

## Determining the areas prone to the growth of *Rhume ribes* L. species in Razavi Khorasan Province using machine learning models

Javad Momeni Damaneh<sup>1</sup>, Seyed Mohammad Tajbakhsh<sup>2\*</sup>, Jalil Ahmadi<sup>3</sup>, Ali Akbar Safdari<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Former Ph.D. Student, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resource, University of Birjand, Birjand, Iran

<sup>3</sup> Ph.D. Student, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>4</sup> Former M.Sc. Student, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

### Extended Abstract

#### Introduction

In recent years, advancements in computer technologies, remote sensing systems, software, and various models have enabled the prediction of ecological niches for diverse plant and animal species. Over the past decades, alterations in human lifestyles, industrialization, and production processes have resulted in increased atmospheric pollutants, leading to severe climate change. Global climate change has induced shifts in plant growth ranges, with an expansion of warm-weather-adapted plants and a decline in cold-weather-adapted ones. These changes consequently modify the structure and ecosystems of the entire planet, directly and indirectly impacting ecosystem services crucial for human well-being and economic prosperity. Consequently, predicting the effects of climate change on plant distribution has emerged as a pivotal research area to inform conservation strategies and programs. Species distribution models primarily predict the impact of climate change on plant growth ranges. Accurate predictions of species distribution are essential for effective conservation planning and sustaining forest ecosystem services in the face of climate change. Given the significance of this issue, this research aimed to identify the most critical climatic and environmental factors influencing the distribution of *Rhume ribes* L. species and ascertain its current geographical range within Razavi Khorasan Province, located in northeastern Iran.

#### Materials and Methods

For this purpose, 68 bioclimatic variables including soil characteristics (45 cases), topographical factors (four cases), and climatic factors (19 cases) were first subjected to correlation analysis as predictive variables and variables with high correlation (above 80%) were removed. Due to the large size of the studied area, sampling of presence points was done with field visits during the period of 1400-1401 of the introduced areas, and a total of 232 presence points from eight regions were registered as presence points using the global positioning system (GPS). Then all the environmental data and presence points in R software using Biomed 2 package models which include GLM, GBM, GAM, CTA, ANN, SRE, FDA, MARS, RF, and MaxEnt models in determining the relationship between vegetation and environmental factors in pastures Razavi Khorasan Province was predicted in the present time. The accuracy of the models was evaluated using the values of KAPPA, TSS, and ROC indices, which are prominent and widely used indices for determining and identifying the potential areas.

#### Results and Discussion

The results of this research showed that according to the accuracy evaluation index, the best modeling for the current time is the random forest model with an accuracy of 95.5%, which indicates the accuracy of the modeling at an excellent level. Also, the relative importance of the selected models and the variables that have had the greatest impact at present include digital elevation model (DEM), Average monthly (BIO2), This is the sum of all total monthly precipitation values (BIO12), The average temperatures experienced during the wettest quarter (BIO 8) and the amount of sand at a depth of 15-30 cm from the soil surface (Sand 15-30), which indicates the great influence of climatic factors on the distribution of this species, and in the next stage, the height above sea level and finally the soil factors have the greatest influence. The most distribution of *Rhume ribes* L. species at present

is in the east of Razavi Khorasan Province including the cities of Bakharz, Torbat Jam, Taibad, Zaveh, Khaf, and Rashtkhar in the form of a strip on their border and in the west of the Province on the border of Koh Sorkh and Neishabur cities and the north of the Province on the border Binaloud, Zabarkhan and Mashhad cities and the south of the Province in Gonabad city has spread in a strip and limited way.

#### Conclusion

The results of this research can be used to improve, protect, and economically exploit and expand the habitat of the *Rhume ribes L.* species. Destructive human activities, such as livestock grazing and the corrupt exploitation of rhubarb, combined with climate change, have endangered the current habitats of this species in Razavi Khorasan Province. These unprincipled exploitations, disregarding environmental capacities in natural resource management, are a significant problem in Razavi Khorasan Province and the country, gradually leading to water, soil, and plant loss in the region. While this study sufficiently examined current climatic and soil factors to identify areas suitable for rhubarb species, a deeper understanding is required to effectively restore damaged areas, preserve those at risk, and enhance the predictive capabilities of ecological models. In addition to climatic and soil factors, the potential habitats of plant species are influenced by various factors, including human activities, exploitation methods, livestock grazing, wildlife, economic and social conditions, and other direct and indirect impacts on distribution. Numerous studies have been conducted on different plant species. This research evaluated various machine learning-based species distribution models, selecting random forests as the most suitable. Species distribution models are valuable, cost-effective tools for natural resource managers, increasing their awareness and decision-making abilities regarding the effects of climate change on species.

**Keywords:** Climate change, Dry regions, Habitat desirability modeling, Machine learning, Remote sensing

**Article Type:** Research Article

#### Acknowledgment

We are grateful to all colleagues who collaborated in the preparation of this research.

#### Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

#### Data availability statement

All data generated during the manuscript analysis are included in the article. Further datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

#### Authors' contribution

**Javad Momeni Damaneh:** Conceptualization, resources, software, writing, original draft preparation; **Seyed Mohammad Tajbakhsh:** Conceptualization, supervision, final editing; **Jalil Ahmadi:** Resources, software, manuscript editing; **Ali Akbar Safdari:** Writing, final editing.

\*Corresponding Author, E-mail: [tajbakhsh.m@birjand.ac.ir](mailto:tajbakhsh.m@birjand.ac.ir)

**Citation:** Momeni Damaneh, J., Tajbakhsh, S.M., Ahmadi, J., & Safdari, A.A. (2024). Determining The areas prone to the growth of *Rhume ribes L.* specie in Razavi Khorasan Province using machine learning models. *Water and Soil Management and Modeling*. 4(3), 75-94.

DOI:10.22098/mmws.2023.12726.1276

Received: 26 April 2023, Received in revised form: 08 May 2023, Accepted: 12 May 2023, Published online: 12 May 2023  
*Water and Soil Management and Modeling*, Year 2024, Vol. 4, No. 3, pp. 75-94

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





## تعیین مناطق مستعد رویش گونه ریواس (*Rhume ribes L.*) در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل های ماشین بردار

جواد مومنی دمنه<sup>۱</sup>، سیدمحمدتاج بخش فخرآبادی<sup>۲\*</sup>، جلیل احمدی<sup>۳</sup>، علی اکبر صفدری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران  
<sup>۲</sup> دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران  
<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران  
<sup>۴</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

### چکیده

در سال های اخیر با توسعه فناوری های رایانه ای، سیستم های دورسنجی، نرم افزارها و مدل های مختلف پیش بینی آشیان بوم شناختی گونه های مختلف گیاهی و جانوری فراهم آمده است. هدف از این پژوهش، شناسایی مهم ترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش و تعیین گستره رشد گونه ریواس با قابلیت بهره برداری در استان خراسان رضوی است. برای این منظور ۶۸ متغیر محیطی شامل خصوصیات خاک (۴۵ مورد)، عوامل توپوگرافی (چهار مورد) و عوامل اقلیمی (۱۹ مورد) به عنوان متغیرهای پیش بینی ابتدا مورد تحلیل همبستگی قرار گرفته و متغیرهای دارای همبستگی زیاد (بالای ۸۰ درصد) حذف شدند. با توجه به وسعت زیاد خراسان رضوی نمونه برداری نقاط حضور، طی دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد که در مجموع ۲۳۲ نقطه حضور از هشت منطقه با استفاده از سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS) به عنوان نقاط حضور ثبت شد. سپس کلیه داده های محیطی و نقاط حضور در نرم افزار R با استفاده از مدل های پکیج بایومد ۲ (RF, MARS, SRE, ANN, CAT, GAM, GBM, FDA, GLM, Maximum Entropy) برای تعیین روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی در زمان حال پیش بینی شد. ارزیابی صحت مدل ها با استفاده از مقادیر شاخص های TSS, KAPPA و ROC بررسی و تحلیل شدند. نتایج نشان داد براساس شاخص های ارزیابی در زمان حال، مدل جنگل تصادفی (RF) با صحت ۹۵/۵ درصد به عنوان بهترین مدل مشخص شد. همچنین، اهمیت نسبی در مدل برگزیده و متغیرهایی که بیشترین تأثیر را داشته اند شامل: مدل رقمی ارتفاع (DEM)، میانگین دما در روزانه (BIO 2)، جمع بارش سالانه (BIO 12)، میانگین دمای پرباران ترین سه ماه متوالی سال (BIO 8) و میزان شن در عمق ۳۰-۱۵ سانتی متر از سطح خاک (Sand 15-30) هستند که نشان دهنده تأثیر زیاد عوامل اقلیمی بر پراکنش این گونه است و در مرحله بعد ارتفاع از سطح دریا و عوامل خاک شناسی بیشترین تأثیر را دارند. بیشترین تراکم گونه ریواس شامل شهرستان های باخرز، تربت جام، تایباد، زاوه، خواف و رشتخوار به صورت نواری در مرز آن ها و در غرب استان در مرز شهرستان های کوه سرخ و نیشابور و در شمال استان در مرز شهرستان های بینالود و زبرخان و مشهد و در جنوب استان در شهرستان گناباد به صورت محدود گسترش داشته است. از نتایج حاصل از این پژوهش می توان برای اصلاح، حفاظت، بهره برداری اقتصادی و گسترش رویشگاه گونه ریواس استفاده نمود.

**واژه های کلیدی:** تغییر اقلیم، سنجش از دور، مناطق خشک، مدل سازی مطلوبیت زیستگاه، ماشین بردار

### نوع مقاله: پژوهشی

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: tajbakhsh.m@birjand.ac.ir

**استناد:** مومنی دمنه، جواد، تاج بخش، سیدمحمد، احمدی، جلیل، و صفدری، علی اکبر (۱۴۰۳). تعیین مناطق مستعد رویش گونه ریواس (*Rhume ribes L.*) در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل های ماشین بردار. *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، (۳)۴، ۷۵-۹۴. DOI:10.22098/mmws.2023.12726.1276

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۲، تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۲۲

*مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، سال ۱۴۰۳، دوره ۴، شماره ۳، صفحه ۷۵ تا ۹۴

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



## ۱- مقدمه

جنس ریواس (*Rhume*) از خانوادهٔ علف‌هفت‌بند (*Polygonaceae*) که شامل ۱۰۳ گونهٔ مختلف با پراکنشی وسیع در سرتاسر جهان از جمله آمریکای شمالی، اروپا و مناطق شرقی مدیترانه مثل ایران، ترکیه، افغانستان، پاکستان روسیه و چین است (Naqishbandi et al., 2009; Jafari et al., 2012). این جنس در فلور ایران دارای چهار گونهٔ *R. ribes*، *R. turkestanicum*، *R. persicum* و *R. khorasanium* است که دو گونهٔ آخر بومی کشور ایران هستند (Mozaffarian, 2007; Jafari et al., 2012). گیاه ریواس چندساله، بیش‌تر در دره‌ها و دامنه‌های واریزه‌ای در ارتفاعات زیر هزار متر از سطح دریا یافت می‌شوند (Li et al., 1998). مطالعات متعددی در سطح جهان انجام شده‌اند که مؤید خواص دارویی این گیاه ارزشمند هستند (Fallah Huseini et al., 2004; Fallah Huseini et al., 2008; Hu et al., 2014). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که گیاه ریواس دارای یک ترکیب فعال گیاهی است که می‌تواند بر درمان چاقی مؤثر باشد و به درمان برخی اختلالات پوستی از جمله آکنه کمک کند (Kwon et al., 2019)، علاوه‌براین یافته‌ها، پژوهش‌گران به ترکیب فعالی بنام Emodin دست‌یافته‌اند که به سرکوب سرطان کولون رکتال (رشد نابه‌جای سلول‌های رکتوم رودهٔ بزرگ) کمک می‌کند (Dai et al., 2019). هم‌چنین، عصارهٔ این گیاه در درمان عفونت‌های کلیوی نیز تأثیر به‌سزایی دارد (Sun et al., 2019). تأثیر ترکیبات موجود در این گیاه بر لوزالمعده به‌عنوان ارگان تولیدکنندهٔ انسولین که در کنترل قند خون مؤثر نیز حائز اهمیت فراوانی است (Zare Chahouki et al., 2018). علیرغم این‌که این گیاه ارزشمند نقش بسیار مهمی در عرصه‌های طبیعی و دانش پزشکی دارد، توزیع دقیق جغرافیایی و زیستگاه‌های مناسب آن به‌خوبی شناخته نشده است.

