Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Prediction of Plant Species Biodiversity using Generalized Linear Model (GLM) and Boosted Regression Tree (BRT) in Eastern Rangelands of Mazandaran

Mandana Mohammadi[1], Zeinab Jafarian*[2], Reza Tamartash[3], Mansoureh Kargar[4]

1. MSc garaduted in Rangeland Management, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Corresponding author; Prof., Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: z.jafarian@sanru.ac.ir
3. Associate Prof., Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
4. Natural resources and watershed management administration of Alborz province, Karaj, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 12.09.2021
Revised: 22.10.2021
Accepted: 02.11.2021

Keywords:
Species distribution,
Altitude,
Soil,
Climate,
Modeling.

Abstract

Background and objectives: Prediction of species richness and diversity patterns are used to develop conservation strategies for biodiversity under regional and global environmental changes. Since modeling the distribution of plant species can provide useful and important information about identifying and introducing potential habitats of plant species, and also few studies have been done in the field of modeling species richness using environmental variables in Iran, so the study of modeling Species richness is important and necessary in the management of vegetation, which is the aim of this research to help rangeland management.

Methodology: This study was conducted in the Sorkh Grieve rangeland with an area of 2620 ha. vegetation and soil sample were taken via random-systematic stratification method. On each slope a transect with a length of 100 meters of was established in the direction of the height gradient and 10 plots were placed along it. Totally 260 plots of 1 m^2 were used. In each plot, the list of species, percentage of species cover, and percentage of litter, rocks and number of species were recorded. Three soil samples were taken from a depth of 0-30 cm along each transect and some physical and chemical properties were measured in the laboratory. Physiographic variables were determined in Arc GIS software. Climatic factors were collected for a period of 15 years. Predictive climate variables in this research included annual relative humidity, average annual temperature, and average annual rainfall. The physical and chemical characteristics of the soil such as the percentage of moisture, sand, clay, silt, pH, EC, organic carbon, nitrogen, phosphorus, and potassium were measured. Prediction of species diversity indices of plants was done with two methods: generalized linear model (GLM) and, enhanced regression tree model (BRT). Analysis of the importance of environmental variables for GLM and BRT models was done in the biomode2 package. R^2 and RMSE coefficient of explanation were used to evaluate the models. The area under the curve (AUC) criterion was used to compare the performance of these models.

Results: The results of the GLM model showed that altitude, silt, average annual rainfall, nitrogen, and average annual humidity were the most effective environmental factors affecting species richness, respectively. The BRT model results show that the variables of height, soil acidity, average annual humidity, and

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

clay are the most important in species richness, respectively. The results of the GLM model showed that among the richness and species diversity indices, the highest R^2 related to the richness index was 0.33. Also, the most important variables affecting this index were nitrogen, acidity, electrical conductivity, rainfall, and humidity. The results of the BRT model showed that among the examined indices, the highest R^2 was related to the Shannon diversity index of 0.37. Also, the most important variables affecting this nitrogen index were altitude, clay percentage. and humidity. In general and according to the results, it appears that the environmental parameters affecting richness by the GLM model include altitude, average annual rainfall, average annual humidity, nitrogen, and silt. For the BRT model were altitude, annual humidity, acidity and clay. The evaluation results of the two models showed that the area under the curve (AUC) of the GLM model was 0.61 and the BRT model was 0.72, which shows that the BRT model performed better in modeling species richness in the region.

Conclusion: The result of this research provides good information about the distribution of plant species and affecting environmental factors on their diversity and richness. It is suggested that rangeland managers use the results of this research as well as similar research and give spatial importance to the environmental factors affecting the distribution and richness of species.

Cite this article: Mohammadi, M., Z. Jafarian, R. Tamartash, M. Kargar, 2022. Prediction of Plant Species Biodiversity using Generalized Linear Model (GLM) and Boosted Regression Tree (BRT) in Eastern Rangelands of Mazandaran. Journal of Rangeland, 16(2): 468-480.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

پیش‌بینی شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان با مدل خطی تعمیم یافته (GLM) و مدل درخت رگرسیون تقویت شده (BRT) در مراتع شرق استان مازندران

ماندانا محمدی[۱]، زینب جعفریان*[۲]، رضا تمرتاش[۳]، منصوره کارگر[۴]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۲. نویسنده مسئول، استاد گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: z.jafarian@sanru.ac.ir

۳. دانشیار گروه علوم مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۴. دکتری علوم مرتع، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان البرز، کرج، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۰۶/۲۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۷/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۱

واژه‌های کلیدی:
پراکنش گونه‌ای،
ارتفاع از سطح دریا،
خاک،
اقلیم،
مدل‌سازی.

