Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Determining the Potential Ecological Niche of Festuca ovina L. using Genetic Algorithm (GARP) and DOMAIN Models in Rangelands of Isfahan Province

Azadeh Bazrmanesh[*1], Mostafa Tarkesh Esfahani[2], Hossein Bashari[2], Saeid Pourmanafi[3] and Mohadeseh Amiri[4]

1. Corresponding author; PhD. Student of Rangeland Science, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: a.bazrmanesh2019@na.iut.ac.ir
2. Associate Prof., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
3. Associate Prof., Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
4. Assistant Prof., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2025; Vol 18, Issue 4

Article history:
Received: 12.11.2023
Revised: 14.01.2025
Accepted: 19.01.2025

Keywords:
Species Occurrence,
Profile Model,
Gower's Dissimilarity Index,
Cool Season Grasses.

Abstract

Background and objectives: Understanding the spatial distribution of plants, a crucial aspect of plant ecology, plays a significant role in describing the sustainability of rangeland ecosystems and designing appropriate management programs. A wide range of environmental factors, from atmospheric to land surface characteristics, influence species distribution ranges at local to global scales. Among these factors, bioclimatic variables are indispensable in species distribution modeling. This study used two modeling techniques, Genetic Algorithm for Rule Set Production (GARP) and DOMAIN, to model the potential ecological niche of sheep's fescue (Festuca ovina L.) in the rangelands of Isfahan Province.

Methodology: The occurrence data of the studied species were collected using a stratified-random method. Twenty-two environmental layers, including three physiographic variables and 19 climatic variables derived from precipitation and temperature, were used in the modeling process. These variables were converted to a pixel size of one square kilometer in the ArcMap 10.3 software and then entered into the modeling process as digital maps. The genetic algorithm model was implemented in Open Modeler 1.1.0 software, and the domain model was implemented in DOMAIN 32 software. To select environmental variables, the Pearson correlation test was performed. One variable was selected, and the other was removed from pairs of variables with a correlation of more than 0.8. In the domain model, habitat suitability was predicted based on Gower's dissimilarity metric. To validate and evaluate the potential habitat maps obtained from the two models, confusion matrices and statistical indices derived from them, such as AUC (the area under the ROC curve), Kappa coefficient, and overall accuracy (CCR), were used. In the sensitivity analysis, environmental variables that had the largest drop in model performance were selected as the most important environmental variables.

Results: The sensitivity analysis showed that the most effective environmental variables in the distribution of the species were height above sea level, precipitation of the warmest quarter, mean diurnal range, isothermality, annual precipitation, annual mean temperature, slope, and temperature annual range. The genetic

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

algorithm (AUC = 0.99) performed better than DOMAIN (AUC = 0.67). In the study of the geographical range of the species under the models, it was predicted that favorable habitats (occurrence probability greater than 75%) in GARP and DOMAIN models occupy about 7069 and 10187 square kilometers of the province, respectively. The results of GARP and DOMAIN models also indicated that the main habitat of F. ovina is in Fereydunshahr and Semirom counties.

Conclusion: Certain areas of Fereydunshahr and Semirom counties, which encompass summer rangelands of the province, along with the heights of Karkas and Muteh as the cold steppe rangelands of the province, have a high potential for the presence of F. ovina. The impact of climate change, combined with excessive grazing, can gradually reduce and eliminate this palatable species, replacing it with other species. The findings of this study can be applied to determine areas prone to seeding and pit-seeding projects using this species. It is suggested that biological and management activities, such as land use change, grazing intensity, and inter-species competition, be included in the modeling process to enhance the prediction of favorable species habitats.

Cite this article: Bazrmanesh, A., M. Tarkesh Esfahani, H. Bashari, S. Pourmanafi and M. Amiri, 2025. Determining the Potential Ecological Niche of Festuca ovina L. using Genetic Algorithm (GARP) and DOMAIN Models in Rangelands of Isfahan Province. Journal of Rangeland, 18(4): 505-519.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

تعیین آشیان اکولوژیک بالقوه علف بره (*Festuca ovina* L.) با مدل‌های الگوریتم ژنتیک (GARP) و قلمرو (DOMAIN) در مراتع استان اصفهان

آزاده بذرمنش*[۱]، مصطفی ترکش اصفهانی[۲]، حسین بشری[۲]، سعید پورمنافی[۳] و محدثه امیری[۴]

۱. نویسندهٔ مسئول، دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایان‌نامه: azade.bazrmanesh2019 @na.iut.ac.i

۲. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۳. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۴. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۳؛ جلد ۱۸، شماره ۴

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۰۸/۲۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰

واژه‌های کلیدی:
رخداد گونه‌ای،
مدل پروفیل،
شاخص عدم تشابه *Gower*،
گراس‌های فصل سرد

چکیده

سابقه و هدف: آگاهی از پراکنش مکانی گیاهان به عنوان یکی از مهم‌ترین جنبه‌های اکولوژی گیاهی، نقش برجسته‌ای در تشریح پایداری اکوسیستم مرتع و طراحی برنامه‌های مناسب مدیریتی دارد. طیف وسیعی از عوامل محیطی از ویژگی‌های جوی گرفته تا خصوصیات سطح زمین، زیربنای دامنه پراکنش گونه‌ها در مقیاس‌های محلی تا جهانی طی دو دهه گذشته می‌باشند. از میان این عوامل، متغیرهای زیست اقلیمی به عنوان یک نوع داده ضروری در مدلسازی پراکنش گونه‌ها در نظر گرفته می‌شوند. این مطالعه جهت مدلسازی آشیان اکولوژیک بالقوه گونه علف بره (*Festuca ovina* L.) در مراتع استان اصفهان با استفاده از دو روش مدلسازی الگوریتم ژنتیک (GARP) و قلمرو (DOMAIN) انجام شد.

مواد و روش‌ها: داده‌های رخداد گونه مورد مطالعه به روش تصادفی- طبقه‌بندی شده جمع‌آوری شدند و ۲۲ لایه محیطی شامل سه متغیر فیزیوگرافی و ۱۹ متغیر اقلیمی مشتق شده از بارندگی و درجه حرارت در فرآیند مدلسازی به‌کار رفتند. این متغیرها در محیط نرم‌افزار ArcMap 10.3 به اندازه پیکسل یک کیلومتر مربعی تبدیل و سپس به صورت نقشه‌های رقومی وارد فرآیند مدلسازی شدند. مدل الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار Open Modeler 1.1.0 و مدل قلمرو در نرم‌افزار DOMAIN 32 اجرا شد. به منظور انتخاب متغیرهای محیطی با اجرای آزمون همبستگی پیرسون، از بین جفت متغیرهای با همبستگی بیش از ۰/۸، یک متغیر انتخاب و دیگری حذف گردید. در مدل قلمرو، پیش‌بینی تناسب رویشگاه بر اساس شاخص عدم تشابه یا فاصله اکولوژیک گاور (Gower Metric) انجام گرفت. به منظور اعتبارسنجی و ارزیابی نقشه‌های رویشگاه بالقوه حاصل از دو مدل، از ماتریس خطا و شاخص‌های آماری مشتق شده از آن همچون AUC (سطح زیر منحنی پلات ROC)، ضریب کاپا (Kappa) و صحت کلی (CCR) استفاده شد. در تحلیل حساسیت، آن دسته از متغیرهای محیطی که بیشترین افت را در عملکرد مدل (AUC) داشتند، به‌عنوان با اهمیت‌ترین متغیرهای محیطی انتخاب شدند.

نتایج: تحلیل حساسیت نشان داد که به‌ترتیب متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، بارندگی گرمترین فصل، میانگین دمای روزانه، ایزوترمالیتی، بارندگی سالانه، دمای متوسط سالانه، شیب، و دامنه تغییرات سالانه دما مؤثرترین متغیرهای محیطی در پراکنش گونه بودند. الگوریتم ژنتیک (AUC=۰/۹۹) نسبت به مدل قلمرو (AUC=۰/۶۷) از عملکرد مناسب‌تری برخوردار بود. در بررسی گستره جغرافیایی گونه تحت مدل‌ها پیش‌بینی شد که رویشگاه‌های مطلوب (احتمال رخداد

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

بالاتر از ۷۵ درصد) در مدل الگوریتم ژنتیک و مدل قلمرو به‌ترتیب حدود ۷۰۶۹ و ۱۰۱۸۷ کیلومترمربع از سطح استان را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج مدل‌های الگوریتم ژنتیک و قلمرو همچنین نشان داد که رویشگاه عمده گونه علف بره در شهرستان‌های فریدونشهر و سمیرم است.