در سال‌های اخیر با توسعهٔ فناوری‌های رایانه‌ای، سیستم‌های دورسنجی، نرم‌افزارها و مدل‌های مختلف پیش‌بینی آشیان<sup>۱</sup> بوم‌شناختی گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری فراهم آمده است. پیش‌بینی زیستگاه‌های گونه‌ها با استفاده از داده‌های حضور که از عرصه‌های طبیعی جمع‌آوری می‌شود و اطلاعات محیطی مختلف قابل انجام است (Rahmanian et al., 2022; Guo et al., 2017). این پیش‌بینی‌ها در قالب مدل‌های پراکنش گونه‌ای بررسی می‌شوند (Guisan and Thuiller, 2005). در دهه‌های گذشته با تغییر در سبک زندگی مردم و صنعتی شدن فرآیندهای تولیدی موجب افزایش آلاینده‌های جوی شده که تغییرات شدید آب و هوایی را به‌دنبال داشته است (Bellard et al., 2012)؛ این تغییرات علاوه‌بر تأثیرات شگرفی که بر سلامت و زندگی انسان

دارد تأثیرات جدی و خطرناکی نیز بر بوم‌سازگان‌های طبیعی و تنوع زیستی داشته‌اند. از جمله این تأثیرات تغییر در دامنهٔ زیست گونه‌های گیاهی، افزایش درجهٔ حرارت و تغییر در الگوی بارندگی از جمله تغییر در توزیع زمانی و پراکنش مکانی بارش‌ها است. اثر این تغییرات در تمام جغرافیای جهان یکسان نیست. مناطق خشک و نیمه‌خشک حساس‌ترین مناطق به تغییرات اقلیمی هستند و گیاهان موجود در فلور این مناطق در هنگام مواجه با این تنش‌ها چالش‌های فراوانی را برای بقا تجربه می‌کنند (Diaz-Varela et al., 2010; Feeley et al., 2011; Ernakovich et al., 2014; Sproull et al., 2015). بنابراین، با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای می‌توان رویشگاه‌های بالقوه و بالفعل گونه‌های مورد نظر را پیش‌بینی کرد و در جهت حفظ، احیاء و توسعهٔ این مناطق گام‌های مهمی برداشت. ابزارهای تحلیل آماری از قبیل مدل‌های توزیع جغرافیایی<sup>۲</sup> (SDM's) ابزاری بسیار کارآمد در تجمیع داده‌های حضور و غیاب داده‌ها به‌منظور کسب اطلاعات برای شناسایی عوامل مؤثر زیستی و غیرزیستی در پراکنش گونه‌های مختلف هستند (Elith et al., 2011; Renner and Warton, 2013). به‌عبارت دیگر گونه‌های گیاهی در طول گرادیان‌های مختلف محیطی، اقلیمی و زیستی پراکنده شده‌اند و با شناخت این گرادیان‌ها می‌توان به مهم‌ترین عوامل پراکنش گیاهان در محیط خاص که ممکن است پاسخ گونه‌های مختلف به این تغییرات نامتقارن باشد، پی برد (Oksanen and Minchin, 2002; Polechová and Storch, 2008; Momeni Damaneh et al., 2023). تفاوت‌های بین الگوریتم‌های مختلف SDM's، همیشه انتخاب بهترین مدل برای یک منطقهٔ خاص را با چالش روبه‌رو می‌کند (Elith et al., 2011; Renner and Warton, 2013). برای غلبه بر این چالش‌ها می‌توان از رویکرد مدل‌سازی اجماعی<sup>۳</sup> (ENM) در بستر پکیج بایومود<sup>۴</sup> که بستر مناسبی برای بررسی محدودهٔ توزیع جغرافیایی گونه‌ها است استفاده نمود. بایومود یک بستهٔ رایانه‌ای به‌منظور اجماع پیش‌بینی‌های حاصل از مدل‌های پراکنش است. به‌عبارت دیگر، با ترکیب روش‌های مختلف آماری و یادگیری ماشینی کمک می‌کند که چندین مدل اکولوژیکی برای تخمین مناسبی از رویشگاه‌های بالقوهٔ گونه، استفاده شوند. اکولوژیست‌ها رابطهٔ بین حضور یا فراوانی گونه‌ها و متغیرهای محیطی تعیین شده را توسط الگوریتم به‌کار رفته و فرضیات زیربنایی آن توصیف می‌کنند (Thuiller et al., 2009). BIOMOD مانند کتابخانه‌ای در برنامهٔ R است که توانایی مقایسه و ترکیب مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها و ترکیب R با سیستم اطلاعات جغرافیایی را دارد (Thuiller, 2014).

<sup>3</sup> Ensemble modelling<sup>4</sup> Biomod<sup>1</sup> Niche<sup>2</sup> Species distribution models

مدل‌سازی در سطح عالی انجام شده است. پژوهش‌گران دیگری نیز در نقاط مختلف ایران و جهان از جمله Momeni Damaneh et al. (2023)، Zare Chahouki and Abbasi (2018)، Zarkami et al. (2022a)، Momeni Damaneh et al. (2021)، Kargar et al. (2021) و Momeni Damaneh et al. (2018) نیز با استفاده از مدل‌های ماشین بردار اقدام به پیش‌بینی رویشگاه‌های بالقوه گونه‌های گیاهی مختلف کرده‌اند.

تأثیر تغییرات اقلیمی حاصل فعالیت‌های بشری علاوه بر افزایش جمعیت و تغییرات کاربری گسترده در سطح مراتع باعث تخریب گسترده بوم‌سازگان‌های طبیعی شده است. تأثیر این تخریب‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار بیش‌تر از سایر مناطق جهان بوده و علاوه بر این که اثرات جبران‌ناپذیری بر تنوع زیستی این مناطق دارد سلامت و بقای بسیاری از گونه‌های گیاهی این مناطق را با خطر جدی روبه‌رو کرده است. برنامه‌ریزی برای حفظ و توسعه گیاهان این مناطق یکی از فعالیت‌های جدی است که باید با دقت انجام شود به‌خصوص در مورد گونه‌هایی که علاوه بر استفاده‌های حفاظتی و علوفه‌ای برای مرتع در جنبه‌های استفاده‌های چندمنظوره از مراتع نظیر گیاهان دارویی و صنعتی نیز مفید هستند. حضور، حفاظت و بهره‌برداری اصولی این گونه می‌تواند توسعه پایدار مراتع را تضمین کند. به همین جهت در این مطالعه به بررسی و پیش‌بینی رویشگاه‌های بالقوه گونه *Rhume ribes L.* در مراتع استان خراسان رضوی پرداخته شد تا ضمن شناسایی مناطق مستعد رویشی این گونه، مهم‌ترین عوامل مؤثر در استقرار و پراکنش این گونه معرفی شوند. نتایج این پژوهش علاوه بر این که کار پژوهش‌گران را برای پیدا کردن مناطق جدید رویشگاهی این گونه تسهیل می‌کند به ذینفعان مختلف نظیر سازمان‌های دولتی، نهادهای حافظ طبیعت و سازمان‌های مردم‌نهاد در جهت برنامه‌ریزی برای مدیریت، حفظ، احیاء و توسعه زیستگاه‌های تخریب شده کمک می‌کند.

## ۲- مواد و روش

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

تحقیق پیش‌رو در قسمتی از جغرافیای استان خراسان رضوی در شمال شرق ایران با مساحتی به وسعت ۶۹۲۳۱ کیلومترمربع انجام شده است. موقعیت جغرافیایی منطقه در محدوده  $37^{\circ} 45' 37''$  تا  $57^{\circ} 11' 11''$  شمالی و  $51^{\circ} 54' 33''$  تا  $55^{\circ} 2' 37''$  شرقی قرار

ابزارهای آماری و فن‌های مدل‌سازی مختلفی برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مختلف وجود دارند (Chaves et al., 2022; Koch et al., 2022). از جمله می‌توان به مدل‌های یادگیری ماشینی، مانند حداکثر آنتروپی<sup>۱</sup> (Maximum Entropy)، مدل تعمیم‌یافته خطی<sup>۲</sup> (GLM)، تحلیل تفکیکی انعطاف‌پذیر<sup>۳</sup> (FDA)، مدل تقویت شده تعمیم‌یافته<sup>۴</sup> (GBM)، مدل تعمیم‌یافته افزایشی<sup>۵</sup> (GAM)، تحلیل درخت طبقه‌بندی<sup>۶</sup> (CAT)، شبکه عصبی مصنوعی<sup>۷</sup> (ANN)، پاکت دامنه سطحی<sup>۸</sup> (SRE)، مدل رگرسیون سازشی چندمتغیره<sup>۹</sup> (MARS) و جنگل تصادفی<sup>۱۰</sup> (RF) که این مدل‌ها ارتباط خطی بین لایه‌های مختلف محیطی و اقلیمی استفاده شده در مدل و توزیع جغرافیایی گونه‌ها را بررسی می‌کند (Wani et al., 2022). در مطالعات متعددی توزیع جغرافیایی گونه‌های گیاهی با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشینی مورد بررسی قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، Wani et al. (2022) به پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گونه *Rheum webbianum* در هیمالیا تحت تأثیر تغییر اقلیم با استفاده از رویکرد مدل‌سازی اجماعی در بستر بسته بایومود پرداختند و نشان دادند که مدل‌های مورد استفاده با شاخص‌های ارزیابی ROC<sup>۱۱</sup> و TSS<sup>۱۲</sup> به مقادیر ۰/۸۲ و ۰/۹۰ دارای صحت و عملکرد بالایی در پیش‌بینی مناطق مستعد رویشگاهی این گونه دارند هم‌چنین، در بین متغیرهای مورد بررسی BIO 1، BIO 3، BIO 8، BIO 14 و BIO 15 بیش‌ترین تأثیر را بر توزیع بالقوه این گونه گیاهی داشته‌اند. در پژوهشی، Momeni Damaneh et al. (2022a) به پیش‌بینی زیستگاه پسته وحشی (*Pistichio Atlantica*) در شمال شرق ایران با استفاده از هفت مدل ماشین‌بردار پرداخته و نشان دادند که مدل‌های اجماعی بالاترین میزان شاخص‌های ارزیابی (TSS، AUC<sup>۱۳</sup>، Kappa) قدرت خوبی در پیش‌بینی زیستگاه‌های گونه پسته وحشی دارد. از همان ۲۸ پارامتر زیست‌اقلیمی، توپوگرافی و زمین‌شناسی مورد استفاده در این تحقیق BIO 2، BIO 12 و شیب بیش‌ترین تأثیر را در حضور گونه پسته وحشی داشتند. در پژوهش دیگری، Zare Chahouki and Abbasi (2018) با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر (MaxEnt) در مراتع چاه‌ترش یزد رویشگاه گونه دارویی ریواس (*Rhume ribes L.*) را پیش‌بینی و بیان کردند که دقت طبقه‌بندی مدل با استفاده از AUC مقدار ۰/۹۵ به‌دست آمده (سطح خوب) و ضریب کاپا از بررسی میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با واقعیت زمینی نیز مقدار ۰/۹۲ به‌دست آمده که نشان‌دهنده این است که

<sup>8</sup> Surface range envelope

<sup>9</sup> Multivariate adaptive regression spline

<sup>10</sup> Random forest

<sup>11</sup> Receiver operating characteristic

<sup>12</sup> True skill statistic

<sup>13</sup> Area under curve

<sup>1</sup> Maximum entropy model

<sup>2</sup> Generalized liner model

<sup>3</sup> Flexible denotative analysis

<sup>4</sup> Generalized boosting method

<sup>5</sup> Generalized additive model

<sup>6</sup> Classification tree analysis

<sup>7</sup> Artificial neural network



در نرم‌افزار Idrisi Selva با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون (۰/۸)، متغیرهایی که دارای همبستگی کم‌تر از ۸۰ درصد بودند (Momeni Damaneh et al., 2023) انتخاب شدند (شکل ۲). در نهایت، ۳۳ متغیر زیستگاهی شامل عوامل توپوگرافی (سه مورد)، عوامل اقلیمی (هفت مورد) عوامل خاک‌شناسی (۲۲ مورد) و عوامل ژئومورفولوژی (یک مورد) به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی برگزیده شدند و با فرمت ascii به همراه نقاط حضور گونه مورد نظر برای انجام مدل‌سازی در نرم‌افزار R فراخوانی شد. لازم به ذکر است آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی توسط نرم‌افزار Idrisi Selva صورت گرفته است (جدول ۱).

