1.89***	1.9***	-1.33

\*\*\* معنی داری در سطح ۱ هزارم

روند میانگین دما در فصل پاییز روند کاهشی غیرمعنی داری داشته و در غرب و جنوب استان این روند کاهش نشان داده است. میانگین دمای حداکثر در فصول زمستان و بهار روند افزایشی داشته که معنی دار بوده، اما در فصل پاییز میانگین دمای حداکثر روند کاهشی داشته

### بحث

در این مطالعه به منظور بررسی تغییرات اقلیمی در استان البرز از آزمون من-کندال استفاده شد. نتایج نشان داد میانگین دما در فصول زمستان، بهار و تابستان روند افزایشی دارد که این روند معنی دار است، در حالی که

مورد رویشگاه گونه گیاهی بادامک (*Amygdalus scoparia*) و *Ghelichnia* و خدافل (۲۰۲۴) در مورد رویشگاه گونه درمنه کوهی (*Artemisia aucheri Boiss*) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. محققان گسترش گیاهان به سمت ارتفاعات طی دوره‌های اخیر را نمونه‌ای از جابه‌جایی گونه‌ها تحت تأثیر تغییر اقلیم ذکر کردند (Walther et al., 2002). در ارتباط با گونه *Ferula sovina* در حال حاضر، خدافل و حداکثر ارتفاع مناطقی که این گونه در آنها حضور دارد به ترتیب ۱۸۵۰ و ۲۶۰۰ متر است. Amiri و همکاران (۲۰۱۹) نیز به نتایج مشابهی در مورد گونه *Artemisia sieberi Besser* در سال ۲۰۵۰ دست یافتند. این خدافل و حداکثر ارتفاع مذکور به ترتیب در سناریو ۴/۵ از نظر ارتفاعی تغییری نمی‌کند، ولی در سناریو ۸/۵، ارتفاع افزایش یافته و در ارتفاع ۲۹۷۰-۲۲۲۰ متر قرار می‌گیرد. در سناریو متعادل بر وسعت مناطقی با درصد حضور ۷۵-۱۰۰ درصد افزوده شده و تا بخش‌های مرکزی استان کشیده شده است، ولی در شرایط بدبینانه که گازهای گلخانه‌ای افزایش داشته و منجر به افزایش دمای هوا شده است از وسعت حضور ۷۵-۱۰۰ درصد گونه کاسته شده است و تنها به حاشیه‌های شرقی و لکه کوچک شمال کشیده شده است (Thuiller, 2007). یکی از مهمترین اثرهای تغییر اقلیم را جابه‌جایی محدوده جغرافیایی گونه‌های گیاهی دانست. وی بیان کرد که افزایش دما باعث حرکت گونه‌های نیمکره شمالی به سمت ارتفاعات خواهد شد. البته از نظر وی تغییرات در اکوسیستم‌های مختلف یکسان نیست و هر اکوسیستم باید با روش‌های مناسب بررسی شود. همان‌طور که گونه‌ها به سمت قطب یا ارتفاعات می‌روند ممکن است ناپدید شوند و یا به پناهگاهی دور از بقیه محدود شوند، در حالی که گونه‌های دیگر ممکن است دامنه پراکنش خود را گسترش دهند. زیست‌شناسان در مورد نابودی گونه‌هایی که دسترسی آنها به رویشگاه مناسب محدود شود، اظهار نگرانی کرده‌اند. گونه *Bromus tomentellus* در حال حاضر در ارتفاع ۲۷۰۰-

