Physical Geography Research Quarterly

Online ISSN: 2423-7760

Journal Homepage: jphgr.ut.ac.ir

Institute of Geography

Modeling the distribution of the plant species Zhumeria majdae under the influence of climatic and environmental factors in Hormozgan Province

Parisa Yosefi [1], Ghasem Azizi [2] ✉, AliAkbar Shamsipour [3], Mostafa Karimi [4], Mohammad Mahmoodi [5]

1. *Department of Physical Geography, Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, Iran*
Email: parisayosafi@ut.ac.ir
2. (Corresponding author) *Department of Physical Geography, Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, Iran*
Email: ghazizi@ut.ac.ir
3. *Department of Physical Geography, Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, Iran*
Email: shamsipr@ut.ac.ir
4. *Department of Physical Geography, Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, Iran*
Email: mostafakarimi.a@ut.ac.ir
5. *Research Institute of Forests and Rangeland, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran*
Email: m.mahmoodi1697@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received:
26 October 2025
Revised:
28 January 2026
Accepted:
12 March 2026
Available online:
6 April 2026

Keywords:
Climate Change, Maxent, Phenological Adaptation Species Distribution Modeling, Winter Precipitation, Zhumeria Majdae.

ABSTRACT

Climate change greatly affects the distribution and existence of the plant species. The proposed study is intended to model and assess the influence of environmental factors on defining the appropriate habitat extent of Zhumeria majdae in the Hormozgan Province, southern Iran. Presence data have been collected using the scientific resources, such as documented field observations and herbarium records (Research Institute of Forests and Rangelands).This data was combined with 19 bioclimatic and topographic variables of WorldClim database.MaxEnt model was used to evaluate the association between the surroundings and the likelihood of the presence of the species. Monthly and seasonal temperature, precipitation, and relative humidity data of synoptic and rain gauge stations of the Ministry of Energy, namely Fin, Sarchahan, and Tashkuiyeh stations, located close to the distribution ranges of the species were utilised to analyse the climatic data in more detail. The outcome showed that the species distribution was most affected by winter precipitation, slope and mean annual temperature. Zhumeria majdae displayed the best development in regions that had 250-350 mm of rain per year, winter temperatures of 8-12 C and summer temperatures of 26-32 C with a shorter growing season. Phenological adjustments like the increase of growing seasons were found in drier areas like Sarchahan and Tang-e Zagh. MaxEnt model showed high accuracy in species distribution prediction and indicate winter precipitation as the most important limiting factor. The study also indicated that Z. majdae is a climatic-sensitive species with a narrow tolerance margin, which needs pronounced seasonal rainfall and moderate temperatures to survive and reproduce successfully.

Cite this article: Yosefi, P., Azizi, Gh., Shamsipour, A.A., Karimi, M., & Mahmoodi, M. (2026). Modeling the distribution of the plant species Zhumeria majdae under the influence of climatic and environmental factors in Hormozgan Province. *Physical Geography Research Quarterly*, 58 (1), 39-63.
http://doi.org/10.22059/jphgr.2025.399592.1007898

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Climate change and global warming are among the most critical environmental challenges of the 21st century, profoundly affecting the distribution, survival, and ecological dynamics of plant species. Numerous studies have demonstrated that fluctuations in temperature, altered precipitation patterns, and recurrent droughts contribute to habitat shifts and, in some cases, the extinction of vulnerable plant species. Consequently, both current and historical climatic conditions play a central role in shaping present-day biodiversity patterns and ecosystem functioning. Over recent decades, climate change has substantially influenced plant biodiversity, altering species' geographic ranges, reducing population sizes, and placing numerous taxa at risk of extinction, which has led to significant modifications in ecosystem structure and stability. Zhumeria majdae is an ecologically and economically valuable endemic medicinal plant species in Iran, restricted to specific mountainous regions of Hormozgan Province and characterized by a narrow distribution range. Due to its wide traditional medicinal applications—including the treatment of digestive disorders, headache relief, and wound healing—the species is also exported to Persian Gulf countries, emphasizing its ecological and commercial importance. Given its limited range, high sensitivity to climatic variability, and narrow tolerance to environmental fluctuations, understanding the key environmental factors influencing its habitat and modeling its potential distribution are essential for effective long-term conservation. The main objective of this study was to model the potential distribution of Zhumeria majdae in Hormozgan Province using climatic and environmental variables and to identify the most influential factors determining its suitable habitat using the MaxEnt model.

Methodology

Occurrence records of Zhumeria majdae were compiled from multiple authoritative sources, including the Flora of Iran, Flora Iranica, the GBIF database, the Herbarium of the Research Institute of Forests and Rangelands, and other verified scientific references. All occurrence points were screened for spatial accuracy using ArcGIS and Google Earth to remove duplicates and correct erroneous records. Long-term climatic data—including temperature, precipitation, and relative humidity—were obtained from synoptic and rain gauge stations located in Fin, Sarchahan, and Tashkuiyeh. To model species distribution, 19 bioclimatic variables were considered, encompassing mean annual temperature, annual precipitation, seasonal precipitation, minimum temperature of the coldest month, maximum temperature of the warmest month, and other standard BIOCLIM indices. These variables were sourced from the WorldClim global database at a spatial resolution of 1 km. To assess multicollinearity among predictors, Pearson correlation analysis was conducted in SPSS, and highly correlated variables were excluded from the modeling process. Species distribution modeling was performed using the MaxEnt algorithm, which relies exclusively on presence-only data. Model performance was evaluated using the jackknife test to determine the relative contribution of each variable and the Area Under the Curve (AUC) metric to assess predictive accuracy.

Results and discussion

The MaxEnt model indicated that the distribution of Zhumeria majdae is primarily influenced by winter precipitation (BIO19), which accounted for 66.5% of the model's explanatory power. Other important predictors included slope (12.7%), precipitation of the wettest month (BIO13), and annual temperature range (BIO7). The species exhibited the highest probability of occurrence in areas with winter precipitation of 100–180 mm and mean winter temperatures of 8–12°C. Response curves demonstrated a sharp increase in habitat suitability within these climatic ranges, with further increases in precipitation or temperature having only marginal effects on predicted occurrence. Comparative analyses across three primary habitats—Mount Geno, Sarchahan, and Tang-e Zagh—revealed distinct phenological adaptations. In Mount Geno, where rainfall is higher and temperatures

are milder, the growing season was relatively short (~100 days), starting in mid-February and ending with seed dispersal in late May. In contrast, Sarchahan and Tang-e Zagh exhibited longer growing seasons (~120 days), with leaf emergence in late February and seed release by mid-June, reflecting adaptation to drier and warmer conditions. The species showed a clear preference for slopes of 10–35°, where well-drained rocky substrates likely reduce interspecific competition and prevent waterlogging. Habitat suitability declined in flatter areas due to poorer drainage and increased competition. Jackknife analyses confirmed the ecological significance of both precipitation and topography in determining suitable habitats. Model performance was robust, with AUC values of 0.93 for the training dataset and 0.90 for the testing dataset, indicating excellent predictive accuracy. The MaxEnt suitability map further identified central and northern Hormozgan—including parts of Mount Geno, Hajjiabad, and the highlands near Bandar Abbas—as highly suitable habitats under current climatic conditions. These findings highlight the species' narrow ecological niche and its dependence on specific climatic and topographic conditions, emphasizing the need for targeted conservation measures in these key areas.

Conclusion

Despite its medicinal properties and high economic value, Zhumeria majdae is highly vulnerable to future climate change due to its restricted distribution and strong sensitivity to climatic conditions. The results of this study indicate that climatic factors, particularly winter precipitation, play a decisive role in the species' distribution, and any alterations in rainfall patterns could threaten its natural survival. Variations in the length of the growing season across different regions suggest the species' capacity for phenological adaptation; however, this adaptation is only possible within a specific range of temperature and precipitation. Therefore, conservation planning, identification of new suitable habitats, and the development of targeted cultivation strategies in climatically similar areas are essential for ensuring the long-term persistence of the species. Furthermore, these findings provide a framework for habitat assessment of other endemic and climate-sensitive species in the arid regions of Iran.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی
شاپا الکترونیکی: 2423-7760
Journal Homepage: jphgr.ut.ac.ir

مدل‌سازی پراکنش گونه گیاهی مورخوش تحت تأثیر عوامل اقلیمی و زیست‌محیطی در استان هرمزگان

پریسا یوسفی [۱]، قاسم عزیزی [۲]✉، علی‌اکبر شمسی‌پور [۳]، مصطفی کریمی [۴]، محمد محمودی [۵]

۱- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: parisayosafi@ut.ac.ir
۲- نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: ghazizi@ut.ac.ir
۳- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: shamsipr@ut.ac.ir
۴- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mostafakarimi.a@ut.ac.ir
۵- موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: m.mahmoodi1697@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۸/۰۴
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۱۲/۲۱
تاریخ چاپ:
۱۴۰۵/۰۱/۱۷

واژگان کلیدی:
بارش زمستانی، تغییر اقلیم، پراکنش گونه، دمای سالانه، متغیرهای زیست‌اقلیمی، فنولوژی گیاه.

چکیده

تغییر اقلیم تأثیر قابل‌توجهی بر پراکنش و بقای گونه‌های گیاهی دارد. هدف از این مطالعه، مدل‌سازی و ارزیابی تأثیر عوامل محیطی بر تعیین محدوده مناسب رویشگاه گونه Zhumeria majdae در استان هرمزگان، جنوب ایران است. داده‌های حضور گونه با استفاده از منابع علمی، مانند مشاهدات میدانی مستند و سوابق هرباریومی (موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع) جمع‌آوری‌شده‌اند. این داده‌ها با ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی و توپوگرافی پایگاه داده WorldClim ترکیب شدند. از مدل MaxEnt برای ارزیابی ارتباط بین محیط اطراف و احتمال حضور این‌گونه استفاده شد. داده‌های دما، بارش و رطوبت نسبی (ماهانه و فصلی) ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی وزارت نیرو، یعنی ایستگاه‌های فین، سرچاهان و تشکوئیه که در نزدیکی محدوده‌های پراکنش این‌گونه قرار دارند، برای تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تر داده‌های اقلیمی مورداستفاده قرار گرفت. نتیجه نشان داد که پراکنش گونه بیشترین تأثیر را از بارش زمستانی، شیب و میانگین دمای سالانه پذیرفته است. گونه Zhumeria majdae بهترین رشد را در مناطقی با بارندگی سالانه ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر، دمای زمستان ۸–۱۲ درجه سانتی‌گراد و دمای تابستان ۲۶–۳۲ درجه سانتی‌گراد و فصل رشد کوتاه‌تر نشان داد. سازگاری‌های فنولوژیکی مانند افزایش فصل رشد در مناطق خشک‌تر مانند سرچاهان و تنگ زاغ مشاهده شد. مدل MaxEnt دقت بالایی در پیش‌بینی پراکنش گونه نشان داد و بارندگی زمستانه را به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده نشان داد. این مطالعه همچنین نشان داد که Z. majdae گونه‌ای حساس به آب‌وهوا با حاشیه تحمل محدود است که برای بقا و تولیدمثل موفق به بارندگی فصلی قابل‌توجه و دمای متوسط نیاز دارد.

استناد: یوسفی، پریسا؛ عزیزی، قاسم؛ شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ کریمی، مصطفی و محمودی، محمد. (۱۴۰۵). مدل‌سازی پراکنش گونه گیاهی مورخوش تحت تأثیر عوامل اقلیمی و زیست‌محیطی در استان هرمزگان. *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۸ (۱)، ۶۳-۳۹.
http://doi.org/10.22059/jphgr.2025.399592.1007898

© نویسندگان
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

مقدمه

یکی از عوامل مؤثر بر توزیع و پراکنش گونه‌های گیاهی و تغییر رویشگاه‌های گیاهان، که از مهم‌ترین چالش‌های جهان در قرن بیست و یکم به شمار می‌رود، افزایش گازهای گلخانه‌ای، تغییر اقلیم و گرمایش جهانی است. گستردگی، سرعت، شدت و عمق اثرگذاری آن به نحوی است که به‌عنوان یکی از موضوعات مهم پژوهشی در مقیاس جهانی، ناحیه‌ای و محلی مورد کنکاش قرارگرفته می‌شود، اهمیت اقلیم در توزیع و پراکنش گیاهان، از دیرباز کاملاً شناخته‌شده است و تجزیه‌وتحلیل ارتباط گونه‌های گیاهی با عوامل اقلیمی، از موضوعات با قدمت بالا در مباحث بوم‌شناسی است (Walter, 1971:165). بر اساس پژوهش (Randin,2008:1557)، تحلیل رابطه میان اقلیم و الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی سال‌هاست که به‌عنوان یکی از مباحث چالش‌برانگیز در حوزه علمی و پژوهشی جغرافیای زیستی موردتوجه قرار دارد. پایه گزارش شورای بین دولتی تغییر اقلیم (۲۰۱۸) و در پژوهش (Fitria Rinawati et al, 2013:114) بیان می‌شود که تغییر اقلیم باعث انقراض برخی گونه‌های گیاهی و گسترش و پراکنش گونه‌های دیگر می‌شود و یا گونه‌های گیاهی با جابجایی به مناطقی با شرایط محیطی مناسب‌تر با این تغییرات سازگار می‌شوند. طبق دیگر نتایج پژوهش‌های صورت گرفته می‌توان گفت؛ تغییر اقلیم جهانی، مانند افزایش دما و تغییر الگو و میزان بارندگی، الگوهای تنوع زیستی را با سرعت بی‌سابقه‌ای تغییر می‌دهند و پیامدهای جدی برای عملکردهای اکوسیستم مرتبط با تغییرات تنوع زیستی دارند (Sun et al,2021:132). عملکردهای اکوسیستم مرتبط با تنوع زیستی و همچنین تنوع الگوهایی که در حال حاضر وجود دارند و روابط آن‌ها ممکن است، توسط اقلیم گذشته یا فعلی و تغییر اقلیم تعیین شود (Weiskopf et al,2020:733). پس شرایط اقلیم کنونی و تاریخی به‌طور مشترک، الگوهای تنوع زیستی امروزه و عملکردهای اکوسیستم را تعیین می‌کنند. بااین‌حال، تغییر اقلیم تأثیر عمده‌ای بر تنوع زیستی گیاهی داشته است و توزیع جغرافیایی گونه‌های گیاهی را تغییر داده که برخی ازاین‌گونه‌ها منقرض‌شده‌اند و تعداد زیادی نیز در معرض انقراض قرارگرفته‌اند. به‌موجب آن، تغییراتی اساسی در اکوسیستم رخ‌داده است. طی مطالعات اخیر مشخص‌شده است که در طول قرن گذشته، فعالیت‌های انسانی با انتشار مقادیر قابل‌توجهی دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای در جو، نقش مهمی در تغییرات اقلیمی ایفا کرده‌اند؛ بااین‌حال فرآیندهای طبیعی همچون نوسانات انرژی خورشیدی و فوران‌های آتش‌فشانی نیز همواره بر اقلیم زمین اثرگذار بوده‌اند و موجب شده‌اند که کره زمین در دوره معاصر زمین‌شناسی به‌طور مکرر دستخوش نوسانات گرمایی و سرمایی شود. درواقع، این ترکیب از عوامل انسانی و طبیعی زمینه‌ساز تجربه ۲۲ دوره یخبندان و بین یخبندان طی حدود ۲٫۵ میلیون سال گذشته بوده است (Rea et al., 2018).

