

## Predicting potential climate change effects on the geographical range of *Agropyron intermedium* L. in Chaharmahal-va-Bakhtiari province

Fereshteh Babaei Dehkordi<sup>1</sup>  | Ataollah Ebrahimi<sup>1</sup> | Ali Asghar Naghipour<sup>1</sup>   |  
Maryam Haidarian<sup>2</sup>

1- Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

2- Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

Email: [aa.naghipour@sku.ac.ir](mailto:aa.naghipour@sku.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**  
Received: 20 December 2022  
Received in revised: 7 February 2023  
Accepted: 22 February 2023  
Published online: 21 June 2023

**Keywords:**  
*Biomod2,*  
*Central Zagros,*  
*Ensemble modeling,*  
*Habitat suitability,*  
*Species distribution modeling.*

### Abstract

Climate change is one of the main determinants of plant species redistribution and biodiversity loss. This study aims to predict the impacts of climate change on the geographic distribution of *Agropyron intermedium* in Chaharmahal-va-Bakhtiari province as a part of Central Zagros, Iran. The presence points of studied species were recorded from our field surveys in the studied area. In this study, we used the ensemble predictions based on five species distribution models. The future projections were made for the year 2070 with three scenarios SSP126, SSP370, and SSP585, and two general circulation models GFDL-ESM4 and MRI-ESM2-0. According to the results, Random forest model and the generalized boosted model were recognized as the most reliable models for predicting species distribution. The most effective variables in the suitability of the *A. intermedium* species habitat were, respectively, elevation, Precipitation of wettest month, and slope. According to the finding, about 21.26% of the study area for *A. intermedium* species have had suitable habitats. The decline of suitable habitats of *A. intermedium* will be 36.06% to 63.20% under the GFDL-ESM4 general circulation model and 36.69% to 65.17% under MRI-ESM2 general circulation model due to climate change. The results also indicated that climate change will alter the range size of studied species and will probably shift to higher elevations in the future. The results of this study can be used to protect the habitat of the range plant species, as well as its rehabilitation and restoration.

**Cite this article:** Babaei Dehkordi, F., Ebrahimi, A., Naghipour, A.A., Haidarian, M. (2023). Predicting potential climate change effects on the geographical range of *Agropyron intermedium* L. in Chaharmahal-va-Bakhtiari province. *Journal of Range & Watershed Management*, 76 (1), 45-59.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2023.352719.1690>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

## پیش‌بینی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر گستره جغرافیایی گونه *Agropyron intermedium* L. در استان چهارمحال و بختیاری

فرشته بابایی دهکردی<sup>۱</sup> | عطالله ابراهیمی<sup>۱</sup> | علی اصغر نقی پور<sup>۱\*</sup> | مریم حیدریان<sup>۲</sup>

۱- دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

رایانامه: [aa.naghypour@sku.ac.ir](mailto:aa.naghypour@sku.ac.ir)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

#### نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۳۱

تغییر اقلیم یکی از عوامل تعیین‌کننده اصلی در توزیع مجدد گونه‌ها و از دست دادن تنوع زیستی است. این مطالعه با هدف پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه علف گندمی (*Agropyron intermedium*) در کل استان چهارمحال و بختیاری واقع در زاگرس مرکزی صورت گرفت. نقاط حضورگونه مورد مطالعه بر اساس بازدهی‌های میدانی در منطقه مورد مطالعه برداشت شدند. در این مطالعه، از یک رویکرد مدل‌سازی اجماعی با تلفیق پنج مدل توزیع گونه‌ای استفاده شد. پیش‌بینی پراکنش آینده گونه مورد مطالعه بر اساس سه سناریوی SSP126، SSP370، SSP585 و دو مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 و MRI-ESM2-0 برای سال ۲۰۷۰ میلادی انجام شد. بر اساس نتایج ارزیابی‌ها، مدل‌های جنگل تصادفی و افزایشی تعمیم‌یافته به عنوان قابل‌اعتمادترین مدل‌ها برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌های مورد مطالعه تعیین شدند. مؤثرترین متغیرها در مطلوبیت رویشگاه گونه علف گندمی، به ترتیب دامنه ارتفاعی، مجموع بارندگی پر بارش‌ترین ماه، شیب و تغییرات فصلی دما بودند. بر اساس نتایج مطالعه، سطح رویشگاه مطلوب گونه علف گندمی، ۲۶/۲۱ درصد از کل منطقه مورد مطالعه برآورد شد. یافته‌ها نشان داد رویشگاه مناسب گونه علف گندمی تحت مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 ۳۶/۰۶ تا ۶۳/۲۰ درصد و بر اساس مدل ESM2-MRI ۳۶/۶۹ تا ۶۵/۱۷ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین نتایج نشان داد که تغییر اقلیم، محدوده پراکنش گونه مطالعه شده را تغییر خواهد داد و احتمالاً در آینده به سمت ارتفاعات بالاتر جابجا خواهد شد. نتایج مطالعه حاضر می‌تواند به منظور حفاظت از رویشگاه این گونه مرتعی و همچنین مکان‌یابی و احیا آن به کار روند.

#### کلیدواژه‌ها:

تناسب رویشگاه،

زاگرس مرکزی،

مدل‌سازی اجماعی،

مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای،

Biomod2

**استناد:** بابایی دهکردی؛ فرشته، ابراهیمی؛ عطالله، نقی پور؛ علی اصغر، حیدریان؛ مریم (۱۴۰۲). پیش‌بینی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر گستره جغرافیایی گونه *Agropyron intermedium* L. در استان چهارمحال و بختیاری. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۷۶(۱)، ۵۹-۴۵.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2023.352719.1690>



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

## ۱. مقدمه

حضور گونه‌های گیاهی در هر منطقه حاصل عوامل مختلف محیطی، نیازهای اکولوژیکی آن گونه و دامنه بردباری گونه نسبت به عوامل محیطی مهم در هر رویشگاه است (زارع و همکاران، ۱۳۹۷). در این میان برخی از این عوامل بیشترین تأثیر را در حضور گونه‌های گیاهی دارند. با شناسایی عوامل محیطی تأثیرگذار در پراکنش گونه‌های گیاهی و عکس‌العمل گونه‌ها نسبت به این متغیرهای محیطی می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای دست پیدا کرد (زارع و همکاران، ۱۳۸۶).

این مدل‌ها از جمله الگوریتم تحلیلی- آماری می‌باشند که بر اساس مشاهدات میدانی و نقشه‌های محیطی، دامنه جغرافیایی پراکنش گونه‌های گیاهی را تعیین می‌نمایند (هررا<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۹). در این مدل‌ها متغیر وابسته به‌طور کلی حضور و عدم‌حضور گونه‌های مورد مطالعه و متغیر مستقل عوامل محیطی می‌باشد. روابط بین این متغیرها به‌صورت توابع ریاضی ارائه می‌گردند (زارع و همکاران، ۱۳۹۴). در سال‌های اخیر، مدل‌های پراکنش گونه‌ای در بوم‌شناسی گیاهی در موضوعاتی از جمله بوم‌شناسی چشم‌انداز، شناسایی رویشگاه‌های مطلوب، طبقه‌بندی رویشگاه‌های متفاوت برای گونه‌های مختلف، تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌ها و بررسی دامنه پراکنش جغرافیایی گونه‌ها به کار گرفته شده‌اند (علوی و همکاران، ۱۳۹۸).

