Research Article

Iranian Journal of Range and Desert Research
Vol. 31, No. 3, Page 284-300 (2024)

DOI: 10.22092/ijrdr.2024.132036

The effect of climate change on the habitat distribution of *Platychaete aucheri*. Boiss species in Sistan and Baluchestan province based on climate prediction model

M. Narouei [1]*, M. Khodagholi [2] and R. Saboohi [3]

1*- Corresponding author, Researcher, Forest and Rangeland Research Division, Baluchestan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Iranshahr, Iran, Email: narouei.delaram@gmail.com

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

3- Ph.D. of Range Management, Isfahan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

Received: 05/12/2024 Accepted: 09/23/2024

Abstract

Background and objectives

Knowing the effective environmental factors in the establishment of vegetation can help the proper management of pasture ecosystems. A suitable habitat has a significant effect on the survival and reproduction of species. Revealing changes in climate parameters indicates that climate changes have started in Iran and it is necessary to determine the potential habitats of indicator species, now and in the coming years, under climate warning models. With the advancement of statistics and geographic information system, it has become possible to predict the habitat of plant species using modeling methods. Therefore, this research was conducted with the aim of preparing a forecast map of *Platychaete aucheri* habitats based on the climate forecast model in Sistan and Baluchestan province.

Methodology

First, using 8 synoptic stations inside and nearby areas, the database including precipitation variables, night temperature, daily temperature and average temperature, from the year of establishment of each station until 2019, and 19 climate parameters were calculated. Also, three physiographic variables, including slope, direction and height, were prepared using a digital height model with an accuracy of 30 meters. Then, by using the updated maps of the ecological zones recognition plan and field visits, the presence and absence points of *P.aucheri* species were determined. The basis of the analysis used in this research is logistic regression, which is based on environmental values related to the presence and absence of species. Using logistic regression, the growth behavior of this species in Sistan and Baluchestan region was determined and the map was modeled and the relevant equations were calculated in the current conditions. After ensuring the efficiency of the model, the climate data predicted by the general circulation model MRI-ESM2-0 were used under the scenarios 4.5 and 8.5, and by using the current

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijrdr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

equations and placing the data extracted from the database, Worldclime, the future distribution map of the species *P.aucheri* was produced for 2050 under RCP4.5 and RCP8.5 climate scenarios. In this way, at the stage of defining the logistic regression model in ArcGIS, instead of the map of the climate variables that exist in the model, the maps of the same variables predicted for the year 2050 were placed.

Results

The results of the potential maps showed that the current distribution of the species, *P.aucheri*, had a more colorful presence in the central and southern parts, and the percentage of the presence of the species decreased by moving towards the northern regions. The area of suitable habitat (probability of occurrence greater than 75%) of *P.aucheri* species in the province is equal to 12873269 hectares, approximately 71%. The evaluation of the model was done using the data of the presence and absence of the species and using the Kappa statistical coefficient. In this connection, the value of the Kappa statistical coefficient was obtained as 0.85, which according to the presented classification of the Kappa coefficients, the model has good and acceptable accuracy. It is acceptable. The maps resulting from the prediction of the logistic regression model show that the habitat area of *P.aucheri* species will increase significantly in 2050 under both RCP4.5 and RCP8.5 scenarios, and it is observed that the habitat area of *P.aucheri* species is more than 75% more likely to occur. In the province, it will be equal to 15506391 and 17788376 hectares, respectively, which will occupy a surface equivalent to 85.3 and 97.85%, respectively. Under the RCP8.5 scenario, the probability of the presence of the species will increase greatly, and it can be seen that the probability of the presence of this species in the lower floors reaches 50% to zero.

Conclusion

In general, climate change and the consequent increase in temperature indicators will preserve the current habitat, increase the probability of the presence of the species in the entire province, and the vertical expansion of the *P.aucheri* species and its movement to higher latitudes along the altitude gradient of the region. Therefore, the expected upper limit of the vegetative range of *P. aucheri* species will undergo changes during the next three decades.

Keywords: Atmospheric general circulation, climate scenario, grassland ecosystems, logistic regression.

اثر تغییر اقلیم بر پراکنش رویشگاه گونه *Platychaete aucheri*. Boiss در استان سیستان و بلوچستان بر پایه مدل پیش‌بینی اقلیم

معصومه ناروئی [۱*]، مرتضی خداقلی [۲] و راضیه صبوحی [۳]

۱*- نویسنده مسئول، محقق، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بلوچستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایرانشهر، ایران. پست‌الکترونیک: narouei.delaram@gmail.com

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

۳- دکترای علوم مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲

چکیده

سابقه و هدف

شناخت عوامل محیطی مؤثر در استقرار پوشش گیاهی، می‌تواند به مدیریت صحیح اکوسیستم‌های مرتعی کمک کند. رویشگاه مطلوب، تأثیر به‌سزایی بر بقا و تولیدمثل گونه‌ها دارد. آشکارسازی تغییرات پارامترهای اقلیمی، بیانگر آن است که تغییرات اقلیمی در ایران شروع شده و ضرورت دارد که رویشگاه بالقوه گونه‌های شاخص، در حال حاضر و سال‌های آینده، تحت مدل‌های هشدار اقلیمی، مشخص گردد. با پیشرفت علم آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی با استفاده از روش‌های مدل‌سازی، میسر شده است. ازاین‌رو، این پژوهش با هدف تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه‌های گونه *Platychaete aucheri* بر پایه مدل پیش‌بینی اقلیمی، در استان سیستان و بلوچستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

ابتدا با استفاده از ۸ ایستگاه سینوپتیک داخل و مناطق مجاور، پایگاه داده‌ها شامل متغیرهای بارش، دمای شبانه، دمای روزانه و متوسط دما، از سال تأسیس هر ایستگاه تا سال ۲۰۱۹ تشکیل و ۱۹ سنجه اقلیمی محاسبه شد. همچنین با استفاده از مدل رقومی ارتفاع با دقت ۳۰ متر، سه متغیر فیزیوگرافی شامل شیب، جهت و ارتفاع تهیه گردید. سپس با استفاده از نقشه‌های بهنگام شده طرح شناخت مناطق اکولوژیک و بازدیدهای میدانی، نقاط حضور و غیاب گونه *P.aucheri* مشخص شد. اساس تجزیه‌وتحلیل به‌کار برده شده در این تحقیق را رگرسیون لجستیک تشکیل می‌دهد که براساس مقادیر محیط‌زیستی مربوط به نقاط حضور و غیاب گونه می‌باشد. با استفاده از رگرسیون لجستیک، رفتار رویش این گونه در منطقه سیستان و بلوچستان مشخص و نقشه مدل‌سازی شده و معادلات مربوط در شرایط کنونی محاسبه شد. پس از اطمینان از کارآمد بودن مدل، از داده‌های اقلیمی پیش‌بینی شده توسط مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0 تحت سناریو ۴/۵ و ۸/۵ استفاده گردید و با استفاده از معادلات فعلی و قرار دادن داده‌های استخراج شده از پایگاه، Worldclime نقشه پراکنش آینده گونه *P.aucheri* برای سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای اقلیمی RCP4.5 وRCP8.5 تولید 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.

نتایج

نتایج حاصل از نقشه‌های بالقوه نشان داد که پراکنش فعلی گونه *P.aucheri* در بخش‌های مرکزی و جنوبی حضور پررنگ‌تری داشته و با حرکت به سمت مناطق شمالی از درصد حضور گونه کاسته شده است. سطح رویشگاه مناسب (احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد) گونه P.aucheri در استان برابر ۱۲۸۷۳۲۶۹ هکتار، تقریباً ۷۱درصد می‌باشد. ارزشیابی مدل با استفاده از داده‌های حضور و عدم

حضور گونه و با استفاده از ضریب آماری کاپا انجام شد، در این ارتباط مقدار ضریب آماری کاپا ۰/۸۵ به‌دست آمد که با توجه به طبقه‌بندی ارائه شده از ضرایب کاپا، مدل از دقت خوب و قابل قبولی برخوردار است. نقشه‌های حاصل از پیش‌بینی مدل رگرسیون لجستیک نشان می‌دهد که سطح رویشگاه گونه *P.aucheri* در سال ۲۰۵۰ تحت هر دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 افزایش چشمگیری خواهد یافت و در احتمال وقوع بیشتر از ۷۵ درصد مشاهده می‌شود که مساحت رویشگاه گونه *P.aucheri* در استان به ترتیب برابر ۱۵۵۰۶۳۹۱ و ۱۷۷۸۸۳۷۶ هکتار خواهد شد که به ترتیب سطحی برابر ۸۵/۳ و ۹۷/۸۵ درصد را به خود اختصاص خواهد داد. تحت سناریو RCP8.5 احتمال وقوع حضور گونه به شدت افزایش خواهد یافت و مشاهده می‌شود که احتمال حضور این گونه در طبقات پایین ۵۰ درصد به صفر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، تغییر اقلیم و به‌تبع آن افزایش شاخص‌های دمایی، باعث حفظ رویشگاه فعلی، افزایش احتمال حضور گونه در سطح کل استان و گسترش عمودی گونه *P.aucheri* و حرکت آن به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر در امتداد گرادیان ارتفاعی منطقه خواهد شد. از این رو، حد بالای مورد انتظار گستره رویشی گونه *P.aucheri*، طی سه دهه آینده، دستخوش تغییر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: اکوسیستم‌های مرتعی، رگرسیون لجستیک، گردش عمومی جو، سناریوی اقلیمی.

