



## Projecting the future distribution of *Allium jesdianum* Boiss. and buhse under climate change scenarios in Iran using MaxEnt modeling

Naser Hosseini<sup>1\*</sup>, Meyssam Masuodi<sup>2</sup>, Kobra Ghiasvand<sup>3</sup> and Fatemeh Zeynali<sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, Department of Medicinal Plants, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran, E-mail address: n-hosseini@araku.ac.ir

2- Ph.D. student, Department of Plant Biology, School of Biology, College of Science, University of Tehran, Teheran, Iran

3- Department of Medicinal Plants, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran

Received: 23/12/2024

Revised: 02/02/2026

Accepted: 03/02/2026

### Abstract

**Background and Objectives:** Climate change poses a significant threat to biodiversity and the distribution of plant species. *Allium jesdianum* (Piaz-e-Yazdi), a valuable medicinal species in the Zagros Mountains of Iran, has populations damaged by climate change and over-harvesting. This study aimed to identify the most critical environmental factors affecting the distribution of this species and to predict the impact of climate change scenarios on its future habitats.

**Materials and Methods:** This study employed Maximum Entropy (MaxEnt) modeling to predict the geographical distribution of *A. jesdianum*. We used species occurrence data along with a set of bioclimatic, soil, and topographic variables. We assessed the impact of climate change on the species' distribution under two scenarios, semi-optimistic (RCP 4.5) and pessimistic (RCP 8.5), for the years 2050 and 2070.

**Results:** According to the percent contribution index, elevation (55.4%), precipitation of the driest month (15.6%), and topsoil bulk density (13.1%) were the most decisive factors in the species' distribution. The model demonstrated excellent performance (AUC = 0.9) and predicted that suitable habitats for this species will decrease by 14% to 23% under future scenarios, with the most severe decline occurring under the pessimistic scenario. Furthermore, suitable habitats are projected to shift toward higher latitudes (33° to 38° N), while suitability is expected to decrease at lower latitudes.

**Conclusion:** These findings emphasize the need for immediate conservation strategies for *A. jesdianum*. We recommend identifying and managing current and future suitable areas for in situ conservation, as well as for the sustainable cultivation and utilization of this valuable species.

**Keywords:** *Allium jesdianum*, climate change, conservation, Iran, MaxEnt.



## ارزیابی اثر تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی پیازیزدی (*Allium jesdianum* Boiss. & Buhse) در ایران با استفاده از روش مدل سازی حداکثر آنتروپی

ناصر حسینی<sup>۱\*</sup>، میثم مسعودی<sup>۲</sup>، کبری قیاسوند<sup>۳</sup> و فاطمه زینعلی<sup>۴</sup>

\*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران، پست الکترونیک: n-hosseini@araku.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم گیاهی، دانشکده زیست‌شناسی، دانشکده‌گان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- فارغ‌التحصیل کاردانی، گروه گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۴- فارغ‌التحصیل کارشناسی، گروه گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۴

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۱۱/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۳

### چکیده

سابقه و هدف: تغییرات اقلیمی، تنوع زیستی و پراکنش گونه‌های گیاهی را به شدت تهدید می‌کند. پیاز یزدی (*Allium jesdianum*) یکی از گونه‌های دارویی ارزشمند در رشته‌کوه‌های زاگرس ایران است که جمعیت آن به دلیل تغییرات اقلیمی و برداشت بی‌رویه آسیب دیده است. این پژوهش با هدف شناسایی مهمترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش این گونه و پیش‌بینی تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر زیستگاه‌های آینده آن انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه از مدل‌سازی حداکثر آنتروپی (MaxEnt) برای پیش‌بینی توزیع جغرافیایی پیازیزدی استفاده شد. داده‌های حضور گونه به همراه مجموعه‌ای از متغیرهای زیست‌اقلیمی، خاکی و توپوگرافی استفاده شدند. تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش گونه تحت دو سناریوی نیمه‌خوش‌بینانه (RCP 4.5) و بدبینانه (RCP 8.5) برای سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ ارزیابی گردید. یافته‌ها: نتایج نشان داد که براساس شاخص درصد مشارکت متغیرهای ارتفاع (۵۵/۴٪)، بارندگی خشک‌ترین ماه (۱۵/۶٪) و چگالی خاک سطحی (۱۳/۱٪) مهمترین عوامل تعیین‌کننده پراکنش گونه هستند. مدل با عملکرد عالی ( $AUC = 0/9$ ) پیش‌بینی کرد که مساحت زیستگاه‌های مطلوب این گونه در سناریوهای آینده بین ۱۴ تا ۲۳ درصد کاهش خواهد یافت که بیشترین کاهش در سناریوی بدبینانه رخ می‌دهد. همچنین، پیش‌بینی می‌شود که زیستگاه‌های مناسب به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر (۳۳ تا ۳۸ درجه شمالی) جابجا شوند، در حالی که مطلوبیت در عرض‌های پایین‌تر کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه بر لزوم اتخاذ رویکردهای حفاظتی فوری برای پیازیزدی تأکید دارد. پیشنهاد می‌شود مناطق مناسب فعلی و آینده برای حفاظت درون‌رویشگاهی (*In-situ*) و کشت و بهره‌برداری پایدار از این گونه ارزشمند شناسایی و مدیریت شوند.

واژه‌های کلیدی: ایران، پیاز یزدی، تغییر اقلیم، حفاظت، حداکثر آنتروپی.

### مقدمه

درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (Solomon et al., 2007). به‌طوری‌که این موضوع به تغییر در الگوهای بارش و افزایش فراوانی رویدادهای اقلیمی حادی منجر خواهد شد (Wasko et al., 2021). این دگرگونی‌ها، زیست‌کره را در مقیاس‌های مختلف، از بیوم‌ها تا گونه‌ها، تحت تأثیر قرار داده و پیامدهای عمیقی برای تنوع زیستی، تولیدات

تغییرات اقلیمی که عمدتاً ناشی از افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل فعالیت‌های انسانی است، به‌عنوان یکی از چالش‌های بنیادین این قرن شناخته می‌شود (Robbins Schug et al., 2023). مدل‌های اقلیمی پیش‌بینی می‌کنند که میانگین دمای جهانی تا سال ۲۰۹۰ بین ۱/۸ تا ۴

ترکیه (Uzun et al., 2023)، تأثیر چرخه‌های خورشیدی بر حلقه‌های سالانه راش اروپایی در طول تغییر اقلیم در مرکز و جنوب اروپا (Šimunek et al., 2021)، پیش‌بینی ظرفیت انتشار گونه *Litsea cubeba* در چین با توجه به تغییرات اقلیمی آینده (Shi et al., 2023)، تأثیر تغییرات اقلیمی بر انتشار جغرافیایی *Thymus kotschyanus* در استان‌های شمالی ایران (Nazari et al., 2021)، تهیه نقشه انتشار حال و آینده گونه‌های اندمیک *Onosma* در ایران نمونه‌هایی از مطالعات انجام شده با روش مکسنت است (Khajoei Nasab et al., 2020).

ایران، با تنوع اقلیمی و توپوگرافیک برجسته، به‌عنوان یکی از مراکز مهم تنوع زیستی و خاستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی در خاورمیانه محسوب می‌شود و پس از ترکیه، غنی‌ترین فلور منطقه را داراست (Buso et al., 2020؛ Mehrnia et al., 2021). طب سنتی ایران نیز که ریشه در همین غنای گیاهی دارد، از دیرباز مورد توجه بوده است (Buso et al., 2020؛ Mehrnia et al., 2021). جنس پیاز (*Allium L.*) با ۱۱۴ گونه در ایران، یکی از مهمترین جنس‌های گیاهی از نظر اقتصادی و دارویی است (Fritsch & Abbasi, 2008). گونه *Allium jesdianum* Boiss. & Buhse معروف به پیاز یزدی، گیاهی پایا و پیازدار است که به‌صورت خودرو در ارتفاعات ۱۸۰۰ تا ۲۶۰۰ متری رشته‌کوه زاگرس می‌روید (Mozafarian, 1998؛ Mohsenzadeh, 2024). این گونه به‌دلیل کاربردهای دارویی متعدد از جمله درمان دردهای شکمی، روماتیسم، سنگ کلیه و خواص ضد میکروبی و ضدسرطانی، از اهمیت بالایی در طب سنتی برخوردار است (Zarabi et al., 2017؛ Nehzomi & Shirani, 2024). با توجه به ارزش اکولوژیکی و دارویی *A. jesdianum* و تهدیدهای ناشی از تغییر اقلیم و بهره‌برداری ناپایدار، این پژوهش با هدف اصلی پیش‌بینی تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی این گونه تدوین شد. اهداف ویژه این مطالعه عبارتند از: (۱) شناسایی مهمترین متغیرهای محیطی کنترل‌کننده پراکنش گونه، (۲) مدل‌سازی و ترسیم نقشه زیستگاه‌های مناسب

کشاورزی و امنیت غذایی جهانی به همراه دارد (Lapola et al., 2009؛ Fan et al., 2022؛ Shi, et al., 2023). یکی از بارزترین پاسخ‌های اکولوژیکی به تغییر اقلیم، تغییر در الگوهای پراکنش جغرافیایی گونه‌هاست (Root et al., 2003؛ Pecl et al., 2017). به‌طوری‌که این تغییرات چالش‌های جدی برای بقای گونه‌های گیاهی به‌ویژه گونه‌های اندمیک که زیستگاه محدودی دارند ایجاد می‌کند و منجر می‌شود تا این گونه‌ها یا با شرایط جدید سازگار شوند، محدوده ارتفاعی یا عرض جغرافیایی خود را تغییر دهند و یا با کاهش جمعیت در جهت انقراض پیش بروند (Abolmaali et al., 2018؛ Valavi et al., 2019). بنابراین، پیش‌بینی واکنش گونه‌ها به سناریوهای اقلیمی آینده برای تدوین راهبردهای مدیریتی و حفاظتی مؤثر، موضوعی حیاتی است (Hosseini et al., 2022؛ Beridze et al., 2023).