در ایران مشابه دیگر نقاط جهان، مباحث تغییر اقلیم و اثر آن بر بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت، آب و غیره مطرح و دغدغه محققان علوم جوی و برنامه‌ریزان و مدیران دولتی می‌باشد. ایران به علت گستردگی زیاد دارای تغییرات ارتفاع، دوری از دریا، گستردگی و فاصله زیاد شمال و جنوب است. این گستردگی در موقعیت جغرافیایی از عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه در جنوب منطقه معتدل نیمکره شمالی و هم‌چنین در ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع‌شده است به همین دلیل دارای اقلیم بسیار متنوع می‌باشد.

گزارش‌های سازمان هواشناسی نیز نشان می‌دهند، در ۵۰ سال اخیر، افزایش درجه حرارت، معادل ۰/۴ درجه افزایش به ازای هر دهه بوده است از طرفی تغییرات بارش نیز بیانگر کاهش سالانه در برخی ایستگاه‌ها بوده است. همه جنبه‌های اکوسیستم‌های زمین تحت تأثیر وضعیت و مشخصه اقلیمی آنجاست؛ با افزایش دمای کره زمین، پیامدهایی مانند از بین رفتن گیاهان و کاهش فضای سبز، خشک‌سالی‌های مستمر، مهاجرت گونه‌های محلی و کاهش تنوع زیستی و گونه‌ای رخ می‌دهد. این تغییر دما یکی از تأثیرات ناشی از تغییرات تدریجی در متغیرهای اقلیمی بر محیط‌زیست است. این در

حالی است که این تغییرات در مناطق مختلف کره زمین سبب انقراض و یا مهاجرت گونه‌های گیاهی یا جانوری شده است. بنابراین می‌تواند چالش‌هایی برای انواع گونه‌های گیاهی ایجاد کند. تغییرات سریع یا تدریجی در الگوهای اقلیمی، مانند دماهای فرین یا رژیم‌های بارندگی تغییریافته، می‌تواند تعادل اکوسیستم را مختل کند و بر بقای این گونه‌ها تأثیر منفی بگذارد و همچنین ممکن است به انقباض یا تکه‌تکه شدن زیستگاه‌های مناسب منجر شود و گونه‌های گیاهی را بیشتر به خطر بیندازد. پس اقلیم می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر توزیع فضایی گونه‌های گیاهی داشته باشد. آنچه مشخص و روشن است، حضور گونه‌های گیاهی در یک منطقه برآیند عوامل محیطی و زیست‌اقلیمی و نیز نیازهای بوم‌شناسی هرگونه و سازگاری و دامنه بردباری گونه نسبت به این عوامل در هر رویشگاه است.

گونه دارویی مورخوش (Majdae Zhumeria) از گیاهان پرمصرف و با اهمیت استان هرمزگان است و برای درمان بیماری‌های مختلف کاربرد دارد. این گیاه در رفع ناراحتی‌های گوارشی مانند اسهال، نفخ، دل‌درد و ترشی معده، کاهش سوزش معده، درمان سرماخوردگی، رفع سردرد، التیام زخم و همچنین به‌عنوان ماده‌ای خنک‌کننده مصرف می‌شود (حاجبی،۵۸:۱۳۸۲). برای اولین بار در سال ۱۹۶۷ یک محقق نروژی به اسمZhumeria majdae این گیاه را از منطقه قطب‌آباد هرمزگان جمع‌آوری کرد و با خود به اسلو مرکز نروژ برد. Rechinger و Wendelbo این گیاه را جنس جدید از خانواده Lamiaceae شناسایی کرده و به نام جمع‌آوری‌کننده‌اش majdae Zhumeria نامیدند و در مجله گیاه‌شناسی Nytt Botanikk Magazine آن را منتشر کردند (Rechinger & wendelbo,1967:39). مردم محلی این گیاه را با نام مورخوش می‌شناسند، این‌گونه در مناطق کوهستانی استان بر روی اراضی سنگلاخی، صخره‌های شیب‌دار و واریزه‌های آهکی پراکنش دارد و جزو گونه‌های اندمیک ایران است. تنها در ایران در استان هرمزگان رشد می‌کند، به کشورهای حوزه خلیج‌فارس و دریای عمان و پاکستان به‌صورت سنتی صادر می‌گردد (اسدپور و همکاران،۱۶۱:۱۳۸۴). تغییر اقلیم تأثیر مستقیمی بر پراکنش و بقای گونه‌های گیاهی دارد و گونه Zhumeria majdae نیز از این قاعده مستثنی نیست. هدف اصلی این مطالعه، مدل‌سازی زیستگاه مناسب برای این‌گونه در استان هرمزگان و ارزیابی تأثیر عوامل محیطی (به‌ویژه بارندگی، دما و شیب زمین) بر پراکنش آن با استفاده از مدل MaxEnt است.

روش پژوهش

متغیرهای محیطی و زیست‌اقلیمی

متغیرهای زیست‌اقلیمی که از دما و بارش ماهانه استخراج می‌شوند، از مهم‌ترین متغیرهای محیطی هستند که معنی‌داری زیستی بیشتری نسبت به سایر متغیرهای اقلیمی دارند. برای مدل‌سازی پراکنش گونه مورخوش ۲۲ متغیر اقلیمی و توپوگرافی با وضوح مکانی (۱ کیلومتر) برای مدل‌سازی پراکنش گونه مورد مطالعه، استفاده گردید (جدول ۱).

داده‌های متغیرهای محیطی و زیست‌اقلیمی مورداستفاده شامل لایه‌های اطلاعاتی طبقه‌بندی اقلیمی ایران، دسته‌بندی تیپ‌های پوشش گیاهی، توپوگرافی، منابع آب، لایه‌های خاک و پوشش/کاربری زمین و شاخص‌های ۱۹ گانه زیست‌اقلیمی برای شرایط اقلیمی فعلی از میانگین متغیرهای دما و بارش طی دوره ۳۰ ساله برای بازه زمانی (۲۰۰۰–۱۹۷۰) از پایگاه داده Worldclim استخراج گردید که نشان‌دهنده شرایط فصلی و آستانه و میانگین این متغیرها هستند. به‌طورکلی در این مطالعه، پراکنش گونه مورخوش در شرایط حال حاضر تحت تأثیر عوامل اقلیمی و زیست‌محیطی با استفاده از مدل توزیع گونه‌ای MaxEnt ۲۲ متغیر اقلیمی و توپوگرافی و خاک بررسی‌شده است. در SPSS برای جلوگیری از خطا و بررسی دقیق‌تر عوامل اثرگذار محیطی بر پراکنش تیره موردمطالعه، ضریب همبستگی بین متغیرها (۰/۸) لحاظ گردید. در نهایت، بر اساس شرایط زیستی و اکولوژیکی گونه مورخوش، متغیرهایی که همبستگی بالایی

داشتند از تحلیل حذف شدند و ۱۱ متغیر محیطی و زیست‌اقلیمی وارد مدل شدند که بیشترین تأثیر را در پراکنش گونه داشته‌اند. این متغیرها شامل (مجموع بارش در سردترین فصل سال، مجموع بارش در گرم‌ترین فصل سال، مجموع بارش در خشک‌ترین ماه سال، تغییرات فصلی بارش، مجموع بارش در مرطوب‌ترین ماه سال، میانگین دمای روزانه، شاخص هم‌دمایی، حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال، حداقل دمای سردترین ماه سال، تغییرات دمای سالانه و شیب) می‌باشند. از مدل لایه‌های رقومی ارتفاعی با تفکیک مکانی ۳۰ متر نیز برای تولید نقشه‌های درصد شیب و جهت جغرافیایی در نرم‌افزارArcGIS استفاده شد.

جدول ۱. متغیرهای زیست‌اقلیمی استفاده‌شده در تحقیق

نمایه متغیر	توصیف اقلیمی	واحد	نمایه متغیر	توصیف اقلیمی	واحد
BIO1	میانگین دمای سالانه	درجه سانتی‌گراد* ۱۰	BIO12	مجموع بارش سالانه	میلی‌متر میانگین ماهانه
BIO2	میانگین دامنه دمای روزانه	درجه سانتی‌گراد* ۱۰	BIO13	مجموع بارش مرطوب‌ترین ماه سال	میلی‌متر میانگین ماهانه
BIO3	شاخص هم‌دمای	----	BIO14	مجموع بارش خشک‌ترین ماه سال	میلی‌متر میانگین ماهانه
BIO4	تغییرات فصلی دما	انحراف معیار * ۱۰۰	BIO15	تغییرات فصلی بارش	ضریب تغییرات
BIO5	حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال	درجه سانتی‌گراد* ۱۰	BIO16	مجموع بارش مرطوب‌ترین فصل سال	میلی‌متر میانگین ماهانه
BIO6	حداقل دمای سردترین ماه سال	درجه سانتی‌گراد* ۱۰	BIO17	مجموع بارش خشک‌ترین فصل سال	میلی‌متر میانگین ماهانه
BIO7	تغییرات دمای سالانه	درجه سانتی‌گراد* ۱۰	BIO18	مجموع بارش گرم‌ترین فصل سال	میلی‌متر میانگین ماهانه
BIO8	میانگین دمای مرطوب‌ترین فصل سال	درجه سانتی‌گراد* ۱۰	BIO19	مجموع بارش سردترین فصل سال	میلی‌متر میانگین ماهانه
BIO9	میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال	درجه سانتی‌گراد* ۱۰	Elevation	ارتفاع	متر
BIO10	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال	درجه سانتی‌گراد* ۱۰	Slope	شیب	درجه
BIO11	میانگین دمای سردترین فصل سال	درجه سانتی‌گراد* ۱۰	Aspect	جهت شیب	----

پراکنش گونه مورخوش

مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها (Species Distribution Modeling) یا SDM ابزاری حیاتی در بوم‌شناسی و زیست‌شناسی حفاظت است که به پیش‌بینی توزیع جغرافیایی گونه‌ها بر اساس داده‌های حضور و متغیرهای محیطی می‌پردازد. یکی از روش‌های برجسته در این زمینه، مدل حداکثر آنتروپی (Maximum Entropy- MaxEnt) است که به دلیل قابلیت استفاده از داده‌های حضور تنها و دقت بالای پیش‌بینی، به‌طور گسترده‌ای مورداستفاده قرارگرفته است (Phillips et al,2006:321).

امروزه یکی از مدل‌های پرکاربرد پیش‌بینی مطلوبیت رویشگاه، مدل MaxEnt می‌باشد که بر اساس داده‌های حضور و تخمین احتمال ناشناخته‌های توزیع آن‌ها، توانایی بالایی در این زمینه نشان داده است ((Guisan et al,2017:264. این

مدل تنها از داده‌های حضور برای مدل‌سازی استفاده می‌کند که اغلب از مطالعات مجموعه‌های تاریخ طبیعی (NHCs و هرباریوم‌ها با توجه به مقادیر مطالعات موجود و قابلیت دسترسی به آن‌ها به‌عنوان داده‌های حضور استفاده می‌شود (Elith et al,2011:228).

مدل‌سازی توزیع گونه‌ها یک روش مدل‌سازی در علوم محیط‌زیست است که تلاش می‌کند روابط بین توزیع گونه‌ها و ویژگی‌های محیطی آن‌ها را بیان کند (سرهنگ‌زاده و همکاران،۱۳۹۰:۳۸). به‌طورکلی مدل‌سازی MaxEnt یا روش حداکثر آنتروپی یکی از پرکاربردی‌ترین روش‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای است. این روش به برآورد توزیع گونه‌های گیاهی با استفاده از داده‌های فقط حضور می‌پردازد و به اطلاعات عدم حضور گونه نیاز ندارد و به‌جای آن از نقاط پس‌زمینه (که یک نمونه تصادفی از نقاط عدم حضور در منطقه می‌باشد استفاده می‌کند. (Phillips et al,2006:321).

مدل MaxEnt یک مدل آماری است و برای اینکه بتواند توزیع گونه‌ای را به دست آورد، ارتباطی را میان مدل داده‌ای و مدل اکولوژیکی ایجاد می‌کند. این مدل مناسب بودن رویشگاه را بر اساس همبستگی‌ها و روابط بین حضور گونه و شرایط محیطی تشخیص می‌دهد (Franklin, 2010:745). در مدل MaxEnt ابتدا لایه‌های اطلاعاتی محیطی بر اساس موقعیت داده‌های آموزشی (نقاط حضور آموزشی) ارزیابی‌شده و سپس احتمال حضور هر یک از گونه‌ها در کل منطقه مطالعاتی بررسی می‌شود (Elith et al,2011:228). در مواردی که تعداد نمونه‌ها کم است، پیش‌بینی روش حداکثر آنتروپی دقت بالایی دارد و با روش‌هایی از جمله شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک که بیشترین دقت را دارند، قابل‌رقابت است (Radosavljevic & Anderson,2014:629). از مهم‌ترین مزایای استفاده از MaxEnt می‌توان به توانایی این مدل به مدل‌سازی با صحت بالا با تعداد کم نقاط حضور (حتی با ۵ نقطه) اشاره نمود که این امر در مدل‌سازی گونه‌های اندمیک و در معرض خطر انقراض که تعداد حضور اندکی دارند، اهمیت بسیار بالایی دارد (Barbet-Massin et al, 2012:327).