در بین عوامل محیطی، اقلیم مهمترین عامل تعیین‌کننده پراکنش گونه‌های گیاهی و انقراض محلی بعضی از آنها محسوب می‌گردد (رانا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). اقلیم به طور مستقیم بر تمامی عوامل مؤثر بر محیط رشد گونه‌ها تأثیرگذار است و مطالعات اخیر نیز بر کنترل بالقوه اقلیم بر پراکنش گیاهان دلالت دارند (هیجمانس و گراهام<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶). تغییر اقلیم یکی از عوامل تعیین‌کننده اصلی در توزیع مجدد گونه‌ها و از دست دادن تنوع زیستی است. تغییر اقلیم، حدود بردباری و عوامل محیطی مؤثر بر توزیع و گسترش جغرافیایی گونه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در نتیجه از دیدگاه بوم‌شناختی باعث تغییرات شدیدی در پراکنش و انتشار موجودات زنده می‌شود. به منظور کاهش پیامدهای منفی تأثیرگذار بر موجودات زنده، مدل‌سازی اثرات تغییرات اقلیمی آینده بر پراکنش گونه‌ها لازم و ضروری می‌باشد (اندرسون و فری<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰).

روش‌های مختلف مدل‌سازی برای مطالعه پراکنش گیاهان و جانوران به‌صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از جمله مطالعات انجام شده در کشور در رابطه با گونه‌های *Centaurea glastifolia* L. (الماسیه و همکاران، ۱۴۰۰)، *Quercus brantii* Lindl. (محمودوند و همکاران، ۱۴۰۰)، *Alopecurus textilis* Boiss. (نظری و همکاران، ۱۴۰۰)، *Astracantha gossypina* (Fisch.) Podlech. (مومنی دمنه و همکاران، ۱۴۰۱)، *Astragalus verus* Olivier. (شیخ زاده و همکاران، ۱۴۰۰)، *Astragalus adscendens* Boiss. & Hausskn. (حیدریان و همکاران، ۱۴۰۰)، *A. verus* (طیموری اصل و همکاران، ۱۳۹۹ ب)، *Artemisia aucheri* Boiss. (امیری و همکاران، ۱۳۹۸)، *Amygdalus scoparia* Spach (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶ ب)، *Fritillaria Imperialis* L. (نقی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸ الف) و *Artemisia sieberi* Besser and *A. aucheri* (خلاصی اهوازی همکاران، ۱۳۹۴) می‌توان اشاره نمود.

گونه مورد بررسی در این پژوهش *Agropyron intermedium*، گونه‌ای چندساله از خانواده گندمیان (Poaceae)، دارای ساقه‌های ماشوره‌ای به ارتفاع ۱۰۰ و گاهاً ۱۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. این گونه تا قبل از به بذر نشستن بسیار خوش‌خوراک بوده و مورد توجه انواع دام‌ها بخصوص گاو می‌باشد. گونه‌ای ریزوم‌دار بوده که این امر باعث تجدید حیات و مقاومت آن در برابر چرای دام می‌شود. دامنه ارتفاعی آن از ۸۰۰ تا ۲۵۰۰ متر متغیر است و حداقل و حداکثر دمای مطلق رویشگاه آن به ترتیب ۳۰- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (مقیم، ۱۳۸۴). این گونه اهمیت زیادی در تولید علوفه دام‌ها و حفاظت خاک دارد. این گونه در کشور ما با پراکنندگی نسبتاً زیاد و با گستره رویشی کم رشد می‌کند (عباسی و زارع، ۱۳۹۳).

<sup>1</sup> Herrera

<sup>2</sup> Rana

<sup>3</sup> Hijmans and Graham

<sup>4</sup> Anderson and Ferree

با وجود اهمیت گونه *A. intermedium* در کشور، تاکنون مطالعات اندکی در زمینه مدل‌سازی پراکنش این گونه به انجام رسیده است. به عنوان نمونه عباسی و زارع (۱۳۹۳) با استفاده از تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA)، مطلوبیت رویشگاه حال حاضر گونه *A. intermedium* را در منطقه طالقان بررسی نمودند. اما، تاکنون پیامدهای تغییر اقلیم بر گونه *A. intermedium* در کشور ما مورد مطالعه قرار نگرفته است.

مطالعه حاضر، با هدف شناسایی مهمترین عوامل اقلیمی و فیزیوگرافی موثر بر پراکنش گونه *A. intermedium* در استان چهارمحال و بختیاری و تعیین گستره جغرافیایی حال حاضر این گونه که یک گونه مهم مرتعی است، انجام پذیرفت. همچنین پراکنش این گونه در سال ۲۰۷۰ تحت سناریوهای اقلیمی SSP126، SSP370، SSP585 تحت دو مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 و MRI-ESM2-0 پیش‌بینی گردید.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲-۱. منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۵۳۲ کیلومتر مربع واقع در منطقه زاگرس مرکزی انجام شد. این استان بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). استان چهارمحال و بختیاری در منطقه‌ای کوهستانی در امتداد رشته‌کوه زاگرس واقع می‌باشد که از شمال غربی به جنوب شرقی امتداد دارد. پست‌ترین نقطه آن در ناحیه شرقی استان به ارتفاع ۶۹۰ متر و بلندترین نقطه استان در زردکوه بختیاری به ارتفاع ۴۲۰۰ متر قرار دارد. حداکثر مطلق دمای استان ۴۷/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در لردگان و حداقل دما ۳۴/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد زیر صفر در ایستگاه دزک به ثبت رسیده است. پربارش‌ترین بخش، ارتفاعات غربی استان با متوسط بارش سالانه ۱۶۰۰ میلی‌متر و کم‌بارش‌ترین ناحیه نواحی شمال شرقی و شرقی استان با متوسط بارش سالانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد و متوسط بارش سالانه استان در حدود ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد. بر اساس اطلاعات هواشناسی، حدود ۵۲ درصد از بارندگی‌ها در فصل زمستان، ۳۰ درصد در فصل پاییز و حدود ۱۸ درصد نیز در فصل بهار روی می‌دهد (مظفریان، ۱۳۹۵) از نظر تنوع زیستی و ارزش اکولوژیکی این استان اهمیت بالایی دارد (جعفریان و همکاران، ۱۳۹۶).

### ۲-۲. برداشت اطلاعات حضور گونه مورد مطالعه

ابتدا با بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه مناطقی که در آن گونه حضور دارد، مشخص گردید. سپس مختصات جغرافیایی نقاط حضور گونه *A. intermedium* با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی<sup>۱</sup> برداشت شد. موقعیت نقاط حضور ثبت‌شده در شکل (۱) آورده شده است. در هنگام ثبت نقاط سعی شد مناطقی به‌عنوان حضور گونه در نظر گرفته شوند که علاوه بر غالبیت گونه، حداقل یک لکه به مساحت یک کیلومتر مربع را پوشش دهند. همچنین نقاط نمونه‌برداری شده از یکدیگر حداقل یک کیلومتر فاصله داشتند؛ بنابراین، تک‌پایه‌ها به‌عنوان حضور گونه برداشت نشدند. در نهایت ۱۲۴ نقطه حضور برای مدل‌سازی پراکنش گونه *A. intermedium* ثبت گردید.