نتیجه‌گیری: مناطقی از شهرستان‌های فریدون‌شهر و سمیرم که مراتع ییلاقی استان را شامل می‌شوند به همراه ارتفاعات کرکس و موته که جزو مراتع استپی سرد استان می‌باشند، پتانسیل بالایی جهت حضور گونه *F.ovina* دارند. تأثیر تغییر اقلیم به همراه چرای بی‌رویه از این گونه که جزو گونه‌های خوشخوراک است، می‌تواند بتدریج باعث کاهش و حذف این گونه و جایگزینی آن با سایر گونه‌ها شود. از یافته‌های این مطالعه می‌توان جهت تعیین مناطق مستعد پروژه‌های بذرکاری و کپه‌کاری با استفاده از این گونه استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود که فعالیت‌های زیستی و مدیریتی همچون تغییر کاربری، شدت چرای دام، و رقابت بین‌گونه‌ای در فرایند مدل‌سازی مورد استفاده قرار گیرند تا باعث بهبود پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب گونه گردد.

استناد: بذرمنش، آ.، م. ترکش اصفهانی، ح. بشری، س. پورمنافی و م. امیری، ۱۴۰۳. تعیین آشیان اکولوژیک بالقوه علف بره (*Festuca ovina* L.) با مدل‌های الگوریتم ژنتیک (GARP) و قلمرو (DOMAIN) در مراتع استان اصفهان. مرتع، ۱۸(۳): ۵۰۵-۵۱۹.

DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران © نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

مقدمه

اکوسیستم‌های مرتعی نسبت به تغییرات عوامل محیطی بسیار حساس هستند. خصوصیات فیزیوگرافی، تغییرات دما و رژیم بارندگی و تغییر در تکرار و مقادیر حدهای نهایی وقایع اقلیمی می‌توانند به‌طور اساسی ترکیب، توزیع گونه‌های گیاهی و نیز تولید آنها را تغییر دهند (۱۹). مطالعات نشان داده‌اند که تغییرات اقلیمی نقش مهمی در تغییر و حتی انقراض محلی برخی گونه‌ها داشته است (۴۲). برای جلوگیری از سیر قهقرایی مراتع، نیاز به ارائه راهکارهای مناسب در زمینه احیاء و اصلاح مراتع نظیر کاشت گیاهان مرغوب است که در موفقیت این گونه برنامه‌ها، انتخاب مناطق مناسب (رویشگاه بالقوه) در مرتع برای پروژه‌های بذرکاری، کپه‌کاری و بذرپاشی حائز اهمیت است (۱۶). هر موجود زنده‌ای برای تأمین احتیاجات خود جهت ادامه حیات در یک منطقه به مجموعه‌ای از شرایط خاص محیطی نیاز دارد (۱۲). عوامل اقلیمی و توپوگرافی، عمده متغیرهای مؤثر بر پراکنش گیاهان در مقیاس وسیع به شمار می‌روند. شناخت نحوه پاسخ گونه‌ها به این متغیرها جهت آزمون فرضیات اکولوژیک، اصلاح روش‌های تحلیل جوامع گیاهی، تعیین گونه‌های شاخص در ارزیابی‌های محیطی، تخمین پراکنش قلمرو جغرافیایی و اکولوژی گونه‌ها و بررسی تأثیر عوامل محیطی و تغییرات اقلیمی بر خصوصیات گونه‌های گیاهی مفید است (۳۹). چگونگی عکس‌العمل گونه‌ها نسبت به شرایط محیطی، هسته مطالعات مدلسازی پراکنش گونه‌ای است که امروزه با پیشرفت تکنیک‌های جدید آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی، انجام مطالعات پراکنش گونه‌ای تسهیل شده است. روش‌ها و مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای، تناسب رویشگاه را برای استقرار گونه‌های گیاهی مشخص می‌کنند (۳). الگوریتم‌های زیادی در مدلسازی پراکنش گونه‌ای به کار می‌روند که آنها را می‌توان به دو دسته مدل‌های متمایزکننده گروهی (Group Discrimination Models) و مدل‌های پروفیل (Profile Models) تقسیم نمود. جهت اجرای مدل‌های پروفیل نظیر مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt: Maximum Entropy) به داده‌های رخداد گونه و در مدل‌های متمایزکننده گروهی نظیر روش رگرسیون لجستیک به داده‌های رخداد و عدم رخداد گونه نیاز است (۲۱). از انواع مدل‌های پروفیل می‌توان به BIOCLIM، قلمرو (DOMAIN)، حداکثر آنتروپی، فاصله ماهالانوبیس (Mahalanobis Distance)، الگوریتم ژنتیک (GARP: Genetic Algorithm for Rule-baset Prediction) و تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA: Ecological Niche Factor Analysis) اشاره کرد (۴۰).

تاکنون در مطالعات مختلفی، مدل‌های پروفیل برای تولید نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه‌های گیاهی از طریق مرتبط نمودن داده‌های رخداد میدانی با داده‌های توپوگرافی، اقلیمی و پوشش زمین به‌کار رفته‌اند. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعه سکیب و همکاران (۲۰۰۶)،ترکش و یتشکه (۲۰۱۲)، قهساره اردستانی و همکاران (۲۰۱۴)، هو و همکاران (۲۰۲۱)، منگ و همکاران (۲۰۲۱)، فراشی و همکاران (۲۰۲۱) و شاه‌ناصری و همکاران (۲۰۲۳) اشاره کرد.

علف بره (*Festuca ovina*) از جمله گونه‌های با فرم رویشی گراس بوده و دارای ارزش علوفه‌ای مناسبی است که با توجه به سطح یقه قابل ملاحظه در حفاظت خاک نیز نقش مهمی دارد. پژوهش غفاری و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه‌ی گستره رویشگاه این گونه با روش حداکثر آنتروپی در گرادیان ارتفاعی مراتع مغان-سبلان استان اردبیل، متغیرهای ارتفاع، شیب، تغییرات اندازه ضریب لکه، میزان پتاسیم در عمق ۳۰-۱۵ و مقدار آهک در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری را به عنوان متغیرهایی که بیشترین سهم را در پیش‌بینی حضور گونه علف بره ایفا می‌کنند معرفی کرد. در همان سال میرزایی موسی‌وند و همکاران بیشترین میزان حضور این گونه را در شهرستان دلفان واقع در استان لرستان در ارتفاع ۲۶۰۰ متر، شیب بالای ۴۰ درصد، جهات جغرافیایی شمال غرب و غرب و بارندگی ۴۸۱ میلی‌متر گزارش دادند. در پژوهشی که توسط اسفنجانی و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد، زیستگاه این گونه در مراتع چهارباغ استان گلستان با استفاده از روش تحلیل آشیان بوم‌شناختی (ENFA) مدل‌سازی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه علف بره، شامل میزان شن و ارتفاع از سطح دریا می‌باشند. از آنجایی که تاکنون مطالعه‌ای پیرامون پیش‌بینی پراکنش علف بره در استان اصفهان صورت نگرفته است، در مطالعه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

حاضر سعی گردید با استفاده از مدل‌های الگوریتم ژنتیک و قلمرو به بررسی مطلوبیت زیستگاه این گونه گیاهی پرداخته شود. با توجه به مزیت نسبی مدل‌های مذکور که جزو مدل‌های پروفیل بوده و دارای مزیتی همچون اجتناب از اُریبی داده‌های عدم حضور هستند (۲۷)، این مطالعه با اهداف بررسی آشیان اکولوژیک بالقوه گونه علف بره، شناسایی مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه و مقایسه عملکرد دو مدل پروفیل قلمرو و الگوریتم ژنتیک در مدلسازی پراکنش آن انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی استان اصفهان با مساحت ۱۰۷۰۴۵ کیلومترمربع و مختصات جغرافیایی ´۴۲ °۳۰ تا ´۳۰ °۳۴ عرض شمالی و ´۳۶ °۴۹ تا ´۵۴ °۵۵ طول شرقی است که در بخش مرکزی ایران واقع شده است. این استان دارای آب و هوای بیابانی است و وجود رشته‌کوه‌های زاگرس در قسمت غربی آن مانع از نفوذ رطوبت به نواحی مرکزی و شرق آن می‌شود. همچنین وجود نواحی پست و کویری شرق استان، آب و هوای بخش وسیعی از آن را تحت تأثیر خود قرار داده است. بارش سالانه استان از حدود ۱۰۰ میلی‌متر در شرق استان تا حدود ۴۵۰ میلی‌متر در غرب استان متغیر است و میانگین وزنی بارش سالانه استان ۱۵۲/۵ میلی‌متر گزارش شده است (۳۴). دامنه میانگین دمای حداکثر روزانه از ۳۵ درجه سانتی‌گراد در تابستان تا ۱۷ درجه سانتیگراد در زمستان متغیر است. دامنه میانگین دمای حداقل روزانه از ۱۵ درجه سانتیگراد در تابستان تا ۵ درجه سانتیگراد در زمستان تغییر می‌کند. میزان متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه ۲۵۰۰ میلی‌متر است (۲۳).