مدل‌های توزیع گونه (Species Distribution Models-SDMs) ابزارهای قدرتمندی هستند که با تعیین ارتباط بین حضور گونه و متغیرهای محیطی، امکان پیش‌بینی پراکنش فعلی و آینده آنها را فراهم می‌کنند. این مدل‌ها به‌عنوان روشی کارآمد و مقرون‌به‌صرفه برای ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم بر زیستگاه‌های بالقوه شناخته می‌شوند (Jarvis et al., 2008؛ Jarvis et al., 2010؛ Ngarega et al., 2024). در میان الگوریتم‌های مختلف، مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt)، که یک روش یادگیری ماشین مبتنی بر داده‌های فقط-حضور است، به دلیل عملکرد برتر، به‌ویژه در شرایطی با حجم نمونه محدود، کاربرد گسترده‌ای یافته است (Phillips et al., 2006؛ Hosseini et al., 2024؛ Ngarega et al., 2024). مطالعات متعددی با استفاده از این روش برای بررسی مطلوبیت زیستگاه و تأثیر تغییرات اقلیمی بر انتشار گونه‌های گیاهی در سطح جهان و ایران انجام شده است. بررسی ظرفیت انتشار گیاه مهاجم *Solanum viarum* در شرایط حال و آینده در کشور پاکستان (Waheed et al., 2023)، مدل‌سازی مناطق پراکنش *Thymus praecox* در شرایط حال و آینده در

جنگل‌های بلوط گسترده‌ای هستند (White & Léonard, 1990) و به عنوان یکی از کانون‌های تنوع برای خویشاوندان وحشی گیاهان زراعی و گیاهان دارویی شناخته می‌شود (Hosseini et al., 2021؛ Sayadi et al., 2022). زاگرس جنوبی نیز زیستگاه گونه‌های ارزشمندی مانند *Rosularia modesta* و *Nepeta assurgens*، *Cousinia fragilis* و *Allium lalesaricum* می‌باشد. سایر رشته‌کوه‌های اصلی ایران شامل البرز در امتداد سواحل جنوبی دریای خزر (Stocklin & Nabavi, 1973؛ Ghorbani, 2013)، کپه‌داغ در شمال‌شرق (Navabpour et al., 2006) و کوه‌های داخلی در مناطق مرکزی، جنوبی و شرقی کشور هستند که مجموعاً چشم‌انداز زمین‌شناسی متنوع ایران را شکل می‌دهند (Stocklin & Nabavi, 1973؛ Ghorbani, 2013؛ Navabpour et al., 2006).

#### داده‌های حضور گونه *Allium jesdianum*

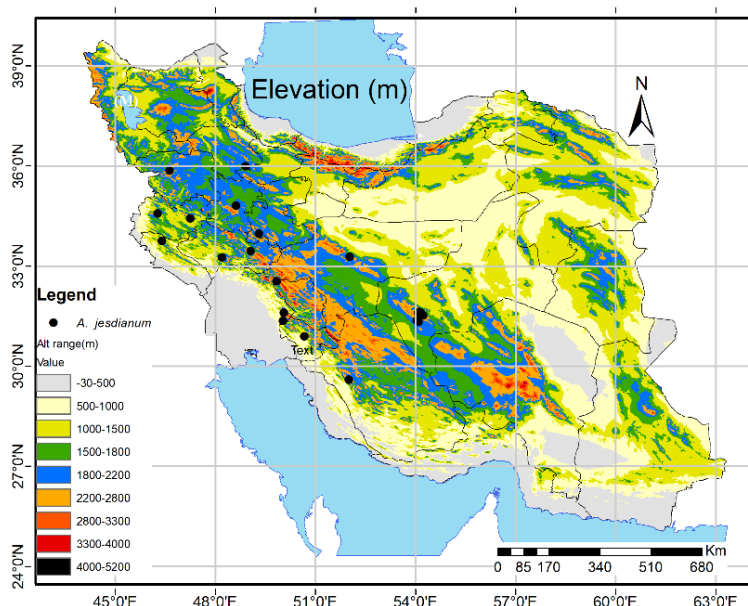
نقاط حضور *A. jesdianum* با استفاده از منابع مختلف، از جمله جمع‌آوری مستقیم میدانی، هرباریوم‌های IRAN.HSBU و TARI (Thiers, 2016)، پایگاه داده‌های GBIF و منابع (Wendelbo, 1971) مشخص شدند. از آنجایی که داده‌های عدم حضور قابل اعتماد برای توزیع گونه‌های مورد نظر در دسترس نبود، این مطالعه تنها بر داده‌های حضور تکیه داشت. برای حذف نقاط تکراری، فرایند فیلترینگ با انتخاب تصادفی یک نقطه حضور در یک گرید سل با اندازه ۱×۱ کیلومتر، اعمال گردید (Khan et al., 2022). این فرایند انتخاب با استفاده از بسته‌های  $sf$ ،  $sp$  و  $rio$  در محیط برنامه‌نویسی R (نسخه ۴،۳،۱) انجام شد. در نهایت بعد از حذف نقاط تکراری، ۳۰ نقطه حضور برای مدل‌سازی در نظر گرفته شد (شکل ۱).

فعلی و ۳) پیش‌بینی تغییرات آینده در مساحت و مکان این زیستگاه‌ها. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنای علمی لازم برای برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریت پایدار این گونه ارزشمند را فراهم کند.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در گستره کشور ایران، با مساحت ۱۹۵،۶۴۸،۱ کیلومتر مربع، واقع در عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی انجام شد. این کشور در منطقه خشک خاورمیانه قرار دارد و میانگین بارش سالانه آن حدود ۲۵۰ میلی‌متر است (Jamshidi & Samani, 2022). دامنه ارتفاعی کشور از ۲۷- متر در سواحل دریای خزر تا ۵۶۷۰ متر در قله دماوند در رشته‌کوه البرز متغیر است. این تنوع در خاک، توپوگرافی، ارتفاع و دسترسی به آب، غنای پوشش گیاهی ایران را رقم زده است، به طوری که با بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاه آوندی که بیش از ۳۰٪ آن بومی هستند در ایران انتشار دارند (Noroozi et al., 2019). توپوگرافی ایران تحت تأثیر چندین رشته‌کوه اصلی قرار دارد که حاصل فرایندهای پیچیده تکتونیکی هستند. مهمترین این رشته‌کوه‌ها، رشته‌کوه زاگرس است که زیستگاه اصلی گونه مورد مطالعه (پیازیزدی)، محسوب می‌شود. زاگرس که عمدتاً از سنگ‌های رسوبی تشکیل شده، محصول برخورد صفحات اوراسیا و عربستان در دوران میوسن است و امتداد شمال‌غربی-جنوب‌شرقی در کمربند کوهزایی آلپ-همالیا دارد (Homke et al., 2009). این رشته‌کوه با فراهم کردن شرایط اقلیمی خنک‌تر و مرطوب‌تر (بارش سالانه ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر)، میزبان جنگل‌های بلوط (*Quercus spp.*) است. به طور خاص، بخش‌های غربی زاگرس دارای



شکل ۱- الگوی انتشار پیازیزدی (*Allium jesdianum*) در ایران براساس دامنه ارتفاعی

Figure 1. Distribution pattern of *Allium jesdianum* in Iran based on elevation range

#### متغیرهای محیطی و فرایند انتخاب آنها

رویکرد ما برای انتخاب متغیرها یک فرایند چندمرحله‌ای بود که با هدف ایجاد تعادل بین جامعیت و سادگی مدل طراحی شد. در مرحله اول، مجموعه‌ای جامع شامل ۲۱ متغیر محیطی در سه دسته زیست‌اقليمی، خاک و توپوگرافی گردآوری شد. این متغیرها به صورت لایه‌های رستری با فرمت ASCII و با وضوح مکانی ۳۰ ثانیه قوسی (تقریباً یک کیلومتر مربع) از منابع زیر دریافت شدند: داده‌های زیست‌اقليمی از وبسایت WorldClim، داده‌های خاک از SoilGrids و داده‌های توپوگرافی از WorldGrids. سپس، یک فرایند دقیق دومرحله‌ای برای گزینش نهایی متغیرها اجرا شد. برای ارزیابی اولیه، اهمیت نسبی هر یک از ۲۱ متغیر با استفاده از آزمون جک‌نایف (Jackknife test) و شاخص درصد مشارکت (Percent Contribution) در نرم‌افزار MaxEnt ارزیابی شد (Phillips et al., 2006). این تحلیل به ما امکان داد تا تأثیرگذارترین متغیرها و متغیرهایی با اهمیت نسبی پایین را شناسایی کنیم. در مرحله بعد، ضریب همبستگی پیرسون برای ارزیابی هم‌خطی چندگانه

(multicollinearity) بین متغیرها در محیط R محاسبه گردید (Yang et al., 2023). در مواردی که ضریب همبستگی بین دو متغیر بالا بود ( $|r| > 0.7$ )، یکی از آن دو متغیر به منظور کاهش اثرهای منفی هم‌خطی بر مدل حذف شد (Elith et al., 2011). معیار انتخاب متغیر باقی‌مانده، اهمیت بالاتر آن در مدل MaxEnt بود که در مرحله اول (آزمون جک‌نایف) تعیین شده بود. این رویکرد تضمین کرد که از هر جفت متغیر همبسته، آن متغیری که از نظر اطلاعاتی برای مدل غنی‌تر است، حفظ شود. در نهایت، شش متغیر برای فرایند مدل‌سازی نهایی انتخاب شدند (جدول ۱). این انتخاب نهایی برآیند ترکیبی از غربالگری اولیه با MaxEnt، تحلیل همبستگی پیرسون، دانش اکولوژیکی حاصل از مرور منابع علمی در زمینه اکولوژی جنس پیاز (*Allium*) و نظر کارشناسی بود (Khajoei Nasab et al., 2022). این رویکرد چندوجهی کمک کرد تا انتخاب متغیرها با کمترین سوگیری انجام شود و مدل نهایی، دربرگیرنده پیش‌بینی‌کننده‌هایی باشد که هم از نظر اکولوژیکی مرتبط و هم از نظر آماری معنادار هستند. برای به‌تصویر کشیدن پراکنش بالقوه گونه در آینده، متغیرهای آب‌وهوایی

(نسخه 10.8) انجام شد.

#### مدل‌سازی

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه حال و آینده توسط الگوریتم MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) در محیط نرم‌افزار R (Ver, 4.3.1) و از بسته نرم‌افزاری *dismo* v1.1-4 انجام شد (Hijmans *et al.*, 2024). تعداد نقطه عدم حضور کاذب (Number of background) در این مدل‌سازی ۱۰۰۰۰ در نظر گرفته شد و به کد مدل‌سازی اضافه گردید.