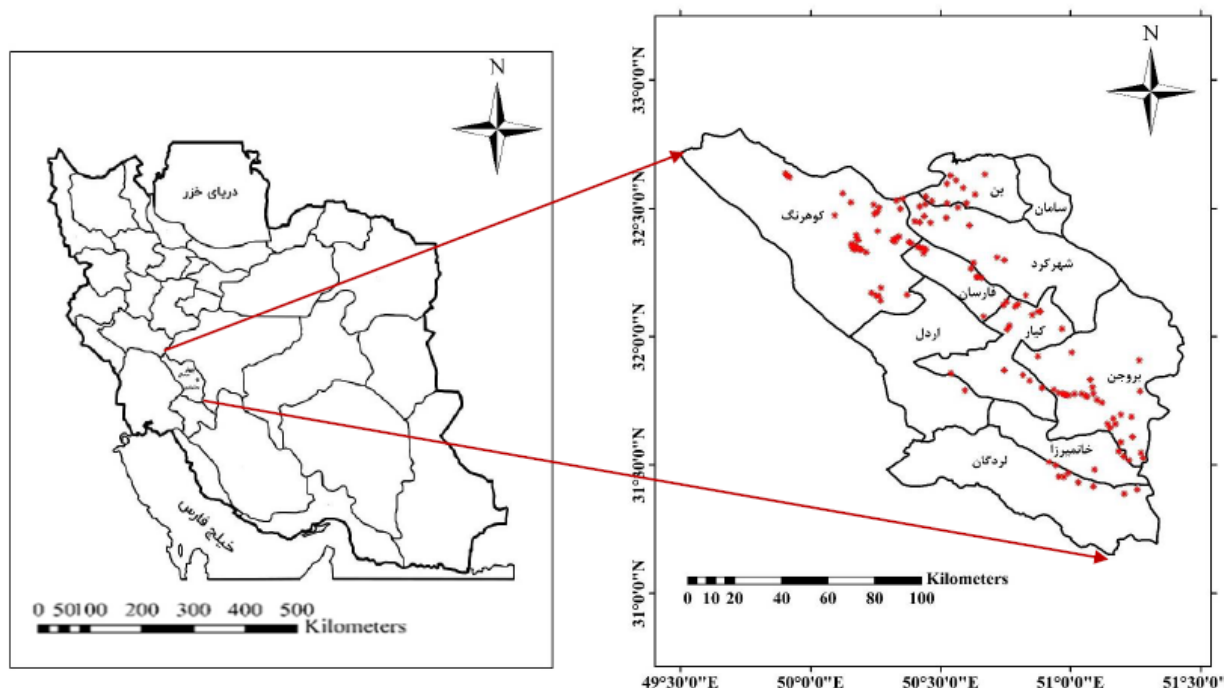
### ۲-۳. متغیرهای محیطی

متغیرهای اقلیمی به‌کار رفته در تعیین آشیان اکولوژیک گونه‌ی مورد مطالعه شامل ۱۹ متغیر زیست اقلیمی مشتق شده از دما و بارش در دو مقطع زمانی حال حاضر (۲۰۱۰-۱۹۸۱) و سال ۲۰۷۰ میلادی (۲۰۴۱-۲۰۷۰) بودند. داده‌ها از پایگاه اطلاعاتی CHELSA (Chelsa-) climate.org) و با تفکیک مکانی ۳۰ ثانیه (تقریباً یک کیلومتر مربع) دریافت شد (کارگر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۱). در مطالعه حاضر از دو مدل

<sup>۱</sup> GPS

<sup>۲</sup> Karger

گردش عمومی جو شامل GFDL-ESM4 و MRI-ESM2-0 تحت سناریوهای SSP126، SSP370 و SSP585 برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه علف گندمی میانی در سال ۲۰۷۰ استفاده شد. دلیل انتخاب این مدل‌های گردش عمومی، در دسترس بودن داده‌ها و عملکرد بالای آن در کشور ما می‌باشد (عباسیان و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین، لایه‌های شیب و جهت جغرافیایی نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) تولید شدند. همچنین نقشه پوشش/کاربری زمین، تهیه شده توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، به عنوان لایه کاربری زمین مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱. موقعیت استان چهارمحال و بختیاری در کشور به همراه نقاط حضور گونه *Agropyron intermedium*

تمامی لایه‌های محیطی از نظر تعداد پیکسل، محدوده و سیستم تصویر در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و با ابزار Extract by mask یکسان‌سازی شدند. با توجه به این موضوع که همبستگی بین متغیرهای ورودی به مدل‌های مورد استفاده می‌تواند باعث ایجاد خطای فراوانی در خروجی مدل‌ها گردد (براونیش<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۳)، ابتدا باید وجود همبستگی بین متغیرهای زیست‌اقلیمی را اصلاح نمود. بنابراین، متغیرهای ورودی توسط آزمون آماری پیرسون (Pearson) بررسی و متغیرهایی با بیش از ۸۰ درصد همبستگی مشخص گردیده و لایه‌های دارای همبستگی بالا حذف شدند. متغیرهایی با ضریب همبستگی پیرسون کمتر از ۰/۸ شامل لایه‌های ارتفاع، مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه، شیب، تغییرات فصلی دما، مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل سال، میانگین دمای پربارش‌ترین فصل سال، دامنه سالانه دما، تغییرات فصل بارندگی (ضریب تغییرات)، میانگین دامنه دمای روزانه، جهت شیب و کاربری اراضی به عنوان ورودی مدل‌ها انتخاب شدند.

<sup>۱</sup> Braunisch

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش (*A. intermedium*) و اهمیت نسبی آن‌ها بر اساس مدل اجماعی

اهمیت نسبی	عنوان به انگلیسی	متغیرهای محیطی
۲۸/۹۶	Elevation	ارتفاع از سطح دریا
۲۲/۹۶	bio13- Precipitation of Wettest Month	مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه
۱۷/۰۱	Slope	شیب
۸/۱۸	bio4- Temperature Seasonality	تغییرات فصلی دما
۶/۸۸	bio18- Precipitation of Warmest Quarter	مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل سال
۴/۳۲	bio8- Mean Temperature of Wettest Quarter	میانگین دمای پربارش فصل سال
۳/۶۷	bio7- Temperature Annual Range	دامنه سالانه دما
۳/۳۹	bio15- Precipitation Seasonality	تغییرات فصلی بارندگی
۳/۲۹	bio2- Mean Diurnal Range	میانگین دامنه دمای روزانه
۰/۹۳	Aspect	جهت شیب
۰/۳۵	land use/land cover	کاربری/پوشش اراضی

## ۲-۴. مدل‌های پراکنش گونه‌ای

به منظور پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های مطلوب گونه *A. intermedium* از بسته نرم‌افزاری Biomod2 در محیط R استفاده شد. به جهت در نظر گرفتن عدم قطعیت ناشی از روش‌های متفاوت مدل‌سازی از پنج روش مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای شامل شبکه عصبی مصنوعی<sup>۱</sup> (ANN)، روش افزایشی تعمیم‌یافته<sup>۲</sup> (GBM)، مدل رگرسیون چند متغیره تطبیقی<sup>۳</sup> (MARS)، تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر<sup>۴</sup> (FDA)، و جنگل تصادفی<sup>۵</sup> (RF) در قالب مدل‌سازی اجماعی جهت مدل‌سازی رویشگاه مطلوب گونه *A. intermedium* و علاوه بر آن ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش آینده گونه‌ی مورد نظر استفاده شد.

به دلیل اینکه تمام مدل‌های پراکنش گونه‌ای مورد استفاده به داده‌های زمینه‌ای (مثل نقاط عدم حضور کاذب) هم نیاز دارند، به طور تصادفی تعدادی نقطه‌ی زمینه‌ای برابر نقاط حضور گونه در محدوده مورد پژوهش و در خارج از سلول‌های حضور ایجاد گردید. به منظور افزایش کارایی و دقت مدل، هر یک از مدل‌ها با ۱۰ بار تکرار انجام گرفت. ۸۰ درصد نقاط حضور به‌عنوان داده‌های تعلیمی و ۲۰ درصد باقی‌مانده برای ارزیابی مدل‌ها استفاده شد. ارزیابی مدل‌ها، با استفاده از شاخص‌های سطح زیرمنحنی (AUC) ROC و شاخص TSS به منظور تعیین مدل‌هایی که دارای عملکرد بهتری در تهیه نقشه مکان‌های مناسب اقلیمی برای گونه‌های مورد پژوهش داشتند انجام گردید. برای برآورد اثرات تغییر اقلیم بر توزیع جغرافیایی گونه مورد پژوهش، ابتدا از یک سطح بحرانی (بر اساس معیار ROC) (تایلر<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۶) برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت رویشگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب استفاده گردید؛ سپس، وسعت رویشگاه‌های جدید و رویشگاه‌های نامناسب شده به دلیل تغییر اقلیم در سال ۲۰۷۰ برآورد شد.