معرفی گونه مورد مطالعه

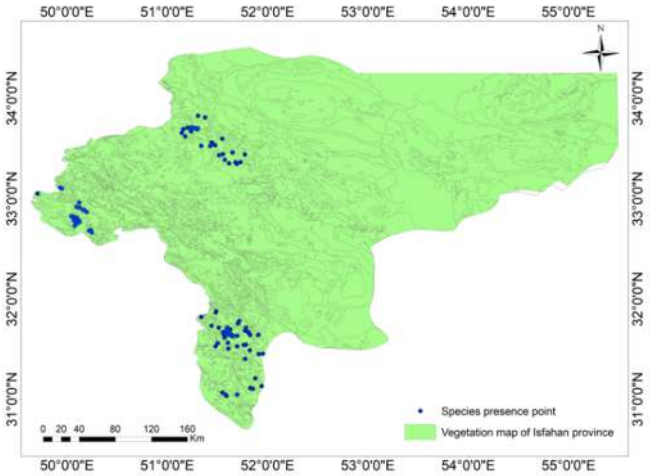
گونه علف بره (*Festuca ovina*) گراسی چندساله و متراکم است. برگ‌های قاعده‌ای متعدد آن باریک، پیچ‌خورده، سفت، نیمه‌ایستاده و کوتاه، ۱۰-۲۰ سانتی‌متر و کمتر از نیمی از طول انتهایی آن است. این گونه کوتاه، با ارتفاعی حدود ۳۰ سانتی‌متر، دارای ساقه‌های ظریف، سفت و نیمه برآمده متعدد هستند. برگ‌ها صاف و بدون کرک، گل‌آذین پانیکول زبر و پهنک برگ خطی است (۱۸). علف بره گونه فصل سرد و بومی اروپاست. این گونه در مناطقی با بارندگی ۳۰۰ میلی‌متر یا بیشتر سازگاری بالایی دارد و مقاوم به سرما بوده و تحمل خوبی به خشکی و سایه دارد. این گونه در خاک‌های شور ضعیف تا قلیایی و اسیدی هم می‌تواند رشد کند و نسبت به سطح بالای آب زیرزمینی حساس است. به دلیل سیستم ریشه‌ای متراکم برای تثبیت خاک‌های در معرض فرسایش مناسب است. تحمل خوب این گیاه به خشکی همراه با سیستم ریشه‌ای قوی از نوع دسته‌ای و سازگاری با خاک‌های مختلف، آن را برای احیا در مناطقی با بارش سالانه ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر، ایده‌آل می‌سازد (۳۰).

برداشت میدانی

به منظور رعایت یکنواختی در نمونه‌برداری، از روش تصادفی-طبقه‌بندی شده استفاده شد. در این روش پس از شناسایی رویشگاه‌های گونه *F. ovina* در منطقه، منطقه مطالعاتی با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی (پارامترهای ارتفاع، میزان شیب و جهت شیب) به تعدادی مناطق همگن تقیسم شدند و سپس در هر منطقه همگن به صورت تصادفی اقدام به نمونه‌برداری گردید. در مجموع ۷۰ مکان رخداد ثبت شد (شکل ۱) که ۷۵ درصد این نقاط جهت آموزش مدل‌ها (۵۲ نقطه) و ۲۵ درصد باقیمانده (۱۸ نقطه) جهت ارزیابی مدل‌ها به‌کار رفتند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]



شکل ۱: نقاط رخداد گونه *Festuca ovina* مورد استفاده در فرآیند مدلسازی در استان اصفهان

متغیرهای محیطی

به منظور مدلسازی، متغیرهای محیطی شامل ۱۹ متغیر اقلیمی تاریخی (۱۹۸۰-۲۰۰۰) استخراج شده از پایگاه اقلیم جهانی (www.worldclim.org) و سه متغیر فیزیوگرافی مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع (DEM srtm 90m) شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت به‌کار رفتند (جدول ۱). تمامی لایه‌های محیطی استفاده شده در مدل به مقیاس یک کیلومتری یکسان سازی شدند. به‌منظور انتخاب متغیرهای محیطی با اجرای آزمون همبستگی پیرسون (جدول ۲)، از بین جفت متغیرهای با همبستگی بیش از ۰/۸، یک متغیر انتخاب و دیگری حذف گردید (۲۴). البته، در انتخاب، اهمیت اکولوژیک متغیرها نیز لحاظ گردید. اگرچه بین متغیر ارتفاع و برخی از متغیرهای دمایی همچون (Bio5، Bio6، Bio8، Bio9، Bio10 و Bio11) همبستگی وجود دارد ولی با توجه به اهمیت متغیر ارتفاعی از نظر اکولوژیک و تأثیر بر پراکنش گونه مورد نظر این متغیر به‌عنوان متغیر اثرگذار در فرآیند مدل‌سازی باقی ماند (۳۲).

جدول ۱: متغیرهای محیطی و فیزیوگرافی مورد استفاده در مطالعه

ردیف	متغیر محیطی	نام اختصاری	واحد	ردیف	متغیر محیطی	نام اختصاری	واحد
۱	دمای متوسط سالانه	Bio1	درجه سانتی‌گراد	۱۲	بارش سالانه	Bio12	میلی‌متر
۲	میانگین دمای روزانه	Bio2	درجه سانتی‌گراد	۱۳	بارش مرطوب‌ترین ماه	Bio13	میلی‌متر
۳	هم‌دمایی	Bio3	-	۱۴	بارش خشک‌ترین ماه	Bio14	-
۴	فصلی بودن دما	Bio4	درجه سانتی‌گراد	۱۵	فصلی بودن بارش	Bio15	میلی‌متر
۵	حداکثر دمای گرمترین ماه	Bio5	درجه سانتی‌گراد	۱۶	بارش مرطوب‌ترین فصل	Bio16	میلی‌متر
۶	حداقل دمای سردترین ماه	Bio6	درجه سانتی‌گراد	۱۷	بارش خشک‌ترین فصل	Bio17	میلی‌متر
۷	محدوده سالانه دما	Bio7	درجه سانتی‌گراد	۱۸	بارش گرم‌ترین فصل	Bio18	میلی‌متر
۸	میانگین دمای مرطوب‌ترین فصل	Bio8	درجه سانتی‌گراد	۱۹	بارش سردترین فصل	Bio19	میلی‌متر
۹	میانگین دمای خشک‌ترین فصل	Bio9	درجه سانتی‌گراد	۲۰	ارتفاع	Elevation	متر
۱۰	میانگین دمای گرم‌ترین فصل	Bio10	درجه سانتی‌گراد	۲۱	شیب	Slope	درجه
۱۱	میانگین دمای سردترین فصل	Bio11	درجه سانتی‌گراد	۲۲	جهت	Aspect	-