بااین‌حال، مدل‌سازی با MaxEnt نیازمند دقت و آگاهی از محدودیت‌ها و پارامترهای مدل است. انتخاب مناسب نقاط پس‌زمینه، تنظیمات منظم سازی، و بررسی هم خطی متغیرها از عواملی هستند که بر خروجی مدل تأثیر می‌گذارند. پژوهش‌های اخیر همچنین از ابزارهایی مانند spatialMaxent بهره برده‌اند که امکان لحاظ کردن ساختار فضایی و بهبود دقت مدل را فراهم می‌سازند (Bald et al,2023:10356). MaxEnt یکی از پرکاربردترین روش‌ها در مدل‌سازی پراکنش گونه‌هاست که با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه و داده‌های حضور گونه عمل می‌کند. این روش نیازی به داده‌های غیاب ندارد و به‌جای آن از داده‌های پس‌زمینه استفاده می‌کند. برای اجرای آن، فایل نقاط حضور گونه (مثلاً CSV یا shapefile) و لایه‌های محیطی رستری مانند دما، بارندگی یا ارتفاع در نرم‌افزار MaxEnt بارگذاری می‌شوند. این نرم‌افزار رابط گرافیکی ساده‌ای دارد و نیز قابل اجراست. MaxEnt به‌ویژه زمانی مناسب است که داده‌های حضور کم، ناقص یا پراکنده‌اند (Elith & Leathwick, 2009:667; Effrosynidis et al., 2020:24).

کاربردهای MaxEnt شامل پیش‌بینی زیستگاه مناسب فعلی و آینده، ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی، شناسایی محدوده پراکنش گونه‌های مهاجم، و برنامه‌ریزی حفاظت است. خروجی مدل شامل نقشه احتمال حضور، نمودارهای پاسخ متغیرها و شاخص‌های ارزیابی مدل (مانند AUC) است. این روش به دلیل دقت بالا، عملکرد خوب با داده‌های کم، و سادگی استفاده بسیار محبوب است. MaxEnt در منابع معتبر مانند FAO Ecocrop و پلتفرم‌های داده محور مانند BCCVL کاربرد گسترده‌ای دارد (Kearney & Porter,2009:336; Rosenstock et al.,2018: 41). مرحله آماده‌سازی داده‌ها یکی از گام‌های اساسی برای دستیابی به نتایج قابل‌اعتماد در مدل‌سازی پراکنش گونه محسوب می‌شود. در این مرحله، تمامی لایه‌های محیطی شامل متغیرهای اقلیمی، توپوگرافی و خاک به فرمت ASCII تبدیل

شدند تا قابلیت فراخوانی و پردازش در محیط مدل‌سازی فراهم شود. داده‌های مربوط به نقاط حضور گونه نیز پس از اصلاح، حذف داده‌های تکراری و بررسی دقت مکانی، به فرمت CSV وارد نرم‌افزار شدند. مدل Maxent با استفاده از داده‌های آموزشی اجرا شد و نقشه زیستگاه مناسب (Habitat Suitability) برای گونه تولید گردید. خروجی‌های مدل شامل نقشه‌های احتمال حضور، منحنی‌های پاسخ متغیرها و تحلیل اهمیت نسبی هر یک از متغیرهای محیطی در پیش‌بینی پراکنش گونه بود. اهمیت هر متغیر با آزمون جک‌نایف و تعیین سهم نسبی تحلیل شد تا نقش عوامل اکولوژیک در تعیین پراکنش گونه به‌طور دقیق مشخص شود. در نهایت، نقشه‌های خروجی به محیط GIS منتقل و طبقه‌بندی شدند و نواحی با پتانسیل مناسب، متوسط و ضعیف برای حضور گونه استخراج و تحلیل گردیدند.

ارزیابی مدل

جهت ارزیابی پیش‌بینی مدل از ۷۵ درصد داده‌ها برای مدل‌سازی و ۲۵ درصد برای ارزیابی مدل استفاده شد. از آزمون جک نایف برای ارزیابی اهمیت هر کدام از متغیرهای محیطی در فرایند مدل‌سازی استفاده شد و با تحلیل مساحت زیر منحنی (AUC) به ارزیابی کیفیت کلی مدل پرداخته شد. مقدار (AUC) نشان می‌دهد که چگونه یک مدل به‌خوبی بین محل حضور گونه‌ها و غیاب آن‌ها تمایز قائل می‌شود. دامنه این شاخص از ۰ تا ۱ تغییر می‌کند. مقدار 0.5 یعنی مدل کاملاً تصادفی است و توانایی پیش‌بینی حضوروغیاب مکان‌های جدید را ندارد و مقادیر نزدیک به ۱ بیانگر مدل با قدرت پیش‌بینی بالا می‌باشند. مدل با مقدار (AUC) بین ۰/۵ تا ۰/۷ دارای دقت کم، بین ۰/۷ تا ۰/۸ دارای دقت متوسط، ۰/۸ تا ۰/۹ دارای دقت خوب و ۰/۹ تا ۱ داری دقت کامل است (Phillips et al. 2009:231).

شکل ۱. روند گرافیکی روش پژوهش

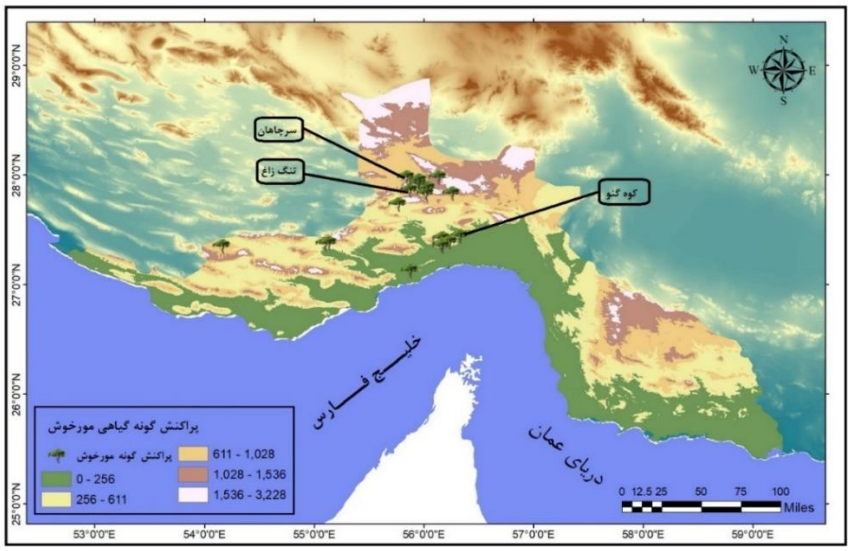
محدوده مورد مطالعه

استان هرمزگان در جنوب ایران، بین عرض‌های ۲۵°۳۴' تا ۲۸°۵۷' شمالی و طول‌های ۵۲°۴۱' تا ۵۹°۱۵' شرقی قرار دارد. این استان از شمال با کرمان، از غرب با فارس و بوشهر، از شرق با سیستان و بلوچستان، و از جنوب با خلیج‌فارس و دریای عمان هم‌مرز است. بخش بزرگی از آن کوهستانی است و ادامه رشته‌کوه‌های زاگرس در آن امتداد دارد. با توجه به نزدیکی به خط استوا، اقلیم منطقه گرم، خشک و نیمه بیابانی تا بیابانی است.

اطلاعات گونه‌ای

برای دسترسی به اطلاعات گونه گیاهی Zhumeria majdae (مورخوش)، نخست از طریق مطالعه کتابخانه‌ای، اطلاعات ثبت‌شده در کتاب فلور ایرانیکا (Wagenitz, 1980:796)، کتاب فلور فارسی ایـران (Mozaffarian, 2018:145) و کتاب فلور ایران در موسسه تحقیقات و جنگل‌ها و مراتع کشور (Jamzad. 2012:1702) و کتاب Red Data Book of Iran، پایگاه داده GBIF، هرباریوم‌های جهانی و پژوهش‌های ثبت‌شده در پایگاه‌های علمی مختلف و همچنین با مراجعه به کارشناسان گیاه‌شناسی و اطلاعات موجود در هرباریوم مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور جمع‌آوری گردید. پس از بررسی اطلاعات جمع‌آوری‌شده برای ارزیابی وضعیت رویشی گونه مورد مطالعه و ارتباط آن با عوامل محیطی و زیست‌اقلیمی مؤثر بر پراکنش آن با استفاده از نرم‌افزار Arc/GIS 10.8 و Google earth صحت و موقعیت نقاط ثبت‌شده موردبررسی قرار گرفت و در نهایت تعداد ۱۹ نقطه پراکنش این‌گونه مشخص گردید.

برای استفاده از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیکی به دلیل پراکنش نامناسب ایستگاه‌ها در مناطق رویش گیاه مورد مطالعه از داده‌های باران‌سنجی و وزارت نیرو نیز استفاده گردید. داده‌های اخذشده دارای خطاهایی همچون نبود و نقص داده‌ها در طول سال‌های آماری، ثبت داده‌های مشکوک به خطا در برخی از ایستگاه‌ها بودند. بنابراین فرایندهای اصلاح و داده‌پردازی روی‌داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی همدید و باران‌سنجی وزارت نیرو انجام شد. در نهایت دوره آماری (۲۰۰۷ تا ۲۰۲۴) به‌عنوان دوره پایه در ایستگاه‌های هواشناسی همدید فین، سرچاهان و تشکوییه به‌عنوان ایستگاه‌های مناسب انتخاب شدند، آمارهای دما، بارش، رطوبت نسبی، ثبت‌شده در این ایستگاه‌ها برای ارزیابی عوامل محدودکننده اقلیمی در انتشار طبیعی گونه استفاده شد.



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش گونه مورخوش

یافته‌ها

مناطق پراکنش گونه

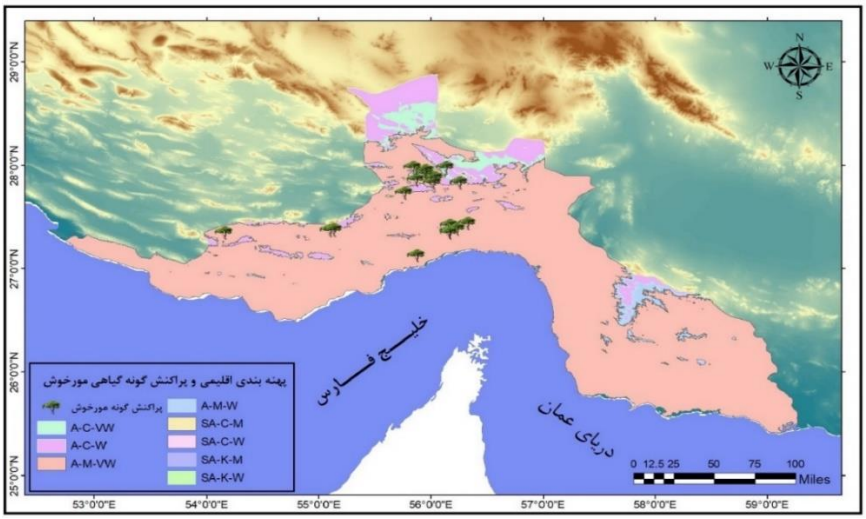
محل‌های رویشی گیاه مورخوش در کوه‌هایی چون (گنو، آبماه قطب‌آباد، سرچاهان، تنگ زاغ، حاجی‌آباد، کوه سیرمند و زاد محمود، فینو، شیب تنگ، بستک) هستند این گیاه از ارتفاع ۲۵۰ متری از سطح دریا در انتهای شرقی کوه گنو و منطقه جنوب غربی آب گرم تا ارتفاع ۲۳۰۰ متر کوه گنو ثبت‌شده است (جدول ۲). فراوانی نقاط ثبت‌شده از پراکنش گونه مورخوش در (شکل ۱) نشان می‌دهد که می‌توان ۳ منطقه (کوه تنگ زاغ و کوه سرچاهان و کوه گنو) را به‌عنوان رویشگاه‌های اصلی این‌گونه در استان هرمزگان معرفی کرد. با توجه به (جدول ۲) فراوانی پراکنش گونه مورخوش به ترتیب در شیب‌های جنوبی و جنوب غربی، شمال غربی و شمال شرقی، شرقی و غربی، بوده است. از نظر اقلیمی دامنه‌های جنوبی و جنوب غربی نور بیشتری از خورشید دریافت می‌کنند، بنابراین گرم‌تر و خشک‌تر هستند و از طرفی میزان تبخیر بالاتر و خاک نسبتاً خشک‌تر، رطوبت کمتر و گرم‌تر دارند و در دامنه‌های شمال غربی و شمال شرقی میزان دریافتی نور خورشید کمتر و رطوبت بیشتر است. از طرفی دمای آن‌ها به‌طورکلی کمتر از شیب‌های جنوبی است و در شیب‌های شرقی و غربی صبح‌ها دریافت نور بیشتر بوده، اما عصرها سایه دارترند که معمولاً رطوبت بیشتری دارند، شیب‌های غربی بعدازظهرها نور بیشتری دریافت می‌کنند و می‌توانند در برخی مناطق خشک‌تر باشند. پس می‌توان گفت که گیاه مورخوش یک گیاه گرما دوست و نسبتاً مقاوم به خشکی است چون بیشترین فراوانی پراکنش این‌گونه در شیب‌های جنوبی و جنوب غربی است و می‌توان گفت نیاز نوری شدید و خاک گرم‌تر دارد.

جدول ۲. مشخصات مناطق ثبت‌شده از حضور گونه در استان هرمزگان

نام منطقه	ارتفاع از سطح دریا متر	مختصات جغرافیایی	جهت شیب	نام منطقه	ارتفاع از سطح دریا متر	مختصات جغرافیایی	جهت شیب
استان هرمزگان، کوه گنو	2300	27.42 56.15	جنوبی	۱۵ کیلومتری شمال بندرعباس روستای ایسین، کوه گنو	525	27.37 56.18	جنوب غربی
قطب‌آباد،۱۰۰ کیلومتری شمال بندرعباس	800	27.13 55.86	جنوب غربی	بندرعباس، شیب غربی کوه گنو، شمال تازیان	750	27.37 56.1	جنوبی
حدود ۱۰۰ کیلومتری شرق لار، بالای ده سرتنگ، کوه شب	750	27.38 55.09	جنوبی	۲۵ کیلومتری شمال بندرعباس روستای تازیان، کوه گنو	720	27.83 56.24	جنوب غربی
بندرعباس ۱۹۱ کیلومتر جنوب جاده سیرجان	1120	28.47 55.84	شمال غربی	۱۱۵ کیلومتری شمال شهرستان بندرعباس جنوب تونل فینو	1260	27.88 56.02	جنوب غربی
انتهای شرقی کوه گنو، جنوب غربی آب گرم	250	27.44 56.31	شمال غربی	۳۰ کیلومتری شهرستان خمیر دهستان کشارکوه شیب تنگ	850	27.36 55.09	شمال شرقی
۱۱۰ کیلومتری از بندرعباس به سیرجان بالای تونل تنگ زاغ	1400	27.93 55.96	جنوب شرقی	۵۰ کیلومتری جنوب شهرستان حاجی‌آباد، روستای سرچاهان	810	27.92 55.94	جنوب شرقی
۲۲ کیلومتر شمال قطب‌آباد، ضلع جنوبی تونل	1250	28.69 53.66	جنوب غربی	۵۰ کیلومتری جنوب شهرستان حاجی‌آباد، روستانی سرچاهان کوه سرچاهان	1100	27.95 55.94	جنوب شرقی
قطب‌آباد، باغستان، دم تنگ، کوه باز	750	27.73 ۵55.7	جنوبی	۳۵ کیلومتری جنوب غرب شهرستان حاجی‌آباد کوه زاد محمود	1200	27.98 55.83	جنوب غربی
بندرعباس به سیرجان قطب‌آباد، ده آبماه	850	27.83 56.00	غربی	۵۰ کیلومتری شرق شهرستان حاجی‌آباد، فارغان، کوه سیرمند	1430	27.98 56.12	شمالی
بندرعباس کوه گنو	500	27.37 56.15	جنوبی	۴۰ کیلومتری شرق شهرستان بستک، دهستان دهنگ، کوه تنگ کلم	690	27.42 54.1	شمال شرقی

شرایط اقلیمی و محیطی رویش گونه

نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های اقلیمی در این سه منطقه نشان می‌دهد که اقلیم محل رویش گیاه مورخوش در این مناطق از خشک بیابانی گرم تا خشک بیابانی معتدل است (شکل ۳). طبق مطالعه انجام‌شده از فنولوژی گیاه مورخوش مشخص گردید که زمان رویش کامل گیاه در این سه منطقه از اواسط زمستان تا اواخر بهار است (حاجبی و همکاران،۸:۱۳۸۴).