چکیده

سابقه و هدف: پیش‌بینی الگوهای غنا و تنوع زیستی برای ایجاد استراتژی‌های حفاظت از تنوع تحت تغییرات محیطی منطقه‌ای و جهانی مورد استفاده هستند لذا، مطالعه آنها به مدیریت مراتع کمک خواهد کرد. از آنجایی که مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی می‌تواند اطلاعات کاربردی و با اهمیتی در راستای شناسایی و معرفی زیستگاه‌های بالقوه گونه‌های گیاهی ارائه نماید و هم‌چنین مطالعات کمی در زمینه‌ی مدل‌سازی غنای گونه‌ای با کمک متغیرهای محیطی در ایران صورت گرفته است، بنابراین مطالعه مدل‌سازی غنای گونه‌ای در مدیریت پوشش گیاهی مراتع دارای اهمیت و ضرورت است که هدف تحقیق حاضر است.

مواد و روش‌ها: چنین بررسی در مراتع سرخ گریوه منطقه هزار جریب بهشهر با مساحت ۲۶۲۰ هکتار انجام شد. برای نمونه‌برداری از پوشش گیاهی و خاک از روش طبقه‌بندی تصادفی-سیستماتیک استفاده شد. در مجموع ۲۶۰ پلات یک متر مربعی در منطقه مستقر گردید. در هر پلات لیست گونه‌ها، درصد پوشش گونه‌ها، درصد لاشبرگ، سنگ و سنگریزه و تعداد گونه یادداشت گردید. سه نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در طول هر ترانسکت برداشت و در آزمایشگاه برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شدند. متغیرهای فیزیوگرافی در نرم افزار Arc GIS تعیین شدند. متغیرهای اقلیمی برای دوره آماری ۱۵ ساله (۱۹۹۵-۲۰۱۰) جمع‌آوری شدند. متغیرهای اقلیمی پیش‌بینی‌گر در این تحقیق شامل رطوبت نسبی سالانه، میانگین دمای سالانه و میانگین بارندگی سالانه بودند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز شامل درصد رطوبت، شن، رس و سیلت، pH، EC، کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم استفاده شد. پیش‌بینی شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان با دو روش: مدل خطی تعمیم یافته (GLM)، مدل درخت رگرسیون تقویت شده (BRT)، انجام پذیرفت. آنالیز اهمیت متغیرهای محیطی برای مدل GLM و مدل BRT در بسته biomode2 انجام شدند. برای ارزیابی مدل‌ها از ضریب تبیین R^2 و RMSE استفاده شد. برای مقایسه عملکرد دو مدل از معیار سطح زیر منحنی (AUC) استفاده شد.

نتایج: نتایج مدل GLM نشان داد به ترتیب ارتفاع، سیلت، میانگین بارندگی سالانه، نیتروژن و میانگین رطوبت سالیانه موثرترین عوامل محیطی تاثیرگذار بر غنای گونه‌ای بودند. هم چنین در مدل BRT نتایج بیانگر این مطلب است که به ترتیب متغیرهای ارتفاع، اسیدیته خاک، میانگین رطوبت سالانه و رس بیش‌ترین اهمیت را

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

در غنای گونه‌ای دارند. نتایج مدل GLM نشان داد که از بین شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای، بالاترین R^2 مربوط به شاخص غنا به مقدار ۰/۳۳ بوده است. همچنین مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر این شاخص نیتروژن، اسیدیته، هدایت الکتریکی، بارندگی، رطوبت بودند نتایج مدل BRT نشان داد که از بین شاخص‌های بررسی شده بالاترین R^2 مربوط به شاخص تنوع شانون به میزان ۰/۳۷ بود. همچنین مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر این شاخص نیتروژن، ارتفاع، درصد رس و رطوبت بودند. در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر اینطور بر می‌آید که پارامترهای محیطی تاثیرگذار بر غنا توسط مدل GLM، شامل ارتفاع، میانگین بارندگی سالانه، میانگین رطوبت سالیانه، نیتروژن و سیلت و توسط مدل BRT، شامل ارتفاع، رطوبت سالیانه، اسیدیته و رس بودند. نتایج ارزیابی دو مدل نشان داد که سطح زیر منحنی (AUC) مدل GLM ۰/۶۱ و مدل BRT ۰/۷۲ بود که نشان می‌دهد مدل BRT عملکرد بهتری در مدل‌سازی غنای گونه‌ای در منطقه داشته است.

نتیجه‌گیری: در این تحقیق نتایج بیانگر این مطلب بود که مدل‌های مطالعه شده در یک مقیاس کوچک به خوبی جواب داده و با استفاده از مدل‌سازی می توان عوامل محیطی اثر گذار بر تنوع زیستی را تعیین نمود. پیشنهاد می‌گردد که مدیران مراتع از نتایج تحقیق حاضر و تحقیقات مشابه استفاده کنند و برای عوامل محیطی تاثیرگذار بر پراکنش و غنای گونه‌ای اهمیت ویژه‌ای قائل شوند.