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

جدول ۲: ماتریس همبستگی متغیرهای زیست‌اقلیمی

	Altitude	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
Altitude	۱																			
Bio1	-۰/۷۷۸	۱																		
Bio2	۰/۷۲۶	-۰/۵۵۷	۱																	
Bio3	۰/۳۵۷	-۰/۳۳۵	۰/۷۶	۱																
Bio4	-۰/۳۱۹	۰/۷۷۳	-۰/۵۴۸	-۰/۸۷۲	۱															
Bio5	-۰/۹۶۰	۰/۰۸۱	-۰/۷۸۷	-۰/۶۵	۰/۶۶۳	۱														
Bio6	-۰/۹۶۲	۰/۹۴۸	-۰/۸۲۴	-۰/۵۳۱	۰/۴۸۴	۰/۹۶۸	۱													
Bio7	۰/۶۲۱	-۰/۰۶۷	۰/۴۷۸	-۰/۱۷۲	۰/۳۹۲	-۰/۳۰۸	-۰/۵۳۸	۱												
Bio8	-۰/۸۶۸	۰/۹۰۳	-۰/۶۸۱	-۰/۵۲۱	۰/۵۹۸	۰/۹۱۷	۰/۹	-۰/۳۲۹	۱											
Bio9	-۰/۹۷۲	۰/۹۹	-۰/۸۱۹	-۰/۶۲۶	۰/۶۱۵	۰/۹۸۹	۰/۹۸	-۰/۳۹۲	۰/۹۱	۱										
Bio10	-۰/۹۷۰	۰/۹۶۸	-۰/۸۰۲	-۰/۶۳۴	۰/۶۴	۰/۹۹۷	۰/۹۷۸	-۰/۳۵۵	۰/۹۲۸	۰/۹۹۲	۱									
Bio11	-۰/۹۵۰	-۰/۷۷۵	-۰/۷۷۸	-۰/۵	۰/۴۷۵	۰/۹۷۱	۰/۹۹۶	-۰/۵۰۹	۰/۹۰۷	۰/۹۷۸	۰/۹۸	۱								
Bio12	۰/۲۲۹	-۰/۷۲۴	۰/۶۳۸	۰/۶۴۱	-۰/۷۳۴	-۰/۸۴۵	-۰/۷۷۴	۰/۰۹۲	-۰/۸۵۹	-۰/۸۲۶	-۰/۸۴۸	-۰/۷۷۹	۱							
Bio13	۰/۰۸۶	-۰/۱۳۴	۰/۵۷۶	۰/۵۶۶	-۰/۶۶۲	-۰/۷۸۴	-۰/۷۲۳	۰/۱۰۶	-۰/۸۱۷	-۰/۷۶۴	-۰/۷۹۱	-۰/۷۳۲	۰/۹۸۵	۱						
Bio14	۰/۱۲۲	-۰/۳۲۹	۰/۰۲۳	۰/۱۵۹	-۰/۲۰۱	-۰/۱۵۹	-۰/۰۹۳	-۰/۱۸۱	-۰/۱۳۷	-۰/۱۴۸	-۰/۱۴۹	-۰/۱۱۷	۰/۱۷۷	۰/۱۷	۱					
Bio15	-۰/۰۴۵	-۰/۷۵۷	۰/۴۶۸	۰/۲۶۵	-۰/۲۲	-۰/۴۵۸	-۰/۴۹۹	۰/۳۵۱	-۰/۴۶۵	-۰/۴۵۷	-۰/۴۸۱	-۰/۴۹۳	۰/۵۱۶	۰/۰۰۳۰/۵۶۸	۱					
Bio16	۰/۱۳۵	-۰/۷۶۴	۰/۶۲۵	۰/۶۲۴	-۰/۷۰۸	-۰/۸۲۴	-۰/۷۵۶	۰/۰۹۸	-۰/۸۴۲	-۰/۸۰۳	-۰/۸۲۷	-۰/۷۶۲	۰/۹۹۶	۰/۱۷۶۰/۹۹۴	۰/۵۴۸	۱				
Bio17	۰/۵۹۸	-۰/۸۱۱	۰/۶۵۳	۰/۶۶۸	-۰/۶۹۱	-۰/۸۲۹	-۰/۷۵۲	۰/۰۶۷	-۰/۷۷۲	-۰/۸۱۰	-۰/۸۱۸	-۰/۷۵۷	۰/۸۹۳	۰/۳۰۴۰/۸۵۷	۰/۳۶۴	۰/۸۸۵	۱			
Bio18	۰/۶۹۱	-۰/۷۴۱	۰/۷۲۱	۰/۶۴۸	-۰/۶۴۴	-۰/۸۶۵	-۰/۸۲	۰/۲	-۰/۷۹۴	-۰/۸۷۸	-۰/۸۵۹	-۰/۸۱۷	۰/۸۵۹	۰/۲۴۵۰/۸۰۵	۰/۳۴۲	۰/۹۵۵۰/۸۴۲	۱			
Bio19	۰/۱۳۵	-۰/۵۰۳	۰/۶۳۲	۰/۶۵	-۰/۷۴۵	-۰/۸۰۹	-۰/۷۳۶	۰/۰۷۱	-۰/۸۴۱	-۰/۷۸۹	-۰/۸۱۵	-۰/۷۳۸	۰/۹۹۳	۰/۱۷۲۰/۹۸۷	۰/۵۳۵	۰/۸۶۶۰/۹۹۴	۰/۸۲۲	۱		

*متغیرهای پررنگ در فرآیند مدلسازی مورد استفاده قرار گرفتند.

فرآیند مدلسازی

مدل قلمرو (DOMAIN) به‌عنوان یک مدل پروفیل هنگام در دسترس بودن اطلاعات محدودی از حضور و پراکنش گونه می‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد. در این روش که در نرم‌افزار DOMAIN 32 اجرا می‌شود، با در نظر گرفتن شباهت متریک نقطه به نقطه، یک روش قوی و ساده برای مدلسازی پتانسیل پراکنش گونه‌های گیاهی و جانوری ایجاد می‌گردد. در مدل قلمرو، پیش‌بینی تناسب رویشگاه بر اساس شاخص عدم تشابه یا فاصله اکولوژیک گاور (Gower Metric) انجام می‌گیرد (رابطه ۱).

رابطه (۱):

$$d_{AB} = \frac{1}{p}\sum_{k=1}^{p}\left(\frac{|A_k - B_k|}{rangek}\right)$$

d_{AB}: فاصله آماری گاور بین نقاط A و B، A_K: ارزش متغیر K در نقطه A (حضور معلوم)، B_K: ارزش متغیر K در نقطه B (حضور نامعلوم)، P: تعداد متغیرهای محیطی و rangeK: قلمرو متغیر K بر روی نقشه (۷). تشابه دو نقطه با رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

رابطه (۲):

$$S_{AB} = 1 - d_{AB}$$

S_{AB}: بیانگر مقدار تشابه بین نقاط A و B است که بین صفر تا یک تغییر می‌کند. هر چه عدد شاخص به یک نزدیکتر باشد نشان‌دهنده احتمال بیشتر رخداد گونه است. خروجی مدل یک نقشه رقومی است که هر سلول آن بیانگر حداکثر میزان تشابه ویژگی‌های اکولوژیکی سلول با سلول‌هایی است که حضور گونه در آنها ثبت شده است (۸). به منظور اجرای مدل از نرم‌افزار DOMAIN 32 استفاده گردید.

مدل الگوریتم ژنتیک (GARP) از جمله مدل‌های مبتنی بر نقاط حضور است و از مجموعه قواعد یا ارتباطات (اگر-سپس) برای پیش‌بینی مدل‌های پراکنش جغرافیایی گونه‌ها استفاده می‌کند (۳۹). ایده استفاده از الگوریتم ژنتیک برای مدلسازی پراکنش گونه‌ها شامل یک فرآیند تکراری از انتخاب قاعده‌ها، ارزیابی، تکرار و تلفیق یا حذف قواعد است (۳۳ و ۳۸).