(www.earthexplorer.usgs.gov) و ۱۹ متغیر اقلیمی و ۴۵ متغیر خاک‌شناسی (www.soilgrids.org) برای تولید مدل در زمان حال در نظر گرفته شد. متغیرهای اقلیمی از بانک داده WorldClim<sup>۱</sup> با مقیاس دو و نیم دقیقه تهیه شدند که بر اساس درون‌یابی داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ حاصل شده است. از آن‌جایی که همه لایه‌های اطلاعاتی ورودی مدل باید زمین مرجع، سیستم مختصات و مقیاس یکسان داشته باشند آماده‌سازی و پردازش اولیه لایه‌های اطلاعاتی با بهره‌گیری از نرم‌افزار Idrisi Selva انجام شد و آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی جدول ۱ و همسان‌سازی لایه‌ها با اندازه پیکسل ۱۰۰۰\*۱۰۰۰ متر

جدول ۱- فهرست متغیرهای پیش‌بینی مورد استفاده در مدل‌سازی زیستگاه گونه ریواس

Table 1- List of predictive variables used in *R. ribes* habitat modeling

دسته‌بندی	نام متغیر	توصیف متغیر	ریواس واحد اختصار
	Annual Mean temperature	The monthly average temperature	BIO 1 °C -
	Mean diurnal temperature	Average monthly (max temp – min temp)	BIO 2 °C *
	Isothermality	(BIO2/BIO7) (×100)	BIO 3 °C *
	Temperature seasonality	The amount of annual temperature variation calculated from the standard deviation of monthly temperature averages×100	BIO 4 °C *
	Maximum temperature of the warmest month	The highest monthly temperature that has been recorded in a certain year	BIO 5 °C -
	Minimum Temperature of the Coldest Month	The occurrence of the lowest monthly temperature in a given year	BIO 6 °C -
	Temperature Annual Range	Temperature variation over a given period (BIO5-BIO6)	BIO 7 °C -
	Mean temperature of the wettest quarter	The average temperatures experienced during the wettest quarter	BIO 8 °C *
	Mean temperature of the driest quarter	The average temperatures experienced during the driest quarter	BIO 9 °C -
Bioclimatic	Mean temperature of the warmest quarter	The average temperatures experienced during the hottest quarter	BIO 10 °C -
	Mean temperature of the coldest quarter	The average temperatures in the coldest quarter	BIO 11 °C -
	Annual precipitation	This is the sum of all total monthly precipitation values	BIO 12 mm *
	Precipitation of the wettest month	The total amount of precipitation experienced in the wettest month	BIO 13 mm -
	Precipitation of the driest month	The total amount of precipitation experienced in the driest month	BIO 14 mm -
	Precipitation seasonality	The monthly total precipitation standard deviation from the monthly total precipitation means	BIO 15 mm *
	Precipitation of the wettest quarter	The total amount of precipitation experienced during the wettest quarter	BIO 16 mm -
	Precipitation of the driest quarter	The overall amount of precipitation experienced during the driest quarter	BIO 17 mm -
	Precipitation of the warmest quarter	The total amount of precipitation that falls during the hottest	BIO 18 mm -
	Precipitation of the Coldest Quarter	The total amount of precipitation experienced during the coldest quarter	BIO 19 mm *

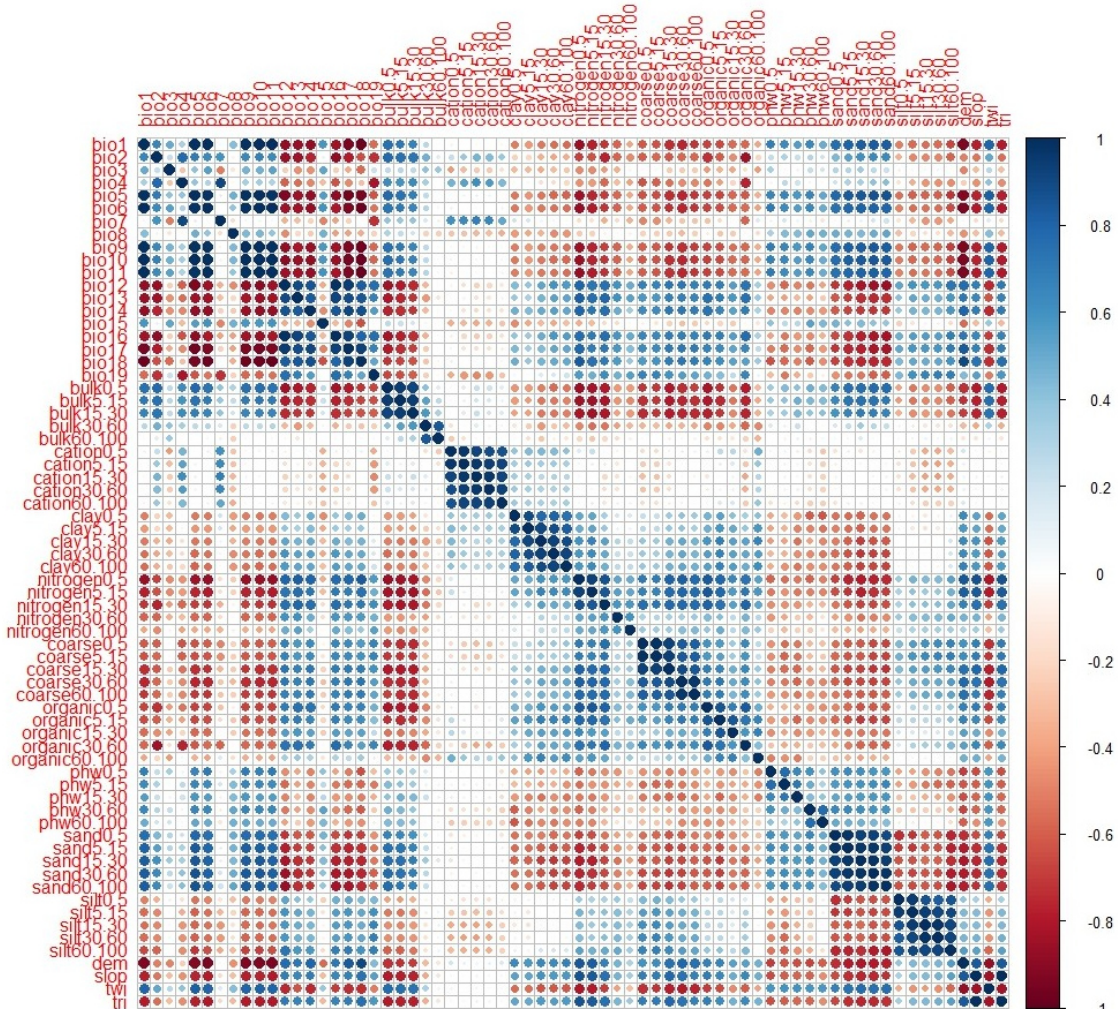
<sup>1</sup> www.worldclim.org

ادامه جدول ۱- فهرست متغیرهای پیش‌بینی مورد استفاده در مدل‌سازی زیستگاه گونه ریواس

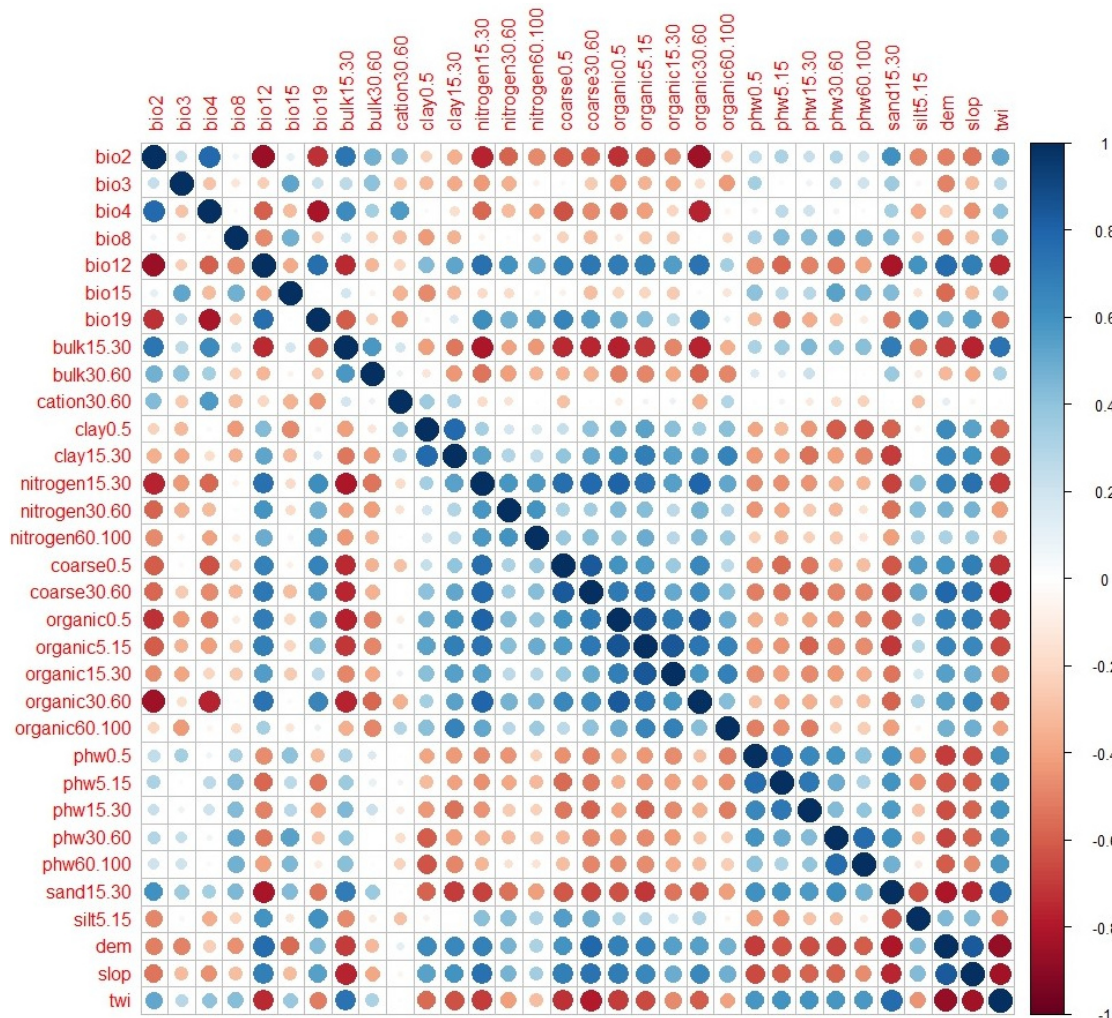
Continuation of Table 1- List of predictive variables used in *R. ribes* habitat modeling