<sup>1</sup> Artificial Neural Network

<sup>2</sup> Generalized Boosting Method

<sup>3</sup> Generalized Linear Model

<sup>4</sup> Flexible Discriminant Analysis

<sup>5</sup> Random Forest

<sup>6</sup> Thuiller

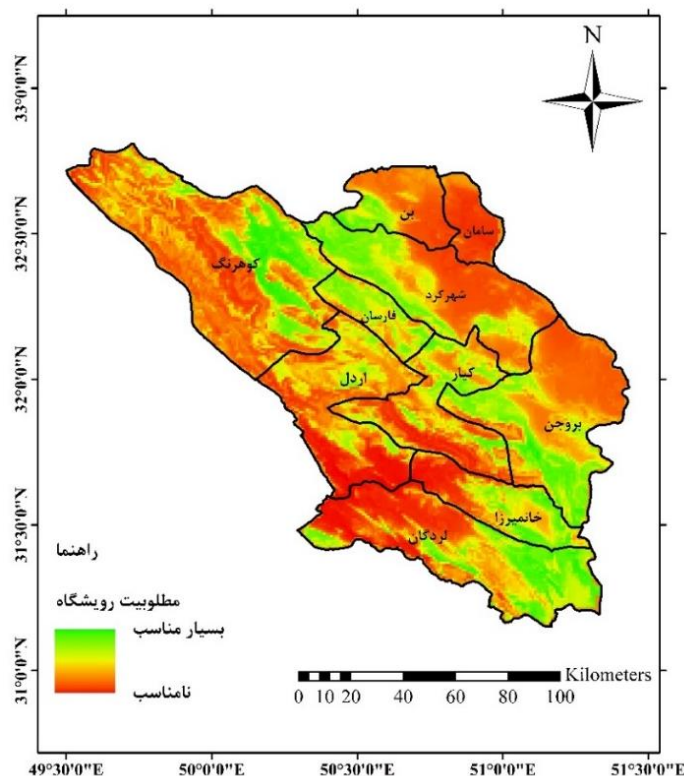
### ۳. یافته‌های پژوهش

چهار متغیر ارتفاع، مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه، شیب و تغییرات فصلی دما در مجموع با ۷۷/۱۱ درصد به ترتیب بیشترین اهمیت را در فراهم نمودن شرایط رویشی جهت حضور گونه‌ی *A. intermedium* در سطح منطقه مورد پژوهش داشته‌اند. به منظور مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه، از ۵ مدل مطالعاتی و سه سناریوی تغییر اقلیم در محیط برنامه R استفاده شد. مدل‌ها بر اساس دو معیار TSS ( $>0/۶۶$ ) و AUC ( $>0/۸۵$ ) همگی در رتبه‌های خوب تا عالی قرار گرفتند. مدل جنگل تصادفی (RF) و روش افزایشی تعمیم‌یافته (GBM) به ترتیب بالاترین ارزش دو شاخص را به خود اختصاص دادند. همچنین، نتایج نشان‌دهنده عملکرد عالی مدل اجماعی بود (TSS = ۰/۷۸ و AUC = ۰/۹۲).

جدول ۲. برآورد سطح زیر منحنی (AUC) و (TSS) در مدل‌های مختلف اجرا شده جهت گونه *A. intermedium*

شاخص‌ها	RF	MARS	GBM	FDA	ANN	میانگین
TSS	۰/۹۸	۰/۷۱	۰/۸۶	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۸
AUC	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۹۸	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۹۲

درصد رویشگاه مطلوب برای گونه *A. intermedium* در استان چهارمحال و بختیاری با توجه به مدل اجماعی برابر ۲۶/۲۱ درصد (۴۳۲۶۰۶/۷۲ هکتار) برآورد شد. نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه مورد مطالعه در زمان حال حاضر در شکل ۲ آورده شده است. بر اساس نتایج مطالعه کمینه، بیشینه و میانگین ارتفاع نقاط حضور گونه مورد مطالعه به ترتیب ۱۵۵۸، ۳۰۲۱ و ۲۳۷۳ متر از سطح دریا می‌باشد.



شکل ۲. مطلوبیت رویشگاه گونه *A. intermedium* بر اساس رویکرد اجماعی حاصل از پنج مدل توزیع گونه‌ای

**۳-۱. مدل گردش عمومی GFDL-ESM4**

بر اساس نتایج حاصله، تغییر اقلیم می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای بر رویشگاه‌های مطلوب *A. intermedium* داشته باشد. برآوردهای حاصل از سناریوهای اقلیمی مختلف نشان می‌دهند که بر اساس مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 در حدود ۳۶/۰۶ درصد (سناریوی SSP126) تا ۶۳/۲۰ درصد (سناریوی SSP585) تا سال ۲۰۷۰، از رویشگاه مطلوب گونه از بین خواهد رفت و رویشگاه مطلوب گونه‌ی مورد مطالعه در اغلب مناطق حضور به‌خصوص در مناطقی با ارتفاع کمتر کاهش یافته است. همچنین ۰/۵۲ درصد (بر اساس سناریوی SSP585) تا ۸/۰۷ درصد (بر اساس سناریوی SSP126) تا سال ۲۰۷۰ بر مساحت رویشگاه مطلوب گونه افزوده خواهد شد. نرخ تغییرات خالص رویشگاه ۲۷/۹۹- (بر اساس سناریوی SSP126) تا ۶۲/۶۷- (بر اساس سناریوی SSP585) برآورد گردید.

**جدول ۳.** تغییر در وسعت رویشگاه مطلوب گونه علف گندمی میانی (*A. intermedium*) تا سال ۲۰۷۰ تحت سناریوهای اقلیمی مختلف و مدل گردش عمومی GFDL-ESM4

سناریو	حضور پایدار (هکتار)	عدم حضور پایدار (هکتار)	رویشگاه ازدست‌رفته		رویشگاه جدید		تغییرات خالص در رویشگاه
			مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	
SSP126	۲۷۶۵۸۷/۱۰	۱۱۸۲۴۶۸/۴۴	۱۵۶۰۱۹/۶۱	۳۶/۰۶	۳۴۹۲۲/۹۹	۸/۰۷	-۲۷/۹۹
SSP370	۲۰۶۲۸۷/۵۶	۱۱۹۸۵۶۹/۳۱	۲۲۶۳۱۹/۱۵	۵۲/۳۱	۱۸۸۲۲/۱۳	۴/۳۵	-۴۷/۹۶
SSP585	۱۵۹۱۹۴/۴۳	۱۲۱۵۱۲/۷۱	۲۷۳۴۱۲/۲۸	۶۳/۲۰	۲۲۶۷/۷۲	۰/۵۲	-۶۲/۶۷

**۳-۲. مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0**

بر اساس سناریوهای مورد بررسی، ۳۶/۶۹ درصد (بر اساس سناریوی SSP126) تا ۶۵/۱۷ درصد (بر اساس سناریوی SSP585) تا سال ۲۰۷۰ رویشگاه‌های مطلوب گونه مورد بررسی از بین خواهد رفت و در مقابل ۱/۸۹ درصد (بر اساس سناریوی SSP126) تا ۵/۶۳ درصد (بر اساس سناریوی SSP585) تا سال ۲۰۷۰ بر رویشگاه گونه افزوده خواهد شد. نرخ تغییرات خالص در رویشگاه ۳۴/۸۰- (بر اساس سناریوی SSP126) تا ۵۹/۵۳- (بر اساس سناریوی SSP585) خواهد بود.