استناد: محمدی، م.، ز. جعفریان، ر. تمرتاش، م. کارگر، ۱۴۰۱. پیش‌بینی شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان با مدل خطی تعمیم یافته (GLM) و مدل درخت رگرسیون تقویت شده (BRT) در مراتع شرق استان مازندران. مرتع، ۱۶(۳): ۴۸۰-۴۶۸.

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

مقدمه

یکی از جنبه‌های مهم در بوم‌شناسی و مدیریت پوشش گیاهی در مراتع، تنوع زیستی است (۱۳). از آن‌جا که تنوع زیستی در حال کاهش است، ارزیابی تغییرات تنوع زیستی کار ساده‌ای نیست (۱۷). همچنین با کاهش تنوع زیستی، امروزه بیشتر مطالعات بر ارتباط بین تنوع گونه‌ها و ثبات کارکرد اکوسیستم متمرکز شده‌اند (۱۸). از این‌رو هر چه تنوع گونه‌ای در یک اکوسیستم بیشتر باشد شبکه‌های حیاتی پیچیده‌تر و زنجیره‌های غذایی طولانی‌تر خواهد بود که منجر به پایداری محیط شده و از شرایط خود تنظیمی بیشتری بهره‌مند می‌شود (۲). تنوع گیاهی متشکل از غنا و یکنواختی است که غنا تعداد گونه‌های موجود در یک جامعه، سطح یا حجم معین و یکنواختی، توزیع افراد میان گونه‌ها می‌باشد. غنای گونه‌ای یک شاخص ساده و قابل تفسیر برای تنوع زیستی است و یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین اندازه‌گیری‌های تنوع زیستی در محیط زیست پایه و کاربردی می‌باشد (۲۶،۶). لذا اطلاعات مربوط به غنای گونه‌ای می‌تواند برای کمک به پیش‌بینی الگوهای تنوع زیستی و یا ایجاد استراتژی‌های حفاظت تحت تغییر جهانی مورد استفاده قرار گیرد (۲۳). در این میان مدل‌های پراکنش گونه‌ای به عنوان راه‌حل تحلیلی آماری تعریف شده‌اند که با توجه به نقشه‌های محیطی و مشاهدات میدانی می‌توانند در تعیین دامنه‌ی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی نقش بسزایی داشته باشند. امروزه با به‌کارگیری روش‌های آماری قوی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، در تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌ها به منظور حفاظت تنوع زیستی، احیاء اکولوژیکی و ارزیابی تاثیرات تغییرات محیطی بر پراکنش پوشش گیاهی به سرعت در بوم‌شناسی در حال توسعه است (۱). مدل پراکنش گونه‌ای (Species Distribution Model)، حضور گونه (متغیر وابسته) را به صورت تابعی از متغیرهای مختلف محیطی (متغیرهای مستقل) مدل‌سازی می‌کند و این مدل به بررسی تنوع و غنا گونه‌ای در مقیاس محلی و جهانی، ارزیابی اثرات تغییرات زیست‌محیطی بر گونه‌ها، برنامه‌ریزی احیاء و مدیریت زیستگاه‌ها، مدیریت گونه‌های مهاجم و جمعیت‌ها می‌پردازد (۲۷). تعدادی از مطالعات به پیش‌بینی غنای گونه‌ای و عوامل محیطی پرداختند (۵، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۹ و ۳۳). طی تحقیقی پیش‌بینی توزیع مکانی غنای گونه‌ای با مدل‌های پراکنش گونه‌ای تجمیع یافته و مدل ماکرواکولوژی در مراتع والدره استان مازندران انجام شد. محققین دریافتند که روش مستقیم مدل ماکرواکولوژی، پیش‌بینی‌های تقریباً بدون اریبی در اطراف مقادیر میانگین واقعی داشته است، اما همبستگی پایینی که بین پیش بینی‌ها و مشاهدات، توسط روش پراکنش گونه‌ای تجمیع‌یافته به‌دست آمده است (۱۶). در تحقیقی با عنوان مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی حفاظتی و با ارزش در منطقه‌ی توریستی پلور با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته (GLM) و مدل جمعی تعمیم یافته (GAM) محققین به این نتیجه دست یافتند که مدل‌های مطالعه شده در یک مقیاس کوچک به خوبی جواب داده و این مدل‌ها توانایی ایجاد فرضیه‌های اکولوژیکی جدیدی را دارند. همچنین آن‌ها بیان داشتند در صورت دانستن عوامل محیطی اثرگذار امکان تعیین مناطق مستعد رویش گونه‌های گیاهی وجود دارد (۲۱). در خارج از کشور نیز می‌توان به تحقیقاتی در استرالیا که به مطالعه‌ی درخت رگرسیون تقویت شده به منظور مدل‌سازی اکولوژیکی پرداختند اشاره نمود. آنها از مقایسه دو تکنیک مدل‌سازی جنگل تصادفی(RF) و درخت رگرسیون تقویت شده (BRT) به این نتیجه رسیدند که مدل BRT در ارزیابی و پیش‌بینی نسبت به مدل RF تا حدودی بهتر بود (۱۱). در تحقیقی دیگر به پیش‌بینی الگوهای مکانی تنوع زیستی از گونه‌های گیاهی تا جوامع گیاهی، در سوئیس با استفاده از چهار مدل، روش افزایشی تعمیم‌یافته (GBM)، مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM)، جنگل تصادفی (RF) و مدل جمعی تعمیم‌یافته (GAM) پرداخته شد. نتایج بیان داشت که بر پراکنش گونه‌ای درصد نیتروژن و اسیدیته خاک بیشترین تأثیر را دارند. با توجه به مطالب فوق، در زمینه پیش‌بینی غنای گونه‌ای با استفاده از مدل‌های پراکنش گونه‌ای مطالعات کمی صورت گرفته است (۷). از آنجایی که مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی می‌تواند اطلاعات کاربردی و با اهمیتی در راستای شناسایی و معرفی زیستگاه‌های بالقوه گونه‌های گیاهی ارائه نماید و هم‌چنین مطالعات کمی در زمینه‌ی مدل‌سازی غنای گونه‌ای با کمک متغیرهای محیطی در ایران صورت گرفته است، بنابراین مطالعه مدل‌سازی غنای گونه‌ای در مدیریت پوشش گیاهی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