مقدمه

گیاهان اصلی‌ترین جزء اکوسیستم‌ها هستند که متأسفانه امروزه بـه دلیـل اقـدامات نسنجیده انسان با طبیعت پیرامون خود روند انقراض گونـه‌هـای آنها، با سرعت بسیار نگران‌کننده‌ای افزایش یافته است. شـواهد متعدد حکایت از به وقوع پیوسـتن انقـراض ششـم یـا مـدرن در قرن‌های اخیر دارند، متأسفانه گزارش‌های رسـمی محـدود و ناقصی پیرامون انقراض گونه‌ها وجود دارد (Gray, 2018). از سال ۱۹۰۰، سالانه تقریباً سه گونه از گیاهان دانه‌دار ناپدید شده‌اند کـه ایـن میزان ۵۰۰ برابر سریعتر از میزان طبیعی انقراض گونـه‌هـاسـت (Humphreys *et al.*, 2019). اکوسیستم‌های مرتعی به علت تنوع محصولات و خدمات ازجمله دامداری، پناهگاه حیات‌وحش، 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 مقدار حدهای نهایی وقایع اقلیمی می‌تواند به طور اساسی ترکیب، توزیع و پراکنش گونه‌های گیاهی و تولید آنها را کاهش دهد (Heshmati & Karimian, 2014). گرمایش جهانی تغییرات عمده‌ای در ساختار و عملکرد اکوسیستم‌های خشکی و پراکنش و توزیع زیستگاه‌های موجودات زنده خواهد داشت و خطر انقراض گونه‌ها را افزایش می‌دهد (IPCC, 2007). جهان به سرعت به دلیل ترکیب آثار رشد جمعیت انسان، فقر وسیع، جهانی شدن اقتصاد، تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم در حال دگرگونی است. این تغییرات بر روی تنوع بیولوژیک تأثیرات شدید دارد. متناظر با تغییر در دمای هوا، دمای خاک، رطوبت خاک، مقدار مواد غذایی و تمرکز دی‌اکسیدکربن در اتمسفر، عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی نیز تغییر می‌کند. همچنین بر روی تنوع زیستی، منابع طبیعی و زندگی بشر تأثیر می‌گذارد (Shaver, 2000). مطالعات انجام شده در زمینه اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌ها و جوامع گیاهی، نشان می‌دهد که در دهه‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰، دامنه انتشار همه گونه‌ها و جوامع گیاهی، به مقدار زیادی کاهش پیدا خواهند کرد (Krebs, 2009; Tongli & Elizabeth,. 2012) 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 (Taylor *et al.*, 2012). به عبارت دیگر، آشیان اکولوژیک این گونه‌ها

در سال‌های آینده، به‌سمت مناطق مرتفع‌تر، پیش خواهد رفت و در ارتفاعات پائین، گستره پراکنش جغرافیایی گونه‌ها و جوامع گیاهی، محدودتر می‌شود (Thomas *et al.*, 2010). در طول قرن گذشته، میانگین دمای سالانه جهانی، حدود ۰/۶ درجه سانتیگراد افزایش یافته است (IPCC, 2001) و این افزایش دما بر گونه‌های گیاهی و جانوری اثر زیانباری داشته است (Parmesan & Yohe, 2003). نتایج بررسی‌های Khodagholi و همکاران (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که به‌طور متوسط دمای میانگین سالانه، حدود ۰/۴ به ازای دهه افزایش یافته است. به‌طورکلی، تغییر اقلیم جنبه‌های مختلف زیستی گونه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ازاین‌رو به یک نگرانی عمده برای مدیریت و حفاظت تنوع زیستی تبدیل شده است. یکی از آثار مهم تغییر اقلیم، ایجاد تغییرات در دامنه پراکنش و دامنه انتشار موجودات زنده است (Elith & Franklin, 2013). بنابراین بررسی تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های گیاهی و جانوری موضوعی لازم و ضروری است (Pressey *et al.*, 2007) با وجود نگرانی‌های موجود در ارتباط با اثرهای تغییر اقلیم بر روی گونه‌های گیاهی و جانوری، در حال حاضر اطلاعات زیادی در ارتباط با تأثیر تغییر اقلیم آینده بر روی گونه‌های گیاهی در ایران وجود ندارد. برای درک بهتر از تغییرات اقلیم آینده، ضروری است که توزیع کنونی و آینده گونه‌ها مشخص شود (Beaumont *et al.*, 2005). پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه در آینده نیازمند جمع‌آوری اطلاعات مربوط به حضور گونه در حال حاضر، متغیرهای محیطی و ترکیب این اطلاعات با شرایط محیطی جدید دارد (Rehfeldt *et al.*, 2012). از سوی دیگر، تعدد گونه‌های گیاهی و وسیع بودن عرصه انتشار بسیاری از آنها و محدودیت بودجه، زمان و امکانات سبب شده که امکان ارزیابی از نزدیک همه رویشگاه‌ها وجود نداشته باشد. بنابراین، زیست‌شناسان حفاظتی رویکردهای جدیدی برای بررسی اولویت‌های حفاظت از گونه‌های مختلف جانداران پیشنهاد می‌دهند. 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 (Williams *et al.*, 2009). مدل‌های پراکنش گونه‌ای (Species Distribution Models) یا به اختصار SDMs ازجمله رویکردهای نوین در بوم‌شناسی، جغرافیای زیستی و زیست‌شناسی حفاظت هستند که عموماً به بررسی پراکنش گونه‌ها در پاسخ به تغییرات محیطی و شناسایی عوامل مؤثر بر پراکنش آنها می‌پردازند (Guisan & Zimmermann, 2000; Elith *et al.*, 2010). این مدل‌ها در واقع می‌توانند با استفاده از الگوریتم‌های رایانه‌ای روابط تجربی بین پراکنش گونه و داده‌های محیطی را بررسی و پراکنش بالقوه آن را تخمین زده و پیش‌بینی کنند (NCCOI, 2014). 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 و جانوری و ... بپردازند (Jafarian *et al.*, 2012). ایران یکی از مراکز مهم تنوع گیاهی و بومزادی در جنوب‌غرب آسیا می‌باشد که گونه‌های گیاهی متعددی از آن گزارش شده است (Hedge & Wendelbo, 1978; Akhani, 2007; Mehrabani *et al.*, 2021). در ایران نیز از روش‌های مختلف مدل‌سازی برای تعیین رویشگاه گونه‌های گیاهی استفاده شده است (Abolmaali *et al.*, 2017; NaqipourBorj *et al.*, 2019). در ادامه، به برخی نتایج مطالعاتی که در راستای موضوع مقاله انجام شده اشاره شده است. Khodagholi و همکاران (۲۰۲۲) اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه گونه *Bromus tomentellus* Boiss را تحت دو سناریو RCP8.5 و RCP4.5 در زاگرس جنوبی (استان فارس) برای سال ۲۰۵۰ بررسی کردند. نتایج آنان، حکایت از این دارد که تغییر اقلیم باعث تغییر زیادی در رویشگاه گونه علف پشمکی می‌شود، به‌طوری‌که مساحت رویشگاه از ۲۶/۸ درصد در شرایط کنونی، تحت

سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به ۸/۵ درصد و ۱/۷ درصد در سال ۲۰۵۰ کاهش خواهد یافت. Fakhimi و Khodagholi (۲۰۲۲) در پژوهشی دیگر، اثر تغییر اقلیم بر گستره رویشی گونه *Bromus tomentellus* Boiss را در رویشگاه‌های مرتعی زاگرس مرکزی، استان چهارمحال و بختیاری مورد بررسی قرار دادند، آنان نیز به این نتایج دست یافتند که تحت دو سناریو RCP8.5 و RCP4.5 رویشگاه مطلوب گونه علف پشمکی به ارتفاعات بالاتر جابه‌جا می‌شود و سطح آن در سه دهه آینده کاهش خواهد یافت. همچنین Hosseini و همکاران (۲۰۲۲) به مطالعه اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه جو پیازدار (*Hordeum bulbosum*) در استان چهارمحال و بختیاری واقع در زاگرس مرکزی پرداختند. پیش‌بینی برای سال ۲۰۷۰ براساس سه سناریوی افزایش گازهای گلخانه‌ای SSP126، SSP370 و SSP585 و دو مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 و MRI- ESM2-0 انجام شد. نتایج نشان داد حدود ۲۵ درصد منطقه مورد مطالعه در حال حاضر به عنوان رویشگاه مطلوب گونه شناسایی شده است و مؤثرترین متغیرها در پراکنش گونه عبارتند از: مجموع بارندگی سالانه، میانگین دمای پربارش‌ترین سه ماهه متوالی سال و مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل سال. پیش‌بینی می‌شود که به‌دلیل تغییر اقلیم در مدل گردش عمومی GFDL-ESM4، ۳۲/۲۷ درصد (SSP370) تا ۳۱/۰۲ درصد (SSP585) و برای مدل MRI-ESM2-0، ۲۶/۰۶ درصد (SSP370) تا ۶۸/۳۱ درصد (SSP585) در سال ۲۰۷۰ از رویشگاه مطلوب گونه کاسته شود. در تحقیقی دیگر، اثر تغییر اقلیم بر روی گونه گون گزی (*Astragallus adscendence*) در زاگرس مرکزی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که بارندگی سالیانه، هم‌دمایی، شیب و دامنه دمای سالانه مؤثرترین متغیرهای زیست‌اقلیمی در مطلوبیت رویشگاه‌ها می‌باشد. بررسی تغییرات اقلیمی در آینده نشان داد که تا سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد رویشگاه گونه *A.adsendence* نامناسب خواهد بود و در عوض ۱۸ تا ۵۲ درصد از رویشگاه‌های نامناسب به علت تغییرات اقلیمی مناسب خواهند شد (Haidarian *et al.*, 2021).

Narouei و همکاران (۲۰۱۹) تغییرات مکانی-زمانی در زیستگاه‌های بالقوه *Gymnocarpus decander* با استفاده از مدل تغییر اقلیم MRI-CGCM3 برای سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 برای دوره‌های آینده نزدیک (۲۰۶۱-۲۰۴۱) و آینده دور (۲۰۸۰-۲۰۶۱) را مورد ارزیابی قرار دادند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از هر دو سناریو، رویشگاه گونه‌های *G. decander* در آینده کاهش خواهد یافت. در خوشبینانه‌ترین حالت، حدود ۸ درصد از زیستگاه‌های *G. decander* تا سال ۲۰۶۰ و حدود ۱۲ درصد تا سال ۲۰۸۰ از بین خواهند رفت.

Abolmaali و همکاران (۲۰۱۸) اثر تغییراقلیم بر پراکنش *Daphne mucronata* Royle را در مراتع استان اصفهان توسط مدل حداکثر آنتروپی بررسی کردند. پیش‌بینی تغییرات آب و هوایی نشان داد که تا سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰ گونه *D.mucronata* در مکان‌های زیر ۲۰۰۰ متر ناپدید می‌شود و در ارتفاعات بیش از ۳۰۰۰ متر از سطح دریا، بدون تغییر باقی می‌ماند و در سایت‌های واقع در ۳۰۰۰-۲۰۰۰ متری از سطح دریا، دچار تغییر شدید می‌شود. Haidarian Aghakhani و همکاران (۲۰۱۷) به پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش بالقوه گونه بادامک *scoparia* (*Amygdalus*) با استفاده از مدل‌سازی اجماعی در زاگرس مرکزی پرداختند. تغییرات پراکنش جغرافیایی گونه در سال ۲۰۵۰ تحت سناریوهای اقلیمی RCP 5/4 و RCP 5/8 نشان داد که وسعت رویشگاه گونه کاهش می‌یابد (به ترتیب ۴۳ و ۵۹ درصد) و در برخی مناطق نیز شاهد بروز مناطق مستعد وقوع گونه خواهیم بود (به ترتیب ۱۳۵ و ۱۴۰ درصد). Shabani و همکاران (۲۰۲۳) اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbriifolia*) را با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در استان اصفهان مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که تحت هر دو سناریوی اقلیمی مورد مطالعه، رویشگاه مطلوب گونه سنبل‌الطیب کاهش داشته و در برخی از مناطق به‌طور کامل از بین خواهد رفت. به

علاوه با توجه به منحنی‌های واکنش گونه از نظر فیزیوگرافی، هرچه شیب و ارتفاع در منطقه مورد نظر افزایش یابد، مقدار پراکنش گونه سنبل‌الطیب نیز افزایش می‌یابد. منحنی‌های واکنش گونه نسبت به تغییرات بارندگی نیز نشان می‌دهد که هرچه بارش سالیانه از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر گردد احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد. ازاین‌رو تحت تأثیر تغییرات اقلیمی اعم از کاهش بارش و افزایش دما، از رویشگاه مطلوب گونه مورد مطالعه کاسته خواهد شد. Khajei و همکاران (۲۰۲۵) به پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه بلوط ایرانی (*Quercus. brantii* Lindl) در جنگل‌های زاگرس، استان فارس پرداختند، نتایج نشان داد که مساحت کل مناطق بالقوه مطلوب برای بلوط ایرانی در حال حاضر ۷/۸ درصد از کل مساحت استان است که تحت سناریوی RCP2.6 در ۲۰۵۰ به ۶/۶ درصد کاهش و در ۲۰۷۰ به ۱۳/۳ افزایش می‌یابد. همچنین مقدار کل منطقه مطلوب تحت سناریو RCP8.5 به ۸/۱ درصد در سال ۲۰۵۰ و ۱۰/۲ درصد در سال ۲۰۷۰ افزایش می‌یابد. با توجه به تنوع زیستی قابل توجه ایران از یکسو و تغییرات اقلیمی ایجاد شده از دیگر سو، نیاز مبرمی به انجام مطالعاتی در مورد اثر تغییر اقلیم بر گونه‌های شاخص و عناصر اصلی اکوسیستم‌های مرتعی وجود دارد. ازاین‌رو، در این پژوهش، با تهیه نقشه رخداد پیش‌بینی گستره کنونی و آینده گونه *P.aucheri* تحت دو مدل هشدار اقلیمی (سناریو Rcp4.5 و Rcp8.5)؛ جابه‌جایی آن در عرض‌های جغرافیایی، در سطح اکوسیستم‌های مرتعی استان سیستان و بلوچستان بررسی شد.