در مدل مذکور از چهار قاعده Envelope، Atomic، Range و Logit برای پیش‌بینی حضور گونه استفاده می‌شود. قاعده Envelope به محدوده‌ای از هر متغیر نیاز دارد که گونه در آن رخ داده است. به عنوان مثال، اگر دما بین ۲۲ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و بارندگی بین ۲۰۳ تا ۱۳۲۰ میلی‌متر باشد آنگاه مدل حضور گونه را پیش‌بینی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

می‌کند. قاعده Range هر متغیر را بصورت مستقل در نظر گرفته و محدوده مجاز برای آن تعریف می‌شود درحالیکه قاعده Envelpe به ترکیب متغیرها بصورت چندبعدی نگاه می‌کند و محدوده پیچیده‌تر و چندگانه از متغیرها را در نظر می‌گیرد (۳۲). قاعده Atomic از ارزش مشخصی از هر متغیر محیطی برای‌پیش‌بینی حضور گونه استفاده می‌کند. مثلاً اگر دما ۳۵ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع ۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریا باشد، آنگاه پیش‌بینی مدل حضور گونه است و بر خلاف دو قاعده قبلی از دامنه ارزش‌ها جهت پیش‌بینی استفاده نمی‌کند. قاعده Logit از مدل رگرسیون لجستیک به منظور پیش‌بینی احتمال رخداد گونه در امتداد گرادیان محیطی استفاده می‌کند و در پایان، مجموعه قواعدی انتخاب می گردد که بالاترین عملکرد جهت برقراری ارتباط بین حضور گونه و مؤلفه‌های محیطی را نشان می‌دهد و به کل منطقه بسط داده می‌شود (۷). مدل الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار Open Modeler 1.1.0 اجرا شد (https://openmodeller.sourceforge.net). خروجی مدل یک نقشه پراکنش پیوسته است که مقدار آن بین صفر و یک (حداکثر احتمال رخداد) تغییر می‌کند. در این فرآیند مدل‌سازی بر اساس آستانه‌ای که حداکثر مقدار کاپا اتفاق افتاده است (۰/۷۵) نقشه پیوسته پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای به نقشه فازی تبدیل شد. در ادامه، نقشه کاربری اراضی پس از مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت به این صورت که فقط اراضی مرتعی انتخاب شده و سایر مناطق ماسک شدند.

ارزیابی مدل

به منظور اعتبارسنجی و ارزیابی نقشه‌های رویشگاه بالقوه حاصل از دو مدل GARP و DOMAIN، از جدول ماتریس خطا و نرم‌افزار MEP (Model Evaluation Program) استفاده شد (۳۹). در این نرم‌افزار شاخص‌های AUC (سطح زیر منحنی پلات ROC)، ضریب کاپا (Kappa) و صحت کلی (CCR) محاسبه شدند. ماتریس خطا بر اساس تعداد رخدادهای صحیح و اشتباه حضور و عدم حضور در مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر مدل ایجاد می‌شود و شامل چهار عنصر a، b، c و d است (جدول ۳). a: مثبت صحیح- نشان‌دهنده تعداد رخدادی است که هم در مدل و هم در واقعیت حضور دارند و مدل آن را به عنوان حضور ثبت می‌کند. b: مثبت کاذب- تعداد رخدادی که در دنیای واقعی حضور ندارد ولی در مدل حضور ثبت شده (خطای نوع اول). c: منفی کاذب- تعداد رخدادی که در دنیای واقعی حضور دارد ولی در مدل غیاب پیش‌بینی شده است (خطای نوع دوم). d: منفی صحیح- تعداد رخدادی که در مدل و در دنیای واقعی به عنوان غیاب ثبت شده است، را نشان می‌دهد (۲۵).

جدول ۳: ماتریس خطا

حضور گونه در بررسی مدلسازی	حضور گونه در دنیای واقعی: حضور (+)	حضور گونه در دنیای واقعی: عدم حضور (-)
حضور (+)	A	B
عدم حضور (-)	C	D

ضریب کاپا یک شاخص آماری است که برای توافق بین داده‌های مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده (مدل) محاسبه می‌گردد. حداکثر مقدار کاپا برابر یک است که نشان‌دهنده توافق کامل بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده است. کاپا به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود.

رابطه (۳):

$$K = \frac{\left(\frac{a+b}{n}\right) - \left[\frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}\right]}{1 - \left[\frac{(a+c)(a+b)+(b+d)(c+d)}{n^2}\right]}$$

که در آن، a، b، c و d عناصر تشکیل‌دهنده در ماتریس خطا و n تعداد نقاط ثبت شده است (۲۵). شاخص سطح زیر منحنی پلات‌های ROC از طریق رسم Sensitivity در برابر 1-Specificity به‌دست می‌آید. این سطح بیانگر توان تشخیص حضور و عدم حضور مدل است که مقادیر آن بین صفر و یک تغییر می‌کند و هر چه به عدد یک نزدیکتر شود بیانگر عملکرد بهتر مدل است (۴).

تحلیل حساسیت

برای تحلیل حساسیت مدل نسبت به متغیرهای محیطی ابتدا یک مدل کامل با تمامی متغیرهای محیطی انتخاب شده در جدول ۲ (جدول همبستگی) ایجاد شد. سپس به‌ترتیب متغیرها از مدل حذف شدند و با اجرای مدل، مقادیر شاخص AUC آن محاسبه گردید. آن دسته از

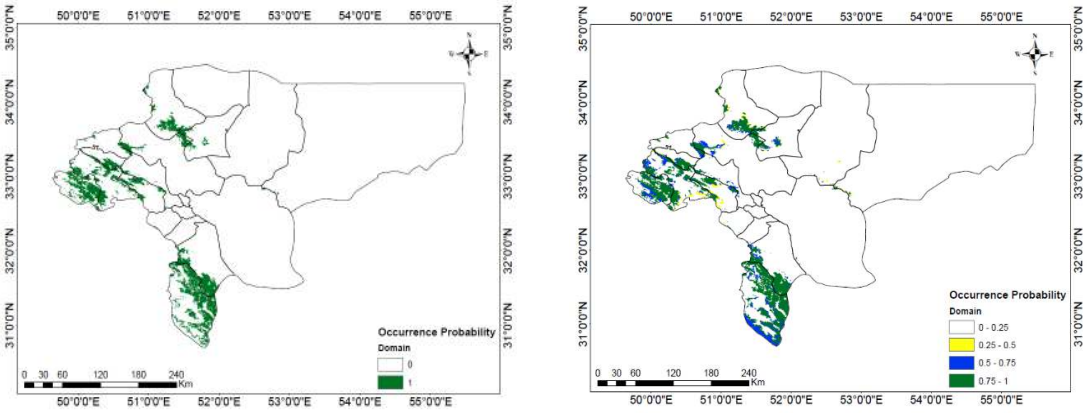
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

متغیرهای محیطی که بیشترین افت را در عملکرد مدل (AUC) داشتند، به‌عنوان با اهمیت‌ترین متغیرهای محیطی انتخاب شدند.

نتایج

در هر دو مدل الگوریتم ژنتیک و قلمرو با توجه به تحلیل حساسیت به‌ترتیب متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، بارندگی گرمترین فصل (Bio18)، میانگین دمای روزانه (Bio2)، ایزوترمالیتی (Bio3)، بارندگی سالانه (Bio12)، دمای متوسط سالانه (Bio1)، شیب و دامنه تغییرات سالانه دما (Bio7) بیشترین اهمیت را در پراکنش گونه نشان دادند. نقشه پراکنش گونه با استفاده از مدل قلمرو نشان داد که بیشترین احتمال رخداد گونه در مناطق غرب و جنوب غربی، به‌ویژه در نواحی مرتفع مشاهده می‌شود. این مدل همچنین در مرکز استان، به‌ویژه در منطقه کرکس واقع در بخش‌هایی از شهرستان‌های نطنز، کاشان و شاهین‌شهر و میمه، که تعداد کمتری از نقاط حضور در مدلسازی استفاده شده بود، نیز احتمال رخداد گونه را پیش‌بینی کرده است (شکل ۲). در مناطق شرق و شمال استان احتمال رخداد گونه وجود ندارد. رویشگاه مطلوب گونه (احتمال رخداد بیش از ۷۵ درصد) توسط مدل قلمرو، حدود ۱۰۱۸۷ کیلومترمربع برآورد شد که معادل ۹/۵۱ درصد از سطح استان است. این در حالی است که طبق نتایج حاصل از مدل الگوریتم ژنتیک، حدود ۶/۶ درصد از سطح استان- معادل ۷۰۶۹ کیلومترمربع- زیستگاه مطلوب پیش‌بینی شد (جدول ۴). نتایج مدل الگوریتم ژنتیک نشان داد که احتمال رخداد گونه در مناطق شمال غرب، غرب و جنوب غرب استان شامل شهرستان‌های فریدونشهر، فریدن، سمیرم و ارتفاعات کاشان بسیار بالاست (شکل ۳).