شکل ۳. پراکنش گونه مورخوش در پهنه‌های اقلیمی استان هرمزگان

در مناطق کوه گنو طول دوره رویشی حدوداً ۱۰۰ روز بوده که این دوره شامل رویش برگ‌ها از هفته سوم بهمن‌ماه و تا زمان گلدهی و تشکیل بذر و درنهایت ریزش بذرها تا هفته چهارم اردیبهشت است (سلطانی پور،۲۵:۱۳۸۴). با توجه به نزدیکی ایستگاه فین به مناطق کوه گنو، آمارهای هواشناسی ثبت‌شده نشان می‌دهد که متوسط بارش سالانه ۲۱۹/۶ میلی‌متر است و کمترین میزان بارش دریافتی مربوط به خردادماه با میانگین ماهانه ۱/۳ میلی‌متر و پرباران‌ترین ماه سال مربوط بهمن‌ماه با میانگین ماهانه ۶۸/۵ میلی‌متر است. میانگین دمای سالانه ۲۶ درجه سلسیوس و حداکثر متوسط دما ۴۳/۳ درجه سلسیوس مربوط به تیرماه و نیز حداقل متوسط دما ۸/۱ درجه سلسیوس در دی‌ماه است. میانگین حداکثر رطوبت نسبی سالانه ۷۲/۷ درصد است. بالاترین میانگین رطوبت نسبی ۷۶/۳ درصد مربوط به ماه اسفند است.

در منطقه سرچاهان با افزایش ارتفاع از سطح دریا تا حدود ۱۱۰۰ متر (منطقه کوه سرچاهان)، طول دوره رویشی ۲۰ روز افزایش می‌یابد یعنی زمان شروع دوره برگ دهی از هفته چهارم بهمن تا طی مراحل رشد و در نهایت پخش بذر و ریزش آن‌ها در هفته سوم خرداد است. بنابراین طول دوره رویشی به مدت ۱۲۰ روز می‌رسد (حاجبی و همکاران، ۸:۱۳۸۴). بر اساس آمارهای ثبت‌شده در ایستگاه سرچاهان متوسط بارش سالانه ۲۲۶/۸ میلی‌متر است و کمترین میزان بارش دریافتی مربوط به مهرماه با میانگین ماهانه ۱/۷ میلی‌متر و پرباران‌ترین ماه سال مربوط بهمن‌ماه با میانگین ماهانه ۴۷/۶ میلی‌متر است. میانگین دمای سالانه ۲۵/۳ درجه و حداکثر متوسط دما ۴۴/۲ درجه سلسیوس مربوط به تیرماه و نیز حداقل متوسط دما ۷ درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه ثبت گردیده است. میانگین حداکثر رطوبت نسبی سالانه ۵۹ درصد است. بالاترین میانگین رطوبت نسبی ۷۲/۶ درصد مربوط به ماه بهمن است.

با افزایش ارتفاع از سطح دریا تا حدود ۱۴۰۰ متر (منطقه کوه تنگ زاغ)، طول دوره رویشی تغییر نمی‌کند ولی شروع دوره رویشی یک هفته به تعویق می‌افتد. بازه زمانی دوره رشد و برگ دهی مورخوش تا پخش و ریزش بذرها از

هفته اول اسفند تا هفته آخر خردادماه ادامه دارد (سلطانی پور،۲۵:۱۳۸۴). بنابراین طول دوره رشد گیاه تقریباً ۱۲۰ روز است. طبق آمارهای ثبت‌شده از ایستگاه تا شکوئیه که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه تنگ زاغ است، متوسط بارش سالانه ۲۲۵/۹ میلی‌متر است و کمترین میزان بارش دریافتی مربوط به شهریورماه با میانگین ماهانه ۰/۹ میلی‌متر بوده است. پرباران‌ترین ماه سال مربوط به دی‌ماه با میانگین ماهانه ۴۶/۸ میلی‌متر ثبت‌شده است. میانگین دمای سالانه ۲۵/۴ درجه سلسیوس و حداکثر متوسط دما ۴۵ درجه سلسیوس مربوط به تیرماه و نیز حداقل متوسط دما ۴ درجه سلسیوس مربوط به ماه دی و بهمن است. میانگین حداکثر رطوبت نسبی سالانه ۵۸/۲ درصد است. بالاترین میانگین رطوبت نسبی ۸۰/۵ درصد مربوط به دی‌ماه است. به‌طورکلی بر اساس آمار ثبت‌شده در ایستگاه‌های (فین، سرچاهان و تنگ زاغ) و نیز دوره رشد و تکامل این گیاه تا مرحله بذرپاشی، در جداول (۳، ۵،۴) آستانه‌های اقلیمی تأثیرگذار بر رشد و پراکنش این‌گونه در سه رویشگاه اصلی به‌صورت دقیق‌تر مشخص‌شده است.

مناطق کوه گنو

دمای کوه گنو در فصول مختلف سال، به‌طور قابل‌توجهی تغییر می‌کند، ولی به‌طورکلی در طول سال گرم بوده، به‌نوعی که در برخی مواقع می‌تواند به بیش از ۴۰ درجه سلسیوس برسد. میزان بارش دریافتی در این منطقه بسیار کم بوده و رژیم بارشی آن بیشتر در فصل سرد سال و معمولاً از (آبان تا اسفند) است. رطوبت نسبی در این منطقه به‌ویژه در ماه‌های گرم سال (فروردین تا شهریور) بسیار کم است و در ماه‌های سردتر (آبان تا اسفند) میزان رطوبت بالاتر است. با توجه به اینکه در بهمن‌ماه زمان تقریبی برگ دهی گونه مورخوش است، دمای منطقه به‌طور متوسط ۱۵/۸ درجه سلسیوس است و بارش‌ها به ۶۸/۵ میلی‌متر می‌رسد. این بارش نسبتاً زیاد در کنار دمای معتدل، شرایط خوبی را برای رشد گونه مورخوش می‌تواند فراهم کند. به‌گونه‌ای که مقدار بارش مناسب در این ماه باعث می‌شود تا خاک مقدار رطوبت کافی برای رشد و برگ دهی گونه مورد مطالعه را دریافت کند. طبق (جدول ۳) دمای معتدل حداکثر ۳۲/۲ درجه سلسیوس و حداقل ۸/۴ درجه سلسیوس که به مورخوش کمک می‌کند تا در شرایط بهینه برای رشد و برگ دهی قرار بگیرد. در این ماه میزان رطوبت نسبی ۷۴/۴ درصد است که این مقدار رطوبت از خشک شدن برگ‌ها جلوگیری می‌کند و محیطی مناسب برای رشد گیاه را به وجود می‌آورد. به‌طورکلی شرایط جوی مناطق کوه گنو در بهمن‌ماه به دلیل بارش مناسب و دمای معتدل، برای رشد برگ‌ها و بهبود فرآیند رشد گونه مورخوش بسیار مناسب است. در اسفندماه نیز میزان بارش دریافتی طبق اطلاعات مندرج در (جدول ۳) کاهش می‌یابد که به ۳۰/۳ میلی‌متر می‌رسد، این در حالی است که دما به‌طور متوسط ۱۹/۱ درجه سلسیوس است و حداکثر دما به ۲۵/۹ درجه سلسیوس می‌رسد، و حداقل دما به ۳ درجه سلسیوس نیز کاهش می‌یابد به‌طورکلی با کاهش بارش به ۳۰،۳ میلی‌متر، شرایط خشک‌تری را برای گیاه ایجاد می‌شود که این کاهش بارش می‌تواند برای گیاه موردنظر کمی شرایط رویشی را سخت‌تر کند، اما دمای معتدل ۱۹/۱ درجه سلسیوس و حداکثر ۲۵/۹ درجه سلسیوس و نیز میزان رطوبت نسبی ۷۶/۳ درصد باعث می‌شود که شرایط برای گلدهی گونه مورخوش مناسب باشد. این شرایط به گیاه کمک کند تا بتواند در برابر خشکی مقاوم باشد. در این ماه، با توجه به تغییرات اقلیمی منطقه کوه گنو که به‌طورمعمول در فصل‌های سردتر دارای رطوبت بیشتری است، شرایط را برای گلدهی مورخوش فراهم می‌کند. زمان تقریبی بذر دهی برای گیاه مورخوش در مناطق کوه گنو فروردین‌ماه است. در این ماه میزان بارش دریافتی بسیار کاهش‌یافته و به ۱۹/۳ میلی‌متر و میزان دمای متوسط به ۲۴/۱ درجه سلسیوس می‌رسد و دمای حداکثر به ۳۲/۲ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. با کاهش بارش‌ها و افزایش دما، شرایط مناسبی برای بذر دهی مورخوش فراهم می‌شود. دمای بالا (۳۲/۲ درجه سلسیوس) باعث تحریک فرآیند بذر دهی می‌شود پس گونه مورخوش

می‌تواند بذرهای خود را تولید کند. بااین‌حال، رطوبت نسبی ۷۳/۱ درصد است که نسبت به ماه‌های قبل کاهش‌یافته و ممکن است نیاز به آب بیشتر برای حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از خشکی در این ماه وجود داشته باشد. اردیبهشت‌ماه در کوه گنو با گرمای شدید و بارش کم همراه است که شرایط خشکی شدیدی را ایجاد می‌کند. دمای بالا ۳۸/۹ درجه سلسیوس و کاهش شدید بارش‌ها به ۴/۴ میلی‌متر باعث می‌شود که گونه مورخوش وارد مرحله ریزش بذر شود. دمای بالا و خشکی زیاد، گیاه را به ریزش بذر سوق می‌دهد و سبب می‌شود تا بذرهای خود را به زمین بیافکند. رطوبت خاک به‌طور چشم‌گیری در این ماه نیز کاهش می‌یابد.

جدول ۳. آستانه‌های اقلیمی گیاه مورخوش در مناطق گنو

متغیرهای اقلیمی	زمان تقریبی برگ دهی بهمن	زمان تقریبی گلدهی اسفند	زمان تقریبی بذر دهی فروردین	ریزش بذر
زمان تقریبی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
متوسط بارش	۶8/۵mm	30/3 mm	19/3 mm	4/4 mm
متوسط دما	15/8 C	19/1 C	24/1 C	30/2 C
حداکثر دما	23/2 C	25/9 C	32/2 C	38/9 C
حداقل دما	8/4 C	3 C	16/3 C	21/4 C
متوسط حداکثر رطوبت	% 74/4	% 76/3	% 73/1	% 71

منطقه سرچاهان

دمای متوسط در منطقه سرچاهان به‌طورمعمول در تابستان‌ها به بالای ۴۰ درجه سلسیوس می‌رسد و در زمستان‌ها نسبتاً ملایم‌تر است. بارش‌ها در این منطقه کم و در فصول سرد (به‌ویژه از آبان تا اسفند) است. رطوبت نسبی در این منطقه معمولاً در فصل‌های گرم سال (فروردین تا تیرماه) کاهش می‌یابد و در فصول سردتر (آبان تا اسفند) به‌طور نسبی بالاتر می‌رود. با توجه به (جدول ۴) در بهمن‌ماه، زمان برگ دهی گونه مورخوش در منطقه سرچاهان است که در این ماه میانگین بارش نسبتاً مناسب (۶۸/۵ میلی‌متر) و دمای متوسط (۱۴/۴ درجه سلسیوس) و حداکثر دما (۲۱/۲ درجه سلسیوس) است، بنابراین شرایط برای رشد و برگ دهی گیاه مورخوش در این منطقه مناسب است. بارش مناسب باعث می‌شود که خاک رطوبت خود را حفظ کند و شرایط برای این مرحله از رشد و برگ دهی گونه موردنظر فراهم شود. شرایط اقلیمی در فروردین‌ماه، که زمان گلدهی گونه مورخوش در این منطقه است، مقدار بارش متوسط به (۲۰ میلی‌متر) کاهش‌یافته و حداکثر دما به (۳۰/۴ درجه سلسیوس) افزایش می‌یابد، که شرایط برای گلدهی مورخوش نیز وجود دارد. دمای متوسط ۲۲/۶ درجه سلسیوس و حداقل دما ۱۹/۴ درجه سلسیوس، که دمای مناسبی برای فرآیند گلدهی مورخوش است. این دما به گیاه اجازه می‌دهد که انرژی موردنیاز را برای تولید گل‌ها داشته باشد. با کاهش رطوبت نسبی به 63.7 درصد، اگرچه شرایط به‌اندازه ماه‌های سردتر مرطوب نیست، ولی هنوز گیاه قادر است به تولید گل‌های خود ادامه دهد. همچنین، بارش کمتر در این ماه به این معناست که گیاه باید از رطوبت خاک استفاده کند و خاک میزان رطوبت موردنیاز گیاه را دارد. زمان بذر دهی در فروردین‌ماه تقریباً مشابه با زمان گلدهی است. متوسط دمای حداکثر در این ماه (۳۰/۴ درجه سلسیوس) است که باعث می‌شود گونه مورخوش وارد مرحله بذر دهی شود. گیاه در این مرحله باید انرژی خود را برای تولید بذر صرف کند و با توجه به شرایط اقلیمی، رشد بذرها در دمای گرم امکان‌پذیر است. میزان بارش دریافتی کم (۲۰ میلی‌متر) و رطوبت نسبی کمتر (۶۳/۷ درصد)، نشان‌دهنده این است که گیاه به منابع آبی کمتری دسترسی دارد بااین‌حال، این شرایط اقلیمی در منطقه سرچاهان کاملاً برای بذر دهی مناسب است. با توجه به اطلاعات ثبت‌شده در ایستگاه سرچاهان، حداکثر دمای این منطقه در خردادماه، (۴۲/۷ درجه سلسیوس) و متوسط بارش به (۶/۳ میلی‌متر)،

می‌رسد، به که گونه مورخوش وارد مرحله ریزش بذر می‌شود. دمای بالا و کاهش رطوبت باعث می‌شود که گیاه از طریق ریزش بذر فرآیند تولیدمثل خود را تکمیل کند. وجود رطوبت نسبی ۴۴/۲ درصد در این ماه بسیار پایین است بااین‌حال، افزایش دما باعث تسریع در ریزش بذرها می‌شود تا در فصل تابستان بذرها در خاک برای مرحله بعدی در فصل رویش مجدد باقی می‌مانند.