مواد و روش‌ها

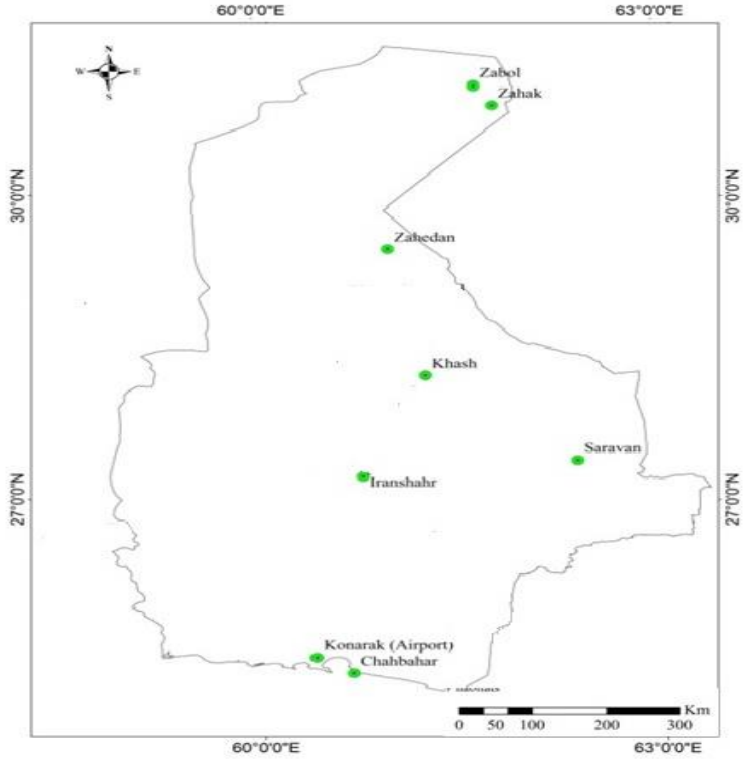
منطقه مورد مطالعه

استان سیستان و بلوچستان با وسعت ۱۸۱۷۸۵۱۶ هکتار، حدود ۱۱ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان بین ۲۵ درجه و ۰۴ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی در ایران مرکزی قرار دارد. ارتفاع متوسط آن، ۱۰۲۷ متر می‌باشد. پست‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۵ متر واقع در نواحی پست ساحلی دریای عمان در جنوب استان و بالاترین ارتفاع در حدود ۳۹۰۰ متر در امتداد کوه تفتان قرار دارد. مراتع این استان به دلیل کمی بارش و محدود بودن خاک عمدتاً وضعیت مطلوبی ندارند. در وضعیت هواشناسی این منطقه، بادهای شدید موسمی، طوفان شن، رگبارهای سیل‌آسا، رطوبت زیاد و مه صبحگاهی از پدیده‌های قابل توجه است. عمده بارندگی این ناحیه، در زمستان است. در تمام شهرهای استان سیستان و بلوچستان، بیشترین دمای سالانه، بالای ۴۰ درجه سانتیگراد گزارش شده است. این مقدار در ماه تیر، در ایرانشهر به ۵۱ درجه بالای صفر می‌رسد. کمترین حد دمای استان نیز در ماه‌های آذر و دی ثبت شده است. میانگین حداقل دمای سردترین ماه سال بین حدود ۱۲ تا ۱۳ درجه سانتیگراد متغیر است. به علت بالا بودن متوسط دما و وزش بادهای موسمی، میزان تبخیر در استان زیاد است و به‌طور متوسط ۴ میلیمتر در روز گزارش شده است. بیش از ۸۵٪ نزولات جوی در فصل سرد است و مقدار ۱۰۰ درصد از بارش‌های استان به صورت باران می‌باشد. میانگین وزنی بارش سالانه در استان سیستان و بلوچستان برابر ۹۵/۵ میلیمتر است. مقایسه بارش استان با بارش کشور که میزان آن کمتر از ۷۸ درصد بارش کشور می‌باشد، خشکی مفرط این پهنه از ایران زمین را به وضوح نشان می‌دهد. تیپ‌های گیاهی غالب استان شامل *Hammada salicornica,Calligonum comosum, Artemisia sieberi, Zygophyllum eurypterum* می‌باشد.

معرفی گونه ***Platychaete aucheri* Boiss**

گیاهی بوته‌ای و انحصاری ایران، در مناطق خلیج فارس و عمانی می‌باشد. این گیاه از خانواده Asteraceae به ارتفاع تا ۵۰ سانتی‌متر، سراسر گیاه پوشیده از کرک‌های مفصل‌دار، غده‌دار و پرزدار است. این گونه همراه *Convolvulus acanthocladus* و *Gymnocarpus decanter* تشکیل تیپ می‌دهد. این گیاه انحصاری ایران بوده و عمدتاً در بخش‌های جنوبی استان‌های فارس، سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان، بوشهر و عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر از ۲۹ درجه رویش دارد. حدود ارتفاعی پراکنش این گونه ۱۲۰ تا ۱۴۰۰

متر از سطح دریا می‌باشد (Mozaffarian *et al.*, 2017). این گونه به دلیل سازگاری با محیط گرم و خشک جنوب، شکل رویشی بوته‌ای مقاوم به چرای دام، جذابیت در پرورش زنبور عسل، کاربردهای دارویی در طب سنتی و نقش با ارزشی که در کنترل فرسایش آبی و بادی دارد، گونه‌ای چند منظوره است که می‌توان در طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی و احیای مراتع قشلاقی نواحی جنوب کشور از آن استفاده کرد (JafariTakhtinejad *et al.*, 2017). روش بررسی نقاط رخداد (حضور و عدم حضور) گونه *P.aucheri* در ابتدا، با استفاده از نقشه بهنگام شده تیپ‌های گیاهی طرح شناخت مناطق اکولوژیک استان سیستان و بلوچستان (Fayaz, 2016) و نقشه اولیه مناطق پراکنش گونه *P.aucheri* تهیه شد. سپس با بازدید در مناطق مختلف رویشگاه گونه، ارتفاع حداقل و حداکثر پراکنش مشخص گردید. همچنین با استفاده از نقشه کاربری اراضی تهیه شده توسط اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان (۱۳۹۵)،



شکل ۱ – موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب

Figure 1- Geographical location of selected stations

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی، کاربری‌هایی غیر از کاربری مرتع از پلی‌گون‌ها حذف گردید و در محیط ArcGIS ver10.5 نقشه‌ها اصلاح و نقشه حضور فعلی گونه نهایی شد. اطلاعات محیطی در محل رخداد گونه *P.aucheri* برای ترسیم لایه اطلاعات محیطی ۱۹ بایو اقلیمی (جدول ۱) از داده‌های ۸ ایستگاه سینوپتیک استان سیستان و بلوچستان و مناطق مجاور استان استفاده شد (شکل ۱). همچنین برای محاسبه بایوهای اقلیمی آینده (۲۰۵۰) از سایت WorldClim.org که یکی از سایت‌های تولید داده گزارش پنجم است، با دقت ۳۰ ثانیه استفاده شد. این داده‌ها برای دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره آینده به‌دست آمد. همچنین نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع به عنوان ورودی داده‌های محیطی با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی، با دقت ۳۰ متر در محیط ArcGIS ترسیم شد.

جدول ۱ – متغیرهای اقلیمی استفاده شده در فرایند مدل‌سازی

Table1- Climatic variables used in the modeling process

Description	Bio	Description	Bio
Average temperature of the hottest season	BIO_{10}	Average annual temperature (Celsius)	BIO_1
Average temperature of the coldest season	BIO_{11}	Monthly minimum and maximum temperature (Celsius)	BIO_2
Monthly rainfall	BIO_{12}	$(BIO_2/BIO_7)\times ۱۰۰$ isothermal	BIO_3
Rainfall of the wettest month	BIO_{13}	Seasonal temperature (standard deviation x 100)	BIO_4
Rainfall of the driest month	BIO_{14}	The maximum temperature of the hottest month	BIO_5
Seasonal rainfall (coefficient of variation)	BIO_{15}	Minimum temperature of the coldest month	BIO_6
Rainfall of the wettest season	BIO_{16}	$(BIO_5\text{-}BIO_6)$ Annual temperature range	BIO_7
Rainfall of the driest season	BIO_{17}	Average temperature of the wettest season	BIO_8
Rainfall in the hottest season	BIO_{18}	Average temperature of the driest season	BIO_9
		Rainfall is the coldest season	BIO_{19}

پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه *P.aucheri*

برای پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه، *P.aucheri* از رگرسیون لجستیک (رابطه ۱) استفاده شد. به این صورت که متغیرهای محیطی در مدل رگرسیون لجستیک، به عنوان 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 مربوط تعیین گردید. از این رابطه، برای پیش‌بینی رویشگاه در سال ۲۰۵۰ با استفاده از مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0 تحت سناریو RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد. RCP8.5 سناریو با انتشار بسیار بالای گازهای گلخانه‌ای و RCP4.5 سناریوی تعادل انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. این روش در نرم‌افزار SPSS Ver24 اجرا و نتایج آن با استفاده از ArcGIS Ver10.5 تبدیل به نقشه می‌شود.

رابطه ۱) $p = \frac{1}{1+e^{-z}}$ رابطه ۲) $z = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + \cdots + B_n x_n$

در روابط ذکرشده، z رابطه چند متغیری خطی حاصل شده از تابع Logit است که همان متغیر وابسته یا پاسخ می‌باشد، Bi نشان‌دهنده ضرایب مدل رگرسیون و Xi متغیرهای مستقل محیطی است.