**جدول ۴.** تغییر در وسعت رویشگاه‌های مطلوب گونه علف گندمی میانی (*A. intermedium*)

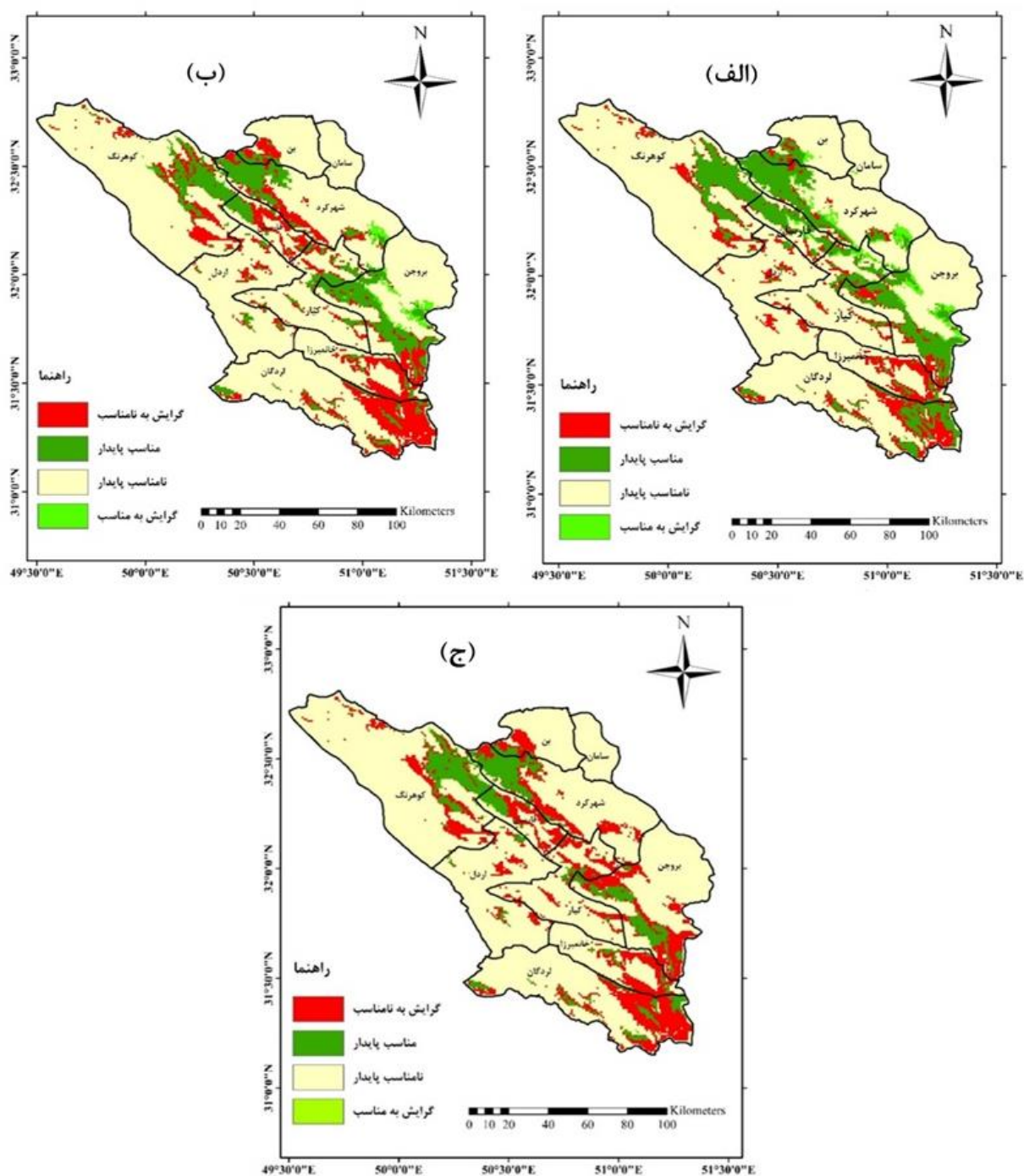
تا سال ۲۰۷۰ تحت سناریوهای اقلیمی مختلف و مدل گردش عمومی MRI-ESM2-0

سناریو	حضور پایدار (هکتار)	عدم حضور پایدار (هکتار)	رویشگاه ازدست‌رفته		رویشگاه جدید		تغییرات خالص در رویشگاه
			مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	
SSP126	۲۱۹۹۶۹/۵۱	۱۲۹۵۹۳۰/۳۸	۱۲۷۵۲۱/۸۴	۳۶/۶۹	۶۵۷۶/۴۰	۱/۸۹	-۳۴/۸۰
SSP370	۱۸۸۶۷۴/۸۸	۱۲۹۲۳۰۲/۰۲	۱۵۸۸۱۶/۴۸	۴۵/۷۰	۱۰۲۰۴/۷۷	۲/۹۳	-۴۲/۷۶
SSP585	۱۲۱۰۲۱/۰۳	۱۲۸۲۹۲۸/۷۵	۲۲۶۴۷۰/۳۳	۶۵/۱۷	۱۹۵۷۸/۰۴	۵/۶۳	-۵۹/۵۳

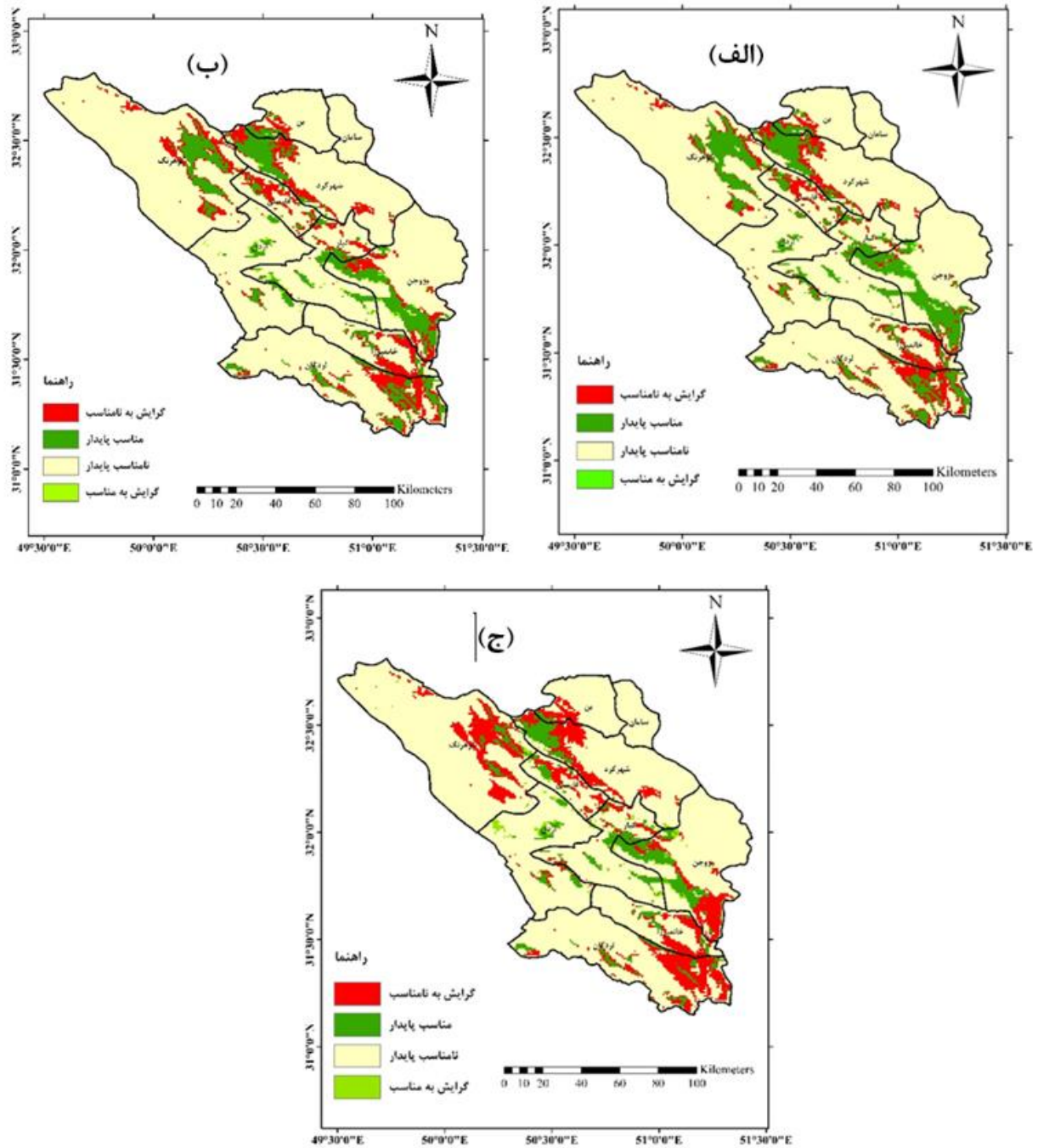
**۴. بحث و نتیجه‌گیری**

پایداری گونه‌های گیاهی کشت شده از مهم‌ترین ارکان موفقیت در طرح‌های اصلاح و احیاء مراتع می‌باشد. تعیین رویشگاه بالقوه گونه‌های هدف در شرایط موجود، لازم می‌باشد. علاوه بر آن تعیین رویشگاه بالقوه گونه‌ها تحت سناریوهای اقلیمی در آینده ضروری است، چون امکان دارد تناسب رویشگاه برای گونه‌های هدف در آینده تحت تأثیر تغییرات اقلیم کاهش پیدا کرده و باعث نابودی طیف گسترده‌ای از منابع مالی و طبیعی گردد.