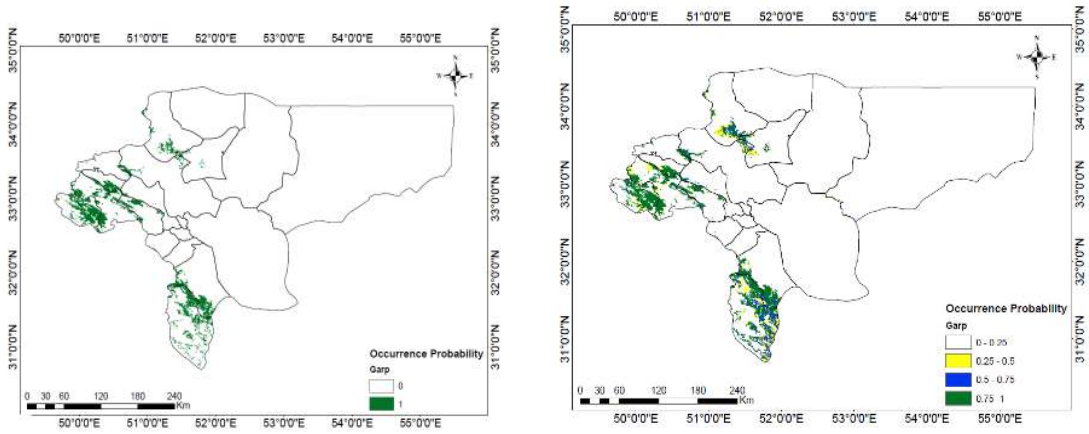


الف ب

شکل ۲: (الف) نقشه طبقه‌بندی شده و (ب) نقشه فازی پراکنش بالقوه گونه *Festuca ovina* تحت مدل DOMAIN در استان اصفهان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]



ب الف

شکل ۳: (الف) نقشه طبقه‌بندی شده و (ب) نقشه فازی پراکنش بالقوه گونه *Festuca ovina* تحت مدل GARP در استان اصفهان

در نقشه‌های پراکنش ارائه شده، مناطق سبز رنگ نشان‌دهنده احتمال رخداد بالای گونه و مناطق زرد رنگ نشان‌دهنده احتمال حضور پایین گونه در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۳). مدل الگوریتم ژنتیک حضور گونه را بیشتر در شهرستان سمیرم، فریدونشهر و به صورت محدودی در حوالی شهرضا، خوانسار، فریدن و اندکی در ارتفاعات کاشان و نطنز پیش‌بینی نمود که تطابق خوبی با نقشه حاصل از مدل قلمرو نشان داد (جدول ۴). نتایج مدل‌های الگوریتم ژنتیک و قلمرو نشان می‌دهد که به‌ترتیب ۲۹۶۶ و ۴۴۵۵ کیلومترمربع از شهرستان‌های فریدونشهر و سمیرم از بیشترین احتمال رخداد این گونه برخوردار است. به عبارتی، رویشگاه عمده گونه علف بره شهرستان‌های فریدونشهر و سمیرم است (جدول ۴).

جدول ۴: مساحت تناسب طبقات رویشگاه حال حاضر با استفاده از مدل DOMAIN

	مساحت (Km^2)			درصد مساحت هر طبقه	
	طبقات (احتمال رخداد)	استان اصفهان	فریدونشهر و سمیرم	استان اصفهان	فریدونشهر و سمیرم
Domain	۰ – ۰/۲۵	۵۰۲۴۱	۴۷	۴۶/۹۳	۰/۶
	۰/۲۵ – ۰/۵	۲۳۸۶۳	۲۵۶	۲۲/۳	۳/۴۴
	۰/۵ – ۰/۷۵	۲۲۷۵۴	۲۶۴۴	۲۱/۲۶	۳۵/۷۳
	۰/۷۵ – ۱	۱۰۱۸۷	۴۴۵۵	۹/۵۱	۶۰/۲۳
	کل	۱۰۷۰۴۵	۷۴۰۲		
GARP	۰–۰/۲۵	۹۵۵۲۱	۲۲۴۶	۸۹/۲۳	۳۰/۳۴
	۰/۲۵ – ۰/۵	۲۵۶۲	۱۱۷۶	۲/۴	۱۵/۸۹
	۰/۵ – ۰/۷۵	۱۸۹۳	۱۰۱۴	۱/۷۷	۱۳/۷
	۰/۷۵ – ۱	۷۰۶۹	۲۹۶۶	۶/۶	۴۰/۰۷
	کل	۱۰۷۰۴۵	۷۴۰۲		

علاوه بر ارزیابی مدل‌ها به صورت جداگانه در نرم‌افزار MEP، نقشه خروجی هر مدل به صورت مجزا با نقشه مرجع پوشش گیاهی اصفهان مقایسه گردید و نتیجه این مقایسه عملکرد خوب هر دو مدل و برتری مدل الگوریتم ژنتیک نسبت به مدل قلمرو در پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه نشان داد (جدول ۵).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

جدول ۵: نتایج ارزیابی مدل‌های پراکنش گونه‌ای در پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه مورد مطالعه اخذ شده از نرم افزار MEP

مدل پراکنش گونه‌ای	مؤلفه‌های ماتریس خطا				شاخص‌های ارزیابی		
	a	B	C	D	CCR	Kappa	AUC
GARP	۳۵	۳	۲۵	۵۷	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۹
DOMAIN	۳۱	۲	۲۹	۵۸	۰/۷۴	۰/۴۸	۰/۶۷

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه از مدل‌های قلمرو و الگوریتم ژنتیک به منظور مدلسازی پراکنش بالقوه گونه *F. ovina* استفاده شد. یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که الگوریتم ژنتیک نسبت به مدل دامنه کارایی بالاتری در پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه دارد. مدلسازی پراکنش گونه‌ای به عنوان یک رویکرد کارآمد و جهانی برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی و جانوری شناخته شده است (۴۵)، با این حال، عملکرد مدل‌ها بر اساس اندازه نمونه، منطقه مورد مطالعه و طیف اکولوژیک گونه هدف متفاوت است (۲، ۹، ۲۰، ۳۱ و ۴۲). با استفاده از مدل الگوریتم ژنتیک می‌توان برای پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی این گونه و شاید سایر گراس‌های فصل سرد با صفات اکولوژیکی مشابه این گونه پرداخت. هرناندز و همکاران (۲۰۰۶) و تسور و همکاران (۲۰۰۷) نیز اظهار داشتند که در پیش‌بینی پراکنش برخی گونه‌های گیاهی، عملکرد مدل الگوریتم ژنتیک بهتر از مدل قلمرو است. اگرچه پیش‌بینی هر دو مدل از حضور گونه در سطح استان و شهرستان‌های فریدونشهر و سمیرم نسبتاً یکسان بود و با نقشه پراکنش فعلی گونه انطباق داشت، ولی مدل قلمرو مساحت بیشتری را برای رویشگاه با احتمال رخداد بیش از ۷۵ درصد در این مناطق پیش‌بینی کرد که دلیل آن را می‌توان به منطق محاسباتی و تفاوت در ماهیّت پیش‌بینی پراکنش گونه نسبت داد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از دو روش مدلسازی، متغیرهای ارتفاع و شیب جزو مهم‌ترین متغیرهای فیزیوگرافی و بارندگی سالانه، متوسط درجه حرارت سالانه و بارش گرمترین فصل نیز از مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی مؤثر بر پراکنش گونه علف بره بودند. نقشه شایستگی رویشگاه حاصل از مدل‌های استفاده شده با بیشترین کارایی مبیّن این مطلب بود که شرایط مناسب رخداد گونه در محدوده ارتفاعی ۴۰۰۰-۲۵۰۰ متر پیش‌بینی شد. قربانی و همکاران (۲۰۱۳) نیز رویشگاه مناسب این گونه را در محدوده ارتفاعی ۴۲۲۰-۹۰۰ متر بیان کردند. همچنین شکری و همکاران (۲۰۰۳)، میرحاجی و سندگل (۲۰۰۶) و باقری شبستری و همکاران (۲۰۱۰) محدوده ارتفاعی ۴۳۲۲-۳۰۰۰ متری را برای حضور این گونه گزارش نمودند. اثر ارتفاع بر پراکنش گونه‌های گیاهی از جمله گونه علف بره به صورت غیرمستقیم است، به نحوی که این عامل با تأثیر بر نوع و میزان بارش و درجه حرارت و در نتیجه نوع اقلیم، شرایط حضور و یا عدم حضور گونه‌ها را در عرصه‌های طبیعی تعیین می‌نماید (۱).