نتایج

نقشه رویشگاه بالقوه گونه *P.aucheri*

نقشه پراکنش فعلی (شکل ۲) گونه *P.aucheri* نشان می‌دهد که این گونه در بخش‌های مرکزی و جنوبی حضور پررنگ‌تری داشته و با حرکت به سمت مناطق شمالی از درصد حضور گونه کاسته شده و طبقه ۱۰۰–۷۵ بیشترین درصد را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج نشان داد تقریباً ۷۱ درصد استان احتمال رخداد این گونه ۱۰۰–۷۵ درصد است که برابر ۱۲۸۷۳۲۶۹ هکتار می‌باشد (جدول 2). 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.

پیش‌بینی پراکنش گونه *Platychaete aucheri* در سال ۲۰۵۰

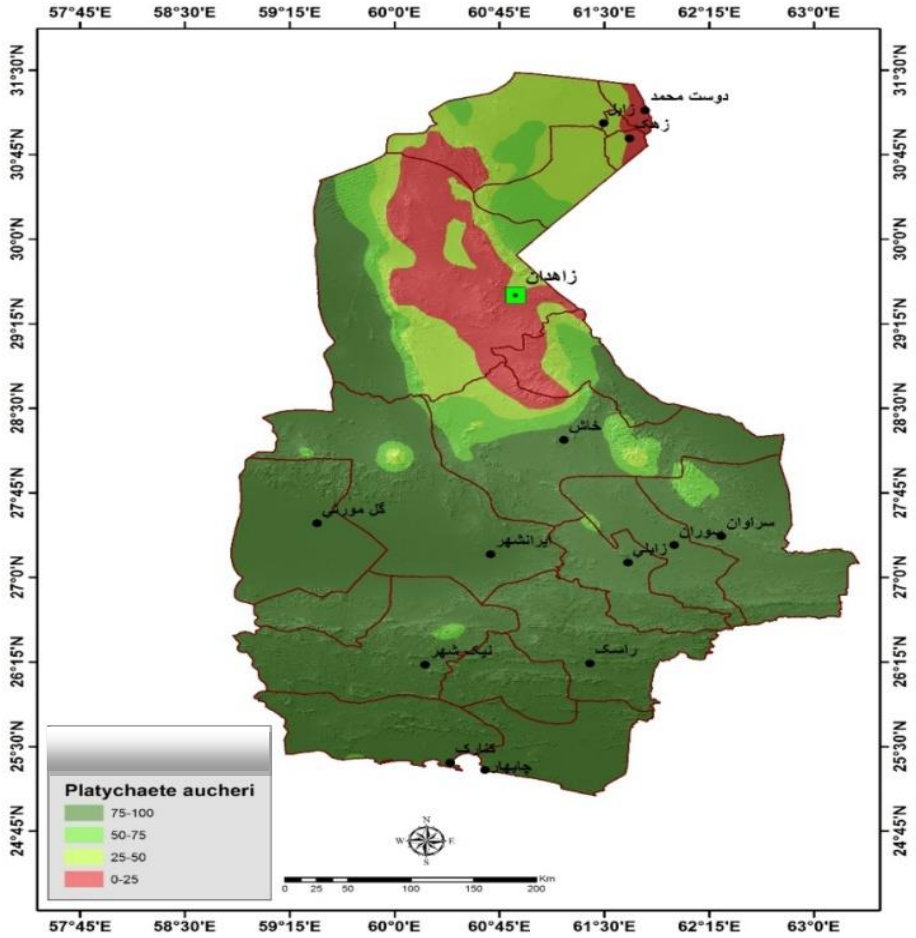
نقشه‌های حاصل از پیش‌بینی مدل رگرسیون لجستیک نشان می‌دهد که تحت سناریوی ۴/۵ احتمال حضور گونه در سطح کل استان افزایش می‌یابد (شکل

۳). مطابق با جدول ۳ درصد حضور ۱۰۰-۷۵ در ۸۵/۳ درصد استان مشاهده شده و بیشترین درصد را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج پیش‌بینی رویشگاه برای سناریو ۸/۵ نیز نشان می‌دهد که احتمال حضور گونه با درصد حضور ۱۰۰-۷۵ درصد به شدت در کل استان افزایش یافته، به گونه‌ای که سطحی برابر ۹۷/۸۵ درصد را به خود اختصاص داده است و بعد از آن تنها طبقه ۷۵-۱۵ ،۲/۵۰ درصد مساحت را به خود اختصاص داده است (شکل ۴ و جدول ۴).

جدول ۲- درصد احتمال حضور و مساحت کلاس‌های رویشگاه *Platychaete aucheri*

Table 2- Percentage of presence of different classes of *Platychaete aucheri habitat*

Percent of total	Area(hectares)	Habitat classes(%)
70.85	12873269	75-100
8.18	1486307	50-75
11.73	2130395	25-50
9.24	1678550	0-25



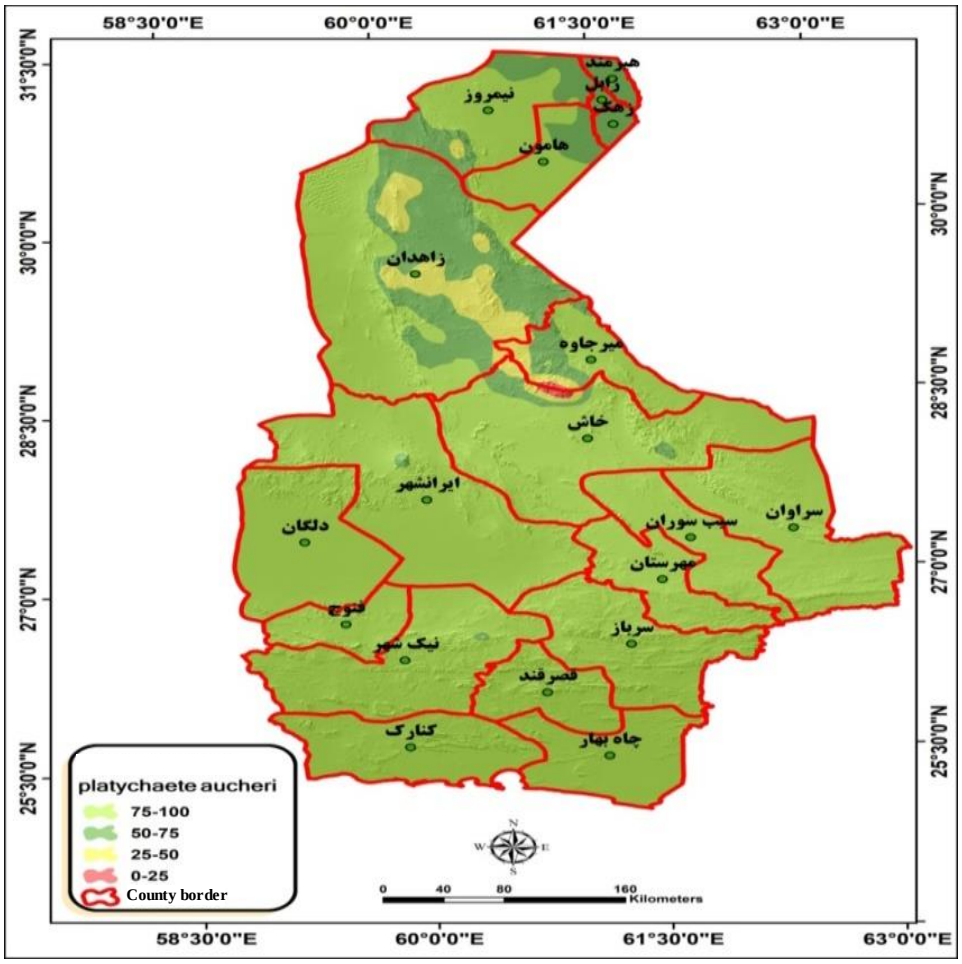
شکل ۲- نقشه پراکنش فعلی گونه ***Platychaete aucheri***

Figure 2- Current distribution map of *Platychaete aucheri*

جدول ۳- درصد مساحت کلاس‌های رویشگاه ***Platychaete aucheri*** در سناریو ۴/۵

Table3 - Percentage of *Platychaete aucheri* habitat area in scenario 4.5

Percent of total	Area(hectares)	Habitat classes(%)
85.3	15506391	75-100
11.42	2076260	50-75
3.15	571984	25-50
0.13	23881	0-25