پیش‌بینی‌شده برای سال‌های ۲۰۵۰ (میانگین برای سال‌های ۲۰۴۱-۲۰۶۰) و ۲۰۷۰ (میانگین برای سال‌های ۲۰۶۱-۲۰۸۰) که از پایگاه داده تغییرات آب و هوایی، کشاورزی و امنیت غذایی استخراج شدند (<http://www.ccaf-s.org>) مورد استفاده قرار گرفتند. بدین‌منظور، از ۱۰ مدل گردش عمومی (GCM) تحت سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای نیمه‌خوشبینانه (RCP 4.5) و بدبینانه (RCP 8.5) میانگین گرفته شده است. وضوح متغیرهای محیطی در این داده‌ها براساس ۳۰ ثانیه طول و عرض جغرافیایی، تقریباً معادل ۱×۱ کیلومتر استاندارد شدند. فرایند تولید و آماده‌سازی لایه‌های رستری و نقشه‌ها در محیط برنامه‌نویسی R (نسخه 4.3.1) و نرم‌افزار ArcMap

جدول ۱- مهمترین متغیرهای محیطی مؤثر در انتشار پیازیزدی (*Allium jesdianum*) در ایران

**Table 1. The most important variables affecting *Allium jesdianum* distribution in Iran**

Class	Selected variable	Abbreviation	Unit
Bioclimatic variables ( <a href="http://www.worldclim.org">www.worldclim.org</a> )	Annual mean temperature	Bio1	°C
	Precipitation of the driest month	Bio14	mm
	Precipitation of the wettest quarter	Bio16	mm
Soil variables ( <a href="http://www.soilgrid.org">www.soilgrid.org</a> ; <a href="http://www.isric.org">www.isric.org</a> )	Topsoil bulk density	Bulk	kg.dm <sup>-3</sup> t
	Topsoil organic carbon content	Toc	%
Topographic variables ( <a href="http://www.worldgrids.org">www.worldgrids.org</a> )	Elevation	Alt	m

#### اعتبارسنجی مدل

عملکرد (ROC) و سطح زیر منحنی (AUC) انجام شد. مقدار AUC مستقیماً دقت پیش‌بینی‌های مدل را منعکس می‌کند. امتیاز AUC یک معیار ارزشمند برای ارزیابی عملکرد مدل است، زیرا تحت تأثیر انتخاب آستانه قرار نمی‌گیرد (Yi *et al.*, 2016; Fois *et al.*, 2018). سطح زیر منحنی نشان می‌دهد که مدل، چقدر خوب می‌تواند بین حضورهای واقعی و حضورهای پس‌زمینه تصادفی تمایز قائل شود (Phillips *et al.*, 2009). به‌طور معمول میزان سطح زیر منحنی بین ۰ تا ۱ متغیر بوده و مقدار AUC بالاتر نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل است (Elith *et al.*, 2011). مقادیر بین ۰ و ۰/۵ نشان‌دهنده پیش‌بینی‌های مدل بسیار ضعیف است، AUC بین ۰/۶ و ۰/۷ پیش‌بینی‌های

اعتبارسنجی مدل، توسط یک رویکرد اعتبارسنجی متقابل (Cross Validation)، با ۱۰ بار تکرار برای تخمین خطاها و ارزیابی سازگاری مدل انجام شد (Makki *et al.*, 2023). در فرآیند اعتبارسنجی، داده‌ها به‌طور تصادفی به ده قسمت تقسیم شدند که از ۹ قسمت آن برای ایجاد مدل و یک قسمت برای بررسی کارایی مدل، استفاده شد (Valavi *et al.*, 2019; Makki *et al.*, 2023).

#### ارزیابی عملکرد مدل

ارزیابی عملکرد مدل با استفاده از منحنی مشخصه

AUC برای ۱۰۰ تکرار مدل‌سازی برابر با ۰/۹۰۶ به دست آمد. این مقدار که به‌طور قابل توجهی بالاتر از آستانه تصادفی (۰/۵) است، نشان‌دهنده عملکرد عالی مدل در تمایز بین زیستگاه‌های مناسب و نامناسب برای این گونه می‌باشد و اعتبار پیش‌بینی‌های حاصل را تأیید می‌کند.

برای تعیین سهم نسبی هر یک از متغیرهای محیطی در شکل‌دهی به پراکنش گونه، از شاخص درصد مشارکت استفاده شد. نتایج (جدول ۲) نشان داد که سه متغیر، مجموعاً بیش از ۸۴ درصد از تغییرات در پراکنش گونه را تبیین می‌کنند: ارتفاع از سطح دریا: با سهم ۵۵/۴٪، به‌عنوان مهمترین و تعیین‌کننده‌ترین عامل محیطی برای پراکنش *A. jesdianum* شناسایی شد؛ بارندگی خشک‌ترین ماه (Bio14): با سهم ۱۵/۶٪، دومین متغیر تأثیرگذار بود و چگالی توده خاک سطحی (Bulk): با سهم ۱۳/۱٪، در رتبه سوم اهمیت قرار گرفت. سایر متغیرها شامل بارندگی مرطوب‌ترین فصل (Bio16) با سهم ۷/۱٪ و محتوای مواد آلی خاک سطحی (Toc) با ۱/۵٪، در اولویت‌های بعدی قرار داشتند.

ضعیف، بین ۰/۷ و ۰/۸ متوسط، بین ۰/۸ و ۰/۹ خوب و AUC‌های بیشتر از ۰/۹ نشان‌دهنده پیش‌بینی‌های عالی است (Elith et al., 2011).

#### اهمیت نسبی متغیرها

برای بررسی اهمیت نسبی هر متغیر در تأثیرگذاری بر مدل، از شاخص درصد مشارکت آزمون جک‌نایف استفاده شد (Phillips et al., 2006). این شاخص نشان‌دهنده اهمیت هر یک از متغیرها در تشکیل زیستگاه گونه بوده و بهترین شاخص برای نمونه‌هایی با حجم کوچک می‌باشد (Pearson et al., 2007).

#### نتایج

##### ارزیابی عملکرد مدل و اهمیت نسبی متغیرها

عملکرد مدل حداکثر آنتروپی برای پیش‌بینی پراکنش گونه *A. jesdianum* با استفاده از شاخص سطح زیر منحنی مشخصه عملکرد گیرنده (AUC) ارزیابی شد. مقدار میانگین

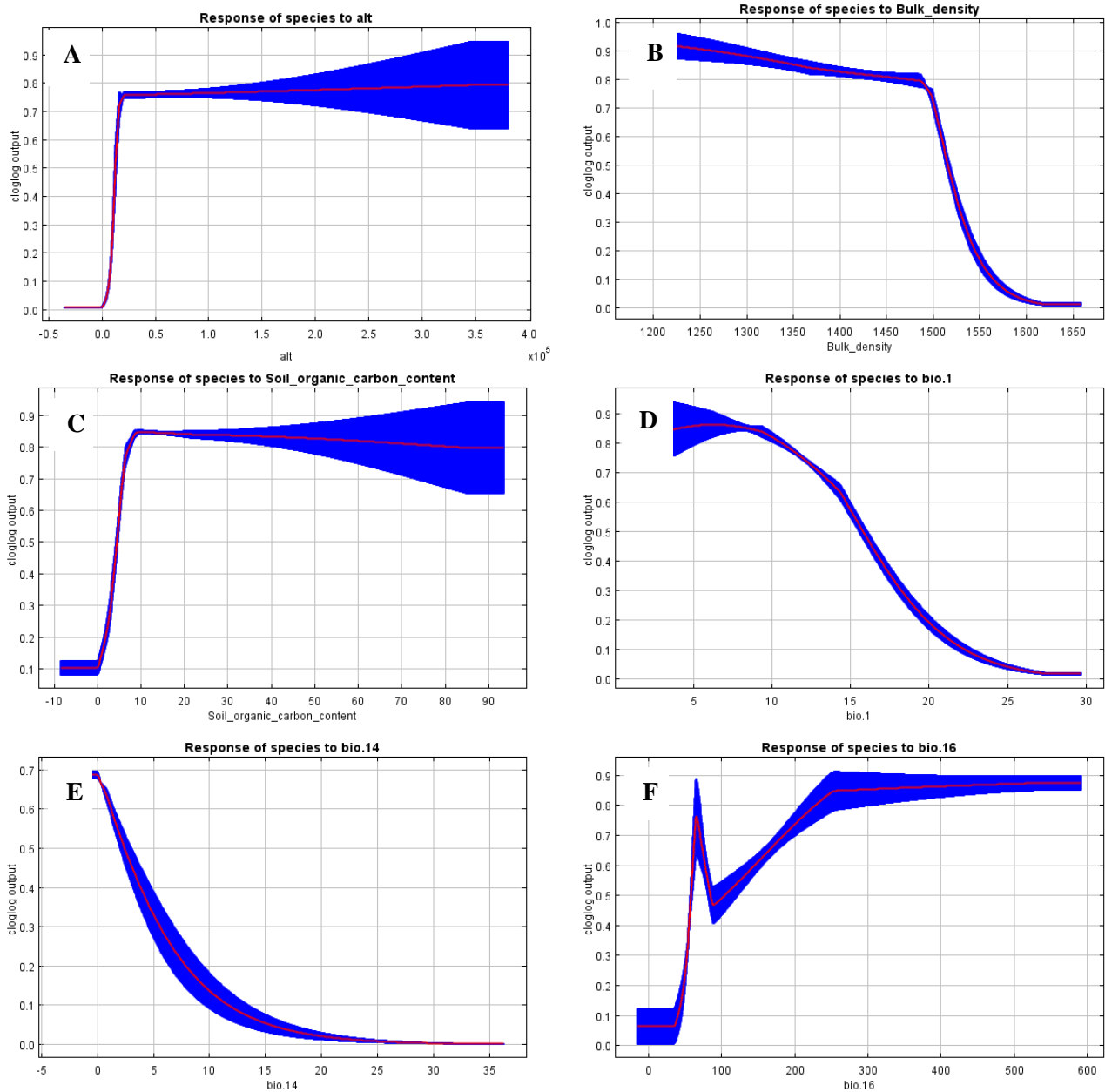
جدول ۲- درصد مشارکت و اهمیت جای‌گشت متغیرهای منتخب در مدل‌سازی پیازیزی (*Allium jesdianum*)

Table 2. Contribution percentage (PC) and permutation importance (PI) of selected variables in *Allium jesdianum* modeling

Variable	Description	Importance (%)	
		PC	PI
Alt (m)	Elevation	55.4	48.1
Bio14 (mm)	Precipitation of the driest month	15.6	21.6
Bulk (kg.dm <sup>-3</sup> )	Topsoil bulk density	13.1	19.8
Bio16 (mm)	Precipitation of the wettest quarter	7.3	5.8
Toc (%)	Topsoil organic carbon content	7.1	4.6
Bio1 (°C)	Annual mean temperature	1.5	0.1

افزایش میانگین دمای سالانه به بیشتر از ۱۵ درجه سلسیوس، چگالی خاک سطحی به بیشتر از ۱۵۰۰ گرم بر دسی‌متر مکعب و بارندگی بیشتر از ۵ میلی‌متر در خشک‌ترین ماه سال، تأثیر منفی بر مطلوبیت زیستگاه این گونه دارند.