جدول ۴. آستانه‌های اقلیمی گیاه مورخوش در منطقه سرچاهان

متغیرهای اقلیمی	زمان تقریبی برگ دهی	گلدهی	بذر دهی	ریزش بذر
زمان تقریبی	بهمن	فروردین	فروردین	خرداد
متوسط بارش	86/5Mm	20 mm	20 mm	6/3 mm
متوسط دما	14/4 C	22/6 C	22/6 C	33/7 C
حداکثر دما	21/2 C	30/4 C	30/4 C	42/7 C
حداقل دما	7/7 C	14/9 C	14/9 C	24/7 C
متوسط حداکثر رطوبت	% 72/6	% 63/7	% 63/7	% 44/2

منطقه تنگ زاغ

دمای منطقه تنگ زاغ به‌طور متوسط در تابستان‌ها همانند منطقه سرچاهان به بالاتر از ۴۰ درجه سلسیوس می‌رسد و در زمستان‌ها نسبتاً معتدل است. دما به‌ویژه در ماه‌های بهار و تابستان بسیار بالا است بارش در این منطقه معمولاً در فصول سرد سال رخ می‌دهد و در ماه‌های تابستان به حداقل می‌رسد و حجم کمی از بارش‌ها را در طول سال می‌بارد. میزان رطوبت نسبی در منطقه تنگ زاغ در ماه‌های گرم سال کاهش می‌یابد و در فصول سردتر کمی افزایش می‌یابد. با توجه به (جدول ۵) منطقه تنگ زاغ در اسفندماه، با متوسط بارش ۴۰/۲ میلی‌متر، متوسط دما با ۱۹ درجه سلسیوس و نیز حداکثر دما با ۲۷/۵ درجه سلسیوس و حداقل دما با ۱۰ درجه سلسیوس، شرایط مناسب برای شروع رشد گیاه و برگ دهی مورخوش را فراهم می‌کند. این بارش مناسب کمک می‌کند تا خاک رطوبت کافی را برای رشد گیاه حفظ کند. دمای معتدل و رطوبت نسبی حداکثر ۶۶/۸ درصد شرایط مناسبی برای رشد برگ‌ها و آغاز فرآیند برگ دهی ایجاد می‌کند که این شرایط برای گیاه مورخوش که نیاز به رطوبت و دمای معتدل برای آغاز رشد دارد، بسیار مناسب است. در فروردین‌ماه، دمای منطقه افزایش می‌یابد و به‌طور متوسط به ۲۵ درجه سلسیوس می‌رسد. دمای حداکثر به ۳۴ درجه سلسیوس می‌رسد، که نشان‌دهنده آغاز فصل گرم است. بارش‌ها به ۲۰/۳ میلی‌متر کاهش می‌یابد و رطوبت نسبی به ۵۵/۳ درصد کاهش می‌یابد. این شرایط برای مرحله گلدهی مورخوش مناسب است، زیرا دمای بالا و رطوبت نسبی متوسط برای تولید گل‌ها و باروری گیاه کافی است. گیاه به‌سرعت به شرایط گرم‌تر و خشک‌تر عادت کرده و می‌تواند در این مرحله گل‌های خود را تولید کند. کاهش بارش در این ماه باعث می‌شود که گیاه به منابع آب موجود در خاک متکی باشد. رطوبت متوسط ۵۵/۳ درصد نیز از خشکی جلوگیری می‌کند و گیاه می‌تواند گلدهی موفقی داشته باشد. دمای حداکثر در منطقه تنگ زاغ در اردیبهشت‌ماه نسبت به ماه‌های قبل، افزایشی بوده (۳۸ درجه سلسیوس) و بارش (۶/۲ میلی‌متر)، کاهش بوده است به‌طورکلی شرایط مناسبی برای بذر دهی گونه مورخوش ایجاد می‌شود. دمای بالا و بارش کم، شرایطی را فراهم می‌آورد که گیاه باید فرآیند بذر دهی را سریع‌تر تکمیل کند. این وضعیت به‌طور طبیعی در بسیاری از گیاهان سازگار با اقلیم خشک مشاهده می‌شود. در خردادماه گونه مورخوش در منطقه تنگ زاغ در مرحله ریزش بذر قرار دارد. که با توجه به شرایط اقلیمی موجود در این ماه با افزایش شدید دما (۴۳ درجه سلسیوس) و بارش کم (۷/۳ میلی‌متر)، مورخوش وارد مرحله ریزش بذر می‌شود. دمای بالا و رطوبت نسبی پایین (۴۲/۹ درصد) شرایطی را فراهم

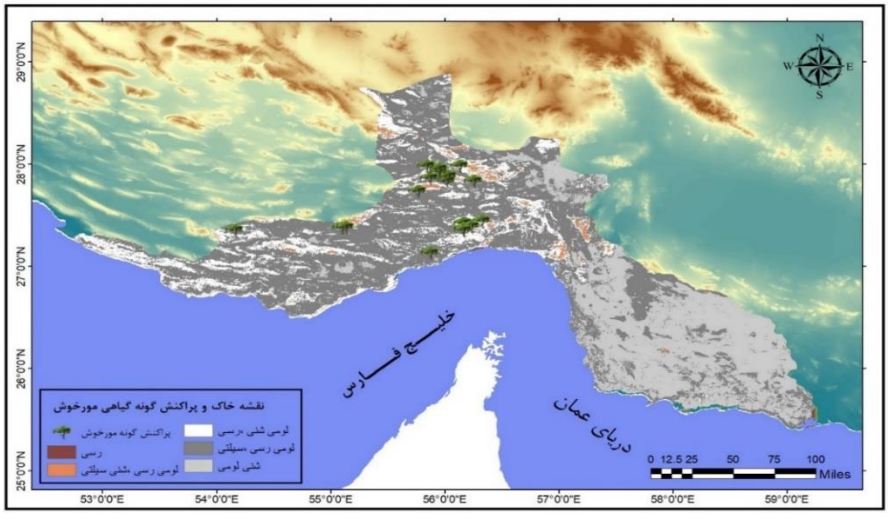
می‌کند که گیاه به ریزش بذر خود بپردازد. در این ماه، گیاه باید بذرهای خود را در خاک بپراکند تا در شرایط خشک و داغ تابستان بذرها به رشد خود ادامه دهند. رطوبت پایین در این فصل و دمای شدید، نشان‌دهنده شرایط دشوار تابستان است که گیاه برای گذر از آن باید به ریزش بذرها تکیه کند.

جدول ۵. آستانه‌های اقلیمی گیاه مورخوش در منطقه تنگ زاغ

متغیرهای اقلیمی	برگ دهی	گلدهی	بذر دهی	ریزش بذر
زمان تقریبی	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
متوسط بارش	40/2 mm	20/3 mm	6/2 mm	7/3 mm
متوسط دما	۱۹ C	۲۵ C	29 C	35 C
حداکثر دما	27/5 C	34 C	38 C	43 C
حداقل دما	10 C	16 C	20 C	26 C
متوسط حداکثر رطوبت	% 66/8	% 55/3	% 44/7	% 42/9

شرایط خاک و زمین‌شناسی محل رویش

تحلیل نقشه‌های خاک و توپوگرافی (شکل ۴) نشان می‌دهد که این گیاه در هر سه رویشگاه در اراضی کوهستانی نسبتاً مرتفع و اراضی سنگلاخی و صخره‌ای با صخره‌های پرشیب‌دارای خاک کم‌عمق با بافت خاک لومی شنی رشد می‌کند از نظر زمین‌شناسی مناطق پراکنش گونه مورخوش در مارن‌های آهکی دوره میوسن واقع‌شده‌اند و زیستگاه‌های ثبت‌شده برای این‌گونه بیشتر در سازندهای ارتفاعات شمالی و غربی استان هرمزگان دیده می‌شوند.



شکل ۴. پراکنش گونه مورخوش بر روی نقشه خاک استان هرمزگان

مدل‌سازی پراکنش حداکثر آنتروپی (maxent)

در (شکل ۵)، نتایج حاصل از ارزیابی مدل پیش‌بینی پراکنش گونه گیاهی مورخوش در استان هرمزگان با استفاده از نمودار ویژگی عملکرد مدل (ROC Curve) تحلیل می‌شود. نمودار ROC Curve به بررسی دو معیار مهم حساسیت و ویژگی (Sensitivity و Specificity) پرداخته است. به‌طورکلی عملکرد مدل در شبیه‌سازی پراکنش گونه را بررسی می‌کند. حساسیت به میزان توانایی مدل در شناسایی حضور واقعی گونه اشاره دارد. این معیار در پیش‌بینی دقیق زیستگاه‌های طبیعی گونه اهمیت زیادی دارد. در این نمودار، حساسیت برای داده‌های آموزشی به میزان ۰,۹۰ است که نشان‌دهنده دقت بسیار خوب مدل در پیش‌بینی حضور گونه در مناطق مختلف است. به‌طورکلی به این معناست که مدل

قادر است بیشتر حضورهای واقعی گونه را به‌درستی پیش‌بینی کند. اما (Specificity) یا ویژگی به میزان توانایی مدل در شناسایی عدم حضور گونه در مناطقی که شرایط آن برای حضور گونه مناسب نیست، اشاره دارد. در این نمودار AUC، برای داده‌های آموزشی در حدود ۰/۹۳ است که نشان‌دهنده توانایی تعمیم بسیار بالای مدل در شبیه‌سازی دقیق مناطق غیر مناسب برای گونه می‌باشد. مقدار بالای AUC در هر دو نمودار نشان‌دهنده توانمندی بالای مدل در شناسایی زیستگاه‌های مناسب برای گونه مورخوش است.

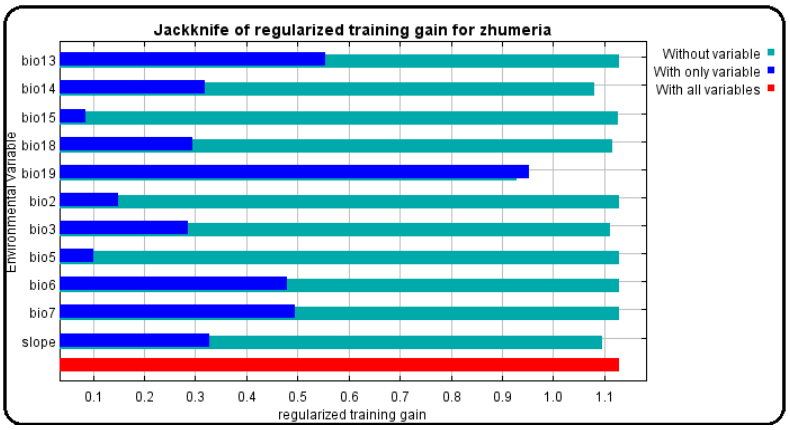
شکل ۵. منحنی ROC و مقدار AUC مدل پراکنش گونه مورخوش در استان هرمزگان

مهم‌ترین متغیرهای زیست‌اقلیمی تأثیرگذار روی پراکنش گونه مورخوش در (جدول ۶) آورده شده که سهم نسبی یا اهمیت متغیرهای محیطی را در مدل Maxent نشان می‌دهد. تحلیل این متغیرها در تعیین پراکنش گونه گیاهی مورخوش در استان هرمزگان نقش کلیدی دارد. مطابق این جدول مهم‌ترین متغیرهایی که بیشترین سهم را در مدل داشته‌اند در ابتدا مجموع بارش سردترین فصل سال (BIO19) با ۶۶/۵ درصد، و پس‌ازآن شیب دامنه با سهمی معادل ۱۲/۷ درصد دومین متغیر مهم محسوب می‌شود. این یافته نشان می‌دهد که گونه مورخوش احتمالاً به شیب‌های خاصی از دامنه حساسیت داشته و این عامل از توپوگرافی نقش تعیین‌کننده‌ای در پراکنش آن دارد. متغیر مجموع بارش در خشک‌ترین ماه سال (BIO14) و تغییرات فصلی بارش (BIO15) نیز تأثیرات قابل‌ملاحظه‌ای دارند. این در حالی است که طبق نمودار حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال (BIO5) و میانگین دامنه دمای روزانه (BIO2) کمترین اهمیت را دارند.