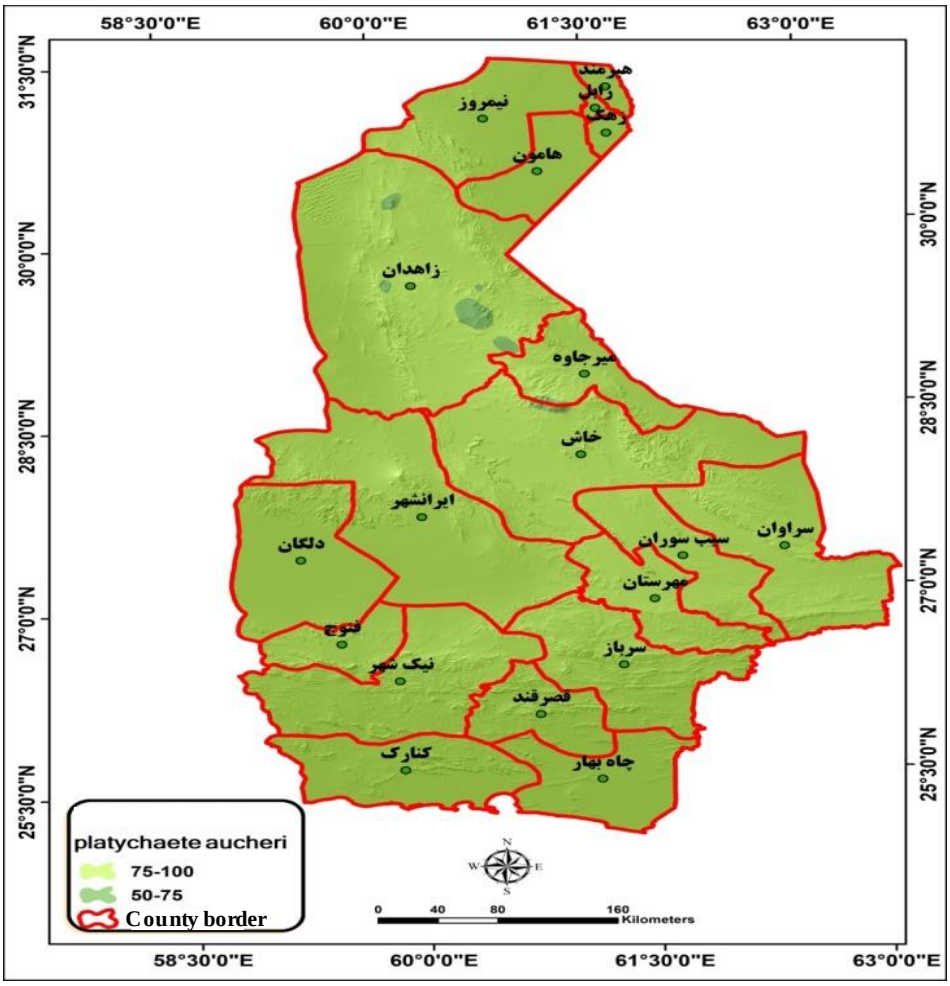
شکل ۳- نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه ***Platychaete aucheri*** با استفاده از سناریو ۴/۵

Figure 3- Prediction map of *Platychaete aucher* species habitat using 4.5 scenario

جدول ۴- درصد مساحت کلاس‌های رویشگاه ***Platychaete aucheri*** در سناریو ۸/۵

Table 4- Percentage of *Platychaete aucheri* habitat classrooms in scenario 8.5

Percent of total	Area(hectares)	Habitat classes (%)
97.85	17788376	75-100
2.15	390140	50-75
0	0	25-50
0	0	0-25



شکل ۴ – نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه ***Platychaete aucheri*** با استفاده از سناریو ۸/۵

Figure 4 - Prediction map of *Platychaete aucheri* species habitat using scenario 8.5

بحث

با وجود کمبودها، مدل‌های پراکنش گونه‌ای الگوهای کلی جابه‌جایی گونه‌ها را پیش‌بینی می‌نمایند که اغلب با روندهای زیستی مشاهده شده منطبق هستند (Parmesan *et al.*,2005). آشکارسازی تغییرات پارامترهای اقلیمی، بیانگر آن است که تغییرات اقلیمی در ایران شروع شده و ضرورت دارد که رویشگاه بالقوه گونه‌های شاخص، در حال حاضر و سال‌های آینده، تحت مدل‌های هشدار اقلیمی، مشخص گردد. در این ارتباط، باید بررسی شود که آیا افزایش دمای حادث شده، اثر مثبت بر حضور گونه‌ها، خواهد داشت یا اثر منفی؟ برای این منظور، گستره کنونی و گستره بالقوه آینده گونه *Platychaete aucheri* برای سه دهه آینده (سال ۲۰۵۰) تحت دو مدل هشدار اقلیمی (سناریو Rcp4.5 و Rcp8.5) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، پیش‌بینی شد. دامنه اکولوژیک گونه *P. aucheri* از ارتفاع ۱۲۰ تا ۱۹۵۰ متر از سطح دریا در استان سیستان و بلوچستان حضور دارد. با افزایش دما در اثر تغییر اقلیم، وسعت رویشگاه این گونه به سمت ارتفاعات افزایش خواهد یافت و شرایط برای حضور این گونه در ارتفاعات شهرستان‌های خاش، میرجاوه، زاهدان و زابل مهیا خواهد شد. محققان گسترش گیاهان به سمت ارتفاعات طی دوره‌های اخیر را نمونه‌ای از جابه‌جایی گونه‌ها تحت تأثیر تغییر اقلیم ذکر

کردند (walter *et al*, 2002). در گونه *P.aucheri* در حال حاضر بخش اعظم احتمال رخداد گونه ۱۲۸۷۳۲۶۹ (۷۰/۸۵ درصد) در طبقه ۱۰۰–۷۵ قرار گرفته است که با پیش‌بینی‌های انجام شده در دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵ این احتمال رخداد در طبقه ۱۰۰–۷۵ درصد، افزایش چشمگیری خواهد داشت. بررسی خصوصیات رویشگاه گونه *P.aucheri* نشان‌دهنده تحمل‌پذیری این گونه در شرایط گرم آب و هوایی است. در نیمکره شمالی و در شرایط کشور ایران جهت‌های رو به جنوب گرم‌ترین و خشک‌ترین جهات دامنه‌اند، بنابراین وجود گونه گیاهی *P.aucheri* بر روی این دامنه نشان‌دهنده مقاومت بالای این گونه در برابر خشکی و سازگاری با دمای بیشتر و رطوبت کمتر است. وجود کرک و پرز در سطح برگ‌ها و ساقه‌های این گیاه ازجمله سازگاری‌های مورفولوژیک گیاه برای کاهش هدررفت رطوبت به‌شمار می‌رود، علاوه‌براین، به دلیل سیستم ریشه‌ای گسترده با امکان نفوذ در لایه‌های زیرین، امکان بهره‌مندی از رطوبت ذخیره شده در لایه‌های عمیق‌تر خاک فراهم می‌شود (Ghanbarian & Yazdanpanahi, 2016). با توجه به گرمادوست بودن گونه *P.aucheri* که مختص مناطق خلیج فارس و عمانی کشور می‌باشد (استان‌های بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان) افزایش دما، افزایش احتمال رخداد این گونه را تحت هر دو سناریو به دنبال داشته است. نتایج این تحقیق نشان داد که مناطق جنوبی استان با گرم‌تر شدن و مناطق شمالی استان با گرم شدن و افزایش دما مستعد حضور این گونه در کل استان خواهند شد. Thuiller (۲۰۰۷) نیز 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. نتایج حاصل از پیش‌بینی پراکنش گونه *Bromus tomentellus* Boiss تحت سناریوهای اقلیمی طی سال ۲۰۵۰ بیانگر کاهش سطح رویشگاه این گونه در سه دهه آینده و جابه‌جایی این گونه به سمت ارتفاعات بالاتر می‌باشد (Khodagholi & Fakhimi, 2023). نتایج پژوهش Motamedi و همکاران (۲۰۲۲) بیانگر این است که در آینده، حضور گونه *A. Aucheri* در رویشگاه‌های منطقه کاهش می‌یابد و خطر حذف آن از اکوسیستم‌ها، مشهود است. در مجموع، تغییر اقلیم و به‌تبع آن افزایش شاخص‌های دمایی، باعث گسترش عمودی گونه *A. Aucheri* و حرکت آن به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر در امتداد گرادیان ارتفاعی منطقه، خواهد شد. khodagholi و همکاران (۲۰۲۲) اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه گونه *Bromus tomentellus* Boiss را در زاگرس جنوبی بر پایه مدل پیش‌بینی اقلیم بررسی کردند، آنان نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. نتایج آنان نشان داد که گونه *B. tomentellus* تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب 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 در شرایط سناریو RCP4.5 و ۱/۷ درصد در سناریو بدبینانه (RCP8.5) در سال ۲۰۵۰ کاهش خواهد یافت. همچنین، نتایج حاصل از پیش‌بینی پراکنش گونه *Kelussia odoratissima* در سناریوهای اقلیمی طی سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰ بیانگر کاهش رخداد گونه *K.odoratissima* در مناطق کوهستانی زاگرس شرقی و جابه‌جایی این گونه به سمت مناطق مرتفع است که این جابه‌جایی به دلیل کاهش بارندگی سالیانه و افزایش میانگین دما در این سناریو است (Abolmaali *et al.*, 2017). در این ارتباط، نتایج متفاوتی نیز گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مشابهت داشته و بیان می‌گردد که افزایش میانگین درجه حررات سالانه در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰ نسبت به حال حاضر، اثر مثبتی بر حضور برخی از گونه‌های