با توجه به نتایج ارائه شده (شکل ۲)، پیازیزی گیاهی کوه‌زی بوده و افزایش ارتفاع تأثیر مثبتی بر مطلوبیت زیستگاه این گونه دارد. همچنین مواد آلی خاک و بارندگی زمستانه موجب افزایش مطلوبیت زیستگاه می‌گردد، در حالی که



شکل ۲- منحنی پاسخ احتمال حضور پیازیزدی (*Allium jesdianum*) به متغیرهای محیطی در ایران

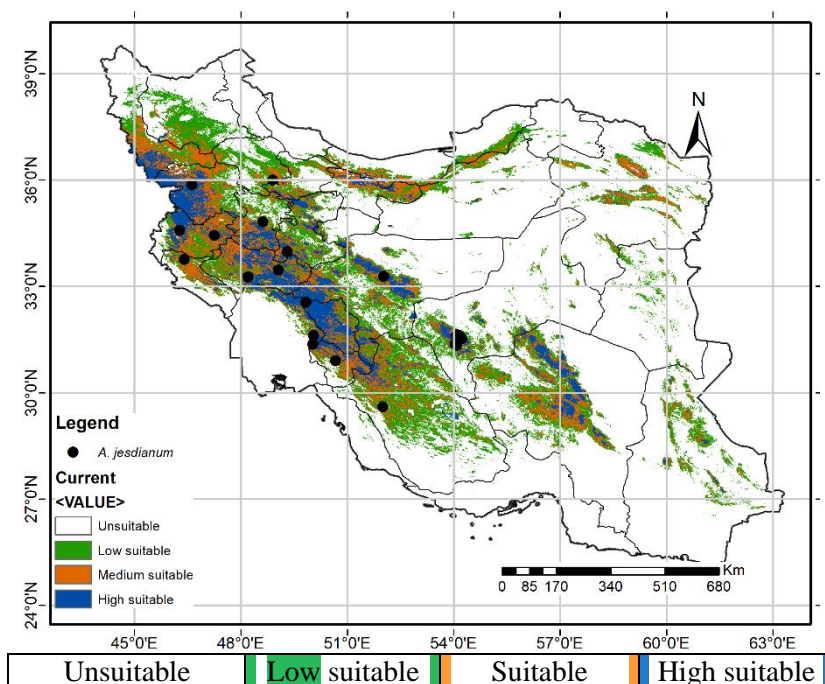
**Figure 2. Response curve of *Allium jesdianum* presence probability to environmental variables in Iran**  
 A; Elevation, B; Topsoil bulk density, C; Topsoil organic carbon content, D; Annual mean temperature, E; Precipitation of the driest month, F; Precipitation of the wettest quarter

۳). نقشه پراکنش فعلی (شکل ۱) نشان می‌دهد که این زیستگاه‌ها عمدتاً در امتداد رشته‌کوه‌های زاگرس و به میزان بسیار کمتری البرز متمرکز شده‌اند. هسته‌های اصلی زیستگاه‌های بسیار مطلوب (High Suitable) در ارتفاعات استان‌های فارس، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و

پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه در شرایط فعلی و آینده پراکنش بالقوه در شرایط اقلیمی کنونی براساس مدل‌سازی انجام شده، کل مساحت زیستگاه‌های بالقوه مناسب برای گونه *A. jesdianum* در ایران در شرایط اقلیمی فعلی، ۳۵۱،۲۷۱ کیلومتر مربع برآورد گردید (جدول

مستندی از حضور طبیعی گونه در این مناطق وجود نداشته است. این یافته می‌تواند راهنمایی برای مطالعات میدانی آینده برای کشف جمعیت‌های جدید یا ارزیابی پتانسیل کشت این گونه باشد. تحلیل توزیع عرضی زیستگاه‌ها (شکل‌های ۴ و ۵) نشان داد که تراکم و مطلوبیت زیستگاه‌های کنونی در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۳۳ تا ۳۸ درجه شمالی به اوج خود می‌رسد که این محدوده با قلب پراکنش گونه در رشته‌کوه‌های زاگرس مرکزی و شمالی انطباق دارد.

بختیار، اصفهان، یزد، لرستان و کرمان واقع شده‌اند. علاوه بر این، لکه‌های زیستگاهی مناسب در مناطق کوهستانی استان‌های کرمانشاه، کردستان، ایلام، مرکزی، زنجان، قزوین و آذربایجان‌ها نیز پیش‌بینی شد. نکته قابل توجه آن است که مدل، مناطقی را در ارتفاعات استان‌های تهران، مازندران (ارتفاعات جنوبی البرز)، خراسان (شمالی و رضوی) و حتی سیستان و بلوچستان (ارتفاعات شمالی) به عنوان زیستگاه بالقوه مناسب شناسایی کرد (شکل ۳)، در حالی که تاکنون گزارش



شکل ۳- نقشه مطلوبیت زیستگاه پیازیزی (*Allium jesdianum*) در ایران در زمان حال

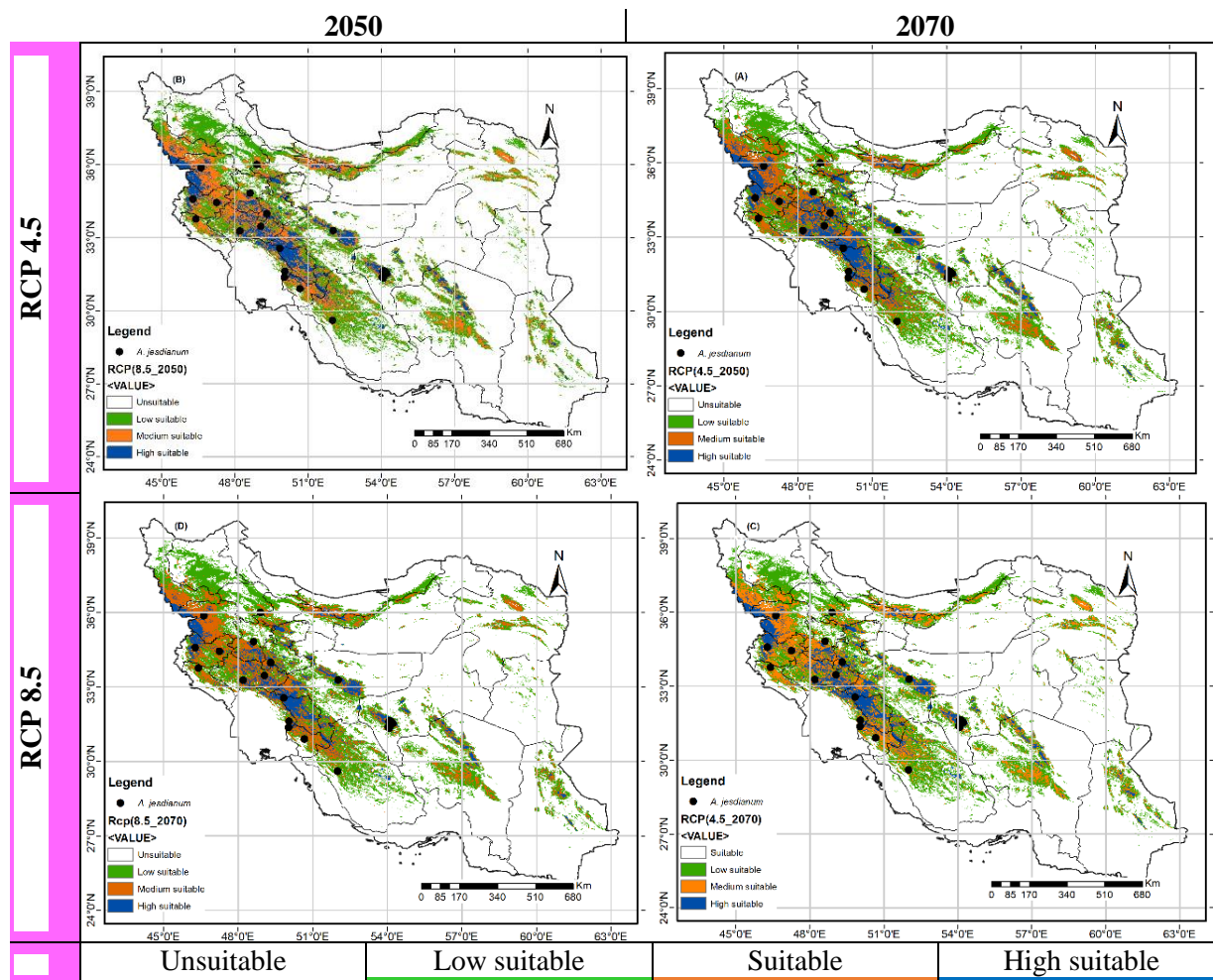
Figure 3. Suitability map of *Allium jesdianum* habitat in Iran in current conditions

می‌دهد که مساحت کل زیستگاه‌های مناسب در تمام سناریوهای آینده به‌طور پیوسته کاهش می‌یابد. این کاهش با افزایش شدت سناریوی اقلیمی و گذر زمان، تشدید می‌شود. دوره ۲۰۵۰: در سناریوی نیمه‌خوش‌بینانه (RCP4.5)، مساحت زیستگاه با ۱۴/۴۷٪ کاهش، از ۳۵۱،۲۷۱ کیلومترمربع فعلی به ۳۰۰،۴۳۳ کیلومترمربع خواهد رسید. در سناریوی بدبینانه (RCP8.5)، این کاهش شدیدتر بوده و

پیش‌بینی تغییرات انتشار پیازیزی در شرایط اقلیمی آینده مدل‌سازی پراکنش گونه تحت دو سناریوی انتشار گازهای گلخانه‌ای (RCP4.5 و RCP8.5) برای دو دوره زمانی (میانگین سال‌های ۲۰۴۱-۲۰۶۰، موسوم به ۲۰۵۰؛ و میانگین سال‌های ۲۰۶۱-۲۰۸۰، موسوم به ۲۰۷۰)، بیانگر کاهش مداوم و جابه‌جایی جغرافیایی قابل توجه در زیستگاه‌های مطلوب *A. jesdianum* است (جدول ۳). نتایج به وضوح نشان

کیلومترمربع محدود خواهند شد. تحلیل طبقات مطلوبیت (شکل ۴) نشان داد که بیشترین میزان کاهش مساحت، مربوط به کلاس زیستگاه‌های با مطلوبیت بالا خواهد بود. این یافته بیانگر آسیب‌پذیری شدید هسته‌های اصلی و بهینه جمعیت این گونه در برابر تغییرات اقلیمی است.

با افت ۱۶/۶۹٪، مساحت زیستگاه به ۲۹۲،۶۵۸ کیلومتر مربع تقلیل می‌یابد. دوره ۲۰۷۰: تحت سناریوی RCP4.5، روند کاهشی ادامه یافته و مساحت با افت ۱۸/۲٪ نسبت به حال، به ۲۸۷،۵۳۳ کیلومتر مربع می‌رسد. بیشترین کاهش در سناریوی RCP8.5 برای سال ۲۰۷۰ رخ می‌دهد که طی آن زیستگاه‌های مناسب با ۲۳/۱۴٪ کاهش، به ۲۷۰،۰۰۲



شکل ۴- نقشه مطلوبیت زیستگاه پیاززدی (*Allium jesdianum*) در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ براساس دو سناریوی نیمه‌خوش‌بینانه (RCP4.5) و بدبینانه (RCP8.5)

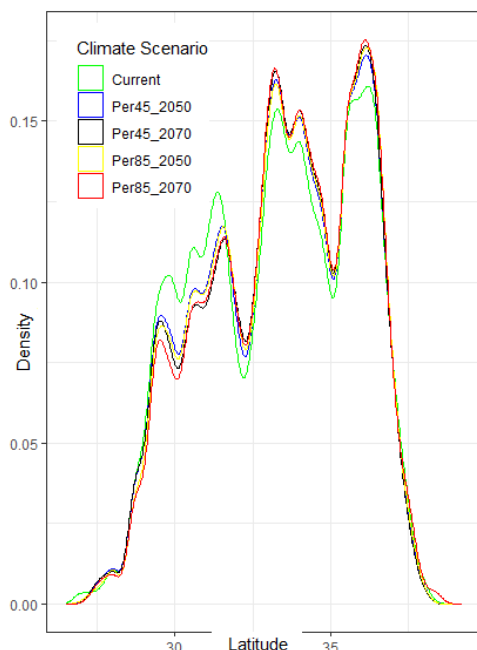
Figure 4. Suitability map of *Allium jesdianum* habitat in 2050 and 2070 years under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios

به‌ویژه در محدوده ۲۸ تا ۳۲ درجه شمالی (مناطق جنوبی رشته‌کوه زاگرس)، مشاهده می‌شود. این مناطق که در حال حاضر نیز در حاشیه جنوبی پراکنش گونه قرار دارند، در آینده به شدت نامناسب خواهند شد. در مقابل، مطلوبیت زیستگاه در

علاوه‌بر انقباض، مدل یک جابه‌جایی مکانی مشخص در پراکنش گونه را پیش‌بینی می‌کند. تحلیل تغییرات مطلوبیت برحسب عرض جغرافیایی (شکل ۵) نشان داد که بیشترین کاهش مطلوبیت زیستگاه در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر،

دوگانه مواجهه است. از یکسو، مساحت کل زیستگاه آن به طور قابل توجهی کوچک می شود و از سوی دیگر، زیستگاه های باقی مانده به سمت عرض های شمالی تر جابجا می شوند که این موضوع می تواند منجر به گسستگی جمعیتی و افزایش خطر انقراض محلی گردد.