جدول ۶. سهم تأثیرگذاری (اهمیت) متغیرهای زیست‌محیطی در مدل Maxent

Variable	Percent contribution	Permutation importance
Bio 19	66.5	77.8
Slope	12.7	4.7
Bio 14	11	9
Bio13	4.1	0
Bio 3	2.4	2.2
Bio18	1.9	4.6
Bio 6	1.2	0.3
Bio 15	0.1	1.4
Bio 7	0.1	0.1
Bio 5	0	0
Bio2	0	0

(شکل ۶) نتایج تحلیل جک نایف را نشان می‌دهد. این منحنی دستیابی به افزوده را در سه حالت مختلف مدل (بدون متغیری خاص، تنها با یک متغیر خاص، و با تمام متغیرها) نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست‌آمده، نشان می‌دهند که متغیر مجموع بارش در سردترین فصل سال (BIO19) به‌طور قاطع در تحلیل (Training Gain) در رتبه ۱ قرار می‌گیرد این متغیر به‌تنهایی در حالت استفاده منفرد و نیز در تأثیرگذاری عملکرد کلی مدل، بالاترین میزان regularized training gain را نشان می‌دهد که بیانگر نقش تعیین‌کننده آن در محدودسازی زیستگاه‌های مناسب برای گونه می‌باشد. به این معنی که، این متغیر بیشترین تأثیر را در پراکنش گونه مورخوش دارد که نشان‌دهنده، وابستگی بالای مورخوش به تأمین رطوبت زمستانه است. و با توجه به اینکه زمان رشد و رویش و نیز آغاز برگ دهی برای این گیاه بهمن و اسفند است توجیه‌پذیر است. درواقع اگر زمانی بارش در زمستان کاهش یابد، تراکم رویشی گیاه به‌شدت افت می‌کند و نیز احتمال استقرار جوانه‌ها و برگ دهی کاهش می‌یابد. بارش در سایر فصل‌ها طبق این نمودار هم نقش مهمی دارند اما هیچ‌کدام به‌اندازه بارش زمستانه برای گونه موردمطالعه ما حیاتی نیستند. بنابراین مجموع بارش در سردترین فصل سال به‌تنهایی بالاترین توان پیشی بینی را داشته و حذف آن باعث بیشترین افت در دقت مدل می‌شود و در رتبه‌های بعدی به ترتیب متغیرهای مهمی چون بارش در مرطوب‌ترین ماه و حداقل دما در سردترین ماه و نوسان سالانه دما بالاترین توانایی پیش‌بینی را به‌صورت مستقل از خود نشان داده‌اند که بیانگر وابستگی گونه مورخوش به محدودیت‌های دمایی و شرایط رطوبتی به‌ویژه در سردترین ماه‌های سال و نوسانات سالانه دما است. متغیر شیب زمین باوجودآن که به‌تنهایی از قدرت پیش‌بینی کمتری برخوردار است اما در حضور سایر متغیرها موجب افزایش قابل‌توجه عملکرد کلی مدل می‌شود. این بیانگر اثر مکمل و تکمیل‌کننده شیب زمین در ترکیب با عوامل زیست‌اقلیمی است؛ به‌ویژه در مناطق کوهستانی و نیمه کوهستانی که تنوع ریز زیستگاه‌ها زیاد است می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در حضور گونه مورخوش داشته باشد.



شکل ۶. نتایج آزمون جک نایف برای تعیین اهمیت متغیرهای محیطی در توسعه مدل

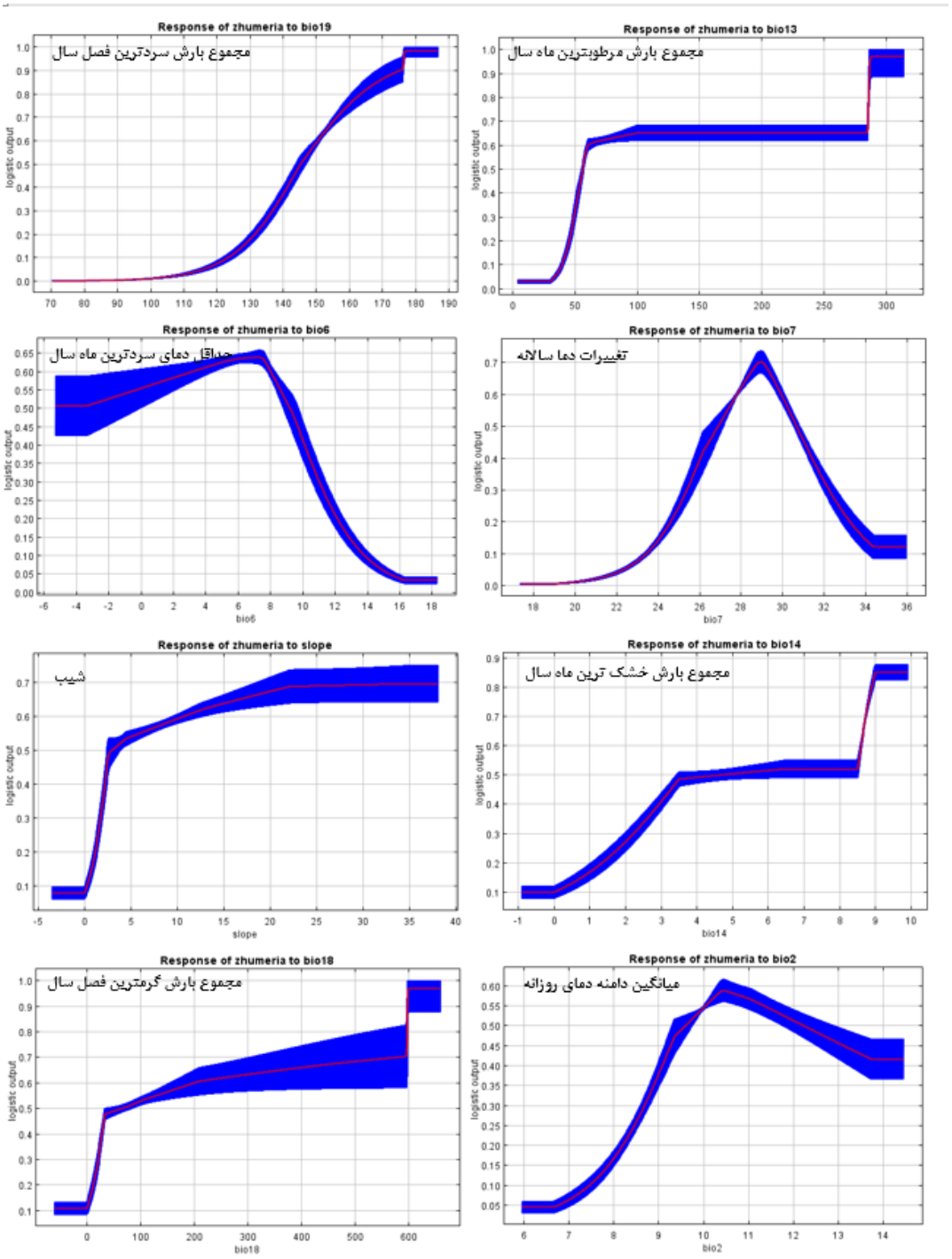
در این مطالعه منحنی‌های پاسخ گونه به متغیرهای محیطی در (شکل ۷) آمده است که منحنی پاسخ نشان‌دهنده اثر متغیرها بر روی احتمال توزیع گونه هست به‌طورکلی هر نمودار پاسخ گونه را به یک متغیر خاص، مانند بارش، شیب دامنه و دما نشان می‌دهد. در نمودار مربوط به BIO19 یعنی (مجموع بارش در سردترین فصل سال) مشخص می‌شود که روند نمودار صعودی است و با افزایش مقدار BIO19، احتمال حضور گونه بیشتر می‌شود و بیانگر حساسیت گونه مورخوش نسبت به افزایش بارش در این فصل است. یعنی گونه مورخوش در مناطقی که بارش در زمستان بیشتر است،

پراکنش بهتری دارد و بارش در فصل سرد می‌تواند باعث ذخیره رطوبت در خاک و افزایش دسترسی به آب در فصول خشک‌تر سال برای این‌گونه شود که به بقای آن کمک کند. اگر گونه مورخوش به رطوبت خاک وابسته باشد، بارش زمستانی می‌تواند یکی از مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش آن باشد. در مقادیر پایین بارش که طبق نمودار کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر است؛ میزان رشد و پراکنش گونه بسیار پایین است و این شرایط برای گیاه مورد مطالعه نامناسب است. با افزایش بارش بین ۱۰۰ تا ۱۸۰ میلی‌متر رشد و پراکنش گونه به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد به‌طوری‌که به بالاترین سطح پراکنش یعنی ۱ می‌رسد. با افزایش بیشتر بارش به بالاتر از ۱۸۰ میلی‌متر تأثیر چشمگیری برافزایش و رشد مورخوش ندارد و پراکنش ثابت می‌ماند. در نمودار مربوط به مجموع بارندگی مرطوب‌ترین ماه سال (BIO13) نشان می‌دهد که رشد و پراکنش در محدوده بارش بالا در این ماه بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر رخ می‌دهد. بارش در مقادیر پایین سبب می‌شود که گیاه نتواند به‌طور قابل‌توجهی رشد کند. تغییرات در نمودار مربوط به حداقل دما در سردترین ماه سال (BIO6) بیانگر این است که در دماهای خیلی پایین یعنی زیر ۲ درجه سلسیوس پراکنش گونه مورخوش به‌شدت کاهش می‌یابد و در دماهای بین ۲ تا ۸ درجه سلسیوس گونه بالاترین میزان پراکنش را دارد که به معنای سازگاری آن با شرایط ملایم زمستانی است. پراکنش گونه مورد مطالعه در دمای بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده حساسیت گونه به مناطق بسیار گرم در فصل زمستان است. با توجه به نمودار واکنش گونه مورخوش به دامنه تغییرات دمایی سالانه (BIO7) می‌توان به این نتیجه رسید که در دامنه‌های کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس پراکنش گونه مورخوش بسیار کم است. در دامنه متوسط بین ۲۴ تا ۳۰ درجه سلسیوس گونه مورد مطالعه بهترین رشد را دارد و در دامنه‌های خیلی بالا که بیشتر از ۳۴ درجه سلسیوس پراکنش گونه مورخوش کاهش می‌یابد و نمی‌تواند تغییرات دمایی بسیار شدید را تحمل کند.

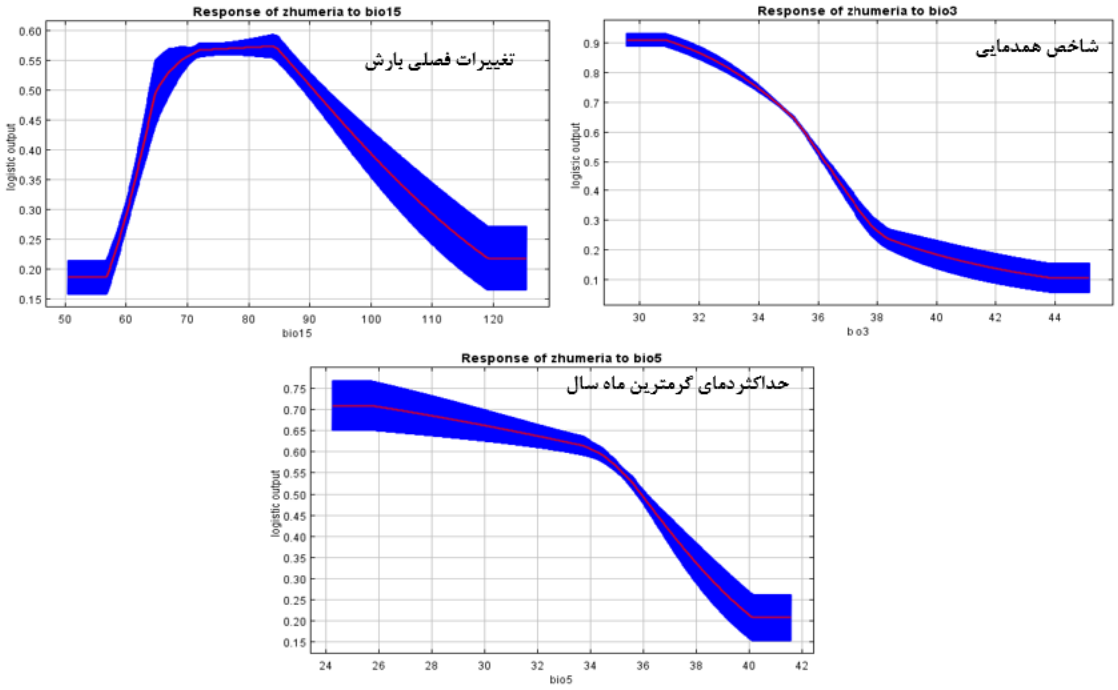
تحلیل نمودار واکنش گونه مورخوش به شیب دامنه نشان می‌دهد که شیب‌های ملایم تا تند برای رویش مورخوش مطلوب بوده و در شیب‌های کمتر از ۱۰ درجه رشد و پراکنش گونه روند کاهشی دارد. این مطلب بیانگر این است که در شیب‌های کم، خاک به‌خوبی زهکشی نمی‌شود و درنتیجه رقابت با سایر گیاهان افزایش می‌یابد. به‌طورکلی پراکنش گونه مورخوش بر اساس نمودار فوق در شیب‌های بالاتر از ۱۰ تا ۳۵ درجه افزایشی است به دلیل زهکشی بهتر و نیز رقابت کمتر با سایر گونه‌ها پراکنش در مناطق شیب‌دار بیشتر است. گونه مورخوش تمایل دارد در مناطق با شیب متوسط تا زیاد رشد کند. شیب زیاد می‌تواند به زهکشی بهتر خاک و جلوگیری از تجمع بیش‌ازحد آب کمک کند. همچنین، مناطق شیب‌دار معمولاً کمتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و چرای دام قرار می‌گیرند که می‌تواند زیستگاه امن‌تری برای این‌گونه فراهم کند. با توجه به تحلیل نمودار مربوط بارش در خشک‌ترین ماه سال (BIO14) می‌توان بیان کرد که در مقادیر پایین بارش میزان پراکنش گونه کاهش می‌یابد و در مقادیر بالاتر از ۵ میلی‌متر گونه واکنش مثبتی نشان می‌دهد و افزایش میزان پراکنش آن کاملاً محسوس است. در نمودار مربوط به BIO18 یعنی (مجموع بارش گرم‌ترین فصل سال) مشخص می‌شود که با افزایش بارش بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر در این فصل پراکنش به‌شدت افزایشی است و در میزان بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر گیاه مورخوش قادر به تحمل شرایط خشک تابستان نبوده و پراکنش آن کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت: که گیاه به مقدار معینی بارش در فصل گرم نیاز دارد تا بتواند مراحل زایشی و تولید بذر را با موفقیت انجام دهد. در تحلیل نمودار پاسخ گونه نسبت به میانگین دمای روزانه (BIO2) مشخص می‌شود که در دمای کمتر از ۶ درجه سانتی‌گراد مقدار پراکنش گونه مورد مطالعه کم است و دمای مناسب برای پراکنش گونه بین ۸ تا ۱۲ درجه سلسیوس است و از طرفی بیشتر از ۱۴ درجه سلسیوس نیز کاهشی است در نتیجه می‌توان گفت که گیاه مورخوش

به زمستان‌های خنک و معتدل (۸ تا ۱۲ درجه سلسیوس) وابسته است و در مناطق خیلی سرد یا خیلی گرم زمستانی پراکنش خوب و مناسبی ندارد.