گیاهی خواهد داشت (Qazi Moradi *et al.*, 2016). برای نمونه، نتایج مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گونه *F. ovina* در مناطق کوهستانی زاگرس، در حال حاضر و سالهای آینده نشان داد که در سالهای ۲۰۳۰ و ۲۰۸۰ به ازای ثابت ماندن تمامی فاکتورهای اقلیمی به غیر از میانگین درجه حررات سالیانه، احتمال باقی ماندن گونه *F. ovina* افزایش یافته و به عبارت دیگر، احتمال رخداد آن بیشتر می‌شود (Qazi Moradi *et al.*, 2016). نتایج منحنی‌های واکنش نیز بیانگر آن است که با افزایش درجه حرارت سالانه، احتمال حضور این گونه‌ها افزایش می‌یابد. در مجموع، در آینده، با افزایش غلظت دی اکسید کربن، گیاهان سه کربنه، رشد بیشتر و توانایی رقابتی بیشتری در برابر گیاهان چهار کربنه خواهند داشت (Miri & Rasteghar, 2012). Kamali (۲۰۲۱) به ارزیابی اثرهای تغییر اقلیم بر رویشگاه گونه‌های مهم مرتعی استان بوشهر بر پایه مدل پیش‌بینی اقلیم در دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵ برای سال ۲۰۵۰ پرداخت، بررسی‌ها نشان داد که در حال حاضر بخش اعظم احتمال رخداد گونه *P. aucheri* ۲۲۷۴۰۴۸ (۹۹/۹۳ درصد) در طبقه ۷۵–۵۰ قرار گرفته است که با پیش‌بینی‌های انجام شده در دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵ این احتمال رخداد در طبقه ۱۰۰–۷۵ درصد، ۱۰۰ درصد خواهد بود. نتایج حکایت از آن داشت با توجه به گرمادوست بودن این گونه، افزایش دما، افزایش احتمال رخداد گونه را به دنبال داشته است. همچنین نتایج بررسی‌های Khajei و همکاران (۲۰۲۵) نیز اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه بلوط ایرانی (*Quercus. brantii* Lindl) را در جنگل‌های زاگرس، استان فارس مثبت گزارش کرده و مساحت کل مناطق بالقوه برای بلوط ایرانی در سناریوی RCP2.6 در سال ۲۰۷۰ و مقدار کل منطقه مطلوب در سناریو RCP8.5 در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ افزایش می‌یابد. از آنجایی که مدل‌های پیش‌بینی‌کننده پراکنش گونه‌ها، می‌توانند مکان‌های بالقوه مناسب را برای پراکنش گونه‌ها پیش‌بینی کنند؛ بنابراین نقش مهمی را در تعیین مناطق مستعد برای اصلاح و احیاء رویشگاه‌های مرتعی ایفا می‌کنند(Pejhan, 2013).

به‌طورکلی مدل‌های پراکنش گونه‌ای، ابزارهای مفید و مقرون به صرفه‌ای به منظور استفاده مدیران منابع طبیعی می‌باشند و آگاهی آنها را نسبت به اثرهای تغییر اقلیم بر گونه‌ها افزایش می‌دهند (Zangiabadi *et al.*, 2021) . نقشه‌های حاصل از مدل‌ها، مناطق حساس به تغییراقلیم گونه‌های منتخب را به منظور استفاده در طرح‌های حفاظتی و مرتعی این مناطق مشخص می‌نمایند. این راهبردها باید به منظور حفاظت این مناطق در برابر تهدیدها و به منظور بهبود مقاومت گونه‌های منتخب به تغییر اقلیم استفاده شوند تا حضور این گونه‌ها را در آینده تضمین کنند(Ghorbani *et al.*, 2020).

References:

– Abolmaali, S.M.R., Tarkesh Esfahani, M. and Bashri, H., 2017. Assessing impacts of climate change onendangered *Kelossia odoratissima* Mozaff species distribution using Generalized Additive Model. Journal of Natural Environment, 70(2): 243-254. doi: 10.22059/jne.2017.63853 (In Persian).

– Abolmaali, S.M.R., Tarkesh, 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

– Akhani, H., 2007. Diversity, biogeography and photosynthetic pathways of *Argusia* and *Heliotropium* (Boraginaceae) in South-West Asia with an analysis of phytogeographical units. Botanical Journal of the Linnean Society, 155: 401-425. doi: 10.11111/j.1095-8339.2007.00707

– 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. Ecological Modelling, 186: 250-269. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.01.030

– Elith, J., Kearney, M. and Phillips, S., 2010. The art of modelling range-shifting species. Methods in Ecology and Evolution, 1(4): 330–342. doi: 10.1111/j.2041-210x.2010.00036.x

– Elith, J. and Franklin, J., 2013. Species distribution modelling: 692-705. In: Levin, S. A., (Ed.).

Encyclopedia of Biodiversity. Academic Press, Waltham, MA, 1216 p.
– fakhimi, E. and Khodagholi, M., 2023. Effects of climate change on the vegetation range of *Bromus tomentellus* Boiss species in the pasture habitats of central Zagros, Chaharmahal and Bakhtiari provinces. Environmental Science Studies, 8(2): 6730-6740. doi: 10.22034/JESS.2023.380017.1949 (In Persian).
– Fayaz, M., 2016. The Plan to Recognize the Ecological Regions of the Country: Plant Types of Sistan and Baluchestan Province. Research Institute of Forests and Pastures of the country, Tehran, 244 P (In Persian).
– Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO., 2007. Adaptation to Climate Change in Agriculture, Forestry and Fisheries: Perspective, Framework and Priorities. FAO, Rome, 32p.
– Ghanbarian, Gh.A. and Yazdanpanahi, Z., 2016. Autecology study of *Plantychaete aucheri* BOISS. in arid ecosystems, south of Fars province. Journal of Range and watershed management (Iranian Journal of Natural Resources), 68(4): 869-884. https://sid.ir/paper/ 162267/fa (In Persian).
– Ghorbani, A., Samadi Khanghah, S. and Esfanjani, J., 2020. Predicting the distribution of *Leucanthemum vulgare* using logistic regression in Fandoghlou rangelands of Ardabil province, Iran. Journal of Rangeland Science, 10(1): 98-111.
– Gray, A., 2018. The ecology of plant extinction: rates, traits and island comparisons. Oryx, 53: 424-428. doi:10.1017/S0030605318000315
– Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135(2): 147-186. doi: 10.1016/s0304-3800(00)00354-9
– Haidarian, M., Tamartash, R., Jafarian-Jeloudari, Z., Tarkesh, M. and Tatian, 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. sid.ir/paper/1032457/en
– Haidarian Aghakhani, M., Tamartash, R., Jafarian, Z., TarkeshEsfahani, M. and Tatian, M.R., 2017. Predicting the effects of climate change on the potential distribution of the species (*Amygdalus scoparia*) using consensus modeling in Central Zagros. Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources, 8(3):1-14. sid.ir/paper/189530/fa (In Persian).
– Hedge, I.C. and Wendelbo, P., 1978. Patterns of distribution and endemism in Iran. Notes from the Royal Botanic Garden, Edinburgh, 36: 441–464.
– Heshmati, Q.A. and Karimian, V., 2014. Predictingthe richness distribution of rangeland species using environmental variables using species distribution models (SDM). Journal of Agricultural Engineering and Natural Resources, 46: 1-38. magiran.com/p1379304 (In Persian).
– Hosseini, s.s., Tavili, A., Naghipoor Borj, A.A. and Khalighi Sigaroodi, Sh., 2022. Potential effects of climate change on the geographic distribution of the Hordeum bulbosum L. in the Central Zagros region, Journal of Natural Environment, 74(4): 747-758. magiran.com/p2444341 (In Persian).
– Humphreys, A.M., Govaerts, R., Ficinski, S.Z., Lughadha, E.N. and Vorontsova, M.S., 2019. Global dataset shows geography and life form predict modern plant extinction and rediscovery. Nature Ecology & Evolution, 7: 1043 –1047. doi: 10.1038/s41559-019-0906-2
– IPCC., 2001. Climate change 2001. In: Watson and the Core Writing Team (Eds). Synthesis Report,A Contribution of Working Groups. I, II and III to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 1032 p
– IPCC., 2007. Climate change 2007. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
– Jafarian, Z., Arzani, H., Jafari, M., Zahedi, Q. and Azarnivand, H., 2012. Preparation of spatial prediction map of plant species using Logisticregression (Case study: Rineh Rangelands, Damavand Mountain). Natural Geography Research, 44(1): 1-18. doi: 10.22059/JPHGR.2012.24731 (In Persian).
– Jafari Takhtinejad, E., Asadpour, R., Soltanipour, M.A. and Tavousi, S., 2018. Investigation of the phenological stages of the kalajok species (*Platychaete aucheri*) in the Dehgin watershed of Hormozgan province. the 13th National Conference on Watershed Engineering and Science and the 3rd National Conference on Conservation of natural resources and the environment with a focus on watershed management and protection of natural resources and the environment, Mohaghegh Ardabili University, October 10 -11, 67-75 (In Persian).
– Kamali, N., 2022 Investigating the Effect of Climate Change on Habitat of Important Rang Species Base on Climate Prediction Model in Bushehr Province. Final Report of Project,Agricultural Research, Education & Extention Organization, Research Institute of Forests and Rangelands,Tehran,121p (In