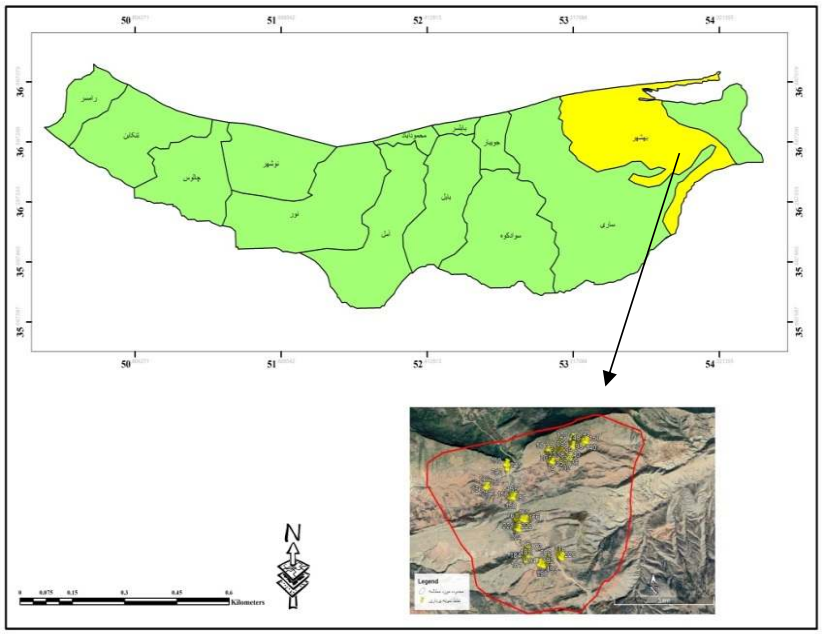
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

مراتع دارای اهمیت و ضرورت است که هدف تحقیق حاضر است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعه شده قسمتی از حوزه آبخیز زارم رود در منطقه هزار جریب بهشهر است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۶۱۹/۶۳ هکتار می‌باشد. محدوده ارتفاعی آن بین ۱۸۰۰ تا ۲۸۰۰ متر از سطح از دریا است که از دامنه‌های فرعی کوه چنگی بین دامغان و بهشهر و دامنه‌های شمالی بادله کوه آغاز می‌گردد. این منطقه مرتفع‌ترین بخش منطقه هزار جریب بهشهر به شمار می‌رود. این ناحیه در ۸۰ کیلومتری شهرستان بهشهر و بین طول‌های جغرافیایی، ´۰۰ ۵۴° تا ´۰۹ ۵۴° شرقی و ´۲۶ ۳۶° تا ´۳۱ ۳۶° عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). تیپ‌های گیاهی در منطقه مطالعه شده، شامل تیپ‌های *Teucrium polium-Thymus daensis*، Stachys *byzantine- Verbascum thapsus* و تیپ *Phlomis persica* است. بارندگی سالیانه در دوره آماری ۱۵ ساله (۱۹۹۵-۲۰۱۰) بین ۱۲۷ تا ۲۱۶ میلی‌متر و دمای سالیانه بین ۱۶/۹ تا ۱۷/۸درجه سانتی‌گراد متغیر است. اقلیم منطقه با روش دومارتن خشک محسوب می‌شود (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران).