با توجه به نمودار فصلی بودن بارش – ضریب تغییرات بارش سالانه (BIO15) در ابتدا احتمال حضور گونه در مقادیر کمتر از ۵۰ کم است که نشان می‌دهد در مناطقی با تغییرات فصلی کم در بارش یعنی بارش یکنواخت در سال گونه مورخوش چندان رشد نمی‌کند و در مقادیر متوسط ۵۰ تا ۹۰ در منطقه هرمزگان پراکنش آن افزایش می‌یابد و گونه به نواحی با تغییرات بارش متوسط در طول سال وابسته است و به همین ترتیب در مقادیر بالای ۱۰۰ از شاخص تغییرات فصلی بارش پراکنش آن به‌سرعت کاهشی بوده و بیانگر این ویژگی است که گونه مورخوش نمی‌تواند تغییرات شدید خشکی و نیز ترسالی را تحمل کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این‌گونه در مناطق با تغییرات متوسط بارش فصلی بهترین رشد را دارد و نمی‌تواند شرایط بسیار خشک یا بسیار مرطوب را تحمل کند. در شاخص هم‌دمایی (BIO3) مشخص می‌شود که مورخوش در نواحی با تغییرات دمایی متوسط و نوسانات دمایی معمولی رشد بهتری دارد. درواقع در مقادیر بین ۳۰ تا ۴۰ از شاخص هم‌دمایی پراکنش آن بسیار سریع افزایش می‌یابد و نشان می‌دهد که این‌گونه در نواحی با تغییرات دمایی معتدل رشد بهتری دارد. که به نوسانات دمایی متوسطی نیاز دارد. تحلیل نمودار پاسخ گونه مورخوش به حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال (BIO5) نشان می‌دهد که این‌گونه به تابستان‌های گرم اما نه خیلی داغ وابسته است به‌گونه‌ای که در دمای خیلی بالا بیش از ۳۶ درجه سلسیوس نمی‌تواند رشد کند.

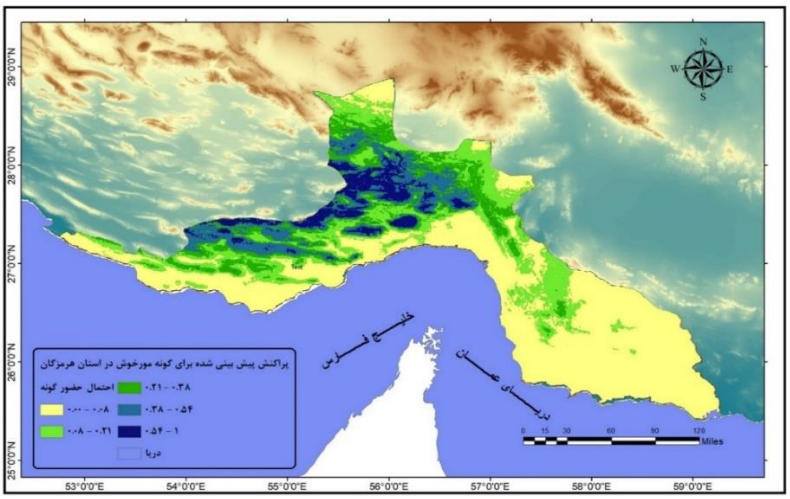


شکل ۷. مهم‌ترین منحنی‌های پاسخ گونه مورخوش به متغیرهای محیطی



ادامه شکل ۷. مهم‌ترین منحنی‌های پاسخ گونه مورخوش به متغیرهای محیطی

در نهایت بر اساس کارایی بسیار خوب مدل، پیش‌بینی پراکنش گونه مورخوش بر اساس نقاط حضور و احتمال حضور این‌گونه در استان هرمزگان تعیین شد (شکل ۸). این شکل حاصل از ۲۰ تکرار است که در آن اعداد بزرگ‌تر بیانگر احتمال بیشتر حضور گونه است. نتایج حاصل از مدل حداکثر آنتروپی رویشگاه حال حاضر گونه مورخوش در بخش‌هایی وسیعی از استان هرمزگان به رنگ سرمه‌ای از غرب و بخشی از و جنوب غربی و بخش‌هایی در مرکز استان که مناطق کوه گنو هستند در استان هرمزگان پیش‌بینی کرده است. برای نمایش بهتر پراکنش حال حاضر گونه مورخوش نقشه خروجی از مدل حداکثر آنتروپی در محیط ArcGIS با احتمال رخداد بین ۰ تا ۱ به پنج طبقه، گروه‌بندی شدند. این گروه‌ها شامل رویشگاه نامناسب (۰/۰۸ _ ۰)، رویشگاه تقریباً مناسب (۰/۲۱_۰/۰۸)، رویشگاه مناسب (۰/۳۸ _ ۰/۲۱)، رویشگاه با تناسب بالا (۰/۵۴ _ ۰/۳۸) و رویشگاه با تناسب خیلی بالا (۱_۰/۵۴) را نشان می‌دهد. به‌گونه‌ای که بیشترین احتمال رخداد بین (۱_۰/۵۴) به رنگ سورمه‌ای نسبت به‌کل استان هرمزگان، در قسمت‌هایی از شهرستان‌های ارتفاعات شمالی حاجی‌آباد، ارتفاعات بندرعباس و خمیر، بستک و مناطق کوه گنو مشاهده می‌گردد. این مناطق را به‌عنوان رویشگاه با تناسب خیلی بالا و در مقابل بخش‌های جنوبی، جنوب غربی و شرق و جنوبی شرقی و شمال منطقه هرمزگان را با کمترین احتمال حضور و رخداد گونه با رنگ زرد و دامنه (۰/۲۵ _ ۰)، به‌عنوان رویشگاه‌هایی با تناسب نامناسب نشان می‌دهد. مابقی مناطق استان که به رنگ سبز کمرنگ و پر رنگ و آبی نمایش داده شده‌اند و به‌عنوان رویشگاه تقریباً مناسب تا با تناسب بالا برای گونه مورخوش در شرایط حال حاضر مشخص‌شده است.



شکل ۸. پراکنش پیش‌بینی‌شده برای گونه مورخوش در استان هرمزگان

بحث

نتایج حاصل از مقایسه سه رویشگاه اصلی گونه مورخوش (کوه گنو، سرچاهان و تنگ زاغ هرمزگان) نشان داد که کوه گنو در جنوب استان هرمزگان، با ارتفاعات نسبتاً بالا و شرایط خاص اقلیمی خود، به‌عنوان منطقه‌ای با بارش‌های بیشتر نسبت به سایر مناطق اطراف شناخته می‌شود. شرایط دمایی در این منطقه به‌طور متوسط معتدل است و بارش‌ها در فصل زمستان و اوایل بهار بیشتر می‌باشند. این منطقه از نظر اقلیمی برای گونه موخوش که به تغییرات اقلیمی حساس‌اند، وضعیت مناسبی دارد. دمای معتدل، رطوبت نسبی بالاتر و بارش‌های متوسط باعث می‌شود تا این منطقه یکی از بهترین مکان‌ها برای رشد اولیه و مرحله گلدهی و بذر دهی گیاه مورخوش باشد. در کوه گنو، گیاه مورخوش دوره رویشی کوتاه‌تری (حدود ۱۰۰ روز) دارد که شامل رشد برگ‌ها از هفته سوم بهمن، گلدهی، تشکیل بذر و در نهایت ریزش بذرها تا هفته چهارم اردیبهشت است. این دوره نسبتاً کوتاه و به‌ویژه گلدهی زودهنگام نشان می‌دهد که گیاه در این منطقه به دلیل بارش‌های بیشتر و دمای ملایم‌تر، توانایی رشد سریع‌تر و تکثیر را دارد. کاهش بارش در تابستان و گرم شدن تدریجی هوا باعث می‌شود که گیاه مجبور شود سریع‌تر فرآیند رشد و بذر دهی را انجام دهد تا قبل از رسیدن به دماهای بالای تابستان، بذرهای خود را در خاک قرار دهد. منطقه سرچاهان از نظر اقلیمی در وضعیت متفاوت‌تری نسبت به کوه گنو قرار دارد. این منطقه دمای بالاتر و بارش‌های کمتری نسبت به کوه گنو دارد. در این منطقه، به‌ویژه در ماه‌های پاییز و زمستان، بارش‌ها به حد متوسط خود می‌رسد و این وضعیت باعث می‌شود که گونه مورخوش در این منطقه باید خود را با شرایط گرم‌تر و خشک‌تر تطبیق دهد. دوره رویشی مورخوش در این منطقه به‌طورکلی طولانی‌تر است و بیشتر در بهار و اوایل تابستان ادامه دارد، که بیانگر سازگاری این گیاه با شرایط خشک و گرم است. در منطقه سرچاهان، دوره رویشی مورخوش نسبت به کوه گنو طولانی‌تر است و حدود ۱۲۰ روز به طول می‌انجامد. در این منطقه، دوره رشد برگ‌ها از هفته چهارم بهمن آغاز می‌شود و در نهایت به پخش بذرها و ریزش آن‌ها در هفته سوم خرداد می‌رسد. این افزایش مدت‌زمان دوره رویشی ممکن است به دلیل بارش‌های کمتر و شرایط دمایی نسبتاً بالاتر در این منطقه باشد که گیاه نیاز به زمان بیشتری برای رشد و تکثیر دارد. از طرفی این دوره طولانی‌تر ممکن است به گیاه این فرصت را بدهد تا بتواند تحت تأثیر تغییرات اقلیمی خود را بهتر تطبیق دهد. در منطقه تنگ زاغ که به‌عنوان یکی از مناطق خشک و نیمه‌خشک هرمزگان شناخته می‌شود. شرایط دمایی بسیار بالایی در فصل تابستان و به‌ویژه در خرداد و تیرماه دارد. در این منطقه، بارش‌ها به‌شدت محدود است و رطوبت نسبی در فصول مختلف سال نوسان زیادی دارد. در این منطقه، گیاه مورخوش

به‌عنوان گیاهی مقاوم به خشکی و گرما، دوره رویشی خود را از اول اسفند شروع می‌کند و تا انتهای خرداد ادامه می‌دهد، که نشان‌دهنده سازگاری این‌گونه با شرایط اقلیمی بسیار خشک و داغ این منطقه است. شرایط و دوره رویشی در منطقه تنگ زاغ، باوجوداینکه دوره رویشی مشابه سرچاهان (۱۲۰ روزه) است، شروع دوره رویشی یک هفته به تعویق می‌افتد و از هفته اول اسفند آغاز می‌شود و تا آخر خرداد ادامه دارد. این تأخیر در شروع دوره رویشی ممکن است به دلیل دمای بالاتر و بارش‌های کمتر در این منطقه باشد که باعث می‌شود گیاه به زمان بیشتری برای آماده‌سازی و رشد نیاز داشته باشد. این ویژگی ازآنجاکه دمای بالای تابستان به‌شدت بر روند تکثیر گیاه تأثیر می‌گذارد، اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا گیاه باید دوره رشد خود را طوری تنظیم کند که قبل از ورود به دماهای بالا، بذرهای خود را آماده کند. (سلطانی‌پور و همکاران، ۲۵:۱۳۸۴) در تحقیقی در منطقه زمین سنگ هرمزگان، مراحل فنولوژیکی سه گونه مرتعی (گیاه شور پسند پرپشت، رخت خرفه دوشاخه، شور پسند مخروطی) را بررسی کردند. نتایج نشان داد که شروع رشد گیاهان با کاهش دما و آغاز بارندگی هم‌زمان است و دوره رشد در سال‌های پرباران زودتر آغاز می‌شود. این یافته‌ها تأیید می‌کند که شرایط اقلیمی بر دوره‌های رشد و نمو گیاهان تأثیرگذار است. از طرفی مطالعات مشابهی بر روی تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر رشد گیاهان دارویی انجام‌شده که نشان می‌دهد، که گیاهان مناطق قطبی و کوهستانی نسبت به تغییر اقلیم سریع‌تر واکنش نشان داده و محیط رشد خود را عوض می‌کنند. این تغییر می‌تواند تأثیر زیادی بر فنولوژی گیاهان داشته باشد و حتی باعث تغییر در زمان گلدهی و رشد شود (Mahdipour et al, 2017: 145).

به‌طورکلی گونه مورخوش در هر سه منطقه کوه گنو، سرچاهان و تنگ زاغ با توجه به ویژگی‌های اقلیمی منحصربه‌فرد خود، سازگاری‌هایی را برای تطبیق با شرایط خشک و دمای بالای این مناطق از خود نشان می‌دهد. تفاوت‌ها در طول دوره رویشی و زمان شروع آن، به‌وضوح تحت تأثیر تفاوت‌های دمایی و بارشی هر منطقه قرار دارد. به‌طورکلی، این گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک هرمزگان با استفاده از توانایی‌های خود برای استفاده بهینه از منابع محدود آبی و دمایی، به شکلی مؤثر رشد می‌کند و تکثیر می‌شود. طبق مطالعه‌ای که توسط کنشلو و همکاران (۱۳۹۵) در جنوب شرق ایران نشان داد که مراحل فنولوژیکی گیاه Moringa peregrina تحت تأثیر دما و بارندگی قرار دارد. رشد این گیاه با دمای مناسب و رطوبت کافی آغاز می‌شود و برگ دهی از ژانویه شروع‌شده و در ماه مه با افزایش دما برگ‌ها می‌ریزند. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مستقیم شرایط اقلیمی بر دوره‌های رشد و نمو گیاه است.

نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌سازی پراکنش گونه با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی، نشان داد که پیش‌بینی در داده‌های آموزشی و آزمایشی عملکرد بسیار خوبی دارد. AUC نزدیک به ۱ برای داده‌های آموزشی و ۰,۹۰ برای داده‌های آزمایشی نشان‌دهنده قدرت پیش‌بینی بالای مدل است. همچنین، حساسیت و ویژگی بالا در هر دو مجموعه داده‌ها، نمایانگر توانایی مدل در شبیه‌سازی دقیق پراکنش گونه است. با توجه به نتایج آزمون‌های Jackknife، می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای مرتبط با بارش به‌ویژه بارش در سردترین فصل سال و بارش در خشک‌ترین ماه سال بارش مرطوب‌ترین ماه سال و به همراه شیب دامنه مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه مورخوش در استان هرمزگان هستند. این نتیجه با مطالعاتی که از مدل MaxEnt برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌های دارویی و اندمیک در ایران انجام‌شده هم‌راستا است. در این مطالعات دقت بالای مدل حتی با تعداد محدود نقاط حضور گزارش‌شده و قابلیت آن در شناسایی مناطق مطلوب رویشگاهی تأیید گردیده است در مطالعه‌ای که توسط (Hosseini et al, 2024:3641) عنوان مدل‌سازی پتانسیل زیستگاهی و تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش کنونی و آینده سه گونه Thymus در ایران با استفاده از مدل MaxEnt، به‌وضوح به اعتبار و کارایی بالای مدل MaxEnt در پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها اشاره‌شده

است. این نتایج نشان می‌دهند که مدل MaxEnt ابزاری مؤثر و قابل‌اعتماد برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی است.