عرض های جغرافیایی شمالی تر، یعنی در محدوده ۳۳ تا ۳۸ درجه شمالی، نسبت به شرایط کنونی افزایش می یابد. این پدیده که به آن جابه جایی به سمت قطب (Poleward Shift) گفته می شود، نشان می دهد که گونه برای یافتن شرایط اقلیمی مناسب، به سمت شمال حرکت خواهد کرد. این نتایج در مجموع پیش بینی می کنند که *A. jesdianum* با یک تهدید



شکل ۵- پیش بینی اثرهای تغییر اقلیم بر جابه جایی عرض جغرافیایی زیستگاه مطلوب پیاز یزدی (*Allium jesdianum*) در سال های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ نسبت به شرایط حال تحت سناریوهای مختلف اقلیمی

Figure 5. Projected impacts of climate change on latitudinal shifts of suitable habitat for *Allium jesdianum* in 2050 and 2070 compared to current conditions under different climate change scenarios

جدول ۳- پیش بینی تغییرات زیستگاه پیازیزدی (*Allium jesdianum*) در سال های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ براساس دو سناریوی نیمه خوش بینانه (RCP4.5) و بدبینانه (RCP8.5) در ایران

Table 3. Projected habitat shifts of *Allium jesdianum* in Iran in 2050 and 2070 under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios

Species	Scenario	Total range km <sup>2</sup>	Stable		Loss		Gain		Range change	
			km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
<i>A. jesdianum</i>	Current	351271	-	-	-	-	-	-	-	-
	RCP4.5-2050	300433	295476	55795	15.88	4957	1.41	-50838	-14.47	
	RCP8.5-2050	292658	288390	62881	17.90	4268	1.22	-58613	-16.69	
	RCP4.5- 2070	287533	280685	705861	20.09	6848	1.95	-63738	-18.20	
	RCP8.5- 2070	270002	265123	86148	24.59	4879	1.39	-81269	-23.14	

## بحث

## متغیرهای محیطی مؤثر بر پراکنش پیازیزدی

تعیین متغیرهای محیطی حاکم بر پراکنش گونه‌ها، از منظر اکولوژیکی و حفاظتی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Mirinejad et al., 2018). نتایج این پژوهش نشان داد که پراکنش *A. jesdianum* تحت تأثیر مجموعه‌ای پیچیده از عوامل توپوگرافی، اقلیمی و خاکی قرار دارد. براساس نتایج ارائه شده در جدول ۲ و شکل ۲ ارتفاع با سهم ۵۵/۴٪، به‌عنوان قدرتمندترین عامل پیش‌بینی‌کننده پراکنش پیازیزدی شناخته می‌شود. منحنی پاسخ نشان می‌دهد که مطلوبیت زیستگاه در ارتفاعات کمتر از ۱۵۰۰ متر نزدیک به صفر است و با افزایش ارتفاع به شدت بالا می‌رود و در محدوده ۲۴۰۰ تا ۳۳۰۰ متر به اوج خود می‌رسد. این یافته با ماهیت کوه‌زی بودن گونه مطابقت دارد. ارتفاع به‌طور غیرمستقیم بر سایر عوامل حیاتی مانند دما و بارندگی تأثیر می‌گذارد و به‌عنوان یک متغیر پراکسی (proxy variable) عمل می‌کند. حضور در ارتفاعات بالا به گونه‌ها این امکان را می‌دهد که از اثرهای منفی افزایش دمای ناشی از تغییرات اقلیمی، به‌ویژه در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر، در امان بمانند (Khalatbari Limaki et al., 2021; Hosseini, et al., 2024).

رابطه خطی معکوس بین افزایش ارتفاع و کاهش دما که توسط Joly و همکاران (۲۰۱۸) و Fox و McCutchan (۱۹۸۶) بیان شده، این پدیده را به خوبی توجیه می‌کند. بارندگی خشک‌ترین ماه (BIO14): با سهم ۱۵/۶٪، دومین عامل مهم مؤثر در انتشار این گونه است. برخلاف انتظار اولیه، نتایج نشان داد که افزایش بارندگی در خشک‌ترین ماه سال (تابستان) تأثیری منفی بر مطلوبیت زیستگاه دارد و مطلوبیت بهینه در مقادیر نزدیک به صفر (کمتر از ۶ میلی‌متر) رخ می‌دهد. این یافته با فیزیولوژی گیاهان پیازدار کاملاً سازگار است. این گونه‌ها دوره خواب تابستانی دارند و پیاز آنها در خاک باقی می‌ماند. بارندگی‌های تابستانی می‌تواند منجر به ماندابی و کاهش اکسیژن خاک شود. از

آنجایی که گونه‌های جنس *Allium* به‌دلیل سیستم ریشه‌ای سطحی و حساس خود به شرایط غرقابی آسیب‌پذیر هستند، این پدیده با مختل کردن تنفس پیاز و ریشه و افزایش خطر پوسیدگی، بقا و رشد آنها را با مشکل مواجه می‌سازد (Gedam et al., 2022).

چگالی توده خاک با سهم ۱۳/۱٪، سومین عامل تعیین‌کننده بود. مدل نشان داد که مطلوبیت زیستگاه با افزایش چگالی خاک کاهش می‌یابد و بهترین شرایط در خاک‌های با چگالی کمتر از ۱۲/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب فراهم می‌شود. خاک‌های سبک‌تر و با تخلخل بیشتر، نفوذپذیری بهتری برای آب و هوا دارند که برای تنفس ریشه و رشد پیاز ضروری است و از فشردگی فیزیکی که مانع رشد گیاه می‌شود، جلوگیری می‌کنند. سایر متغیرها مانند بارندگی مرطوب‌ترین فصل (BIO16)، میانگین دمای سالانه (BIO1) و کربن آلی خاک نیز در تعیین پراکنش گونه نقش داشتند. مطلوبیت زیستگاه در دماهای سالانه کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد و میزان کربن آلی بیش از ۲/۶٪ افزایش یافت. کربن آلی خاک با بهبود باروری و ساختار خاک، ظرفیت نگهداری رطوبت را افزایش داده و دسترسی به مواد غذایی را تسهیل می‌کند که برای توسعه ریشه و مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی حیاتی است (Hartemink et al., 2014; Milne et al., 2015).

نتایج این مطالعه با یافته‌های پژوهش‌های دیگر در زمینه اکولوژی گونه‌های جنس *Allium* و سایر گونه‌های کوهستانی هم‌خوانی دارد. مطالعه Asri و Ramak (۲۰۱۸) در استان لرستان نیز نشان داد که پیازیزدی در ارتفاعات بالای ۱۸۰۰ متر و در خاک‌های با کربن آلی بالا (۱/۳-۳/۵٪) رویش دارد و کمیت رشد آن با بارش و مواد آلی خاک مرتبط است. اگرچه مقادیر دمایی گزارش شده در آن تحقیق به دلیل استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی (که معمولاً در ارتفاعات پایین‌تر مستقر هستند) ممکن است بیش از حد واقعی باشد، اما الگوی کلی وابستگی به شرایط سردتر و مرطوب‌تر را تأیید می‌کند (Ramak & Asri, 2018). نقش کلیدی دما و بارندگی در این تحقیق، با

برای این گونه فراهم می‌کند.

نتایج مدل‌سازی نشان داد که زیستگاه‌های بالقوه و مناسب برای *A. jesdianum* در شرایط اقلیمی کنونی، عمدتاً در ارتفاعات رشته‌کوه‌های زاگرس و البرز متمرکز است. این مناطق شامل بخش‌هایی از استان‌های یزد، فارس، کرمان، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، مرکزی، قزوین، زنجان، کردستان، ایلام، کرمانشاه و آذربایجان‌ها می‌شود (شکل ۳). نکته قابل توجه، پیش‌بینی وجود زیستگاه‌های مناسب در مناطقی خارج از محدوده پراکنش شناخته‌شده گونه، مانند بخش‌هایی از استان‌های تهران، مازندران، خراسان و سیستان و بلوچستان است که تاکنون گزارشی از حضور طبیعی گونه در آنها ثبت نشده است. این یافته، توانایی مدل در شناسایی مناطق جدید و بالقوه برای برنامه‌های کشت، انتقال گونه (assisted migration/translocation) یا هدایت اکتشافات میدانی آینده را برجسته می‌سازد. البته باید تأکید کرد که مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDMs)، عمدتاً آشیان اکولوژیکی بالقوه (potential niche) را براساس متغیرهای کلان‌مقیاس پیش‌بینی می‌کنند و لزوماً تمامی عوامل محدودکننده در مقیاس محلی، از جمله محدودیت‌های پراکنش (dispersal limitations)، برهم‌کنش‌های بیوتیک (مانند رقابت بین‌گونه‌ای یا حضور گرده‌افشان‌ها) و ویژگی‌های خاص میکرو-خاک را در نظر نمی‌گیرند (Cosentino et al., 2023). بنابراین، این نتایج نیازمند اعتبارسنجی میدانی هستند. با وجود این، همان‌طور که در مطالعات مشابه در منطقه زاگرس بر روی گونه‌های کلیدی دیگر مانند *Bromus tomentellus* و *Artemisia aucheri* نیز نشان داده شده است، این مدل‌ها نقش کلیدی در هدایت راهبردهای مدیریتی و حفاظتی در مواجهه با تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند (Alirezai et al., 2020؛ Khodagholi et al., 2021). بر این اساس، نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای اولیه و ابزاری قدرتمند برای شناسایی مناطق اولویت‌دار برای کشت پایدار، اجرای برنامه‌های حفاظتی و ارزیابی پتانسیل انتقال گونه عمل کند.