شیب به‌عنوان یکی دیگر از مهم‌ترین عوامل فیزیوگرافی مؤثر بر پراکنش گونه *F. ovina* بود. عامل شیب در ارتباط مستقیم با عمق خاک بوده که خود تأثیر بسزایی بر کیفیت رشد گونه‌های گیاهی دارد. نتایج نشان داد حداکثر حضور گونه در شیب ۳۵-۱۰ درجه رخ می‌دهد. قربانی و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند این گونه در شیب‌های ۱۵-۱۰ درجه گسترش بالایی داشته و در شیب‌های بالاتر از ۴۰ درجه به صورت پراکنده دیده می‌شود. میرزایی موسی‌وند و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که این گونه در شیب بالاتر از ۴۰ درصد و مناطق مرتفع سازگاری بهتری دارد. غفاری و همکاران (۲۰۱۸) نیز شیب را از عوامل مؤثر بر پراکنش *F. ovina* دانستند. همچنین ایشان بیان داشتند درصد شیب به‌ویژه در ارتفاعات نقش عمده‌ای در استقرار جوامع گیاهی دارد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. با توجه به مطالعات انجام شده و نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌توان گفت که به‌دلیل اینکه این گونه از خوشخوراکی زیادی برای چرای دام به خصوص گاو برخوردار است، در شیب‌های کم به‌شدت مورد چرا قرار گرفته و در مناطقی که شیب بشتری داشته و دسترسی به آنها محدود است، مشاهده می‌شود.

بارندگی سالانه نیز از مهم‌ترین عوامل اقلیمی مؤثر بر پراکنش گونه علف بره است. این گونه در دامنه بارشی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

۳۰۰-۲۵۰ میلی‌متر احتمال رخداد بالایی دارد که این میزان بارش در مراتع نیمه استپی کشور و استان از جمله شهرستان‌های فریدونشهر و سمیرم وجود دارد. همچنین این گونه در محدوده متوسط دمای سالانه ۸-۶ درجه سانتی‌گراد نیز بیشترین احتمال حضور را داشته اما در دمای متوسط سالانه بیش از ۱۵ درجه سانتی‌گراد حضور آن به شدت کاهش می‌یابد. این امر حاکی از تحمل بالای این گونه نسبت به دماهای پایین است. چنانچه این گونه جزو گندمیان فصل سرد (Cool Season Grasses) به‌شمار می‌رود. در این رابطه بِرد (۱۹۷۳) گزارش کرد که محدوده دمایی مناسب رشد این گونه، ۳۸-۴/۵ درجه سانتی‌گراد است، ولی قادر است دمای ۲ درجه سانتیگراد را بدون اینکه اندام‌های هوایی آن یخ بزند تحمل نماید. وی همچنین گزارش نمود که دماهای ۵۰-۳۸ درجه سانتی‌گراد برای رشد آن محدودیت ایجاد می‌کنند.

در این مطالعه میزان بارش در فصول گرم سال (Bio 18) و میزان بارش در فصل خشک سال (Bio 14) نیز جزو متغیرهای تأثیرگذار بر حضور گونه علف بره بود. اگر چه مقدار عددی این متغیرها اندک است، اما مناطقی که در این فصول، بارش حتی به مقدار کمی داشته باشند از لحاظ محیطی و اقلیمی شرایط کاملا متفاوتی از مناطقی دارند که در این فصول هیچگونه بارشی مشاهده نمی‌شود. بعبارت دیگر حضور بارش در این فصول با حضور این گونه ارتباط و یا همبستگی دارد.

گیاهان در اکوسیستم‌های طبیعی در شرایطی ویژه مستقر می‌شوند و خود را با آن شرایط سازگار می‌کنند. به عبارت دیگر می‌توان گفت گونه‌ها طی گرادیان‌های محیطی مختلفی پراکنش یافته‌اند که با شناخت این گرادیان‌ها می‌توان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پراکنش آن‌ها را تعیین نمود (۴۰). مطالعه حاضر در جهت بهبود دانش فعلی در مورد رویشگاه بالقوه گونه علف بره انجام شد. این گونه، بردباری نسبتاً وسیعی در مقابل عوامل مختلف بوم‌شناختی دارد و به‌سبب ویژگی‌های سازگاری و نیز خوشخوراکی مطلوب می‌تواند گونه مناسبی جهت احیا و اصلاح مراتع و تولید علوفه در مناطق نیمه‌استپی باشد. نکته قابل توجه اینکه در این مطالعه رویشگاه گونه به لحاظ اقلیمی پیش‌بینی شد و در صورت مدیریت نامناسب چرا، به‌دلیل اینکه این گونه جزو گونه‌های خوشخوراک محسوب می‌شود، حذف شده و جای خود را به گونه‌های با خوشخوراکی کمتر داده است و یا خواهد داد. با آشکار ساختن عوامل اصلی مؤثر بر پراکنش گونه‌ها و مطالعه موردی گیاهان در کنار مطالعه جوامع گیاهی در منطقه از صرف هزینه‌های زیاد جلوگیری می‌شود و با شناخت روابط حاکم و تعمیم دادن نتایج به مناطق مشابه، متناسب با شرایط رویشگاهی و ترکیب گونه‌ای، راهکارهای مؤثری در راستای مدیریت حفاظت مراتع ارائه خواهد شد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ارتفاعات شمال، غرب و جنوب غربی استان اصفهان، پتانسیل بالایی جهت حضور گونه *F. ovina* دارند. این مناطق، مراتع شهرستان‌های سمیرم، فریدونشهر و تا حدودی شهرستان‌های فریدن و نظنز را شامل می‌شوند، در مقابل، بخش‌های مرکزی و شرق استان، کمترین پتانسیل را برای حضور گونه دارا هستند. در مناطق با پتانسیل بالای حضور گونه، پس از شناسایی عوامل تخریب و کنترل آنها، عملیات اصلاحی کاشت گونه علف بره به‌صورت کپه‌کاری، میان‌کاری و بذرپاشی می‌تواند انجام گیرد. بخش‌های زیادی از مراتع نیمه‌استپی استان اصفهان که به لحاظ اقلیمی می‌تواند جزو رویشگاه‌های علف بره باشد، در اثر تغییر کاربری اراضی و نیز چرای مفرط دام تخریب شده و به دیم‌زار تبدیل شده‌اند. از جمله مراتعی که در نتایج به عنوان رویشگاه مناسب علف بره تشخیص داده شد می‌توان به منطقه درختک سمیرم اشاره کرد که در نتیجه تخریب صورت گرفته، پراکنش این گونه محدود شده و به جای آن گیاهان خاردار از جنس‌های گیاهی *Cirsium*، *Cousinia* و برخی از جنس‌های متعلق به خانواده Lamiaceae غالب شده‌اند. گونه علف بره به عنوان گیاه پوششی و مقاوم می‌تواند در عملیات اصلاحی این مناطق کشت شود. البته پس از کاشت بذور گونه نیز فراهم بودن شرایط مناسب محیطی (ترسالی) و همچنین انجام قرق سه ساله به منظور استقرار این گونه در مراتع توصیه می گردد. همچنین نیاز است که شرایط ادافیکی مناسب رشد این گونه برای توصیه مناطق مناسب کاشت آن بررسی شود. به عنوان مثال، در شهرستان سمیرم با وجود مناسب بودن شرایط اقلیمی برای رشد این گونه، سازندهای مارنی موجود در منطقه، برای رشد آن مناسب نیست. یافته‌های مطالعه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

گویای آن است که توجه کافی به خصوصیات اکولوژیک این گونه با ارزش مرتعی در برنامه‌های اصلاح، احیاء و مدیریت صحیح رویشگاه‌های مرتعی امری اجتناب‌ناپذیر است.