Persian).
– Khajei, N., Etemad, V. and Bazrafshan, J., 2025. Predicting climate change impacts on distribution of Brant s oak trees (Quercus. brantii lindi) in the zagros foreste, Fars province. Iranian Jurnal of Forest, 15(4): 393-409. doi: 10.22034/ijf.2023.344228.1876 (In Persian).]
– Khodagholi, M., Saboohi, R., Ashoori, P., Zare, N.,Borhani, M., Bayat, M., Khodahami, Q. and Jaberolansar, Z., 2022. Investigating the effect of climate change on habitat of important rang speciesbase on climate prediction model in Fars povince.Final report, Research Institute of Forests and Rangelands,Tehran,143p (In Persian).
– Khodagholi, M., Saboohi, R., Bayat, M., Ashouri, P. and Motamedi, J., 2022. Effects of climate change on the habitat of *Bromus tomentellus* Boiss in south Zagros based on climate prediction model. Iranian Journal of Range and Desert Research, 29(4): 530-541. doi: 10.22092/ijrdr.2022.128073 (In Persian).
– Krebs, C.J., 2009. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. Benjamin Cummings, San Francisco. 655p.
– Mehrabian, A.R., Khajoei Nasab, F. and Amini Rad, M., 2021. Distribution patterns and priorities for conservation of Iranian Endemic Monocots: determining the Areas of Endemism (AOEs). Journal of Wildlife and Biodiversity, 5(2): 69-87. doi: 10.22120/jwb.2020.136616.1188
– Miri, H.R. and Rasteghar, A., 2012. Effect of CO2 enrichment on growth and competitiveness of soyben and millet against lambs auarters and pigewwd. Electronic Journal of Crop Production, 5(1): 1-18. sid.ir/paper/135147/fa (In Persian).
– Motamedi, J., Khodagholi, M. and Khalifezadeh, R., 2022. Prediction of current and future potential range of *Artemisia aucheri* under two climate warning models (Rcp4.5 and Rcp8.5) in southern Alborz rangeland habitats, Qazvin province. Journal of Environmental Science Studies, 2: 5015-5023. doi: 10.22034/jess.2022.331331.1732 (In Persian).
– Mozaffarian, V.A., Mir Vakili, M. and Farming, G.R., 2017. Flora of Iran. Publications of the Research Institute of Forests and Pastures of the Country, Tehran, 1026 p (In Persian).
– Naqipour Borj, A.A.,.Heydarian Aghakhani. and Sanguni, H., 2019. Application of consensus modeling method in forecasting the effects of climate change on the distribution of tulip species Vajgun (*Fritilla riaimperialis* L.). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 32(3): 747-758. dor: 20.1001.1.23832592.1398.32.3.8.5(In Persian).
– Narouei, M., Javadi, S.A., Khodagholi, M., Jafari, M. and·Azizinejad, R., 2022. Modeling the effects of climate change on the potential distribution of the rangeland species *Gymnocarpus decander* Forssk (case study: Arid region of southeastern Iran). Environmental Monitoring and Assessment, 194(33): 359-374. doi: 10.1007/s10661-021-09657-z
– NCCOI., 2014. Third national communication to UNFCCC. National Climate Change Office of Iran. Accessed on 2020-07-26, http://climate change.ir.
– Parmesan, C., Gaines, S., Gonzalez, L., Kaufman, D.M., Kingsolver, J., Townsend Peterson, A. and Sagarin, R., 2005. Empirical perspectives on species borders: from traditional biogeography to global change. Oikos, 108(1): 58-75. doi: 10.1111/j.0030-1299.2005.13150.x
– Pejhan, A., 2013. Effects of climate change on spatial distribution of *Artemisia sieberi* species in Isfahan province using species distribution prediction models (Case study: Isfahan province). Master thesis, Departeman of Rangeland, Isfahan University of Technology, Isfahan, 119p (In Persian).
– Pressey, R.L., Cabeza, M., Watts, M.E., Cowling, R.M. and Wilson, K.A., 2007. Conservation planning in a changing world. Trends in Ecology & Evolution, 22(4): 583–592. doi: 10.1016/j.tree.2007.10.001
– Qazi Moradi, M., Tarkash Esfahani, M., Bashari, H. and Wahhabi, M.R., 2016. Determination of potential habitat of Coma species (*Festuca ovina*) using generalized incremental model (GAM) in Fereydunshahr area of Isfahan province. Journal of Rangeland and Watershed Management, 69(3): 689-377. doi: 10.22059/jrwm.2016.61509 (In Persian).
– Refeldt, G.E., Crookston, N.L., Seanz Romero, C. and Campbel, E.M., 2012. North American vegetation model for Land-use planning in a changing climate: a solution to larg classification problems. Journal of Ecological Apllication, 22(2):119-141. doi: 10.1890/11-0495.1
– Shabani, N., Khoshbakht, M. and Hasani, A., 2023. Predicting the effect of climate change on distribution of valerian (Valeriana sisymbriifolia) species using MaxEnt model in Isfahan province. Integrated Watershed Management, 3(2): 80-98. doi: 10.22034/iwm.2023.2007169.1093 (In Persian).
– Shaver, G.R., 2000. Global warming and terrestrial ecosystems: A conceptual framework for analysis. Journal of Bioscience, 50(10): 871- 882.
– Taylor, M.A., Stephenson, T.S., Anthony Chen, A. and Stephenson, K.A., 2012. Climate change and the Caribbean. Review and Response. Caribbean Studies, 40(2): 169-200. http://www.redalyc.

Org/articulo.oa?id=39226915007
– Thomas, L.E., Gerald, S., Rehfeldt, C. and Celestino, F., 2010. Projection of suitable habitate for rare species under global warming scenario. American Journal of Botany, 97(6): 970-987. doi: 10.3732/ajb.0900329
– Tongli, W. and Elizabeth, C., 2012. Projecting future distributions of ecosystem climate niches: Uncertainties and management applications. Forest Ecology and Management, 279: 128-140. doi: 10.1016/j.foreco.2012.05.034
– Williams, J.N., Seo, C.W., Thorne, J., Nelson, J.K., Erwin, S., O'Brien, J.M. and Schwartz, M.W., 2009. Using species distribution models to predictnew occurrences for rare plants. Diversity and Distributions, 15(4): 565-576. doi: 10.1111/j.1472-4642.2009.00567.x
– Zangiabadi, S., Zare-maivan, H., Mostafavi, H. and Ranjbar, H., 2021. Impact of climate change on the distribution range of *Prunus eburnea* (Spach) Aitch. & Hemsl. using Maxcent. Journal of Arid Biome, 11(1): 63-75. doi: 10.29252/ARIDBIOM.2021.16797.1861 (In Persian).