نتایج حاصل از نمودار پاسخ گونه نسبت به متغیرهای محیطی نشان داد که بارش عامل کلیدی در رشد و بقا و دما نقش فرعی اما مهم در مراحل زایشی گونه مورخوش دارد و در اولویت‌بندی عوامل محیطی بارش زمستانه مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده در پراکنش گونه مورد مطالعه و دما نقش کنترل‌کننده رشد و زایشی گونه را دارد. بر همین اساس می‌توان گفت که مهم‌ترین عامل تهدیدکننده برای گونه مورخوش کاهش بارش زمستانه و افزایش دمای سالانه است و وابستگی آن به بارش زمستانه و نیز بارندگی در ماه‌های مرطوب با توجه به دوره رویشی و برگ دهی تا گلدهی این‌گونه تأیید می‌شود. در مقابل در دوره‌های خشک و بارندگی پایین در ماه‌های خشک پراکنش گونه کاهشی بوده است. وابستگی گونه مورخوش به تغییرات متوسط بارش فصلی بیانگر این است که نمی‌تواند مناطق با خشکی شدید یا رطوبت زیاد را تحمل کند و این‌گونه به دماهای معتدل زمستانی و تابستانی نیاز دارد به‌نوعی که در نواحی با نوسانات شدید دمایی (خیلی گرم یا خیلی سرد) رشد نمی‌کند. به‌طورکلی نوسانات دمایی سالانه باید متوسط باشد زیرا نوسانات شدید دما به مورخوش آسیب می‌زند. این گیاه در دمای تابستانی ۲۶ تا ۳۲ درجه سلسیوس و دمای زمستانی ۸ تا ۱۲ درجه سلسیوس بهترین رشد را دارد. از طرفی با تحلیل نمودار پاسخ گونه نسبت به شیب دامنه می‌توان نتیجه گرفت که این‌گونه در مناطق شیب‌دار و سنگلاخی با زهکشی خوب رشد بهتری دارد و توانایی رقابت را در شرایط کم رقابت دارد. نتایج مشابهی در مطالعات زیست مکانی برای گونه‌های بومی در منطقه جنوب غربی چین بر قوی‌تر بودن تأثیر اقلیم بر گونه‌های بومی نشان می‌دهد که این گروه، نسبت به تغییرات دما و آبی بیشتر حساس هستند و احتمالاً در معرض ریسک بیشتری قرار دارند.(Zu et al, 2022: 11) . مطالعات دیگری که (Kosič et al, 2021: 99) انجام داده‌اند به‌وضوح نشان می‌دهد که نمودارهای پاسخ به متغیرهای محیطی برای گونه‌های Salvia brachyodon و S. officinalis، ابزاری قوی و قابل‌اعتماد برای درک واکنش‌های این گونه‌ها هستند.

نتیجه‌گیری

گونه مورخوش (Zhumeria majdae) در سه رویشگاه اصلی استان هرمزگان شامل کوه گنو، سرچاهان و تنگ زاغ، با توجه به شرایط اقلیمی خاص هر منطقه، دوره‌های رویشی متفاوتی را نشان می‌دهد. کوه گنو به دلیل بارش بیشتر، دمای ملایم‌تر و رطوبت بالاتر، شرایط مساعدتری برای رشد اولیه، گلدهی زودهنگام و بذر دهی سریع‌تر گیاه فراهم کرده است. درحالی‌که در سرچاهان و تنگ زاغ، به دلیل گرمای بیشتر و بارش کمتر، دوره رویشی طولانی‌تر بوده و شروع آن نیز با تأخیر همراه است، که بیانگر سازگاری تدریجی گیاه با شرایط خشک‌تر و گرم‌تر این مناطق است. مدل‌سازی پراکنش گونه با استفاده از مدل MaxEnt عملکرد بسیار دقیقی در پیش‌بینی پراکنش نشان داد. نتایج آزمون Jackknife نشان داد که متغیرهای اقلیمی به‌ویژه بارش در سردترین فصل سال، بارش در خشک‌ترین ماه سال، بارش در مرطوب‌ترین ماه سال و شیب دامنه، از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش مورخوش هستند. بررسی پاسخ گونه به این متغیرها نشان داد که بارش عامل کلیدی در رشد و بقا، و دما نقش مهمی در مراحل زایشی گیاه دارد. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش بارش‌های زمستانه و افزایش دمای سالانه، از اصلی‌ترین تهدیدها برای بقای این‌گونه به شمار می‌روند. همچنین، رشد بهتر گیاه مورخوش در مناطق شیب‌دار و سنگلاخی و سازگاری آن با شرایط کم رقابت، نشان‌دهنده ویژگی‌های بوم‌شناختی خاص این‌گونه در برابر محدودیت‌های اقلیمی منطقه است.

حامی مالی
این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش
نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد و منافع
نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر
نویسندگان از همه‌کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

اسدپور، رحمان و سلطانی پور، محمدامین. (۱۳۸۴). بررسی برخی ویژگی‌های اکولوژیکی گونه دارویی Zataria multiflora Boiss در استان هرمزگان. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۱ (۲)، ۱۶۱-۱۷۳.* https://doi.org/10.22092/ijmapr.2005.115168

جم زاده، (۱۳۹۱). فلور ایران، شماره ۷۶، تیره نعناعیان (Lamiaceae). موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران. ۱۷۰۲ صفحه.

حاجبی، عبدالحمید؛ سلطانی‌پور، محمدامین؛ دستجردی، عبدالمجید و ابراهیمی، سلیمه. (۱۳۸۶). اثرات دگر آسیبی عصاره آبی گیاه مورخوش (Zhumeria majdae Rech. f. & Wendelbo) بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای هفت گونه از سبزیجات. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۳ (۱)، ۵۱-۵۸.

سرهنگ زاده، جلیل؛ یاوری، احمدرضا؛ همامی، محمود رضا؛ جعفری، حمیدرضا و شمس اسفند آباد، بهمن. (۱۳۹۰). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های حیات‌وحش در مناطق خشک مطالعه موردی: کل و بز (Capra aegagrus) در منطقه حفاظت‌شده کوه بافق. *خشک بوم*، ۱ (۳)، ۳۸-۵۰.

سلطانی‌پور، محمدامین. (۱۳۸۴). فنولوژی گونه دارویی مورخوش (Zhumeria majdae) در ارتفاعات مختلف استان هرمزگان. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۱ (۱)،۱-۲۲. doi: 10.22092/ijmapr.2005.115204

کنشلو, هاشم. (۱۳۹۵). علل پراکنش گونه گازرخ (Moringa peregrina) در جنوب ایران. *مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)(علمی)*، ۲۹ (۱)، ۱۸۰-۱۹۰.

مهدی پور، محمدعلی؛ نبی پور، راحله؛ هنرو، کریم. (۱۳۹۶). تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر رشد گیاهان دارویی. *دومین همایش ملی گیاهان دارویی دیم ایران. ارومیه.*

References

Asadpoor, R., & Soltanipoor, M. (2005). Study of some Ecological Characteristics of Zataria multiflora in Hormozgan Province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *21*(2), 161-173. doi: 10.22092/ijmapr.2005.115168. [in Persian]

Bald, L., Gottwald, J., & Zeuss, D., (2023). SpatialMaxent: Adapting species distribution modeling to spatial data. *Ecology and Evolution*, *13*(10), e10356.

Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C. H., & Thuiller, W. (2012). Selecting pseudo-absences for species distribution models: How far can we go?. *Methods in Ecology and Evolution*, *3*(2), 327-338. https://doi.org/۱۰,۱۱۱۱/j.۲۱۰-۲۰۴۱X.۲۰۱۱,۰۰۱۷۲.x

doi:10.1111/j.1461-0248.2008.01277.x.
Effrosynidis, D. (2020). Species Distribution Modelling via Feature Engineering and Machine Learning for Pelagic Fishes in the Mediterranean Sea. *Applied Sciences*, 10(24), 8900. doi:10.3390/app10248900.
Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(1), 677–697. https://doi:10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159.
Elith, J., Graham, H. R., Anderson, R. P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., & Hijmans, R. J. (2011). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography, 31*(3), 228-237. https://doi.org/۱۰,۱۱۱۱/j.۰۵۸۷,۲۰۰۸,۰۵۷۴۲-۱۶۰۰.x
Fitria Rinawati, F., Katharina, S., & André, L. (2013). Climate Change Impacts on Biodiversity—The Setting of a Lingering Global Crisis. *Tropical Forests Ecology and Climate Change, 5*(1), 114-123. https://doi.org/10.3390/d5010114
Franklin, J. (2010). Mapping species distributions: Spatial inference and prediction. Cambridge University Press,745-749. https://doi.org/10.1017/CBO9780511810602
Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., & Tulloch, A. I. (2017). Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters, 20*(3), 264-274. https://doi.org/۱۰,۱۱۱۱/ele.۱۲۷۵۴
Hajebi, A., Soltanipor, M., Dastjerdi, A & Ebrahimi, S. (2007). Allelopathic effects of aqueous extract of Zhumeria majdae on seed germination of seven species of vegetables. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 23*(1), 51-58. [in Persian]
Hosseini, N., Ghorbanpour, M., & Mostafavi, H. (2024). Habitat potential modelling and the effect of climate change on the current and future distribution of three Thymus species in Iran using MaxEnt. *Scientific Reports, 14*, 3641.
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). Global warming of 1.5°C. IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels.
Jamzad, Z. (2012). *Flora of Iran, No. 76: Lamiaceae (Mint Family)*. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran. 1702 pages. [in Persian]
Kearney, Michael; Porter, Warren (2009). "Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges". *Ecology Letters*. 12 (4), 334–350.
Keneshloo, H., Achak, M. Y., & Damizadeh, G. (2015). A study on phenology of Moringa peregrina (Forssk.) Fiori. in the southeast of Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 31*(2), 235–247. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2015.101463
Koneshloo, H. (2016). Why Moringa peregrina (Forssk.) Fiori is distributed at South of Iran. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 29*(1), 180-190. [in Persian]
Kosič, M., Šilc, U., Vukelić, J., & Filipović, M. (2021). Phytosociology, ecology and conservation status of Salvia brachyodon (Lamiaceae), a narrow endemic of Eastern Adriatic. *Hacquetia, 20*(1), 65–104 .https://doi.org/10.2478/hacq-2021-0002
Mahdipour, M. A., Nabipour, R., & Hanaro, K. (2017). The impact of climate change on the growth of medicinal plants. *2nd National Conference on Rainfed Medicinal Plants of Iran, Urmia.* [in Persian]
Mozaffarian, V. (2018). *Flora of Persia*. Research Institute of Forests and Rangelands, 145-146. https://ebookiran.ir/home/68095
Pareja□Bonilla, D., Arista, M., Morellato, L. P. C., & Ortiz, P. L. (2025). Better soon than never: Climate change induces strong phenological reassembly in the flowering of a Mediterranean shrub community. *Annals of Botany, 135*(1–2), 239–254. https://doi.org/10.1093/aob/mcad193
Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling, 190*(3-4), 231-259. https://doi.org/10/1016/j.ecolmodel.
Radosavljevic, A., & Anderson, R. P. (2014). Making better maxent models of species distributions: Complexity, overfitting, and evaluation. *Journal of Biogeography*, 41(4), 629-643. https://doi.org/۱۰,۱۱۱۱/jbi.۱۲۲۲۷

Randin, C. F., Normand, S., Engler, R., & Zappa, M. (2008). Climate change and plant distribution: Local models predict high-elevation persistence. *Global Change Biology, 15*(6), 1557–1569.https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01766.x

Rea, B. R., Pellitero, R., Spagnolo, M., Hughes, P. D., Ivy-Ochs, S., Renssen, H., & Ribolini, A. (2018). Extensive marine-terminating ice sheets in Europe from 2.5 million years ago. *Science Advances*, 4(6), eaar8327. https://doi.org/10.1126/sciadv.aar8327

Rechinger, K. H., & Wendelbo, P. (1967). Zhumeria majdae: A new species from the Labiatae (Lamiaceae) family. *Nytt Magasin for Botanik*, 14(1), 39–43.

Rosenstock, Todd S.; Nowak, Andreea; Girvetz, Evan (2018). *The Climate-Smart Agriculture Papers: Investigating the Business of a Productive, Resilient and Low Emission Future.* Cham, Switzerland: Springer. p. 41. ISBN 9783319927978.

Sarhangzadeh, J., Yavari, A. R., Hemami, M. R., Jafari, H. R. & Shams Esfandabad, B. (2011). Habitat suitability modeling for wildlife in the arid lands, Case study: Wild goat (Capra aegagrus) in Kouh-e-Bafgh protected area. *Journal of Arid Biome*, *1*(3), 38-50. [in Persian]

SoltaniPoor, M. A., Rezaei, M. B., Moradshahi, A., Kholdebarin, B., & Barazandeh, M. (2007). The comparison of constituents of essential oils of Zhumeria majdae Rech. f. & Wendelbo at flowering stages in various parts of Hormozgan Province. *Journal of Medicinal Plants, 6*(21), 42-47+6.

Sun, Y., Sun, Y., Yao, S., Akram, M. A., Hu, W., Dong, L., Li, H., Wei, M., Gong, H., Xie, S., Aqeel, M., Ran, J., Degen, A. A., Guo, Q., & Deng, J. (2021). Impact of climate change on plant species richness across drylands in China: From past to present and into the future. *Ecological Indicators*, *132*, 108288. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108288

Wagenitz, G. (1980). *Flora Iranica*. Akademische Druck- und Verlagsanstalt. 796-797.

Walter, H. (1971). *Ecology of Tropical and Subtropical Vegetation.* Springer Science & Business Media. (pp. 165-166). DOI: https://doi.org/10.2307/4117095.

Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J. E., Hyde, K. J. W., Morelli, T. L., Morisette, J. T., Muñoz, R. C., Pershing, A. J., Peterson, D. L., Poudel, R., Staudinger, M. D., Sutton-Grier, A. E., Thompson, L., Vose, J., Weltzin, J. F., & Whyte, K. P. (2020). Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of the Total Environment, 733*, 137782.

Zu, K., Wang, Z., Lenoir, J., Shen, Z., Chen, F., & Shrestha, N. (2022). Different range shifts and determinations of elevational redistributions of native and non-native plant species in Jinfo Mountain of subtropical China. *Ecological Indicators, 145*, 109678. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109678