شکل ۳. تغییر در گستره جغرافیایی رویشگاه‌های مطلوب علف گندمی میانی (*A. intermedium*) از شرایط اقلیمی امروزی تا آینده (سال ۲۰۷۰) بر اساس مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 (الف) سناریوی SSP126، (ب) سناریوی SSP370 و (ج) سناریوی SSP585



شکل ۴. تغییر در گستره جغرافیایی رویشگاه‌های مطلوب علف گندمی میانی (*A. intermedium*) از شرایط اقلیمی امروزی تا آینده (سال ۲۰۷۰) بر اساس مدل گردش عمومی (الف) MRI-ESM2-0 (سناریوی SSP126، ب) سناریوی SSP370 و ج) سناریوی SSP585

بر اساس یافته‌های حاصل از مدل اجماعی، در حدود ۲۶/۲۱ درصد (۴۳۲۶۰۶/۷۲ هکتار) از مساحت استان در حال حاضر رویشگاه مطلوب گونه *A. intermedium* برآورد شد. این محدوده به عنوان آشیان بوم‌شناختی بالقوه گونه به حساب می‌آید که بزرگ‌تر از آشیان بوم‌شناختی واقعی گونه می‌باشد. در این پژوهش، مناطقی با شرایط زیر به عنوان رویشگاه بالقوه پیش‌بینی می‌گردند: (۱) مناطقی که برای گونه مورد مطالعه مطلوب هستند و گونه در آنجا حضور دارد؛ (۲) مناطقی که مطلوب گونه مورد مطالعه هستند، ولی در اثر عوامل مختلفی، گونه در این مناطق نابود و منقرض گردیده است؛ (۳) مناطق مطلوبی که گونه مورد مطالعه توانایی حضور و توزیع در این مناطق را به هیچ عنوان نداشته است (پترسون<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). به نظر می‌رسد بخش‌های شمال و جنوب غربی استان (شامل شهرستان‌های کوهرنگ، شهرکرد، فارس و بروجن) از اهمیت رویشگاهی بالاتری برای گونه مورد مطالعه برخوردار می‌باشند.

البته باید بیان توجه داشت که در مطالعه حاضر، آشیان اکولوژیک بالقوه اقلیمی *A. intermedium* تعیین گردیده است که می‌تواند متفاوت از آشیان اکولوژیک واقعی این گونه باشد. عوامل اقلیمی ممکن است به عنوان مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده، گسترش و احیاء جمعیت‌های طبیعی بر زیستایی این جمعیت‌ها تأثیرگذار باشند (زرین کامار<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶).

نتایج نشان داد که تغییر اقلیم پیامدهای قابل‌توجهی بر رویشگاه بالقوه گونه *A. intermedium* در استان وارد خواهد نمود؛ به گونه‌ای که بخش وسیعی از رویشگاه گونه‌ی مورد پژوهش بر اثر تغییر اقلیم تا سال ۲۰۷۰ نامطلوب می‌گردد. این میزان بر اساس سناریوهای مورد بررسی در مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 ۳۶/۰۶ درصد (بر اساس سناریوی SSP 126) تا ۶۳/۲۰ درصد (بر اساس سناریوی SSP585) و بر اساس مدل MRI-ESM2-0 ۳۶/۶۹ درصد (SSP126) تا ۶۵/۱۷ درصد (SSP585) پیش‌بینی شده که تا سال ۲۰۷۰ نامطلوب می‌گردد. علاوه بر تغییر اقلیم، عوامل دیگری از جمله تغییر کاربری اراضی، بهره‌برداری غیراصولی، آتش‌سوزی نیز بر شدت پایداری و بقای این گونه گیاهی اثرگذار است.

همه مدل‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر بر اساس شاخص AUC و TSS در رتبه‌های خوب تا عالی قرار گرفتند. بر اساس نتایج، مدل جنگل تصادفی (RF) بهترین پیش‌بینی را داشتند و به عنوان قابل‌اعتمادترین مدل برای پیش‌بینی توزیع گونه‌ها تعیین شد. مدل جنگل تصادفی (RF) پیش‌بینی خود را با ایجاد هزاران درخت و در مجموع با یک میانگین از آنها انجام می‌دهد (بریمان<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱)، و روشی کارآمد برای مدل‌سازی پیش‌بینی توزیع گونه‌هاست (جعفریان و کارگر، ۱۳۹۶). در بررسی توزیع گونه‌های گیاهی غالب در مراتع استان مازندران روش RF را به عنوان روشی کارا در بررسی توزیع گونه‌های گیاهی منطقه‌ی مورد مطالعه معرفی نمودند. مطالعات متعددی بر قابلیت بالای مدل جنگل تصادفی در مقایسه با دیگر مدل‌های پراکنش گونه‌ای تأکید نموده‌اند (نظری و همکاران، ۱۴۰۰، شیخ زاده و همکاران، ۱۴۰۰ و علوی و همکاران، ۱۳۹۸).

بر اساس نتایج، متغیرهای ارتفاع، مجموع بارندگی پر بارش‌ترین ماه، شیب و تغییرات فصلی دما بر استقرار و توزیع گونه *A. intermedium* از اهمیت بالایی نسبت به سایر عوامل برخوردار هستند. ارتفاع از سطح دریا از این نظر حائز اهمیت است که گونه‌های گیاهی با توجه به نیازهای بوم‌شناختی، توانایی حضور و استقرار در محدوده ارتفاعی خاصی را دارند؛ بنابراین افزایش یا کاهش ارتفاع می‌تواند موجب تناسب یا عدم تناسب رویشگاه برای استقرار گونه‌های گیاهی گردد (پیری صحراگرد، ۱۳۹۷).

مومنی و دمنه و همکاران (۱۴۰۱) متغیرهای اقلیمی شامل متوسط دما و سه متغیر مرتبط با میزان و توزیع بارندگی را تأثیرگذارترین متغیرها در تعیین و پیش‌بینی رویشگاه گونه *Astracantha gossypina* در شمال شرق ایران دانستند. همچنین سنگوئی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی توزیع جغرافیایی دو گونه مرتعی *Bromus tomentellus* Boiss و *A. trichophorum* Richt در تغییرات فصلی بارندگی و مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل و دمای متوسط پر بارش‌ترین فصل را مهم‌ترین متغیرها معرفی کردند (فرزاد مهر و سنگوئی، ۱۳۹۹). در پژوهش خود تغییرات فصلی بارندگی را به عنوان یکی از عوامل مهم در توزیع گونه گل‌گاوزبان وحشی (*Anchusa italica* Retzius) بیان

<sup>1</sup> Peterson

<sup>2</sup> Zarinkamar

<sup>3</sup> Breiman

نمودند.

ما و سان<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) در پژوهشی با بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر رویشگاه گونه *Stipa purpurea* در چین عامل دما را به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر در توزیع گونه‌ی مورد مطالعه بیان کردند. در مطالعات مختلفی، دما به‌عنوان عاملی مهم در توزیع گونه‌های گیاهی بیان شده است (نقی‌پور<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹، فرزاد مهر و سنگوئی، ۱۳۹۸ و حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶ ب).

نتایج مطالعه‌ای در مراتع دنبلید طالقان نشان داد که رویشگاه گونه *A. intermedium* همبستگی معنی‌داری با شیب دارد و در خاک‌هایی با آهک و اسیدیته اندک و شیب بالا احتمال حضور گونه افزایش پیدا می‌کند (زارع و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج حاصل از پژوهش عزیززی و کله سر و همکاران (۱۴۰۰) نیز نشان داد که از بین عوامل محیطی عامل شیب دامنه از عوامل مهم تأثیرگذار بر توزیع گونه قره‌قات (*Vaccinium arctostaphylos* L.) می‌باشد.

تمامی سناریوهای تغییر اقلیمی، گسترش رویشگاه‌های مناسب گونه *A. intermedium* را به سمت ارتفاعات مرتفع‌تر در حدود ۳۵-۱۴۰ متر پیش‌بینی نمودند. علت این جابجایی، تأثیرگذاری شرایط اقلیمی (بارندگی و دما) بر رویشگاه این گونه مربوط می‌باشد که باعث نامناسب شدن مناطق کم ارتفاع برای رویش گونه می‌گردند. پاسخ‌های گیاهان در برابر تغییرات اقلیمی آینده عمدتاً به ویژگی‌های فنولوژیکی و فیزیولوژیکی آن‌ها وابسته می‌باشد (ژائو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۸).

به نظر می‌رسد گیاهان با آشیان بوم شناخت تخصصی‌تر در مقایسه با گیاهان با آشیان بوم‌شناختی گسترده‌تر، در برابر تغییر اقلیم توانایی سازگاری کمتری دارند (خانوم<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که وسعت رویشگاه گونه *A. intermedium* در آینده در مقایسه با حال حاضر کاهش خواهد یافت. بر اساس نتایج، متوسط ارتفاع حضور گونه *A. intermedium* ۲۳۷۳ متر است که با نتایج مطالعات در مراتع طالقان میانی که ارتفاع رویش گیاه ۲۵۵۰ متر از سطح دریا و ۲۵۴۳ متر بیان نموده اند همخوانی دارد (زارع و همکاران، ۲۰۱۶) و (عباسی و زارع، ۱۳۹۳).

سنگوئی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با بررسی توزیع جغرافیایی گونه مرتعی *A. trichophorum* در منطقه زاگرس مرکزی و همچنین دیان‌تی تیلکی<sup>۵</sup> (۲۰۰۸) بیان نمودند که این گونه فلات‌های مرتفع و رویشگاه‌های کوهستانی را بیشتر از دشت‌های مسطح و کم ارتفاع ترجیح می‌دهد. محدود شدن حضور و دامنه توزیع گونه‌ها و جابجا شدن رویشگاه‌ها در پژوهش‌های دیگر نیز پیش‌بینی شده است (سنایی و همکاران، ۱۴۰۰، حسینی و همکاران، ۱۴۰۱، طیموری اصل و همکاران، ۱۳۹۹، الف، عباسی و زارع، ۱۳۹۳، شکراللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

در این مطالعه مناطق مستعد اقلیمی وقوع گونه در حال حاضر و آینده مشخص شدند. مدل‌های پراکنش گونه‌ای حاصل، ابزارهای مفید و مقرون به صرفه‌ای به منظور استفاده مدیران هست و آگاهی آن‌ها را نسبت به اثرات تغییر اقلیم بر گونه‌ها افزایش می‌دهند. نقشه‌های حاصل از مدل‌ها، مناطق حساس به تغییر اقلیم و پناهگاه‌های ممکن در آینده گونه *A. intermedium* را به منظور استفاده در طرح‌های حفاظتی و مدیریت این مناطق مشخص می‌نمایند. این راهبردها باید به‌منظور حفاظت این مناطق در برابر تهدیدها و به منظور بهبود مقاومت به تغییر اقلیم به کار روند تا حضور گونه *A. intermedium* در آینده را تضمین کنند.

در پایان، هرچند مدل‌سازی‌ها با عدم قطعیت روبه‌رو هستند اما با متغیرهای انتخاب‌شده موجود و استفاده از روش‌های آماری سعی گردید تا عدم قطعیت‌ها کاهش یافته و عملکرد مدل‌ها در مجموع عالی بوده و ابزار خوبی برای حفاظت و مدیریت گونه در آینده می‌باشند.

<sup>1</sup> Ma and Sun

<sup>2</sup> Naghipour Borj

<sup>3</sup> Zhao

<sup>4</sup> Khanum

<sup>5</sup> Dianati Tilaki

## References

- Abbasi, M., & Zare, C. M. A. (2014). Modeling of potential habitat for *Stipa barbata* & *Agropyron intermedium* species using artificial neural network model in rangeland of Central Taleghan. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 5 (2), 45-56. (In Persian).
- Abbasian, M., Moghim, S. & Abrishamchi, A. (2019). Performance of the general circulation models in simulating temperature and precipitation over Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 135, 1465-1483. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2456-y>.
- Alavi, S.J., Ahmadi, K., Hosseini, S. M., Tabari, M. & Nouri, Z. (2019). Modeling the potential habitat of English yew (*Taxus baccata* L.) in the Hyrcanian forests of Iran. *Forest Research and Development*, 5(4), 513-525. (In Persian).
- Almasieh, K., Negaresh, K. & Mahmoodi, M. (2021). Habitat distribution and connectivity modelling of *Centaurea glastifolia* L. in northwest of Iran. *Nova Biologica Reperta*, 8 (2), 142-153. (In Persian).
- Amiri, M., Tarkesh, M. & Jafari, R. (2019). Predicting the climatic Ecological Niche of *Artemisia aucheri* Boiss in Central Iran using species distribution modeling. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8(2), 61-79. (In Persian)
- Anderson, M. G. & Ferree, C. E. (2010). Conserving the stage: climate change and the geophysical underpinnings of species diversity. *PloS one*, 5(7), e11554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011554>.
- Azizi Kalesar, M., Moameri, M., Ghorbani, A., Khalasi Ahvazi, L., Fathi, M. & Samadi, S. (2021). Habitat assessment for *Vaccinium arctostaphylos* L. by logistic regression method in the rangelands of Namin-Ardabil. *Rangeland*, 15 (3), 522-533. (In Persian)
- Braunisch, V., Coppes, J., Arlettaz, R., Suchant, R., Schmid, H. & Bollmann, K. (2013). Selecting from correlated climate variables: a major source of uncertainty for predicting species distributions under climate change. *Ecography*. 36, 971-983. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00138.x>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*. 45(1), 5-32.
- Dianati Tilaki G. (2008). Some Ecological Characteristics of *Agropyron trichophorum* in Summer Rangelands In the Nourth of Iran, International Conference on Environment: Survival and Sustainability. Near East University, Nicosia-Northern Cyprus.
- Farzadmehr, J. & Sangoony, H. (2020). The effect of climate change on the geographical distribution of wild borage in Khorasan Razavi. *Journal of Water and Soil Conservation*, 27(3), 145-162. (In Persian)
- Farzadmehr, J. & Sangooni, H. (2019). Determination of the potential habitat of medicinal species of wild borage (*Anchusa italica* Retzius) in Khorasan Razavi province using generalized boosted model (GBM). *Rangeland*, 13(4), 621-631. (In Persian)
- Hosseini, S. S., Tavili, A., Naghipour, A. A., & Khalighi Sigaroodi, S. (2022). Potential effects of climate change on the geographic distribution of *Hordeum bulbosum* L. in the central Zagros region. *Journal of Natural Environment*, 74(4), 747-758. (In Persian)
- Haidarian M. Tamartash R. Jafarian-Jeloudar Z. Tarkesh M. & Tataian M. R. (2021). The effects of climate change on the future distribution of *Astragalus adscendens* in Central Zagros, Iran. *Journal of Rangeland Science*. 11: 152-170.
- Haidarian, A. M., Tamartash, R., Jafarian, Z., Tarkesh, E. M. & Tatian, M. R. (2017 a). Predicting the impacts of climate change on Persian oak (*Quercus brantii*) using Species Distribution Modelling in Central Zagros for conservation planning. *Journal of Environmental Studies*, 43(3), 497-511. (In Persian)
- Haidarian, A. M., Tamartash, R., Jafarian, Z., Tarkesh, E. M. & Tatian, M. R. (2017 b). Forecasts of climate change effects on *Amygdalus scoparia* potential distribution by using ensemble modeling in Central Zagros, Iran. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 8(3 (28)), 1-14. (In Persian)
- Hijmans, R.J. and Graham, C.H. (2006). The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global change biology*, 12(12), 2272-2281.