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعه شده سرخ گریوه بهشهر در استان مازندران و کشور

نمونه‌گیری پوشش گیاهی و خاک

نمونه‌برداری در فصل رویش منطقه (خرداد و تیر) انجام گردید. برای نمونه‌برداری از پوشش گیاهی روش نمونه‌برداری طبقه‌بندی تصادفی-سیستماتیک استفاده شد چراکه این روش یکی از بهترین روش‌های نمونه‌گیری برای مدل‌سازی پوشش گیاهی در رابطه با عوامل محیطی است (۱۵). برای این منظور در هر دامنه موجود در منطقه، ترانسکتی به طول ۱۰۰ متر در راستای گرادیان ارتفاع، عمود بر شیب مستقر گردید. در ۲۶ دامنه موجود در منطقه، ۲۶ ترانسکت تصادفی و در روی هر ترانسکت ۱۰ پلات یک مترمربعی با فواصل ۱۰ متر از هم مستقر گردید. در مجموع ۲۶۰ پلات یک متر مربعی در منطقه مستقر گردید. در هر پلات لیست گونه‌ها، درصد پوشش گونه‌ها، درصد لاشبرگ، سنگ و سنگریزه و تعداد گونه ثبت گردید. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری نیز به وسیله سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد. در طول هر ترانسکت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

سه نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد. نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک گردیده و پس از کوبیده شدن در هاون، به منظور جداسازی قطعات گیاهان و سنگریزه از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند تا آماده برای آزمایشات گردند. در نهایت تعداد ۷۸ نمونه خاک جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل درصد رطوبت، شن، رس و سیلت، pH، EC، کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم به آزمایشگاه منتقل شدند (۱۶). با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت تهیه گردید و از روی آنها با داشتن مختصات جغرافیایی پلات‌ها، داده‌های توپوگرافی هر پلات استخراج گردید. این داده‌ها شامل میانگین درجه حرارت سالانه، میانگین رطوبت نسبی سالانه و میانگین بارندگی سالانه بودند که از ایستگاه‌های تیرتاش، سفیدچاه، برما، بهشهر، عباس آباد و بندرگز طی یک دوره آماری ۱۵ ساله جمع‌آوری گردیدند. برای تهیه نقشه‌ی متغیرهای اقلیمی از زمین آمار استفاده شد. علم زمین آمار یکی از دقیق‌ترین روش‌هایی است که علاوه بر توصیف مکانی و زمانی قادر به تهیه نقشه‌های کمی با حداقل واریانس می‌باشد (۵). با استفاده از روش کریجینگ داده‌های اقلیمی درون‌یابی شده و در نهایت نقشه متغیرهای اقلیم به کمک نرم افزار Arc GIS نسخه ۱۰/۳ تولید گردیدند.

مدل‌سازی غنا و تنوع گونه‌ای

با استفاده از داده‌های پوشش، شاخص‌های تنوع شانون، سیمپسون و شاخص‌های یکنواختی و غنا در هر پلات نرم‌افزار R محاسبه و سپس با کمک عوامل محیطی مدل‌سازی شدند. مدل خطی تعمیم‌یافته (Generalized Linear Model)، یک مدل پارامتری بوده و بسط مدل‌های خطی می‌باشد. در این مدل فرمولی ارائه می‌گردد و رابطه بین متغیرهای تبیینی و پاسخ به وسیله پارامتر برآورد شده رگرسیون به اضافه فواصل اطمینان سنجش می‌شود. این مدل در بسته presence absence نرم‌افزار R اجرا و متغیرهای اثرگذار در این مدل با روش گام به گام مشخص گردید (۷). درخت رگرسیون تقویت‌شده (Booted Regression Tree) از ترکیب دو الگوریتم استفاده می‌کند: مدل رگرسیونی CART و ساخت و ترکیب مجموعه‌ای از مدل‌ها. Boosting روشی برای افزایش دقت مدل است و بر این اساس کار می‌کند که ترکیب و میانگین‌گیری تعداد زیادی مدل بهتر و دقیق‌تر از ایجاد یک مدل است. ایده اساسی در این روش ترکیب مجموعه‌ای از مدل‌های پیش‌بینی‌کننده ضعیف (با خطای پیش‌بینی بالا) برای رسیدن به پیش‌بینی قوی (با خطای پیش‌بینی کم) می‌باشد. در هر مرحله، هر مجموعه داده طبقه‌بندی می‌شوند و این طبقه‌بندی به عنوان وزن برای برازش درخت بعدی استفاده می‌گردد. برای اجرای این مدل از بسته‌های caretو dismo استفاده شد (۹). آنالیز اهمیت متغیرهای محیطی برای مدل GLM و مدل BRT در بسته biomode2 انجام شدند (۶). برای ارزیابی مدل‌ها از ضریب تبیین R^2 و RMSE استفاده شد. برای مقایسه عملکرد دو مدل از معیار سطح زیر منحنی (AUC) استفاده شد. سطح زیر منحنی برابر احتمال قدرت تشخیص میان نقاط حضور و عدم حضور توسط مدل عمل می‌کند. همه تجزیه و تحلیل‌ها در نرم‌افزار R نسخه ۱. ۱. ۳ به همراه بسته‌های bimode2، presence absence، caret، Rcmdr، gmb اجرا شد. سپس نقشه همه عوامل تاثیرگذار در مدل‌ها، در نرم‌افزار Arc GIS نسخه ۱۰/۳ آماده و بر طبق مدل‌های حاصل شده، روی‌هم‌گذاری شده تا نقشه پراکنش شاخص‌های مورد بررسی تنوع و غنای گونه‌ای آماده گردد (۷).