مطالعات متعدد دیگر که این دو عامل را به‌عنوان محرک‌های اصلی پراکنش گونه‌های گیاهی معرفی کرده‌اند، هم‌راستا است (Zangiabadi et al., 2021؛ Khajoei Nasab et al., 2022). به‌طور خاص، Khajoei Nasab و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که میانگین دمای سالانه تأثیر زیادی بر انتشار گونه‌های اندمیک جنس *Allium* در ایران دارد. همچنین، Hosseini و همکاران (۲۰۲۲) این متغیر را به‌عنوان عاملی کلیدی در پراکنش برخی گونه‌های *Aegilops* معرفی کردند. تأکید مطالعه ما بر اهمیت بارندگی‌های فصلی (و نه فقط سالانه)، با یافته‌های Dong و همکاران (۲۰۲۲) که بارندگی زمستانه را برای گونه‌های کوه‌زی حیاتی می‌دانند و Naghipour Borj و همکاران (۲۰۱۹) که نیاز به تیمار سرمایی و رطوبت کافی برای جوانه‌زنی گونه پیازدار لاله‌واژگون را نشان دادند، مطابقت دارد. در نهایت، اهمیت متغیرهای خاکی مانند کربن آلی و چگالی که در این پژوهش مشخص شد، توسط مطالعاتی مانند Mirinejad و همکاران (۲۰۱۸) و Hosseini و همکاران (۲۰۲۴) نیز تأیید شده است. مطالعه Ramak و Asri (۲۰۱۸) نیز به‌طور خاص تأثیر مثبت مواد آلی و مغذی خاک بر رشد و بیوماس پیاز یزدی را اثبات کرده بود. بنابراین، نتایج ما با ارائه یک تحلیل کمی و مکانی، درک موجود از نیازهای اکولوژیکی این گونه ارزشمند را تکمیل و تقویت می‌کند.

پیش‌بینی پراکنش پیازیزدی در شرایط کنونی و آینده

مدل‌های توزیع گونه‌ای مانند MaxEnt به ابزارهای استاندارد در اکولوژی، زیست‌شناسی حفاظت و مدیریت گونه‌ها تبدیل شده‌اند و کاربرد آنها در مطالعات متنوع، از پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی و جانوری گرفته تا عوامل بیماری‌زا، در سراسر جهان اثبات شده است (Mavlanov et al., 2021؛ Skendžić et al., 2021؛ Hosseini, et al., 2024b). این پژوهش، به‌عنوان اولین مطالعه جامع در زمینه مدل‌سازی زیستگاه پیازیزدی، اطلاعات حیاتی برای تدوین راهبردهای حفاظتی کارآمد

(al., 2009). در کنار این فشار اقلیمی، برداشت بی‌رویه این گیاه دارویی-خوراکی از طبیعت، تهدیدات را مضاعف کرده و جمعیت‌های باقی‌مانده را بیش از پیش تحت فشار قرار می‌دهد. این شرایط، لزوم تدوین یک برنامه حفاظتی مؤثر را کاملاً ضروری می‌سازد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مدل‌سازی توزیع گونه‌ای، ابزاری کارآمد و مقرون‌به‌صرفه برای ارزیابی کمی تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش گونه‌های گیاهی و تدوین راهبردهای حفاظتی مبتنی بر شواهد است. در این پژوهش، با استفاده از مدل MaxEnt، آینده پراکنش پیازیزدی، یک گونه ارزشمند دارویی و غذایی، تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم شبیه‌سازی شد. نتایج به وضوح نشان داد که زیستگاه‌های مناسب این گونه در دهه‌های آینده با کاهش مساحت (تا ۲۳٪) و جابه‌جایی به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر مواجه خواهد شد. این انقباض و جابه‌جایی، همراه با فشارهای انسانی موجود مانند برداشت بی‌رویه و تخریب زیستگاه، بقای جمعیت‌های طبیعی این گونه را با تهدیدی جدی روبرو می‌کند. براساس یافته‌های این مطالعه، اقدامات مدیریتی و حفاظتی زیر پیشنهاد می‌گردد.

حفاظت درون‌رویشگاهی: مناطق شناسایی شده به عنوان زیستگاه‌های با مطلوبیت بالا در شرایط فعلی و آینده (به‌ویژه پناهگاه‌های اقلیمی) باید به‌عنوان مناطق اولویت‌دار برای حفاظت در نظر گرفته شوند. ایجاد مناطق حفاظت‌شده جدید یا تقویت مدیریت مناطق موجود در این محدوده‌ها، به همراه رصد دائمی جمعیت‌ها، برای حفظ ذخایر ژنتیکی گونه ضروریست. حفاظت خارج رویشگاهی و اهلی‌سازی: برای کاهش فشار برداشت از جمعیت‌های وحشی و پاسخ‌گویی به نیاز بازار، تدوین یک برنامه جامع برای اهلی‌سازی و کشت تجاری پیازیزدی باید در دستورکار مؤسسات تحقیقاتی کشاورزی و منابع طبیعی قرار گیرد. زیستگاه‌های بالقوه شناسایی شده در این تحقیق (حتی در استان‌هایی که گونه در حال حاضر در آنها یافت نمی‌شود) می‌توانند به‌عنوان مناطق پایلوت برای کشت این گونه مورد

کاهش سطح و جابه‌جایی زیستگاه در آینده یافته اصلی این پژوهش، پیش‌بینی کاهش مداوم و جابه‌جایی جغرافیایی زیستگاه‌های مناسب در تمام سناریوهای آینده است (شکل ۴ و جدول ۳). علت اصلی این پدیده، تأثیر مستقیم تغییرات اقلیمی بر دما و الگوهای بارش است که به‌عنوان متغیرهای کلیدی در پراکنش گونه شناسایی شدند. مدل به وضوح نشان می‌دهد که زیستگاه‌های گونه در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر (جنوب زاگرس) حذف شده و پراکنش آن به سمت عرض‌های بالاتر و ارتفاعات بیشتر شیف‌ت پیدا می‌کند (شکل ۵). این الگوی مهاجرت به سمت قطب و ارتفاعات بالاتر یک پاسخ کلاسیک گونه‌های کوهستانی به گرمایش جهانی است که توسط محققان متعددی تأیید شده است (Khanum et al., 2013؛ Fois et al., 2016؛ Abolmaali et al., 2018؛ Fatemi et al., 2018). Neilson و همکاران (۲۰۰۵) این مهاجرت را به‌عنوان یکی از سازوکارهای کلیدی بقای گونه‌ها در برابر انقراض مطرح کرده‌اند. این جابه‌جایی برای گونه‌های جنس *Allium* که رشد، نمو و تولیدمثل آنها به دامنه دمایی خاصی وابسته است، اهمیتی دوچندان دارد. مطالعات نشان داده‌اند که شکستن خواب بذر و جوانه‌زنی در این گونه‌ها به دمای بهینه متکی است و افزایش دما فراتر از حد مطلوب (مثلاً ۳۰ درجه سلسیوس) می‌تواند به شدت میزان جوانه‌زنی را کاهش دهد (Kamenetsky et al., 2017؛ Mamedi, 2018؛ Specht & Keller, 1997). بنابراین، با افزایش دما در سناریوهای آینده، انتظار می‌رود که تولیدمثل جنسی پیازیزدی، به‌ویژه در ارتفاعات پایین‌تر، با اختلال جدی مواجه شود. الگوی مشاهده شده برای *A. jesdianum* با یافته‌های مربوط به سایر گونه‌های اکوسیستم‌های مرتفع مطابقت دارد (Hosseini et al., 2024a-c). گیاهانی با آشیان اکولوژیک تخصصی (*specialized niche*) مانند پیازیزدی، تأثیرپذیری بیشتری از تغییرات اقلیمی دارند. این تأثیر با افزایش تکه‌تکه‌شدن زیستگاه‌ها (*habitat fragmentation*) که موانع پراکنش را تشدید می‌کند، به‌طور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد (Lawler et

است. بنابراین، متغیرهای محیطی انتخاب شده در این پژوهش ممکن است نماینده تمام عواملی نباشند که الگوی پراکنش گونه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و عوامل دیگری مانند برهم‌کنش‌های بین‌گونه‌ای، فعالیت‌های انسانی، تکه‌تکه شدن زیستگاه (*Habitat fragmentation*) و تغییرات کاربری اراضی نیز می‌توانند دامنه انتشار واقعی این گونه را تحت تأثیر قرار دهند. علاوه بر این، به دلیل عدم قطعیت‌ها و مفروضات ذاتی مدل‌های توزیع گونه‌ای، پیش‌بینی‌های مدل ممکن است همیشه با زیستگاه واقعی گونه تطابق کامل نداشته باشد. بنابراین برای بهبود دقت پیش‌بینی‌ها در آینده، نیاز به انجام تحقیقات میدانی بیشتری برای رفع این محدودیت‌ها می‌باشد.

ارزیابی قرار گیرند. این مطالعه تأکید می‌کند که حفاظت مؤثر از گونه‌های ارزشمند مانند پیازیزدی نیازمند یک رویکرد یکپارچه است که هم به فشارهای اقلیمی بلندمدت و هم به تهدیدات انسانی فعلی رسیدگی کند.

### محدودیت‌های تحقیق

ما اذعان داریم که این مطالعه با محدودیت‌هایی روبرو است. اگرچه برداشت قانونی گونه مورد مطالعه به‌عنوان گیاهی دارویی از زیستگاه طبیعی آن باید تحت نظارت انجام شود، اما در حال حاضر تقاضای فزاینده‌ای برای این گیاه وجود دارد که منجر به برداشت بیشتر جمعیت‌های آن از طبیعت شده است. در نتیجه، شیوه‌های نادرست برداشت، خطر انقراض آن را در برخی زیستگاه‌ها به همراه داشته

### References

- Abdelaal, M., Fois, M., Fenu, G. and Bacchetta, G., 2019. Using MaxEnt modeling to predict the potential distribution of the endemic plant *Rosa arabica* Crép. in Egypt. *Ecological Informatics*, 50: 68-75. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.01.003>
- Abolmaali, S.M.R., Tarkesh, M. and Bashari, H., 2018. MaxEnt modeling for predicting suitable habitats and identifying the effects of climate change on a threatened species, *Daphne mucronata*, in central Iran. *Ecological Informatics*, 43: 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.10.002>
- Alirezai, Z., Gandomkar, A., Khodaghohi, M. and Abbasi, A., 2020. Studying spatiotemporal changeability of *Oak* forests in Zagros in response to rainfall variation. *Geography and Environmental Sustainability*, 10(1): 93-107. <https://doi.org/10.22126/ges.2020.5068.2205>
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A. and Cobb, N., 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 660-684. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
- Beridze, B., Sekiewicz, K., Walas, Ł., Thomas, P.A., Danelia, I., Fazaliyev, V., Kvartskhava, G., Sós, J. and Dering, M., 2023. Biodiversity protection against anthropogenic climate change: Conservation prioritization of *Castanea sativa* in the south Caucasus based on genetic and ecological metrics. *Ecology and Evolution*, 13(5): e10068. <https://doi.org/10.1002/ece3.10068>
- Buso, P., Manfredini, S., Reza Ahmadi-Ashtiani, H., Sciabica, S., Buzzi, R., Vertuani, S. and Baldisserotto, A., 2020. Iranian medicinal plants: From ethnomedicine to actual studies. *Medicina*, 56(3): 97. <https://doi.org/10.3390/medicina56030097>
- Cosentino, F., Seamark, E.C.J., Van Cakenberghe, V. and Maiorano, L., 2023. Not only climate: The importance of biotic interactions in shaping species distributions at macro scales. *Ecology and evolution*, 13(3): e9855. <https://doi.org/10.1002/ece3.9855>
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. and Yates, C.J., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1): 43-57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Fan, Z., Zhou, B., Ma, C., Gao, C., Han, D. and Chai, Y., 2022. Impacts of climate change on species distribution patterns of *Polyspora sweet* in China. *Ecology and Evolution*, 12(12): e9516. <https://doi.org/10.1002/ece3.9516>
- Fatemi, S.S., Rahimi, M., Tarkesh, M. and Ravanbakhsh, H., 2018. Predicting the impacts of climate change on the distribution of *Juniperus excelsa* M. Bieb. in the central and eastern Alborz Mountains, Iran. *IForest-Biogeosciences and Forestry*, 11(5): 643. <https://doi.org/10.3832/ifer2559-011>
- Fois, M., Cuenca-Lombrana, A., Fenu, G. and Bacchetta,