و این روند معنی‌دار نیست، در حالی که میانگین دمای حداکثر سالانه روند صعودی داشته است. میانگین دمای خدافل نیز شرایطی مانند میانگین دمای حداکثر داشته است. پارامتر مقدار بارش در تمامی فصول روند کاهشی داشته، اما به صورت معنی‌دار نیست. افزایش میانگین دما به‌ویژه در فصل بهار و زمستان و افزایش میانگین دمای خدافل و حداکثر در فصل زمستان سبب ذوب زود هنگام برف در منطقه شده و با توجه به کاهش بارش در این منطقه موجب ایجاد مشکلات زیادی در ذخیره آب می‌شود. Sangoony و همکاران (۲۰۱۶) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. در مطالعه‌ای که Sabohi و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی خود در کل ایران انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که اگرچه تغییرات معنی‌داری در بارش در طول ۵۰ سال گذشته رخ نداده است، اما کاهش بارش در ماه آوریل و افزایش بارش در ماه دسامبر و ژوئیه می‌تواند تغییر اقلیم احتمالی را در این مناطق در آینده مشخص کند، همچنین Khodaghohi و Sabohi (۲۰۲۱) روند دما را در ۳۵ ایستگاه سینوپتیک مطالعه کردند و نشان دادند که ۷۱، ۶۶ و ۴۰ درصد از ایستگاه‌ها روند معنی‌داری در میانگین دما، میانگین دمای حداکثر و خدافل سالانه به ترتیب نشان می‌دهند و این نتایج همچنین بیانگر آن می‌باشد که اقلیم در ایران به‌ویژه در بهار در حال گرم شدن است که نتایج مطالعه ما آن را تأیید می‌کند. در حال حاضر، خدافل و حداکثر ارتفاع مناطقی که گونه *Stipa arabica* در آنها حضور دارد به ترتیب ۱۴۰۰ و ۲۴۰۰ متر است. در صورتی که نتایج مدل‌سازی در سال ۲۰۵۰ در مناطقی که به علت تغییر اقلیم مناسب خواهند شد این خدافل و حداکثر ارتفاع را به ترتیب در سناریو ۴/۵، ۲۷۲۰-۱۷۱۰ متر و در سناریو ۸/۵، رویشگاه این گونه تا ارتفاع ۲۹۰۰ حضور پیدا می‌کند. با افزایش دما در اثر تغییر اقلیم، وسعت رویشگاه این گونه کاهش خواهد یافت و به سمت مناطقی که مرتفع‌تر و دارای دمای کمتری باشند، جابه‌جا خواهد شد. Haidarian Aghakhani و همکاران (۲۰۱۷)، در

شیب و دما دو پارامتر اصلی مؤثر بر پراکنش این گونه بوده، به طوری که شیب بر روی عمق خاک تأثیر گذاشته و بر استقرار ریشه مؤثر است. Janisva (۲۰۰۵) نشان داد که شیب به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر پراکنش تیپ‌های درمنه کوهی و درمنه دشتی می‌باشد؛ همچنین Forouzeh و همکاران (۲۰۱۷) ویژگی‌های توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت شیب) را از عوامل اصلی الگوی پراکنش پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی معرفی کردند. در این گونه افزایش بیش از حد دما نیز سبب اختلال در غذاسازی می‌گردد و فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد. از سویی، ضمن بالا بردن تبخیر از سطح خاک و گیاه، میزان آب قابل دسترس گیاه را کاهش داده و ممکن است باعث کاهش وسعت این گونه شود، به همین دلیل این گونه به دلیل جبران گرما در شرایط بدبینانه به سمت ارتفاعات بالاتر، یعنی در حدود ۳۰۰۰ متری جابه‌جا شده است که نتایج Moghadam (۲۰۰۹) را تأیید می‌کند. همچنین Basiri و همکاران (۲۰۱۲) طی مطالعاتی بیان کردند که انتقال مواد غذایی در یک سیستم با جریان رطوبت همراه است. در واقع شرط اصلی چرخه مواد بین گیاهان و خاک، وجود رطوبت کافی است و دما وقتی مؤثر است که رطوبت برای رشد گیاه کافی باشد. در حالت کلی، اثر تغییر اقلیم در این پژوهش منفی است اما می‌تواند باعث اثرهای مثبت در توزیع شود، از جمله اینکه پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۵۰ در مناطق شرقی و شمالی به‌ویژه در مناطق شمالی کرج و طالقان شاهد بروز مناطق مستعد وقوع گونه خواهیم بود که این مناطق از نظر اقلیمی برای گونه مناسب خواهند شد. بنابراین برای مدیریت و حفاظت زیستگاه‌های طبیعی پیشنهاد می‌گردد از فعالیت‌هایی که موجب گرم‌تر شدن زمین می‌گردد از جمله تولید گازهای گلخانه‌ای و آلودگی محیط‌زیست کاسته شود تا تغییرات در توزیع و پراکنش گونه‌های گیاهی دیرتر انجام شود.