دسته‌بندی	نام متغیر	توصیف متغیر	اختصار	واحد	ریواس	
Edaphic	Bulk density	Bulk density in depth 0-5 centimeter	Bulk 0-5	cg cm <sup>-3</sup>	-	
	Bulk density	Bulk density in depth 5-15 centimeter	Bulk 5-15	cg cm <sup>-3</sup>	-	
	Bulk density	Bulk density in depth 15-30 centimeter	Bulk 15-30	cg cm <sup>-3</sup>	*	
	Bulk density	Bulk density in depth 30-60 centimeter	Bulk 30-60	cg cm <sup>-3</sup>	*	
	Bulk density	Bulk density in depth 60-100 centimeter	Bulk 60-100	cg cm <sup>-3</sup>	-	
	Physical properties	Sand	Sand in depth 0-5 centimeter	Sand 0-5	g kg <sup>-1</sup>	-
		Sand	Sand in depth 5-15 centimeter	Sand 5-15	g kg <sup>-1</sup>	-
		Sand	Sand in depth 15-30 centimeter	Sand 15-30	g kg <sup>-1</sup>	*
		Sand	Sand in depth 30-60 centimeter	Sand 30-60	g kg <sup>-1</sup>	-
		Sand	Sand in depth 30-60 centimeter	Sand 60-100	g kg <sup>-1</sup>	-
		Silt	Silt in depth 0-5 centimeter	Silt 0-5	g kg <sup>-1</sup>	-
		Silt	Silt in depth 5-15 centimeter	Silt 5-15	g kg <sup>-1</sup>	*
		Silt	Silt in depth 15-30 centimeter	Silt 15-30	g kg <sup>-1</sup>	-
		Silt	Silt in depth 30-60 centimeter	Silt 30-560	g kg <sup>-1</sup>	-
		Silt	Silt in depth 60-100 centimeter	Silt 60-100	g kg <sup>-1</sup>	-
		Clay content	Clay content in depth 0-5 centimeter	Clay 0-5	g kg <sup>-1</sup>	*
		Clay content	Clay content in depth 5-15 centimeter	Clay 5-15	g kg <sup>-1</sup>	-
		Clay content	Clay content in depth 15-30 centimeter	Clay 15-30	g kg <sup>-1</sup>	*
		Clay content	Clay content in depth 30-60 centimeter	Clay 30-60	g kg <sup>-1</sup>	-
		Clay content	Clay content in depth 60-100 centimeter	Clay 60-100	g kg <sup>-1</sup>	-
Edaphic	Coarse fragments	Coarse fragments in depth 0-5 centimeter	Coarse 0-5	cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	*	
	Coarse fragments	Coarse fragments in depth 5-15 centimeter	Coarse 5-15	cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	-	
	Coarse fragments	Coarse fragments in depth 15-30 centimeter	Coarse 15-30	cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	-	
	Coarse fragments	Coarse fragments in depth 30-60 centimeter	Coarse 30-60	cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	*	
	Coarse fragments	Coarse fragments in depth 60-100 centimeter	Coarse 60-100	cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>	-	
Chemical properties	Nitrogen	Nitrogen in depth 0-5 centimeter	Nitrogen 0-5	cg kg <sup>-1</sup>	-	
	Nitrogen	Nitrogen in depth 5-15 centimeter	Nitrogen 5-15	cg kg <sup>-1</sup>	-	
	Nitrogen	Nitrogen in depth 15-30 centimeter	Nitrogen 15-30	cg kg <sup>-1</sup>	*	
	Nitrogen	Nitrogen in depth 30-60 centimeter	Nitrogen 30-60	cg kg <sup>-1</sup>	*	
	Nitrogen	Nitrogen in depth 60-100 centimeter	Nitrogen 60-100	cg kg <sup>-1</sup>	*	
	Soil organic carbon	Soil organic carbon in depth 0-5 centimeter	OC 0-5	cg kg <sup>-1</sup>	*	
	Soil organic carbon	Soil organic carbon in depth 5-15 centimeter	OC 5-15	cg kg <sup>-1</sup>	*	
	Soil organic carbon	Soil organic carbon in depth 15-30 centimeter	OC 15-30	cg kg <sup>-1</sup>	*	
	Soil organic carbon	Soil organic carbon in depth 30-60 centimeter	OC 30-60	cg kg <sup>-1</sup>	*	
	Soil organic carbon	Soil organic carbon in depth 60-100 centimeter	OC 60-100	cg kg <sup>-1</sup>	*	
	Edaphic	Soil pH water	Soil pH water in depth 0-5 centimeter	pHw 0-5	pH * 10	*
		Soil pH water	Soil pH water in depth 5-15 centimeter	pHw 5-15	pH * 10	*
		Soil pH water	Soil pH water in depth 15-30 centimeter	pHw 15-30	pH * 10	*
		Soil pH water	Soil pH water in depth 30-60 centimeter	pHw 30-60	pH * 10	*
		Soil pH water	Soil pH water in depth 60-100 centimeter	pHw 60-100	pH * 10	*
Cation exchange capacity		Cation exchange capacity (at pH 7) in depth 0-5 centimeter	CEC 0-5	mmol (c) kg <sup>-1</sup>	-	
Cation exchange capacity		Cation exchange capacity (at pH 7) in depth 5-15 centimeter	CEC 5-15	mmol (c) kg <sup>-1</sup>	-	
Cation exchange capacity		Cation exchange capacity (at pH 7) in depth 15-30 centimeter	CEC 15-30	mmol (c) kg <sup>-1</sup>	-	
Cation exchange capacity		Cation exchange capacity (at pH 7) in depth 30-60 centimeter	CEC 30-60	mmol (c) kg <sup>-1</sup>	*	
Cation exchange capacity		Cation exchange capacity (at pH 7) in depth 60-100 centimeter	CEC 60-100	mmol (c) kg <sup>-1</sup>	-	
World Reference Base	World Reference Base (2006) Soil Groups	WRB 2006	Unitless	-		
Topographic	Altitude	Altitude above sea level (obtained from optical sensors ASTER satellite, 90 m)	DEM	m	*	
	TWI	Topographic wetness index (Produced from DEM)	TWI	Unitless	*	
	TRI	Terrain Ruggedness Index	TRI	Unitless	-	
	Slope	Percent change in that elevation over a certain distance	Slope	Degree	*	





شکل ۲- اعمال همبستگی پیرسون و انتخاب متغیرهای محیطی در جهت مدل سازی  
 Figure 2- Applying Pearson Correlation and selecting environmental variables for modeling



ادامه شکل ۲- اعمال همبستگی پیرسون و انتخاب متغیرهای محیطی در جهت مدل‌سازی  
Continuation of Figure 2- Applying Pearson Correlation and selecting environmental variables for modeling

#### ۲-۴- مدل‌سازی پراکنش گونه

در پژوهش حاضر، برای مدل‌سازی پراکنش گونه ریواس از ۱۰ الگوریتم موجود در بسته نرم‌افزاری بایومد (Thuiller et al., 2009) استفاده شد (جدول ۲). همچنین، به منظور تولید نقاط عدم حضور از بسته نرم‌افزاری بایومد استفاده شد. نقاط عدم حضور در نرم‌افزار به صورت تصادفی و به تعداد ۸۰۰ نقطه عدم حضور و تعداد نقاط حضور هم ۲۳۲ نقطه است. در روند مدل‌سازی از ۷۰ درصد نقاط حضور گونه برای تولید مدل‌ها و از ۳۰ درصد نقاط حضور به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌ها استفاده شد. برای افزایش دقت مدل‌سازی، تعداد تکرارها پنج در نظر گرفته شد. صحت مدل‌ها با توجه به انواع مختلف مدل‌ها با استفاده از سه ضریب آماری محاسبه شد. روش اول بررسی میزان ROC است. نمودار مشخصه عملکرد (ROC) روشی گرافیکی است که توانایی یک مدل برای پیش‌بینی نقاط حضور و عدم حضور گونه‌ها را بر

اساس متغیرهای محیطی مرتبط ارزیابی می‌کند (Fielding and Bell, 1997). روش دوم، محاسبه میزان TSS است این روش زمانی کاربرد دارد که از مدل‌های حضور و عدم حضور استفاده می‌شود. در این صورت TSS را می‌توان به عنوان شاخصی برای تفسیر پدیده‌های بوم‌شناختی واقعی عنوان کرد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که میزان ROC با میزان TSS همبستگی بالایی دارد. در مطالعاتی که نتایج آن به صورت نقشه حضور و عدم حضور است، TSS می‌تواند جایگزین مناسبی برای ROC باشد (Walther et al., 2002). کاپای کوهن قرارداد را بین دو ارزیاب که هر کدام N مورد را در C طبقه متقابلاً انحصاری مرتب کرده‌اند اندازه‌گیری می‌کند. اولین استفاده از آمار شبیه به کاپا مربوط به گالتون و اسمیتون است (Galton, 1892; Smeeton, 1985). ROC، KAPPA و TSS کمتر از ۰/۵ نشان‌دهنده عملکرد مدل‌سازی نامناسب، بین ۰/۵-۰/۶ تناسب خیلی ضعیف، بین

می‌شوند. صفر برای کم‌ترین احتمال و ۱۰۰۰ برای بیش‌ترین احتمال است. برای درک بهتر پراکنش، نقشه در نرم‌افزار ArcGIS 10.8 با استفاده از روش Natural Breaks یا الگوریتم Jenks طبقه‌بندی و به چهار طبقه شامل زیستگاه‌های نامطلوب بین صفر تا ۲۵۰، زیستگاه با مطلوبیت کم بین ۲۵۰ تا ۵۰۰، زیستگاه با مطلوبیت متوسط بین ۵۰۰ تا ۷۵۰ و زیستگاه‌های مطلوب بین ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ تهیه شد (جدول ۴).