References

1. Ardakani, M.R., 2004. Ecology. Tehran University Press, 326 p. (In Persian).
2. Austin, M., 2007. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. Ecological Modelling, 200(1,2): 1-19.
3. Bagheri, H., A. Ghorbani, M. Zare Chahouki, A. Jafari & K. Sefidi, 2019. Modelling spatial distribution of *Limonium iranicum* and *Aeluropus littoralis* species by logistic regression method: a case study of Meighan playa rangelands. Journal of Rangeland, 13(4): 560-570. (In Persian)
4. Bagheri Shabestari, E.S., M. Sheidai, M. Assadi & T. Amini, 2010. Species relationships in *Festuca* (*Poaceae*) of Iran. Genetic Conservation, 9(38): 247-262.
5. Baldwin, R.A., 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. Entropy, 11: 854-866.
6. Beard James, B., 1972. Turf Grass: Science and Culture. Prentice-Hall Press. 658 p.
7. Behdarvand, N., M. Kaboli, R. Ebrahimpour & B. Jabbarian Amiri, 2012. Modeling the spatial distribution of wolf (*Canis lupus* pallipes) attacks on human using genetic algorithm (GARP) in Hamedan province. Applied Ecology, 1(1): 4-14. (In Persian)
8. Carpenter, G., A.N. Gillson & J. Witmer, 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. Biodiversity and Conservation, 2: 667-680.
9. Elith, J., C.H. Graham, R.P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R.J. Hijmans, F. Huettmann, J.R. Leathwick, A. Lehmann & N. E. Zimmermann, 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29(2): 129-151.
10. Esfanjani, J., M.A. Zare Chahouki, H. Rouhani, M.M. Esmaeili & B. Behmanesh, 2017. Suitability habitat modeling species using Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) in rangelands Chaharbagh of Golestan province, Iran. Iranian Journal of Range and Desert Research, 23(3): 516-526. (In Persian)
11. Farashi, A. & Z. Karimian, 2021. Assessing climate change risks to the geographical distribution of grass species. Plant Signaling & Behavior, 16(7): 1913311.
12. Farzadmehr, J. & H. Sangooni, 2019. Determination of the potential habitat of medicinal species of wild borage (*Anchusa italica* Retzius) in Khorasan Razavi province using generalized boosted model (GBM). Journal of Rangeland, 13(4): 621-631. (In Persian)
13. Feizi, M.T., Z. Jaberolansar, V. Alijani, K. Shirani & M. Khodagholi, 2013. The plan to know the ecological regions of the country, types of plants in Isfahan province. Research institute of forest and rangelands Press. 290 p. (In Persian)
14. Ghafari, S., A. Ghorbani, M. Moameri, R. Mostafazadeh & M. Bidarlord, 2018. Composition and structure of species along altitude gradient in Moghan-Sabalan rangelands, Iran. Journal of Mountain Science, 15(6): 1209-1228.
15. Ghahraman, A., 2000. Colored flora of Iran. Volume 1-22. Forest & Rangelands Research Institute. Press.Tehran. Iran
16. Ghasemi, Z., A. Ghorbani & A. Esmaeili Ouri, 2011. Preparation of distribution map of *Dactylis glomerata* L. using GIS and GPS in Khalkhal and Kowsar counties. Proceedings of Geomatics conference. 15-19 May. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil. (In Persian)
17. Ghehsareh Ardestani, E., M. Tarkesh, M. Bassiri & M.R. Vahabi, 2014. Potential habitat modelling for reintroduction of three native plant species in central Iran. Journal of Arid Land, 7(3): 381-390.
18. Ghorbani, A., J. Sharifi Niaragh, A.H. Kavianpour, B. Malekpour & F. Mirzaie Aghche Gheshlagh, 2013. Investigation on ecological characteristices of Festuca ovina L. in south eastern rangelands of Sabalan. Rangeland and Desert Research, 20(2): 379-396. (In Persian)
19. Guisan, A. & N. Zimmermann., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135(2-3): 147-186.
20. Hernandez, P.A., C.H. Graham, L.L. Master & D.L. Albert, 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. Ecography, 29(5): 773–785.
21. Hijmans, R.J. & J. Elith, 2019. Spatial Distribution Models. https://rspatial.org/sdm/SDM.pdf. Accessed date 10 June 2020.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]

22. Hu, W., Y. Wang, D. Zhang, W. Yu, G. Chen, T. Xie, Z. Liu, Z. Ma, J. Du, B. Chao, G. Lei & B. Chen, 2021. Mapping the potential of mangrove forest restoration based on species distribution models: A case study in China. Science of the Total Environment, 748: 142321.
23. Jafari, R. & L., Bakhshanandehmehr., 2016. Quantitative mapping and assessment of environmentally sensitive areas to desertification in central Iran. Land Degradation & Development, 27(2): 108-119.
24. Khanum, R., Mumtaz, A. S. & S. Kumar, 2013. Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. Acta Oecologica, 49(1): 23-31.
25. Landis, J.R. & G.G. Koch, 1977. The Measurement of abserver agreement for categorical data. Biometric, 33(2): 159-174.
26. Mandleberg, L., 2004. A comparison of the predictive abilities of four approaches for modelling the distribution of cetaceans. Mres. Marine and Fisheries Science. University of Aberdeen, UK.
27. Meng, J., M. Li, J. Guo, D. Zhao & J. Tao, 2021. Predicting suitable environments and potential occurrences for *Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl. Forests, 12(8): 1126.
28. Mirhagi, T. & A.A. Sanadgol., 2006. Study the Growth degree days requirement for phenological stages of important Range species in Homand. Rangeland and Desert Research, 13(3): 212-221. (In Persian)
29. Mirzaei Mossivand, A., F. Keivan Behjou, P. Ramak & E. Zandi Esfahan, 2017. The study of some ecological factors affecting distribution of Festuca ovina in Rangelands, Lorestan Province-County Delfan. Natural Ecosystems of Iran, 7(4): 57-58. (In Persian)
30. Ogle, D., M. Stannard, P. Scheinost & L. St John, 2010. Plant guide for sheep fescue (*Festuca ovina*). USDA-Natural Resources Conservation Service. Idaho and Washington Plant Materials Program.
31. Pearson, R.G., W. Thuiller, M.B. Araújo, E. Martinez-Meyer, L. Brotons, C. McClean, L. Miles, P. Segurado, T.P. Dawson & D.C. Lees, 2006. Model-based uncertainty in species range prediction. Biogeography, 33(10): 1704-1711.
32. Petitpierre, B., O. Broennimann, C. Kueffer, C. Daehler & A. Guisan, 2017. Selecting predictors to maximize the transferability of species distribution models: Lessons from cross-continental plant invasions. Global Ecol. Biogeogr, 26(3): 275–287.
33. Pouteau, R., J.Y. Meyer, R. Taputuarai & B. Stoll, 2011. A comparison between GARP model and SVM regression to predict invasive species potential distribution: the case of Miconia calvescens on Moorea, French Polynesia. ISRSE, Australia (Sydney). 4 pp.
34. Saboohi, R., 2022. Evaluating the effects of climate change on the important habitat of Rangeland species in Isfahan province based on the climate prediction model. Research Institute of Forests and Rangeland of the country, 125p. (In Persian)
35. Saqib, Z., R.N. Malik & S.Z. Husain, 2006. Modelling potential distribution of *Taxus wallichiana* in Palas Valley, Pakistan. Pakistan Jurnal of Botany, 38(3): 539-542.
36. Shahnaseri, G., M. Malekian & K. Pourmoghadam, 2023. Habitat loss of the chestnut-leaved oak (Quercus castaneifolia) in the Hyrcanian forests of Iran: impacts of anthropogenic factors on forest thinning and degradation. Global Ecology and Conservation, 46:12e02600.
37. Shokri, M., M.A. Bahmanyar & M.R. Tatian, 2003. An ecological investigation of vegetation cover in estival rangelands of Hezarjarib (Behshahr). Natural Resources, 56: 131-142. (In Persian)
38. Stockwell, D., 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. International Journal of Geographical Information Science, 13(2): 143-158.
39. Tarkesh, M. & G. Jetschke, 2012. Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. Environmental and Ecological Statistics,19: 437-457.
40. Tarnian, F., H. Azarnivand, R. Yazdanparast, M. Zare Chahouki, M. Jafari & S. Kumar, 2017. Identifying potential habitats and influencing variables on Daphne mucronata Royle distribution. Journal of Rangeland, 11(2): 179-193. (In Persian)
41. Teimoori Asl, S., A. Naghipour, M. Ashrafzadeh & M. Haidarian, 2020. Predicting the impact of climate change on potential habitats of Stipa hohenackeriana Trin & Rupr in Central Zagros. Journal of Rangeland, 14(3): 526-538. (In Persian)
42. Tsoar, A., O. Allouche, O. Steinitz, D. Rotem & R. Kadmon, 2007. A comparative evaluation of presence-only methods for modelling species distribution. Diversity and Distributions, 13(4): 397-405.
43. Zhang, K., Y. Zhang, D. Jia & J. Tao, 2020. Species distribution modeling of *Sassafras tzumu* and implications for forest management. Sustainability, 12(10): 4132.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.2.4]