۱۶۰۰ متر قرار گرفته است، در حالی که در سناریو ۴/۵ (شرایط متعادل) و سناریو ۸/۵ (سناریو بدبینانه) در ارتفاع بالاتر از ۲۷۰۰ متر می‌باشد که نشان می‌دهد این گونه از نظر ارتفاعی تفاوت چندانی نداشته است و از وسعت آن به‌ویژه در سناریو بدبینانه کاسته شده و به حاشیه‌های شمالی و شمال‌شرقی طالقان و شمال‌شرقی کرج و هشتگرد کشیده شده است. بنابراین بررسی پراکنش گونه تحت سناریوی بدبینانه که شدیدترین تغییرات اقلیمی را پیش‌بینی می‌کند، حکایت از این دارد که محدوده پراکنش گونه برای جبران افزایش درجه حرارت به سمت ارتفاعات جابه‌جا خواهد شد. Eftekhari (۲۰۱۶) در طرح بررسی آتاکولوژی گونه *B. tomentellus* در استان البرز نشان داد که این گونه در مناطق دشتی تراکم بیشتری دارد و جمعیت یک دست‌تری ایجاد می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که با توجه به رابطه ارتفاع با بارش و دما، مناطق دشتی که دارای بارش بیشتر و بارندگی کمتری نسبت به مناطق کوهستانی مرتفع هستند برای حضور و رویش گونه *B. tomentellus* دارای تناسب هستند، در حالی که نتایج ما نشان می‌دهد با افزایش دما و کاهش بارش ناشی از تغییر اقلیم این گونه بیشترین وسعت را در ارتفاعات بالاتر دارد. به عبارت دیگر، نشان می‌دهد این گونه به درجه حرارت پایین‌تر و بارش بیشتر واکنش مثبت نشان می‌دهد که نتایج این پژوهش، نتایج مطالعه مذکور را تأیید نمی‌کند. حداقل و حداکثر ارتفاع مناطقی که گونه *Artemisia aucheri* در آنها حضور دارد به ترتیب ۱۶۰۰ و ۲۸۰۰ متر است. در مورد گونه *Artemisia aucheri* از شرایط حال حاضر تا شرایط بدبینانه از وسعت مناطق با درصد حضور ۲۵-۵۰ درصد کاسته شده است. نتایج مدل‌سازی در سال ۲۰۵۰ نشان می‌دهد در مناطقی که به علت تغییر اقلیم مناسب خواهند شد این حداقل و حداکثر ارتفاع را به ترتیب در سناریو ۴/۵، ۱۸۰۰-۲۵۰۰ متر و در سناریو ۸/۵، در ارتفاع بالای ۲۵۰۰ متر نشان می‌دهد.

## References

- Abbasi, M. and Zare Chahouki, M.A., 2016. Habitat suitability modeling for *Agropyron intermedium* species using Ecological Niche Factor Analysis (case study: rangeland of Taleghan miany). *Journal of Plant Researches*. 29(4): 819-832, 20.1001.1.23832592.1395.29.4.12.0
- Abolmaali, M.R., Tarkesh Esfahani, M. and Bashari, H., 2018. Maxent modeling for predicting suitable habitats and identifying the effects of climate change on a threatened species, *Daphne mucronata*, in central Iran. *Ecological Informatics*, 43, 116-123, doi:10.1016/j.ecoinf.2017.10.002
- Amiri, M., Tarkesh, R. and Jafari, M., 2019. Predicting the distribution of *Artemisia Sieberi* Besser under climate change in the steppe and semi-steppe of Iran-Touranian Region. *Journal of Desert Management*. 7(13):29-48. 10.22034/jdml.2019.36534
- Basiri, M., Shred Alborzi, M. & Safaee, M., 2012. Modeling the potential habitat of *Astragalus verus* Olivier using two methods of ecological nest factor analysis (ENFA) and logistic regression (LR). Master Thesis. Faculty of Natural Resources, Alborz University of Technology, Alborz, Iran. 130 p. (In Persian).
- Bazmanesh, A., Tarkesh Esfahani, M., Bashari, H. and Pourmanafi, S., 2018. The effect of climate change on climatic ecological nest of *Bromus tomentellus Boiss* using Maxnet model in Esfahan province. *Rangeland and Watershed*. 71(4):857-867. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2019.265319.1297>
- Beaumont, L.J., Hughes, L. and Poulsen, M., 2005. Predicting species distributions: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions. *Journal of Ecological Modelling*, 186: 250-269.
- Borna, F., Tamartash, R., Tatian, M. R. and Gholami, V., 2019. Predicting the habitat distribution of *Artemisia aucheri* using ecological niche factor analysis (Case study: Summer Rangeland of Baladeh, Nour). *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 27(1):98-111. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2020.121355>.
- Chung, Y.S. & Yoon, M.B., 2000. Interpretation of recent temperature and precipitation trends observed in Korea, *Theoretical and Applied Climatology*., 67: 171-180.
- Eftekhari, M., 2016. Autoecology of *Bromus tomentellus* in Isfahan province, Isfahan Agriculture and Natural Resources Research Center, 91.
- Forouzeh, M.R., Heshmati, G. and Barani, H., 2017. Feasibility study of preparing prediction map of the possibility of presence of some important range species in Zagros Rangeland. *Journal of Plant Ecosystem Conservation (JPEC)*; 5 (10):53-74. <http://pec.gonbad.ac.ir/article-1-239-fa.html>.
- Ghelichnia, H. and Khodaghali, M., 2024. Effects of climate change on the habitat of *Artemisa Aucheri* Boiss based on climate prediction model in Alborz Rangeland habitats, Mazandaran province. *Environmental Science Studies*. 9(4):9719-9728. 10.22034/jess.2024.434233.2206
- Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2): 147-186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Haidarian Aghakhani, M., Tamartash, R., Jafarian, Z., Tarkesh Esfahani, M. and Tatian, M.R., 2017. Forecasts of climate change effects on *Amygdalus scoparia* potential distribution by using ensemble modeling in Central Zagros. *Journal of RS & GIS for Natural Resources*, 8(3):1-14. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1396.8.3.1.8>
- Herath, S. and Ratnayake, U., 2004. Monitoring rainfall trends, to predict adverse impacts-a case study from Sri Lanka 1964-1993, *Global Environmental Change*, 14:71-79. DOI:10.1016/j.gloenvcha.2003.11.009
- Heshmati, Gh.A. and Karimian, V., 2014. Predict the distribution of rangelands species richness, Agriculture and Natural Resources Engineering Organization of Islamic Republic of Iran Quarterly, 46(1):1-38.
- IPCC, 2013. "Climate change 2013: The physical science basis", Cambridge: Cambridge University Press.
- Jafarian, Z., Arzani, H., Jafari, M., Zahedi, G.H. & Azarnivand, H., 2012. Mapping spatial prediction of plant species using logistic regression (Case Study: in Rineh Rangeland; Damavand Mountain), *Physical Geography Research journal*, 44(1):1-18. 10.22059/jphgr.2012.24731.
- Janisva, M., 2005. Vegetation-environment relationship in dry calcareous grassland. *Journal of Ecologia-Bratislava*, 24(1): 25-44. <https://www.researchgate.net/publication/259277668>
- Khodaqoli, M. and Sabohi, R., 2021. Investigating weather and climatology characteristics of Alborz province to determine the cropping pattern. *Research Institute of Forests and Rangelands*, 66 p. (in Persian)
- Kruger, A.C. and Shongwe, S., 2004. Temperature Trends in South Africa: 1960-2003. *International Journal of Climatology*, 24:1929-1945.