۰/۷-۰/۸ تناسب ضعیف، بین ۰/۷-۰/۸ تناسب متوسط، بین ۰/۸-۰/۹ تناسب خوب و ۱-۰/۹ نشان‌گر تناسب بالا (مطلوب) مدل‌سازی است (Swets, 1988). در ادامه، برای دستیابی به یک نگرش جغرافیایی از مناطقی که دارای شرایط اقلیمی و محیطی مناسب برای گونه مورد مطالعه هستند، نقشه‌های زیستگاه مطلوب در زمان حال و آینده به صورت پیوسته به تصویر کشیده شده است (شکل ۵). نقشه زیستگاه مطلوب به دست آمده به وسیله مدل‌های مطلوبیت زیستگاه از صفر تا ۱۰۰۰ بیان

جدول ۲- فهرست مدل‌های استفاده شده از بسته نرم‌افزاری بایومد ۲

Table 2- List of used models from the Biomod 2 software package

مخفف	نام لاتین	نام کامل
GLM	Generalized Liner Model	مدل تعمیم‌یافته خطی
GBM	Generalized Boosting Method	مدل تقویت‌شده تعمیم‌یافته
GAM	Generalized Additive Model	مدل تعمیم‌یافته افزایشی
CTA	Classification Tree Analysis	تحلیل درخت طبقه‌بندی
ANN	Artificial Neural Network	شبکه عصبی مصنوعی
SRE	Surface Range Envelope	پاکت دامنه سطحی
FDA	Flexible Denotative Analysis	تحلیل تفکیکی انعطاف‌پذیر
MARS	Adaptive Regression Spline Multivariate	مدل رگرسیون سازشی چندمتغیره
RF	Random Forest	جنگل تصادفی
MAXENT	Maximum entropy model	حداکثر آنتروپی

داشته است. بنابراین، با توجه به نتایج و مقادیر جدول ۳، مدل جنگل تصادفی به عنوان مدل برگزیده، مبنای محاسبات بعدی قرار گرفت. بالاترین مقادیر صحت و متغیرهای تأثیرگذار در پراکنش گونه در جدول ۳ و شکل ۳ مشخص شده است. همان گونه که در شکل ۳ روابط بین مقادیر شاخص صحت نسبت به یکدیگر قابل تحلیل است، در مرحله اول رابطه بین TSS و ROC نشان از واریانس کم داده‌ها در شاخص ROC نسبت به TSS است و همین مبنای ارتباط واریانس شاخص TSS نسبت به KAPPA نیز قابل مشاهده است و تغییرات واریانس شاخص ROC نسبت به KAPPA با حداقل ممکن در مدل جنگل تصادفی (RF) قابل مشاهده است.

### ۳- نتایج و بحث

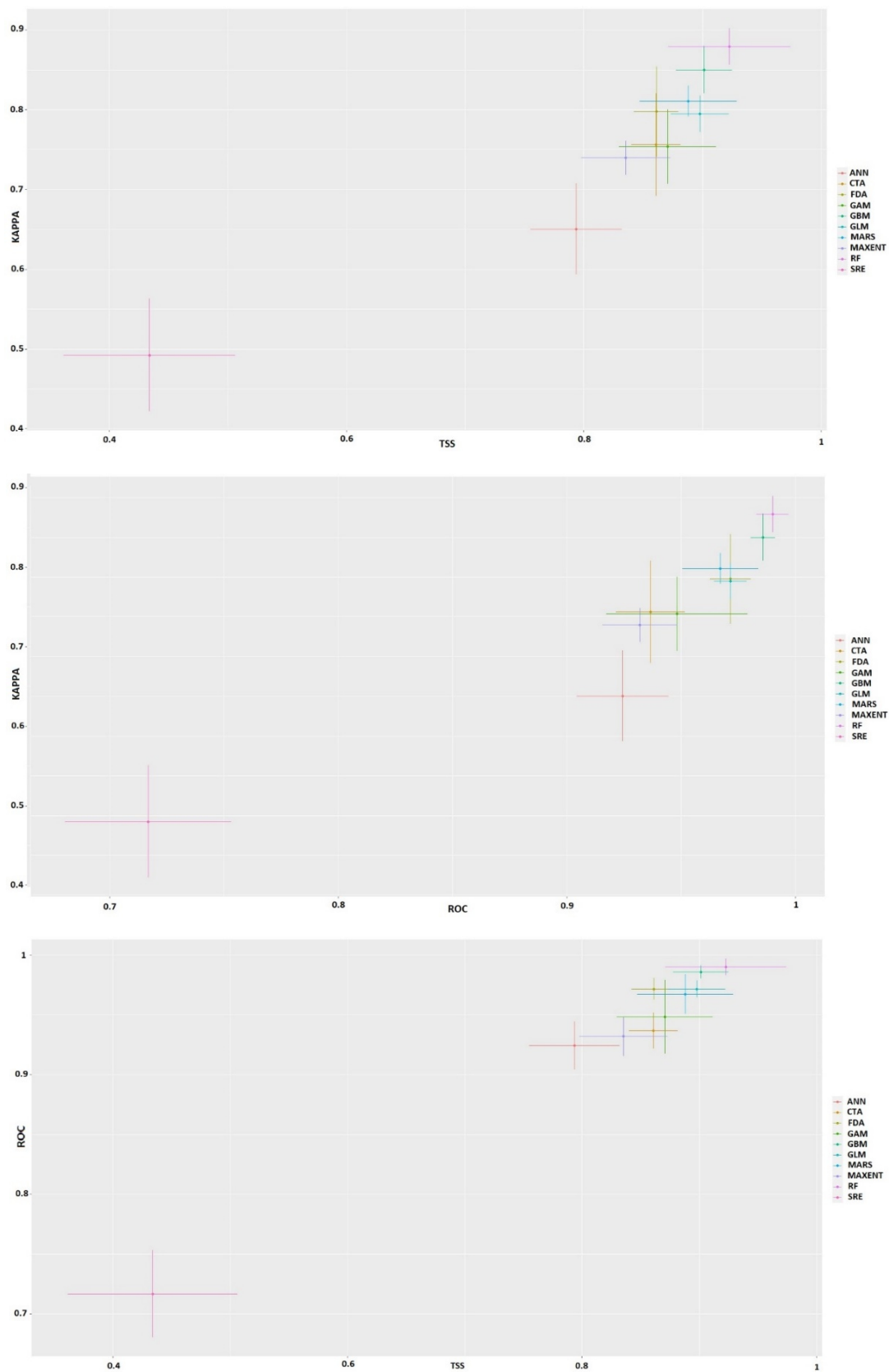
مقادیر شاخص KAPPA، TSS و ROC که شاخص‌های مطرح و پرکاربرد در مورد تعیین و شناسایی مناطق هم‌پتانسیل هستند در جدول ۳ ارائه شده است که روند مدل‌سازی اکثر مدل‌های به کار رفته در این پژوهش در سطح تناسب بالا (مطلوب) و خوب اجرا شده‌اند. مدل SAR در سطح ضعیف مدل‌سازی را انجام داده است که به عنوان ضعیف‌ترین مدل نیز شناخته شد. بررسی مقادیر هر سه شاخص ارزیابی صحت برای مدل‌سازی نشان داد که مدل جنگل تصادفی (RF) با مقادیر بیش از ۹۵/۵ درصد برای پارامترهای TSS، KAPPA و ROC بیش‌ترین میزان صحت را

جدول ۳- ارزیابی صحت در مدل‌سازی مکان‌های مستعد ریواس

Table 3- Assessing accuracy in modeling *R. ribes* susceptible sites

MAXENT.Phillips	RF	MARS	FDA	SRE	ANN	CTA	GAM	GBM	GLM	پارامتر صحت	گونه
0.765	0.895	0.829	0.841	0.58	0.742	0.843	0.816	0.877	0.828	KAPPA	مدل‌سازی
0.881	0.953	0.941	0.891	0.515	0.843	0.879	0.911	0.919	0.92	TSS	
0.949	0.995	0.983	0.98	0.758	0.945	0.945	0.975	0.99	0.975	ROC	



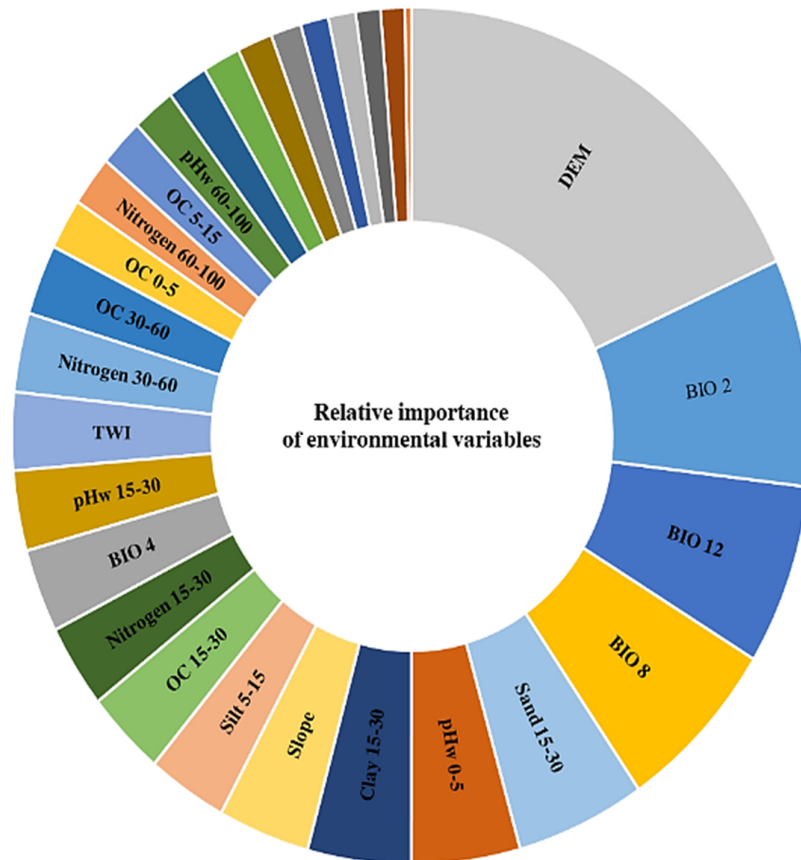


شکل ۳- رابطه بین شاخص‌های صحت مدل‌سازی نسبت به یکدیگر

Figure 3- The relationship between the indicators of the accuracy of modeling concerning each other

منطقه مورد مطالعه که هم‌اکنون دارای پتانسیل خوب برای رشد گونه ریواس هستند. در مجموع، با بررسی خروجی‌های مدل برگزیده جنگل تصادفی و مقایسه مساحت‌های مستعد رویش گونه ریواس بیش‌ترین پراکنش قابل بهره‌برداری از این گونه به صورت پراکنده در شرق شامل شهرستان‌های باخرز، تربت‌جام، تایباد، زاوه، خواف و رشتخوار به صورت نواری در مرز آن‌ها و در غرب منطقه در مرز شهرستان‌های کوه سرخ و نیشابور و در شمال در مرز شهرستان‌های بینالود و زبرخان و مشهد و در جنوب در شهرستان گناباد می‌توان اظهار داشت رویشگاه به صورت ثابت گسترش پیدا نموده است (شکل ۶). منحنی‌های عکس‌العمل پاسخ ارتباط عوامل اقلیمی و خاک‌شناسی و احتمال وقوع گونه را نشان می‌دهند. این نمودارها ترجیح رویشگاهی و تحمل زیستی گونه را به معرض نمایش قرار می‌دهند. در شکل ۵ نمودار روند تغییرات مساحت مناطق مستعد رویش گونه ریواس نسبت به مهم‌ترین متغیرهای محیطی ورودی در مدل RF ارائه شده است.