- G., 2018. Using species distribution models at local scale to guide the search of poorly known species: Review, methodological issues and future directions. *Ecological Modelling*, 385: 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.07.018>
- Foiss, M., Cuena-Lombrana, A., Fenu, G., Cogoni, D. and Bacchetta, G., 2016. The reliability of conservation status assessments at regional level: Past, present and future perspectives on *Gentiana lutea* L. ssp. *lutea* in Sardinia. *Journal for Nature Conservation*, 33: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.06.001>
- Fritsch, R.M. and Abbasi, M., 2008. New taxa and other contributions to the taxonomy of *Allium* L. (Alliaceae) in Iran. *Rostaniha*, 9(2): 1-73. <https://sid.ir/paper/566495/e>
- Gedam, P.A., Shirsat, D., Arunachalam, T., Ghosh, S., Gawande, S.J., Mahajan, V., Gupta, A. and Singh, M., 2022. Screening of onion (*Allium cepa* L.) genotypes for waterlogging tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245671903>
- Ghorbani, M., 2013. *The Economic Geology of Iran. Mineral Deposits and Natural Resources*. Springer, 450p. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5625-0>
- Hartemink, A.E., Gerzabek, M.H., Lal, R. and McSweeney, K., 2014. Soil carbon research priorities: 483-490. In: Hartemink, A.E. and McSweeney, K., (Eds.). *Soil Carbon*. Springer, Cham, Switzerland, 506p. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-04084-4\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-319-04084-4_48)
- Hijmans, R.J., Phillips, S., Leathwick, J. and Elith, J., 2024. Package 'dismo.' *Circles*, 9(1): 1-68. <https://rspatial.org/raster/sdm/>
- Homke, S., Vergés, J., Serra-Kiel, J., Bernaola, G., Sharp, I., Garcés, M., Montero-Verdú, I., Karpuz, R. and Goodarzi, M.H., 2009. Late Cretaceous–Paleocene formation of the proto–Zagros foreland basin, Lurestan province, SW Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 121(7-8): 963-978. <https://doi.org/10.1130/B26035.1>
- Hosseini, N., Ghorbanpour, M. and Mostafavi, H., 2024a. The influence of climate change on the future distribution of two *Thymus* species in Iran: MaxEnt model-based prediction. *BMC Plant Biology*, 24(1): 269. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04965-1>
- Hosseini, N., Mehrabian, A. and Mostafavi, H., 2021. The distribution patterns and priorities for conservation of monocots crop wild relatives (CWRs) of Iran. *Journal of Wildlife and Biodiversity*, 5(2): 28-43. <https://doi.org/10.22120/jwb.2020.136030.1186>
- Hosseini, N., Mehrabian, A. and Mostafavi, H., 2022. Modeling climate change effects on spatial distribution of wild *Aegilops* L. (Poaceae) toward food security management and biodiversity conservation in Iran. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 18(3): 697-708. <https://doi.org/10.1002/ieam.4531>
- Hosseini, N., Mostafavi, H. and Ghorbanpour, M., 2024b. The future range of two *Thymus daenensis* subspecies in Iran under climate change scenarios: MaxEnt model-based prediction. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 72: 717-734. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-01998-1>
- Hosseini, N., Mostafavi, H. and Sadeghi, S.M.M., 2024c. Impact of climate change on the future distribution of three *Ferulago* species in Iran using the MaxEnt model. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 20(4): 1046-1059. <https://doi.org/10.1002/ieam.4898>
- Hoyle, G.L., Cordiner, H., Good, R.B. and Nicotra, A.B., 2014. Effects of reduced winter duration on seed dormancy and germination in six populations of the alpine herb *Aciphyllia glacialis* (Apiaceae). *Conservation Physiology*, 2(1): cou015. <https://doi.org/10.1093/conphys/cou015>
- Jahantab, E., Sepehri, A., Mirdilmi, S.Z., Ghasemi Arian, Y. and Nouri, S., 2011. Study of the ecology of *Ferulago angulata* (Schlecht) Boiss in central Zagros (Kohgiluyeh region). *Journal of Plant Science Research*, 24(4): 1-8. <https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr2020.342909.1365>
- Jamshidi, Z. and Samani, N., 2022. Mapping the spatiotemporal diversity of precipitation in Iran using multiple statistical methods. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1-2): 893-907. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04191-5>
- Jarvis, A., Upadhyaya, H., Gowda, C.L.L., Aggarwal, P.K., Fujisaka, S. and Anderson, B., 2010. Climate change and its effect on conservation and use of plant genetic resources for food and agriculture and associated biodiversity for food security. *Thematic Background Study*, 26p. <https://www.fao.org/4/i1500e/i1500e16.pdf>
- Jarvis, A., Upadhyaya, H., Gowda, C., Aggarwal, P.K., Fujisaka, S. and Anderson, B., 2008. Climate change and its effect on conservation and use of plant genetic resources for food and agriculture and associated biodiversity for food security. *Thematic Study for the SoW Report on PGRFA* FAO Rome Italy, 26. [http://typo3.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/PGR/SoW2/Climate\\_Change\\_Thematic\\_Study.pdf](http://typo3.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/PGR/SoW2/Climate_Change_Thematic_Study.pdf)
- Joly, D., Castel, T., Pohl, B. and Richard, Y., 2018. Influence of spatial information resolution on the relation between elevation and temperature. *International Journal of Climatology*, 38(15): 5677-5688. <https://doi.org/10.1002/joc.5771>
- Kamenetsky, R., Gębura, J. and Winiarczyk, K., 2017. Germination strategy of *Allium victorialis*, a wild

- edible plant with high commercial potential. *Botany*, 95(2): 195-202. <https://doi.org/10.1139/cjb-2016-0126>
- Khajoei Nasab, F., Mehrabian, A. and Mostafavi, H., 2020. Mapping the current and future distributions of *Onosma* species endemic to Iran. *Journal of Arid Land*, 12(6): 1031-1045. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0080-z>
  - Khajoei Nasab, F., Mehrabian, A., Mostafavi, H. and Neemati, A., 2022. The influence of climate change on the suitable habitats of *Allium* species endemic to Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(3). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09793-0>
  - Khalatbari Limaki, M., Es-hagh Nimvari, M., Alavi, S.J., Mataji, A. and Kazemnezhad, F., 2021. Potential elevation shift of oriental beech (*Fagus orientalis* L.) in Hyrcanian mixed forest ecoregion under future global warming. *Ecological Modelling*, 455: 109637. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109637>
  - Khan, A.M., Li, Q., Saqib, Z., Khan, N., Habib, T., Khalid, N., Majeed, M. and Tariq, A., 2022. MaxEnt modelling and impact of climate change on habitat suitability variations of economically important chilgoza pine (*Pinus gerardiana* Wall.) in South Asia. *Forests*, 13(5): 715. <https://doi.org/10.3390/f13050715>
  - Khanum, R., Mumtaz, A.S. and Kumar, S., 2013. Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. *Acta Oecologica*, 49: 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.02.007>
  - Khodaghali, M., Saboohi, R. and Esfahani, E.Z., 2021. A comparison of vegetative climate of *Artemisia sieberi* Besser and *Artemisia aucheri* Boiss in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 146(3): 921-939. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03750-6>
  - Kiani, M., Zamani, Z., Khalighi, A., Fatahi, R. and Byrne, D.H., 2008. Wide genetic diversity of *Rosa damascena* Mill. germplasm in Iran as revealed by RAPD analysis. *Scientia Horticulturae*, 115(4): 386-392. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.10.013>
  - Lapola, D.M., Oyama, M.D. and Nobre, C.A., 2009. Exploring the range of climate biome projections for tropical South America: The role of CO<sub>2</sub> fertilization and seasonality. *Global Biogeochemical Cycles*, 23(3). <https://doi.org/10.1029/2008GB003357>
  - Lavergne, S., Mouquet, N., Thuiller, W. and Ronce, O., 2010. Biodiversity and climate change: Integrating evolutionary and ecological responses of species and communities. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41: 321-350. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144628>
  - Lawler, J.J., Shafer, S.L., White, D., Kareiva, P., Maurer, E.P., Blaustein, A.R. and Bartlein, P.J., 2009. Projected climate-induced faunal change in the Western Hemisphere. *Ecology*, 90(3): 588-597. <https://doi.org/10.1890/08-0823.1>
  - Makki, T., Mostafavi, H., Matkan, A.A., Valavi, R., Hughes, R.M., Shadloo, S., Aghighi, H., Abdoli, A., Teimori, A. and Eagderi, S., 2023. Predicting climate heating impacts on riverine fish species diversity in a biodiversity hotspot region. *Scientific Reports*, 13(1): 14347. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41406-9>
  - Mamedi, A., 2018. The evaluation response of onion (*Allium cepa*) seed germination to temperature by Thermal-time analysis and determine cardinal temperatures by using nonlinear regression. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(4): 961-971. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2017.217783.654198>
  - Maruthadurai, R., Das, B. and Ramesh, R., 2023. Predicting the invasion risk of rugose spiraling whitefly, *Aleurodicus rugioperculatus*, in India based on CMIP6 projections by MaxEnt. *Pest Management Science*, 79(1): 295-305. <https://doi.org/10.1002/ps.7199>
  - Mavlanov, B.J., Abduraimov, O.S., Mahmudov, A.V., Allamuratov, A.L. and Mamatkosimov, O.T., 2021. Bioclimatic modeling of the potential distribution of the Western Tien-Shan endemic *Tulipa kaufmanniana* regel (Uzbekistan, Kazakhstan). *American Journal of Plant Sciences*, 12(10): 1468-1477. <https://doi.org/10.4236/ajps.2021.1210104>
  - McCutchan, M.H. and Fox, D.G., 1986. Effect of elevation and aspect on wind, temperature and humidity. *Journal of Climate & Applied Meteorology*, 25(12): 1996-2013. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1986\)025<1996:EOEAAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1986)025<1996:EOEAAO>2.0.CO;2)
  - McLachlan, J.S., Clark, J.S. and Manos, P.S., 2005. Molecular indicators of tree migration capacity under rapid climate change. *Ecology*, 86(8): 2088-2098. <https://doi.org/10.1890/04-1036>
  - Mehrabian, A., Nasab, F.K. and Rad, M.A., 2021. Distribution patterns and priorities for conservation of endemic iranian monocots: Determining the areas of endemism (aoes). *Journal of Wildlife and Biodiversity*, 5(2): 69-87. <https://doi.org/10.22120/jwb.2020.136616.1188>
  - Mehrnia, M., Akaberi, M., Amiri, M.S., Nadaf, M. and Emami, S.A., 2021. Ethnopharmacological studies of medicinal plants in central Zagros, Lorestan province, Iran. *Journal of Ethnopharmacology*, 280: 114080. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114080>
  - Milne, E., Banwart, S.A., Noellemeyer, E., Abson, D.J., Ballabio, C., Bampa, F., Bationo, A., Batjes, N.H., Bernoux, M. and Bhattacharyya, T., 2015. Soil carbon, multiple benefits. *Environmental Development*, 13: 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2014.11.005>
  - Mirinejad, S., Jahantab, E., Mahmoudi, M.R., Navaei, M.N., Rahimi, M.M. and Sharafatmandrad, M., 2018. Investigating the impact of some habitat