- <https://doi.org/10.1002/joc.1096>
- Lahmer, W., 2002. Trend and climate change impact analysis on the mesoscale, international conference convened by the European Network of Experimental and Representative Basins (ERB) and UNESCO IHP Northern European Friend Projects. Demanovska dolina, Slovakia.
- Landis, J.R. and Koch, G.G., 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics.*, 33(1):159-174.
- Moghadam, M.R., 2009. Pasture and pasture management. Tehran University Press. 470. (In Persian).
- Naghipour borj A.A., Haidarian-Aghakhani, M. and Sangoony, H., 2019. Application of ensemble modelling method in predicting the effects of climate change on the distribution of *Fritillaria imperialis* L. *Journal of Plant Researches*, 32(3):747-758. Doi:20.1001.1.23832592.1398.32.3.8.5.
- Pejhan, A., 2013. Effects of climate change on spatial distribution of *Artemisia Dashti* species in Alborz Province using species distribution prediction models (Case Study: Alborz Province), MSc thesis, Alborz University of Technology, Alborz, Iran, 119 p. (In Persian).
- Pittock, B., 2009. Climate change: the science, impacts and solutions. CSIRO Publishing. 350 pp.
- Plimer, I., 2009. Heaven and earth: Global warming, the missing science. Conner Court Publishing, 360 pp.
- Rahimzadeh, F., Fatahi, A. and Hosseni Dastak, F., 2005. Evaluation of variability of climate with applying statistical methods in Iran. *Iran-Water Resources Research*, 1(2): 61-73. (In Persian).
- Robert, J., Hijman, S., 2006. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global Change Biology.*, 12:2272-2281. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01256.x>
- Sabohi, R., Soltani, S. and Khodaghohi, M., 2012. Trend analysis of temperature parameters in Iran. *Theoretical and Applied Climatology.*, 109, 529-547. DOI:10.1007/s00704-012-0590-5.
- 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. DOI: [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1404\\_085100](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1404_085100)
- Thuiller, W., 2007. Biodiversity: climate change and the ecologist. *Nature*, 448(7153): 550-552.
- Walther, G-R., Post, E., Convey, A., Menzel, C., Parmesan, T.J., Beebee, J-M., Fromentin, O. Hoegh-Guldberg, R. and Bairlein, F., 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416(6879): 389-395. DOI: 10.1038/416389a . Source: PubMed
- Yu, P.S., Yang, T.C. and Kuo, C.C., 2006. Evaluating long-term trends in annual and seasonal precipitation in Taiwan, *Water Resources Management*, 20: 1007-1023. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9020-8>.