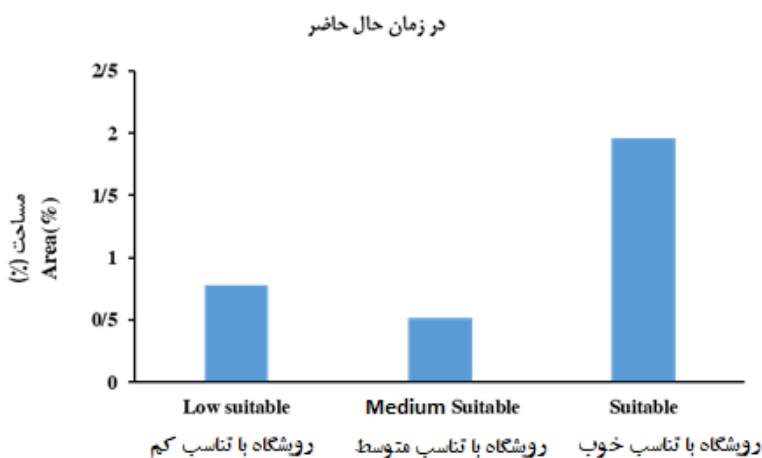
درصد اهمیت نسبی متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش مناطق مستعد ریواس نشان می‌دهد که بیش‌ترین تأثیر عوامل محیطی در زمان حال؛ مدل رقمی ارتفاع (DEM)، میانگین دامنه دمای روزانه (BIO2)، جمع بارش سالانه (BIO 12)، میانگین دمای پرباران‌ترین سه ماه متوالی سال (BIO 8) و میزان شن در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک (-15 Sand) در توزیع جغرافیایی گونه ریواس داشتند. بررسی اهمیت نسبی تمام پارامترهای محیطی نشان‌دهنده این بود که عوامل اقلیمی اهمیت قابل توجهی نسبت به عوامل فیزیوگرافیک و خاک‌شناسی در پراکنش جغرافیایی گونه ریواس در استان خراسان رضوی دارند (شکل ۴). با توجه به جدول ۴ نتایج این بخش نشان داد در مدل RF با مساحت ۱۷۱۳ کیلومترمربع معادل ۲/۴۸ درصد از مناطق مورد بررسی پتانسیل متوسط تا خوب برای رویش و بهره‌برداری از گونه ریواس داشته‌اند. اندکی بیش‌تر از ۹۷/۵۲ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه پتانسیل قابل توجهی برای رویش گونه ریواس نداشته‌اند. بررسی نتایج نشان داد که ۱/۹۶ درصد مساحتی از



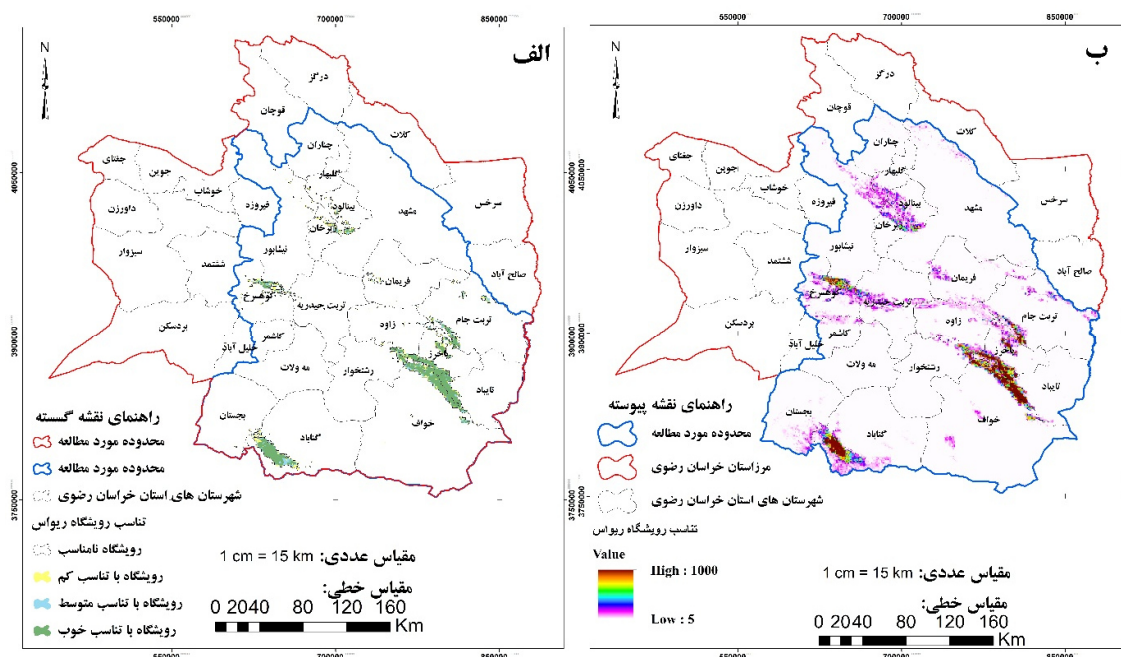
شکل ۴- اهمیت نسبی متغیرهای محیطی در مدل‌سازی مکان‌های مستعد ریواس  
Figure 4- The relative importance of environmental variables in the modeling of *R. ribes* prone locations

جدول ۴- مساحت و درصد مناطق مستعد ریواس در مدل‌سازی استان خراسان رضوی  
Table 4- The area and percentage of *R. ribes* prone areas in the modeling of Razavi Khorasan Province

رویشگاه	مساحت مناطق پیش‌بینی‌شده (کیلومتر مربع)	مساحت مناطق پیش‌بینی‌شده (درصد)
نامناسب (Inappropriate)	66810	96.74
تناسب کم (Low suitable)	539	0.78
تناسب متوسط (Medium Suitable)	359	0.52
تناسب خوب (Suitable)	1354	1.96



شکل ۵- نمودار روند تغییرات مساحت مناطق مستعد رویش گونه ریواس  
Figure 5- Chart of the changes in the area of areas susceptible to the growth of *R. ribes*



شکل ۶- نقشه مطلوبیت زیستگاهی گونه ریواس در شرایط حاضر با مدل RF  
Figure 6- Habitat suitability map of *R. ribes* species in current conditions with RF model

شاخص‌های صحت KAPPA، TSS و ROC در سطح خیلی خوب ارزیابی شده و می‌تواند برای آگاهی از ویژگی‌های محیطی

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، توانایی مدل‌های ماشین بردار برای پیش‌بینی رویشگاه‌های بالقوه گونه ریواس بر اساس مقادیر

خشک‌ترین فصل سال (9 BIO) و هم‌دمایی (3 BIO) و مدل رقومی ارتفاع (DEM) هم‌سو است. نظر به این که مهم‌ترین عوامل توزیع گونه‌های گیاهی دو عامل اقلیمی مهم دما و بارش هستند (Sarhangzadeh, 2019) و عوامل حرارتی عامل محدودکننده محسوب می‌شوند. اما در منطقه مورد مطالعه پژوهش حاضر در قسمتی از خراسان رضوی با میانگین بارش ۲۰۹ میلی‌متر در سطح استان و عدم توزیع یکسان آن در نقاط مختلف و با در نظر گرفتن این نکته که استان خراسان رضوی به لحاظ اقلیمی در محدوده اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و از منظر بوم‌شناختی با محدودیت‌های دمایی روبه‌رو نیست و فقط عوامل رطوبتی پراکنش گونه‌های گیاهی را با مشکل روبه‌رو می‌کند و با توجه به همین نکته دو عامل بارش و دما در وقوع گونه‌های گیاهی بیش‌ترین سهم را دارند. پژوهش‌گران در مطالعات متعددی دریافتند که این گسترش گیاهان به سمت ارتفاعات و استقرار آن‌ها در نقاط مرتفع را نمونه‌ای از جابه‌جایی‌های گونه‌ها در اثر تغییر اقلیم در جهت ایجاد شرایط بهتر برای بقا ذکر نمودند (Walther et al., 2002; Momeni Damaneh et al., 2022b). در پژوهشی، (Thuiller 2014) یکی از مهم‌ترین اثرات تغییر اقلیم و افزایش دما در آینده را، جابه‌جایی محدوده پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی دانست. وی اظهار کرد که افزایش دما باعث حرکت گونه‌های نیمکره شمالی به سمت ارتفاعات خواهد شد. شایان ذکر است که از نظر تایلر تغییرات در بوم‌سازگان‌های مختلف متفاوت بوده و هر بوم‌سازگان باید با روش‌های مناسب خود بررسی شود. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد اهمیت مقدار و پراکنش زمانی و مکانی بارش در اقلیم خشک و نیمه‌خشک (استان خراسان رضوی) برای بقای گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی و تنوع زیستی برای بوم‌شناس‌ها روشن است و همواره مورد تأکید آن‌ها بوده است؛ هرچند این پارامتر با توجه به مقیاس، هدف و دقت، وقت، هزینه و غیره مطالعه ممکن است تغییر کند. اما هنوز جنبه‌های پنهان بسیاری از تأثیرات آن بر پوشش گیاهی وجود دارد که نیازمند بررسی و مطالعه بیش‌تر است. در این زمینه باید دقت داشت که هرگونه گیاهی با توجه به ویژگی‌های منطقه رویش، نیازهای بوم‌شناختی و دامنه بردباری با بعضی از ویژگی‌های محیطی رابطه برقرار می‌کند (Abdollahi et al., 2012). بنابراین، در تعمیم نتایج به‌دست آمده به مناطق مشابه باید جانب احتیاط را رعایت نمود.

#### ۴- نتیجه‌گیری

فعالیت‌های انسانی مخرب از جمله چرای دام و بهره‌برداری‌های غیراصولی از گونه ریواس در کنار تغییرات اقلیمی باعث شده تا

رویشگاه آن کارکرد مؤثری داشته باشد. با توجه به این که مدل‌های ماشین بردار پرکاربردترین مدل در مطالعات توزیع گونه‌ای است (Momeni Damaneh et al., 2023) این نتیجه قابل انتظار بود، اما با توجه به ویژگی‌های خاص هر گونه گیاهی و عدم مطالعه توزیع گونه‌ای ریواس ضرورت بررسی آن جدی بود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که پارامترهای اقلیمی شامل بارندگی سالانه و تغییرات فصلی بارندگی نقش اصلی را در تنظیم الگوهای مختلف پراکنش گونه‌های گیاهی و ویژگی‌های متفاوت پوشش گیاهی (توزیع، تنوع، تراکم، حضور، اشکوب‌بندی و غیره) بر عهده دارند (Kumari et al., 2022; Momeni Damaneh et al., 2022b). حساسیت‌های پوشش گیاهی به تغییرات پارامترهای اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیش‌تر است و چرخه‌های زیستی و بقای گیاهان در این مناطق همبستگی زیادی با تغییرات این پارامترها دارد (Helm et al., 2006; Flagmeier et al., 2014; Jarvie and Svenning, 2018). هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهد در ارزیابی صحت مدل‌های مورد استفاده مدل RF با صحت بالای ۰/۹۵ به‌عنوان مدل برگزیده در این پژوهش مبنای محاسبات قرار گرفته است. در پژوهشی، (Cheng et al. 2012) و (Pouyan et al. 2022) بیان کردند که مدل جنگل تصادفی یک روش کارآمد برای مدل‌سازی پیش‌بینی گونه‌هاست.

بررسی وضعیت تناسب زیستگاه گونه ریواس در نقشه‌های خروجی حاصل از مدل RF نشان می‌دهد که غالب سطح منطقه مورد مطالعه فاقد قابلیت برای استقرار این گونه است و بیش‌ترین تمرکز رویشگاهی با تناسب خوب مربوط به مناطق شرق استان خراسان شامل شهرستان‌های باخرز، تربت‌جام، تایباد، زاوه، خواف و رشت‌خوار به‌صورت نواری در مرز آن‌ها و در غرب استان در مرز شهرستان‌های کوه سرخ و نیشابور و در شمال استان در مرز شهرستان‌های بینالود و زبرخان و مشهد و در جنوب استان در شهرستان گناباد می‌توان اظهار داشت رویشگاه به‌صورت نواری و محدود گسترش پیدا نموده است. در بررسی عوامل انتخاب شده در مدل‌سازی و با بررسی نمودارهای عکس‌العمل در زمان حال حاضر مشخص شد که مدل رقومی ارتفاع (DEM)، میانگین دامنه دمای روزانه (2 BIO)، جمع بارش سالانه (12 BIO)، میانگین دمای پرباران‌ترین سه ماه متوالی سال (8 BIO) و میزان شن در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر از سطح خاک (30-15 Sand) بیش‌ترین تأثیر را در پراکنش گونه ریواس داشت (شکل ۴). نتایج تحقیق حاضر با مطالعه (Haidarian Aghakhani et al. 2017)، (Piri Sahragard et al. 2020)، (Zarabi et al. 2017)، (Momeni Damaneh et al. 2022c) و (Momeni Damaneh et al. 2023) که بیان کردند مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در پراکنش گونه گیاهی به‌ترتیب میانگین دمای

### مشارکت نویسندگان

جواد مومنی دمنه: مفهوم‌سازی، منابع، نرم‌افزار، نگارش، تهیه نسخه اولیه مقاله؛ سیدمحمد تاجبخش: مفهوم‌سازی، نظارت، ویرایش نهایی؛ جلیل احمدی: منابع، نرم‌افزار، ویرایش. علی‌اکبر صفدری: نگارش، ویرایش نهایی.