- Herrera, B., Campos, J.J., Finegan, B. & Alvarado, A. (1999). Factors affecting site productivity of a Costa Rican secondary rain forest in relation to *Vochysia ferruginea*, a commercially valuable canopy tree species. *Forest Ecology and Management*, 118(1-3), 73.
- Jafarian, Z. & M. Kargar. (2017). Comparison of Random Forest (RF) and Boosting Regression Tree (BRT) For Prediction of Dominant Plant Species Presence in Polour Rangelands, Mazandaran Province. *Iranian Journal of Applied Ecology* 6: 41-55. (In Persian)
- Jaafari, A., Gholami, D. M. & Zenner, E. K. (2017). A Bayesian modeling of wildfire probability in the Zagros Mountains, Iran. *Ecological informatics*, 39, 32-44.
- Karger, D. N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Krefl, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P. & Kessler, M. (2021). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific data*. 4(1), 1-20.
- Khalasi Ahvazi, L., Zare, C. M. A. & Hosseini, S. Z. (2015). Modeling geographic distribution of *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* using presence-only modelling methods (MAXENT & ENFA). *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 6(1), 57-73. (In Persian)
- Khanum, R., Mumtaz. A.S. & Kumar S. (2013). Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. *Acta Oecologica*. 49, 23-31.
- Momeni damaneh, J., Esmailpour, Y., Gholami, H. & Farashi, A. (2022). Prediction of potential habitats of *Astracantha gossypina* (Fisch.) Using the maximum entropy model in regional scale. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 9 (19), 217-236. (In Persian)
- Mahmoudvand, S., Khodayari, H. & Tarnian, F. (2021). Habitat modeling and determination of environmental factors affecting on distribution of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) in forest habitats of Lorestan Province. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*. 9(18), 363-388. (In Persian)
- Ma, B., and Sun, J. (2018). "Predicting the distribution of *Stipa purpurea* across the Tibetan Plateau via the MaxEnt model." *BMC ecology* 18.1, 1-12.
- Mozaffarian, V. (2016). Flora of Chaharmahal and Bakhtiari Province, Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources of Chaharmahal and Bakhtiari Province, 894. (In Persian).
- Moghimi, J. (2005). Introducing some important pasture species suitable for the development and improvement of Iran's pastures. Aaron Publications. 672 pages. (In Persian)
- Nazari, S., Jafarian, Z., Alavi, J. & Naghipour Borj, A.A. (2022). Predicting the geographical distribution of *Alopecurus textilis* Boiss rangeland species on basis Consensus approach of climate change in Mazandaran province. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 9 (19), 137-155. (In Persian).
- Naghipour Borj, A. A., Ostovar, Z. & Asadi, E. (2019 a). The influence of climate change on distribution of an endangered medicinal plant (*Fritillaria Imperialis* L.) in central Zagros. *Journal of Rangeland Science*, 9(2), 159-171.
- Naghipour Borj, A. A., Haidarian Aghakhani, M. & Sangoony, H. (2019 b). 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), 747-758.
- Piri Sahragard, H. (2018). Predictive modeling of plant species habitat distribution using logistic regression (A case study in western Taftan, Khash City). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*. 30(4), 792-806. (In Persian)
- Peterson, A.T., Soberón, J., Pearson, R.G., Anderson, R.P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. & Araújo, M.B. (2013). Ecological niches and geographic distributions (MPB-49). In *Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49)*. Princeton University Press.
- Rana, SK., Rana. HK., Ghimire. SK., Shrestha. KK. & Ranjitkar S. (2017). Predicting the impact of climate change on the distribution of two threatened Himalayan medicinal plants of Liliaceae in Nepal. *Journal of Mountain Science*, 14, 558-570.
- Sanaei, A., Zare, C. M., & Heshmati, G. (2021). Comparison of the predictive performance of two species distribution models GAM and GBM for *Thymus kotschyanus* in Middle Taleghan Rangelands. *Rangeland*, 15(1), 1-11. (In Persian)

- Sheikhzadeh Ghahnaviyeh, A., Tarkesh Esfahani, M., Bashari, H. & Soltani Koupaei, S. (2021). Investigating geographical shifts of *Astragalus verus* under climate change scenarios using random-forest modeling (Case study: Isfahan and Chaharmahal va Bakhtiari provinces). *Rangeland*, 15(4), 589-602. (In Persian)
- Sangoony, H., Vahabi, M., Tarkesh, M., Eshghizadeh, H. & Soltani, S. (2017). Characterization of ecosystem's climate and geographical distribution of two pasture species using random forest modeling in Central Zagros region. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 5 (10), 1-17. (In Persian)
- Shokrollahi, S. H., Moradi, H. R., & Dianati, T. G. A. (2013). A survey of some environmental factors affecting on distribution of *Agropyron cristatum* (Case study: Polur Summer rangelands, Mazandaran province). *Watershed Management Research*. 25(97), 111-119. (In Persian)
- Teimoori Asl, S., Naghipour, A., Ashrafzadeh, M. & Haidarian, M. (2020 a). Predicting the impact of climate change on potential habitats of *Stipa hohenackeriana* Trin & Rupr in Central Zagros. *Rangeland*, 14(3), 526-538. (In Persian)
- Teimoori Asl, S., Naghipour, A. A., Ashrafzadeh, M. R. & Haidarian, M. (2020 b). Predicting the effects of the climate change on the geographical distribution of *Astragalus verus* Olivier in the Central Zagros region. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 11(2), 68-85. (In Persian)
- Thuiller, W., Georges, D., Engler, R., Breiner, F., Georges, M. D. & Thuiller, C. W. (2016). Package 'biomod2'. Species distribution modeling within an ensemble forecasting framework.
- Zhao, Q., Li, R., Gao, Y., Yao, Q., Guo, X. & Wang W. (2018). Modeling impacts of climate change on the geographic distribution of medicinal plant *Fritillaria cirrhosa* D. Don. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 152(3), 349-355.
- Zare Chahouki M.A. & Naseri Hesar, N. (2018). Habitat distribution modeling of some plant species using logistic regression in the semi-arid rangelands (Case study: Eshtehard rangelands). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 31(1), 93-100. (In Persian)
- Zare, C. M. A., Abbasi, M., & Azarnivand, H. (2016). Evaluating logistic regression model capability to determine spatial distribution map of plant species (Case study: Taleghan Miany rangelands). *Rangeland*, 9 (4), 320-332. (In Persian)
- Zare Chahouki M.A. Zarei A. & Jafari M. (2011). Effective environmental factors on distribution of plant species (Case study: Donbalid rangelands of Taleghan). *Journal of Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*. 94, 65- 73. (In Persian)
- Zare, C. M., Jafari, M., Azarnivand, H., Moghadam, M. R., Farahpour, M. & Shafizadeh, N. M. (2007). Application of logistic regression to study the relationship between presence of plant species and environmental factors. *Pahouhesh-va-Sazandegi*, 20(3), 136-143. (In Persian)
- Zarinkamar, F., (1996). Investigation of anatomical and ecological characteristics of 14 species of *Astragalus spp.*, Research Institute of Range and Forest. 98p. (In Persian)