- characteristics on distribution of *Stachys pilifera* benth using the BMLR model in Iran. Polish Journal of Environmental Studies, 27(5): 2171-2178. <https://doi.org/10.15244/pjoes/79719>
- Mohsenzadeh, S., 2024. A Short Review of *Allium jesdianum* Boiss & Buhse (Amaryllidaceae). Herbal Medicines Journal, 9(1): 1-17. <https://doi.org/10.22087/hmj.v9i1>
  - Mozafarian, V., 1998. Dictionary of Iranian Plants Names. Moaser Publisher, Tehran Farhang, 762p. <https://www.gisoom.com/book/1135080>
  - Naghipour Borj, A.A., Haidarian Aghakhani, M. and Sangoony, H., 2019. Application of ensemble modelling method in predicting the effects of climate change on the distribution of *Fritillaria imperialis* L. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 32(3): 609-621. <https://www.magiran.com/paper/2051430>
  - Navabpour, P., Heydarzadeh, G., Mafi, A., Sheikholeslami, M. and Haghipour, N., 2006. A preface to the paleostress reorientations in the Kopet-Dagh after Triassic period. Scientific Quarterly Journal of Geosciences, 15(59): 176-183. [https://www.gsjournal.ir/article\\_212570.html?lang=en](https://www.gsjournal.ir/article_212570.html?lang=en)
  - Nazari, S., Jafarian, Z., Alavi, J. and Naghi poor, A.A., 2021. The impact of climate change on the geographic distribution of *Thymus kotschyanus* (Boiss & Hohen) using ensemble modelling. Desert Management, 9(3): 1-16. <https://doi.org/10.22034/JDMAL.2021.526831.1338>
  - Nehzomi, Z.S. and Shirani, K., 2024. A comprehensive review of the pharmacological properties and medicinal uses of *Allium jesdianum* Boiss. & Buhse. Journal of Medicinal Plants, 23(90): 1-16. <https://doi.org/10.61186/jmp.23.90.1>
  - Ngarega, B.K., Chaibva, P., Masocha, V.F., Saina, J.K., Khine, P.K. and Schneider, H., 2024. Application of MaxEnt modeling to evaluate the climate change effects on the geographic distribution of *Lippia javanica* (Burm. f.) Spreng in Africa. Environmental Monitoring and Assessment, 196(1): 62. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12232-3>
  - Noroozi, J., Talebi, A., Doostmohammadi, M., Manafzadeh, S., Asgarpour, Z. and Schneeweiss, G.M., 2019. Endemic diversity and distribution of the Iranian vascular flora across phytogeographical regions, biodiversity hotspots and areas of endemism. Scientific Reports, 9(1): 12991. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49417-1>
  - Ortiz-Bobera, A., Ault, T.R., Carrillo, C.M., Chambers, R.G. and Lobell, D.B., 2021. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. Nature Climate Change, 11(4): 306-312. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>
  - Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M. and Townsend Peterson, A., 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. Journal of Biogeography, 34(1): 102-117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x>
  - Pecl, G.T., Araújo, M.B., Bell, J.D., Blanchard, J., Bonebrake, T.C., Chen, I.C., Clark, T.D., Colwell, R.K., Danielsen, F., Evengård, B., Falconi, L., Ferrier, S., Frusher, S., Garcia, R.A., Griffis, R.B., Hobday, A.J., Janion-Scheepers, C., Jarzyna, M.A., Jennings, S. and Williams, S.E., 2017. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. Science, 355(6332). <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>
  - Phillips, S.J., Anderson, R.P. and 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.2005.03.026>
  - Phillips, S.J., Dudík, M., Elith, J., Graham, C.H., Lehmann, A., Leathwick, J. and Ferrier, S., 2009. Sample selection bias and presence-only distribution models: Implications for background and pseudo-absence data. Ecological Applications, 19(1): 181-197. <https://doi.org/10.1890/07-2153.1>
  - Ramak, P. and Asri, Y., 2018. Effect of growth degree days and soil properties on phenology and morphological characters of *Allium jesdianum* Boiss & Buhse. in Lorestan province. Journal of Plant Biological Sciences, 10(4): 35-52. <https://doi.org/10.22108/ijpb.2018.110629.1093>
  - Robbins Schug, G., Buikstra, J.E., DeWitte, S.N., Baker, B.J., Berger, E., Buzon, M.R., Davies-Barrett, A.M., Goldstein, L., Grauer, A.L. and Gregoricka, L.A., 2023. Climate change, human health, and resilience in the Holocene. Proceedings of the National Academy of Sciences, 120(4): e2209472120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2209472120>
  - Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C. and Pounds, J.A., 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature, 421(6918): 57-60. <https://doi.org/10.1038/nature01333>
  - Sayadi, S., Mehrabian, A. and Mostafavi, H., 2022. Diversity centers and distribution patterns of Eudicot crop wild relatives of Iran: priorities for conservation and important plant areas. Wildlife and Biodiversity, 6(1): 1-19. <https://doi.org/10.22120/jwb.2021.526979.1219>
  - Shi, X., Wang, J., Zhang, L., Chen, S., Zhao, A., Ning, X., Fan, G., Wu, N., Zhang, L. and Wang, Z., 2023. Prediction of the potentially suitable areas of *Litsea cubeba* in China based on future climate change using the optimized MaxEnt model. Ecological Indicators, 148: 110093. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110093>

- Shi, X., Yin, Q., Sang, Z., Zhu, Z., Jia, Z. and Ma, L., 2023. Habitat distribution pattern of rare and endangered plant *Magnolia wufengensis* in China under climate change. *Forests*, 14(9): 14091767. <https://doi.org/10.3390/f14091767>
- Šimůnek, V., Vacek, Z., Vacek, S., Ripullone, F., Hájek, V. and D'andrea, G., 2021. Tree rings of european beech (*Fagus sylvatica* L.) indicate the relationship with solar cycles during climate change in central and southern europe. *Forests*, 12(3): 1-22. <https://doi.org/10.3390/f12030259>
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I.P., Lešić, V. and Lemić, D., 2021. The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5): 440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L., 2007. Climate change 2007-the physical science basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>
- Specht, C.E. and Keller, E.R.J., 1997. Temperature requirements for seed germination in species of the genus *Allium* L. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 44: 509-517. <https://doi.org/10.1023/A:1008624831308>
- Stocklin, J. and Nabavi, M.H., 1973. Tectonic map of Iran. Geological Survey of Iran. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1595248>
- Taleshi, H., Jalali, S.G., Alavi, S.J., Hosseini, S.M., Naimi, B. and Zimmermann, N.E., 2019. Climate change impacts on the distribution and diversity of major tree species in the temperate forests of Northern Iran. *Regional Environmental Change*, 19(8): 2711-2728. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01578-5>
- Thiers, B., 2016. Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. New York Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2005174>
- Tolyat, M.A., Tavakkol Afshari, R., Jahansoz, M.R., Nadjafi, F. and Naghdibadi, H.A., 2014. Determination of cardinal germination temperatures of two ecotypes of *Thymus daenensis* subsp. *daenensis*. *Seed Science and Technology*, 42(1): 28-35. <https://doi.org/10.15258/sst.2014.42.1.03>
- Uzun, A., Sarikaya, A.G. and Kavakli, S.A., 2023. Modeling of present and future potential distribution areas of *Thymus praecox* opiz. in Turkey according to the Maxent algorithm. *International Journal of Biology and Chemistry*, 16(1): 58-67. <https://doi.org/10.26577/ijbch.2023.v16.i1.06>
- Valavi, R., Elith, J., Lahoz-Monfort, J.J. and Guillera-Arroita, G., 2019. blockCV: an R package for generating spatially or environmentally separated folds for k-fold cross-validation of species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(2): 225-232. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13107>
- Waheed, M., Arshad, F., Majeed, M., Haq, S.M., Aziz, R., Bussmann, R.W., Ali, K., Subhan, F., Jones, D.A. and Zaitouny, A., 2023. Potential distribution of a noxious weed (*Solanum viarum* Du-nal), current status, and future invasion risk based on MaxEnt modeling. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/24749508.2023.2179752>
- Wasko, C., Nathan, R., Stein, L. and O'Shea, D., 2021. Evidence of shorter more extreme rainfalls and increased flood variability under climate change. *Journal of Hydrology*, 603: 126994. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126994>
- Wendelbo, P., 1971. Alliaceae. In: *Flora Iranica*. Lfg. No. 76. Verlagsanstalt, Graz, 99p. <https://www.abebooks.com/Flora-Iranica-Alliaceae-Lfg-Nos-76/14889269496/bd>
- White, F. and Léonard, J., 1990. Phytogeographical links between Africa and southwest Asia. *Contributions selectae ad floram et vegetationem Orientis. Abstracts of the 3th Plant Life of Southwest Asia Symposium*. Berlin, 25 September: 229-246. <https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783443660017>
- Yang, M., Sun, L., Yu, Y., Zhang, H., Malik, I., Wistuba, M. and Yu, R., 2023. Predicting the potential geographical distribution of *Rhodiola* L. in China under climate change scenarios. *Plants*, 12(21): 3735. <https://doi.org/10.3390/plants12213735>
- Yi, Y., Cheng, X., Yang, Z.F. and Zhang, S.H., 2016. Maxent modeling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (*H. riparia* Lour) in Yunnan, China. *Ecological Engineering*, 92: 260-269. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.04.010>
- Dorosti, N., Zarabi, S., Ahmadi, S., Rostami, R. and Rashidi Pour, M., 2017. Evaluation of anticancer activity methanolic extract of *Allium jesdianum* and *Nectaroscordeum coelzi* against HeLa and K562 cell lines. *Yafte*, 19(1): 31-41. <http://yafte.lums.ac.ir/article-1-2475-fa.html>