### منابع

- حیدریان آفاختانی، مریم، تمرتاش، رضا، جعفریان، زینب، ترکش اصفهانی، مصطفی، و طاطیان، محمدرضا (۱۳۹۶). پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش بالقوه گونه بادامک (*Amygdalus scoparia*) با استفاده از مدل‌سازی اجماعی در زاگرس مرکزی. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۸(۳)، ۱-۱۴. doi:20.1001.1.26767082.1396.8.3.1.8
- زارع چاهوکی، محمدعلی، و عباسی، محبوبه (۱۳۹۷). مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه گونه دارویی *Rheum ribes* L. با استفاده از مدل آنترپوی حداکثر (Maxent) در مراتع چاه ترش استان یزد. *مرتع و آبخیزداری*، ۲۱(۲)، ۳۷۹-۳۹۱. doi:10.22059/jrwm.2018.200398.968
- زرکامی، رحمت، احمدی، معین، و عابدینی، علی (۱۴۰۰). مدل‌سازی رجحان زیستگاهی گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در برخی از تالاب‌های استان گیلان. *پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)*، ۳۴(۲)، ۲۷۵-۲۸۶. doi:20.1001.1.23832592.1400.34.2.1.0
- سرهنگ‌زاده، جلیل (۱۳۹۸). مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه آردوج (*Juniperus foetidissima* Willd.) در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران. *پژوهش و توسعه جنگل*، ۱۵(۱)، ۹۳-۱۱۲. doi:10.30466/JFRD.2019.120689
- ضرابی، مهدی، حقدادی، رسول، و یوسفی، حسین (۱۳۹۶). مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه پسته ارگانیک (وحشی) (*Pistacia vera*) با استفاده از روش آنترپوی حداکثر (MaxEnt) در منطقه جنگلی سرخس (زیرحوزه گنبدلی استان خراسان رضوی). *اکوهیدرولوژی*، ۴(۳)، ۸۱۷-۸۲۴. doi:10.22059/IJE.2017.62636
- عبدالهی، جلال، و نادری، حسین (۱۳۹۱). بررسی اثر متغیرهای توپوگرافی و خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی خاک بر نحوه عملکرد پارامترهای موثر بر رشد *Artemisia sieberi* در مراتع استپی ندوشن یزد. *پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)*، ۲۵(۴)، ۵۲-۶۲. doi:20.1001.1.2008790.1391.2.1.5.0
- فلاح حسینی، حسن، شحمت، رامین، محسنی، فریبا، جمشیدی امیرحسین، علوی، سید حمید رضا، اهوازی مریم، و لاریجانی، باقر (۱۳۸۷). بررسی اثر عصاره ساقه گیاه ریواس *Rheum ribes* L. بر چربی خون در بیماران دیابتی نوع دوم مبتلا به چربی خون بالا-یک مطالعه بالینی تصادفی دوسویه کور. *گیاهان دارویی*، ۲۷(۲)، ۹۲-۹۷. http://jmp.ir/article-1-443-en.html

زیستگاه‌های کنونی این گونه در استان خراسان رضوی به شدت در خطر باشد. این بهره‌برداری‌های غیراصولی بدون در نظر گرفتن قابلیت‌های محیطی در عرصه‌های منابع طبیعی یکی از مشکلات منابع طبیعی استان خراسان و کشور است که به مرور باعث از بین رفتن آب و خاک و گیاهان در این منطقه می‌شود. هر چند در این مطالعه تنها به بررسی عوامل اقلیمی و خاک‌شناسی در زمان حال به جهت نمایش مناطق مستعد حضور گونه ریواس بسنده شد، اما به‌منظور توانایی درک عمیق‌تر و شناخت بهتر برای احیاء مناطق آسیب‌دیده و حفظ مناطق در معرض خطر و بهبود توانایی مدل‌های بوم‌شناختی در پیش‌بینی رویشگاه‌های بالقوه گونه‌های گیاهی (Barnes and Harrison, 1982)، علاوه‌بر این عوامل باید پارامترهای دیگری نظیر عوامل انسانی، انواع بهره‌برداری‌ها، چرای دام، حیات‌وحش، وضعیت اقتصادی و اجتماعی و غیره که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در پراکنش این گونه تأثیر دارند بررسی شوند. مطالعات بسیاری روی گونه‌های گیاهی مختلف انجام شده است. علیرغم تفاوت در مقیاس، وسعت و شیوه کار، روش‌های ماشین بردار را به‌عنوان روش‌هایی کارآمد معرفی می‌کنند. در این پژوهش نیز سعی بر آن بود که مدل‌های مختلف ماشین بردار پراکنش گونه‌ای مورد ارزیابی قرار گیرد و پس از آن مناسب‌ترین مدل که جنگل تصادفی بود انتخاب شد. مدل‌های توزیع گونه‌ای ابزارهای مفید و مقرون‌به‌صرفه‌ای به‌منظور استفاده مدیران منابع طبیعی هستند و آگاهی و قدرت تصمیم‌گیری آن‌ها را نسبت به اثرات تغییر اقلیم بر گونه‌ها افزایش می‌دهد (Haidarian Aghakhani et al., 2017). نقشه‌های تولید شده در مدل جنگل تصادفی می‌تواند مناطق حساس و مستعد به رویش گونه ریواس را در زمان حال مشخص کنند که این اطلاعات در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند در راهبردهای حفاظتی، توسعه‌ای و اصلاحی به مدیران مراتع و بوم‌سازگان‌های کمک کند تا بتوانند حضور گونه ریواس را در آینده تضمین کنند.

### سپاسگزاری

از تمامی همکارانی که در تهیه پژوهش حاضر ما را یاری نمودند کمال تشکر را داریم.

### تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این پژوهش اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در مورد تألیف یا انتشار مقاله حاضر وجود ندارد.

### دسترسی به داده‌ها

تمامی داده‌ها در مقاله ارائه شده و داده‌ها و نتایج بیش‌تر از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.



- آنتروپی. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۸(۳)، ۵۷۸-۵۹۲.  
doi:10.22092/IJRDR.2021.125016
- مومنی دمنه، جواد، اسماعیل پور، یحیی، غلامی، حمید، و فراشی، آرزیتا (۱۴۰۰). کاربرد مدل حداکثر آنتروپی در تعیین رویشگاه بالقوه گونه *Astracantha gossypina* (Fisch.) Podlech در شمال شرق ایران. *حفاظت زیست‌بوم گیاهان*، ۹(۱۹)، ۲۱۷-۲۳۶.  
http://pec.gonbad.ac.ir/article-1-737-en.html
- مومنی دمنه، جواد، تاج‌بخش، سیدمحمد، احمدی، جلیل، و صفدری، علی‌اکبر (۱۴۰۲). مقایسه مدل‌های پراکنش گونه‌ای در تعیین چشم‌انداز رویشگاه گونه پسته وحشی (*Pistacia vera* L.) در استان خراسان رضوی. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۴)، ۹۲-۱۱۶.  
doi:10.22098/mmws.2022.11698.1160.۷۷-۹۲
- مومنی دمنه، جواد، اسماعیل پور، یحیی، غلامی، حمید، و فراشی، آرزیتا (۱۴۰۱). پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی جنس کما (*Ferula* spp.) با استفاده از مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه (مطالعه موردی: خراسان رضوی و شمالی). *مدیریت اکوسیستم*، ۲(۱)، ۲۵-۳۵.  
doi: 10.22034/emj.2022.252812
- References**
- Abdollahi, J., Arzani, H., Naderi, H., & Arab Zade, M.R. (2012). Effect of precipitation and high temperature variability on forage production of some plant species in the Yazd steppe rangelands during the period of 2000-2008 (Case study: Ernan region). *Journal of Arid Biome*, 2(1), 58-69.  
doi:20.1001.1.2008790.1391.2.1.5.0. [In Persian]
- Barnes, P.W., & Harrison, A.T. (1982). Species distribution and community organization in a Nebraska sandhills mixed prairie as influenced by plant/soil-water relationships. *Oecologia*, 52, 192-201.  
doi:10.1007/BF00363836
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., & Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15(4), 365-377.  
doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x
- Chaves, P.P., Ruokolainen, K., & Tuomisto, H. (2022). Impact of spatial configuration of training data on the performance of Amazonian tree species distribution models. *Forest Ecology and Management*, 504, 119838.  
doi:10.1016/j.foreco.2021.119838
- Cheng, Y.Y., Chan, P.P., & Qiu, Z.W. (2012). Random forest based ensemble system for short term load forecasting. In 2012 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 1(52-56). IEEE.  
doi:10.1109/ICMLC.2012.6358885
- فلاح‌حسینی، حسن، لاریجانی، باقر، فخرزاده، حسین، رجیب‌پور، بیتا، آخوندزاده، شاهین، تولیت، طیب، و حشمت، رامین (۱۳۸۳). کارآزمایی بالینی تأثیر عصاره بذر گیاه دارویی ماریتیغال (سیلی‌مارین) روی چربی خون در بیماران دیابتی نوع دوم مبتلا به چربی خون بالا. *دیابت و متابولیسم ایران*، ۳(۲)، ۲۰۱-۲۰۶.  
http://ijld.tums.ac.ir/article-1-447-fa.html
- کارگر، منصوره، جعفریان، زینب، تهرناش، رضا، و علوی، سیدجلیل (۱۳۹۷). مقایسه مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDM) پارامتریک و غیر پارامتریک در تعیین رویشگاه گونه‌های غالب مرتعی (مطالعه موردی: مراتع خط ریز)، *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۲۵(۳)، ۵۱۲-۵۲۱.  
doi:10.22092/ijrdr.2018.117794
- مظفریان، ولی‌الله (۱۳۹۱). شناخت گیاهان دارویی و معطر ایران. نشر تهران فرهنگ معاصر. ۱۴۴۴صفحه.
- مومنی دمنه، جواد، اسماعیل پور، یحیی، غلامی، حمید، و فراشی، آرزیتا (۱۴۰۰). پیش‌بینی مناطق مناسب رویش گونه آنغوزه (*Ferula assa-foetida* L.) در شمال شرق ایران با استفاده از مدل بیشینه
- Dai, G., Ding, K., Cao, Q., Xu, T., He, F., Liu, S., & Ju, W. (2019). Emodin suppresses growth and invasion of colorectal cancer cells by inhibiting VEGFR2. *European Journal of Pharmacology*, 859, 172525.  
doi:10.1016/j.ejphar.2019.172525
- Díaz-Varela, R.A., Colombo, R., Meroni, M., Calvo-Iglesias, M.S., Buffoni, A., & Tagliaferri, A. (2010). Spatio-temporal analysis of alpine ecotones: A spatial explicit model targeting altitudinal vegetation shifts. *Ecological Modelling*, 221(4), 621-633.  
doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.11.010
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., & Yates, C.J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity & Distributions*, 17(1), 43-57. doi:10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x
- Ernakovich, J.G., Hopping, K.A., Berdanier, A.B., Simpson, R.T., Kachergis, E.J., Steltzer, H., & Wallenstein, M.D. (2014). Predicted responses of arctic and alpine ecosystems to altered seasonality under climate change. *Global Change Biology*, 20(10), 3256-3269.  
doi:10.1111/gcb.12568
- Fallah Huseini, H., Heshmat, R., Mohseni, F., Jamshidi, A., Alavi, S., Ahvasi, M., & Larijani, B. (2008). The Efficacy of *Rheum ribes* L. stalk extract on lipid profile in hypercholesterolemic type ii diabetic patients: a randomized, double-blind, placebo - controlled, clinical trial. *Journal of Medicinal Plants*, 27(7), 92-97.  
http://jmp.ir/article-1-443-en.html. [In Persian]
- Fallah Huseini, H., Larijani, B., Fakhrzadeh, H., Akhondzadeh, S., Radjabipour, B., Toliati, T.,