نتایج

آنالیز اهمیت متغیرهای محیطی مطالعه شده در بسته BIOMOD2

نتایج مدل GLM نشان داد به‌ترتیب ارتفاع، سیلت، میانگین بارندگی سالانه، نیتروژن و میانگین رطوبت سالیانه موثرترین عوامل محیطی تاثیرگذار بر غنای گونه‌ای بودند. هم چنین در مدل BRT نتایج بیانگر این مطلب است که به ترتیب متغیرهای ارتفاع، اسیدیته خاک، میانگین رطوبت سالانه و رس بیش‌ترین اهمیت را در غنای گونه‌ای دارند (جدول ۱). نتایج ارزیابی دو مدل نشان داد که سطح زیر منحنی (AUC) مدل GLM ۰/۶۱ و مدل BRT ۰/۷۲ بود که نشان می‌دهد مدل BRT عملکرد بهتری در مدل‌سازی غنای گونه‌ای در منطقه داشته است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

جدول ۱: آنالیز اهمیت متغیرهای محیطی مطالعه شده در بسته BIOMOD2

متغیرهای محیطی	GLM	BRT
شیب	۰/۲۱۲	۰/۳۹۳
جهت	۰/۴۱۰	۰/۳۲۲
ارتفاع	۰/۴۴۳	۰/۷۶۱
میانگین بارندگی سالانه	۰/۴۳۱	۰/۱۰۷
میانگین رطوبت سالیانه	۰/۴۱۵	۰/۶۱۱
اسیدیته	۰/۲۳۹	۰/۶۲۸
هدایت الکتریکی	۰/۱۱۴	۰/۳۸۲
کربن آلی	۰/۱۲۳	۰/۱۰۴
فسفر	۰/۲۶۳	۰/۱۷۷
نیتروژن	۰/۴۱۷	۰/۲۰۶
پتاسیم	۰/۳۱۰	۰/۳۱۸
سیلت	۰/۴۳۵	۰/۲۹۱
رس	۰/۱۸۸	۰/۵۱۸
شن	۰/۱۲۰	۰/۱۹۱
ماده آلی	۰/۲۴۸	۰/۲۲۵

پیش‌بینی غنا و تنوع گونه‌ای با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته (GLM)

نتایج این مدل نشان داد که از بین شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای، بالاترین R^2 مربوط به شاخص غنا به مقدار ۰/۳۳ بوده همچنین مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر این شاخص نیتروژن، اسیدیته، هدایت الکتریکی، بارندگی، رطوبت بودند (جدول ۲).

جدول ۲: بررسی متغیرهای تأثیرگذار بر شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای با استفاده از مدل GLM

شاخص‌های غنا وتنوع گونه‌ای	متغیرهای تأثیرگذار	آماره F	مقدار P	R^2	RMSE
S	نیتروژن	۱/۹۹	۰/۰۳۷	۰/۳۳	۱/۰۵
	اسیدیته	۰/۳۲۷	۰/۰۲۹		
	هدایت الکتریکی	۰/۳۳۲	۰/۰۰۲		
	بارندگی	۱/۴۲	۰/۰۴۱		
	رطوبت	۱/۰۷	۰/۰۴۹		
H	نیتروژن	۰/۳۸	۰/۰۳۴	۰/۲۵	۱/۰۹
	ماده آلی	۱/۴۴	۰/۰۱۷		
	هدایت الکتریکی	۲/۹۱	۰/۰۲۷		
	دما	۱/۶۳	۰/۰۴۹		
E	فسفر	۱/۵۲	۰/۰۳۱	۰/۲۴	۱/۳۶
	نیتروژن	۱/۹۰	۰/۰۲۲		
	اسیدیته	۲/۰۱	۰/۰۱۱		
	رطوبت	۰/۶۲۱	۰/۰۵۷		
	ارتفاع	۱/۵۱	۰/۰۳۵		
D	دما	۲/۹۳	۰/۰۱۵	۰/۲۴	۲/۴۱
	پتاسیم	۲/۰۷	۰/۰۱۱		
	ماده آلی	۱/۷۲	۰/۰۰۴		
	اسیدیته	۱/۷۲	۰/۰۰۴		
	بارندگی	۰/۵۸۱	۰/۰۳۹		
	رطوبت	۱/۶۴	۰/۰۳۲		

علائم اختصاری شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای: S: غنا گونه‌ای، H: شانون، E: یکنواختی، D: سیمپسون

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

پیش‌بینی غنا و تنوع گونه‌ای با استفاده از درخت رگرسیون تقویت شده (BRT)

نتایج این مدل نشان داد که از بین شاخص‌های بررسی شده بالاترین R^2 مربوط به شاخص تنوع شانون به میزان ۰/۳۷ بود. همچنین مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر این شاخص نیتروژن، ارتفاع، درصد رس و رطوبت بودند (جدول ۳).

جدول ۳: بررسی متغیرهای تأثیر گذار بر شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای با استفاده از مدل BRT

شاخص‌های غنا وتنوع گونه‌ای	متغیرهای تأثیرگذار	آماره F	مقدار P	R^2	RMSE
S	ارتفاع	۲/۹۲	۰/۰۳۷	۰/۲۲	۰/۱۹
	اسیدیته	۲/۰۱	۰/۰۲۱		
	بارندگی	۰/۶۷۱	۰/۴۴		
	هدایت الکتریکی	۰/۵۴۱	۰/۱۷		
H	نیتروژن	۱/۹۱	۰/۰۲۴	۰/۳۷	۰/۱۹
	ارتفاع	۲/۳۹	۰/۰۴۹		
	درصد رس	۲/۰۸	۱/۶۲		
	رطوبت	۲/۳۹	۱/۹۱		
E	بارندگی	۱/۴۴۲	۰/۰۲۲	۰/۲۸	۰/۲۲
	کربن آلی	۱/۹۲۸	۰/۰۳۹		
	دما	۱/۸۶۱	۰/۰۴۲		
	اسیدیته	۰/۳۱۶	۰/۰۱۷		
D	نیتروژن	۱/۶۶	۰/۰۰۵	۰/۲۲	۰/۱۵
	ماده آلی	۱/۰۲	۰/۰۱۴		
	هدایت الکتریکی	۰/۴۲۰	۰/۰۰۱		
	ارتفاع	۱/۷۷	۰/۰۴۳		

علائم اختصاری شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای: S: غنا گونه‌ای، H: شانون، E: یکنواختی، D: سیمپسون

نقشه پیش‌بینی غنای گونه‌های گیاهی استفاده از مدل رگرسیون خطی تعمیم‌یافته (GLM) و درخت رگرسیون تقویت شده (BRT) نیز در (شکل ۲) آورده شده است. مطابق با راهنمای نقشه‌ها هرچه از مناطق قهوه‌ای رنگ به ترتیب به سمت مناطق زرد، سبز و آبی رنگ برویم میزان غنای گونه‌ای افزایش می‌یابد. مناطق آبی و آبی پررنگ در عرصه نشان دهنده مناطقی با پتانسیل بالای غنای گونه‌ای است.

بحث و نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر اینطور بر می‌آید که پارامترهای محیطی تاثیرگذار بر غنا توسط مدل GLM، شامل ارتفاع، میانگین بارندگی سالانه، میانگین رطوبت سالیانه، نیتروژن و سیلت و توسط مدل BRT، شامل ارتفاع، رطوبت سالیانه، اسیدیته و رس بودند که با برخی تحقیقات همخوانی دارد (۴، ۱۰ و ۳۴). این بدان علت است که گیاهانی که تولیدمثل رویشی دارند و گونه‌هایی که توسط حشرات گرده افشانی می‌کنند یا خودگشن هستند، میزان آنها عمدتاً به سمت ارتفاعات در حال افزایش است. یکی از عوامل مهم در استقرار گونه‌های گیاهی جهت‌های دامنه است. با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعه می‌توان گفت عوامل فیزیوگرافی از طریق تأثیر اقلیم و خصوصیات خاک در پراکنش و حضور گونه‌های علفی زیر اشکوب تأثیرگذار می‌باشند. هر دو مدل در مدلساری اکولوژیکی و تعیین موثرترین عوامل محیطی در مراتع عملکرد قابل قبولی داشتند همانطوریکه در مطالعات قبلی نیر اشاره شده بود (۲۰، ۲۱) و مدل BRT عملکرد بهتری از GLM داشت (۲۰). هم‌چنین از آنجایی که شاخص های تنوع و بخصوص غنا شدیداً به سطح پلات وابسته است و بایستی در مطالعات به این نکته توجه نمود. متغیر ارتفاع از موثرترین عوامل تاثیرگذار تعیین‌شده توسط مدل‌های مذکور بود که این عامل با تاثیر بر آب و هوا بر پراکنش و غنا گونه‌ها اثرگذار است و با نتایج برخی از محققین مطابقت دارد (۳۶). تاثیر عامل ارتفاع می‌تواند ناشی از تاثیر آن بر عوامل مانند درجه حرارت و بارندگی باشد. محققین ارتفاع را مهم‌ترین عامل توپوگرافی در