- & Heshmat, R. (2004). The efficacy of silymarin on hypercholesterolemic type II diabetic patients. *Iranian Journal of Diabetes and Lipid Disorders*, 3(2), 201-206. <http://ijdltd.tums.ac.ir/article-1-447-fa.html>. [In Persian]
- Feeley, K.J., Silman, M.R., Bush, M.B., Farfan, W., Cabrera, K.G., Malhi, Y., Meir, P., Revilla, S.N., Quisiyupanqui, M.N.R., & Saatchi, S. (2011). Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography*, 38(4), 783-791. doi:10.1111/j.1365-2699.2010.02444.x
- Fielding, A.H., & Bell, J.F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24(1), 38-49. doi:10.1017/S0376892997000088
- Flagmeier, M., Long, D.G., Genney, D.R., Hollingsworth, P.M., Ross, L.C., & Woodin, S. J. (2014). Fifty years of vegetation change in oceanic-montane liverwort-rich heath in Scotland. *Plant Ecology & Diversity*, 7(3), 457-470. doi:10.1080/17550874.2013.817487
- Galton, F. (1892). Finger prints (No. 57490-57492). Macmillan and Company. [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Finger%20prints%20%28No.%2057490-57492%29&publication\\_year=1892&author=Galton%2CF](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Finger%20prints%20%28No.%2057490-57492%29&publication_year=1892&author=Galton%2CF)
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993-1009. doi:10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x
- Guo, Y., Li, X., Zhao, Z., Wei, H., Gao, B., & Gu, W. (2017). Prediction of the potential geographic distribution of the ectomycorrhizal mushroom *Tricholoma matsutake* under multiple climate change scenarios. *Scientific Reports*, 7(1), 46221. doi:10.1038/srep46221
- Haidarian Aghakhani, M., Tamartash, R., Jafarian, Z., Tarkesh Esfahani, M., & Tatian, M.R. (2017). Forecasts of climate change effects on *Amygdalus scoparia* potential distribution by using ensemble modeling in Central Zagros. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 8(3), 1-14. doi:10.1001.1.26767082.1396.8.3.1.8. [In Persian]
- Helm, A., Hanski, I., & Pärtel, M. (2006). Slow response of plant species richness to habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters*, 9(1), 72-77. doi:10.1111/j.1461-0248.2005.00841.x
- Hu, B., Zhang, H., Meng, X., Wang, F., & Wang, P. (2014). Aloe-emodin from rhubarb (*Rheum rhabarbarum*) inhibits lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW264.7 macrophages. *Journal of Ethnopharmacology*, 153(3), 846-853. doi:10.1016/j.jep.2014.03.059
- Jafari, A., Taheri, G., Baradaran, B., & Bahrami, A. R. (2012). *Rheum khorasanicum* (Polygonaceae), a new species from Iran. In *Annales Botanici Fennici*, 49(4), 255-258. doi:10.5735/085.049.0406
- Jarvie, S., & Svenning, J.C. (2018). Using species distribution modelling to determine opportunities for trophic rewilding under future scenarios of climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1761), 20170446. doi:10.1098/rstb.2017.0446
- Kargar, M., Jafarian, Z., Tamartash, R., & Alavi, S. J. (2018). Comparison of non-parametric and parametric species distribution models (SDM) in determining the habitat of dominant rangeland species (case study: Kheteh Riz Rangelands). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25(3), 512-521. doi:10.22092/ijdr.2018.117794. [In Persian]
- Koch, O., De Avila, A.L., Heinen, H., & Albrecht, A. T. (2022). Retreat of major European tree species distribution under climate change-minor natives to the rescue? *Sustainability*, 14(9), 5213. doi:10.3390/su14095213
- Kumari, N., Srivastava, A., & Dumka, U.C. (2021). A long-term spatiotemporal analysis of vegetation greenness over the himalayan region using Google Earth Engine. *Climate*, 9(7), 109. doi:10.3390/cli9070109
- Kwon, H.C., Kim, T.Y., Lee, C.M., Lee, K.S., & Lee, K.K. (2019). Active compound chrysophanol of *Cassia tora* seeds suppresses heat-induced lipogenesis via inactivation of JNK/p38 MAPK signaling in human sebocytes. *Lipids in Health and Disease*, 18(1), 1-8. doi:10.1186/s12944-019-1072-x
- Li, A., Gao, Z., Mao, Z. (Eds.). (1998). *Flora of China*; Science Press: Beijing, China,
- Momeni Damaneh, J., Ahmadi, J., Rahmanian, S., Sadeghi, S.M.M., Nasiri, V., & Borz, S.A. (2022a). Prediction of wild pistachio ecological niche using machine learning models. *Ecological Informatics*, 72, 101907. doi:10.1016/j.ecoinf.2022.101907
- Momeni Damaneh, J., Esmaeilpour, Y., Gholami, H., & Farashi, A. (2021). Properly predict the growth of (*Ferula assa-foetida* L.) in northeastern Iran using the maximum entropy model. *Iranian Journal of Range & Desert*

- Research*, 28(3), 578-592  
doi:10.22092/IJRDR.2021.125016. [In Persian]
- Momeni Damaneh, J., Esmailpour, Y., Gholami, H., & Farashi, A. (2022b). Prediction of potential habitats of *Astracantha gossypina* (Fisch.) using the maximum entropy model in regional scale. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 9(19), 217-236.  
http://pec.gonbad.ac.ir/article-1-737-en.html. [In Persian]
- Momeni Damaneh, J., Esmailpour, Y., Gholami, H., & Farrashi, A. (2022c). Predicting the geographical distribution of the genus *Ferula* (*Ferula spp.*) using habitat suitability modeling (Case study: Razavi and North Khorasan Provinces). *Ecosystem Management*, 2(1), 25-35. doi: 10.22034/emj.2022.252812. [In Persian]
- Momeni Damaneh, J., Tajbakhsh, S. M., Ahmadi, J., & Safdari, A.A. (2023). Comparison of species distribution models in determining the habitat landscape of *Pistacia vera* L. specie in Razavi Khorasan province. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(4), 77-92  
doi:10.22098/mmws.2022.11698.1160. [In Persian]
- Mozaffarian V. (2007). Dictionary of Iranian plant names. Tehran: Farhange Moaser. 457-457 [In Persian]
- Naqishbandi, A.M., Josefsen, K., Pedersen, M.E., & Jäger, A.K. (2009). Hypoglycemic activity of Iraqi *Rheum ribes* root extract. *Pharmaceutical Biology*, 47(5), 380-383.  
doi:10.1080/13880200902748478
- Oksanen, J., & Minchin, P.R. (2002). Continuum theory revisited: What shape are species responses along ecological gradients?. *Ecological Modelling*, 157(2-3), 119-129.  
doi:10.1016/S0304-3800(02)00190-4
- Piri Sahragard, H., & Pahlavan-Rad, M.R. (2020). Prediction of soil properties using random forest with sparse data in a semi-active volcanic mountain. *Eurasian Soil Science*, 53, 1222-1233. doi:10.1134/S1064229320090136
- Polechová, J., & Storch, D. (2008). Ecological niche. *Encyclopedia of Ecology*, 2, 1088-1097.
- Pouyan, S., Rahmanian, S., Amindin, A., & Pourghasemi, H.R. (2022). Spatial and seasonal modeling of the land surface temperature using random forest. *In Computers in Earth & Environmental Sciences* (221-234). doi:10.1016/B978-0-323-89861-4.00035-X
- Rahmanian, S., Pouyan, S., Karami, S., & Pourghasemi, H.R. (2022). Predictive habitat suitability models for *Teucrium polium* L. using boosted regression trees. *In Computers in Earth & Environmental Sciences*, 245-254.  
doi:10.1016/B978-0-323-89861-4.00029-4
- Renner, I.W., & Warton, D.I. (2013). Equivalence of MAXENT and Poisson point process models for species distribution modeling in ecology. *Biometrics*, 69(1), 274-281.  
doi:10.1111/j.1541-0420.2012.01824.x
- Sarhangzadeh, J. (2019). Habitat suitability modeling for Juniper (*Juniperus foetidissima*) in Arasbaran Biosphere Reserve. *Forest Research & Development*, 5(1), 93-112.  
doi:10.30466/JFRD.2019.120689. [In Persian]
- Smeeton, N.C. (1985). Early history of the kappa statistic. *Biometrics*, 41, 795.
- Sproull, G.J., Quigley, M.F., Sher, A., & González, E. (2015). Long-term changes in composition, diversity and distribution patterns in four herbaceous plant communities along an elevational gradient. *Journal of Vegetation Science*, 26(3), 552-563.  
doi:10.1111/jvs.12264
- Sun, J., Luo, J.W., Yao, W.J., Luo, X.T., Su, C.L., & Wei, Y.H. (2019). Effect of emodin on gut microbiota of rats with acute kidney failure. *Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo zhongyao zazhi= China journal of Chinese materia medica*, 44(4), 758-764.  
doi:10.19540/j.cnki.cjcmm.20181105.002
- Swets, J.A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857), 1285-1293. doi:10.1126/science.3287615
- Thuiller, W. (2014). Editorial commentary on BIOMOD—optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biology*, 20(12), 3591-3592.  
doi:10.1111/gcb.12728
- Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., & Araújo, M.B. (2009). BIOMOD—a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32(3), 369-373.  
doi:10.1111/j.1600-0587.2008.05742.x
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J., Fromentin, J.M, Hoegh-Guldberg, O., & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416(6879), 389-395.  
doi.org/10.1038/416389a
- Wani, I.A., Khan, S., Verma, S., Al-Misned, F.A., Shafik, H.M., & El-Serehy, H.A. (2022).

- Predicting habitat suitability and niche dynamics of *Dactylorhiza hatagirea* and *Rheum webbianum* in the Himalaya under projected climate change. *Scientific Reports*, 12(1), 13205. doi:10.1038/s41598-022-16837-5
- Zarabi, M., Haghdadi, R., & Yousefi, H. (2017). Habitat utility modeling of organic (wild) pistachios (*Pistacia vera*) using Maximum Entropy Method (MaxEnt) in Sarakhs Forest Area (Gonbadli in Khorasan province). *Iranian Journal of Ecohydrology*, 4(3), 817-824. doi:10.22059/IJE.2017.62636. [In Persian]
- Zare Chahouki, M.A., & Abbasi, M. (2018). Habitat prediction model medicinal species of *Rheum ribes* L. with Maximum Entropy model in Chahtorsh rangeland of the Yazd province. *Journal of Range & Watershed Management*, 71(2), 379-391. doi:10.22059/jrwm.2018.200398.968. [In Persian]
- Zarkami, R., Ahmadi, M., & Abedini, A. (2021). Modelling habitat preferences of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in some wetlands of Guilan province. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 34(2), 275-286. doi:20.1001.1.23832592.1400.34.2.1.0 [In Persian]