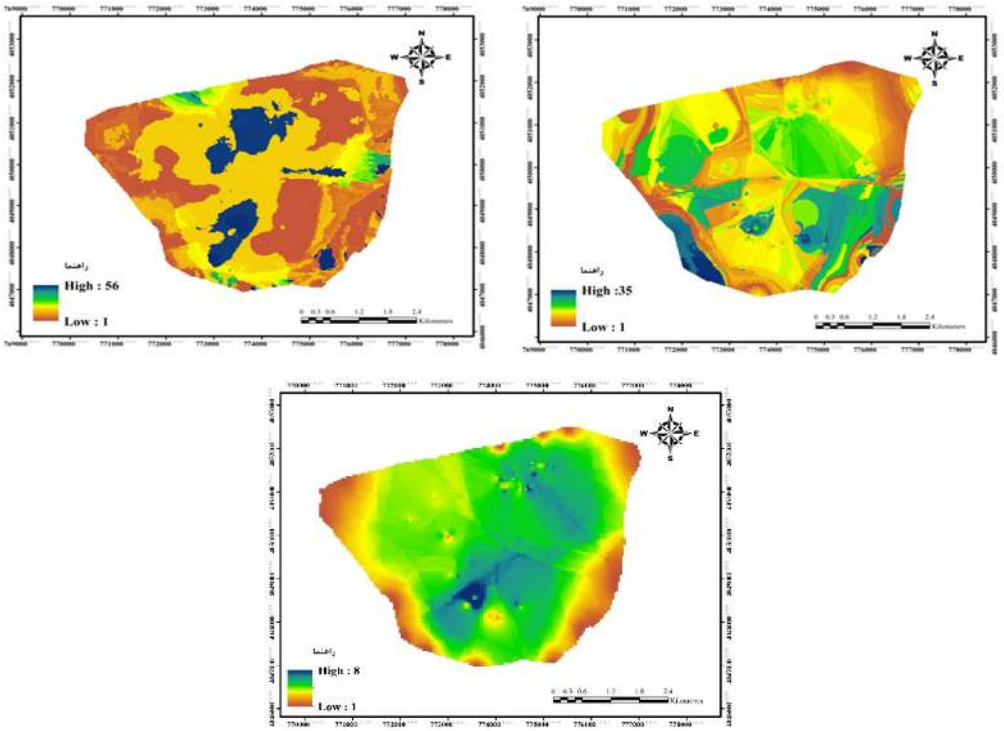
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

تفکیک رویشگاه و نیز اثرگذار در توزیع گونه‌های گیاهی در سطح یک منطقه شناسایی کردند (۳). در این مطالعه متغیرهای نیتروژن، اسیدیته، سیلت و رس در بین متغیرهای ادافیکی بیشترین تاثیر را داشتند. تأثیرگذاری نیتروژن و اسیدیته بر غنا با برخی مطالعات دیگر همخوانی دارد (۸). درصد سیلت خاک از دیگر متغیرهای محیطی مهم در مدل‌ها بودند که در تحقیقی دیگر از عوامل تاثیرگذار تعیین‌شده بر گونه‌ها توسط مدل BRT نسبت به سایر عوامل ادافیکی معرفی شدند (۲۳). زیاد بودن حضور گونه‌ها در میزان سیلت بیشتر به دلیل تاثیر سیلت بر ذخیره بیشتر آب در محدوده پراکنش ریشه گیاهان است (۲۸). بافت خاک کنترل حرکت آب در خاک را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد و عامل مهمی برای در دسترس بودن مواد مغذی و پتانسیل فرسایش خاک محسوب می‌شود. از این رو می‌تواند تأثیر بالایی در حاصل‌خیزی رویشگاه داشته باشد. در یک منطقه آب و هوایی مشخص، بافت خاک در مقایسه با حاصل‌خیزی شیمیایی تاثیر بیشتری روی رشد و تجدید حیات موفقیت‌آمیز گیاهان دارد که با نتایج برخی محققین همخوانی دارد (۹ و ۱۲). درصد سیلت خاک به عنوان جزیی از بافت خاک از عوامل تعیین‌کننده پراکنش گونه‌های غالب مرتعی منطقه مطالعه شده بود. رطوبت نسبی نیز از دیگر عوامل تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های منطقه بوده است. انتقال مواد غذایی در یک سیستم با جریان رطوبت تطابق دارد. در حقیقت شرط اصلی چرخه مواد بین گیاهان و خاک وجود رطوبت کافیست (۳۴). یکی از متغیرهای مهم در پراکنش گونه‌های منطقه، اسیدیته خاک است. از آنجایی که در منطقه گیاهان بوته‌ای حضور داشتند لذا می توان اظهار داشت که درصد درشت دانه مانند شن و قلیالیت خاک pH است که سبب کنترل گیاهان بوته‌ای می‌شود. کاهش اسیدیته خاک در اکثر تیمارها ممکن است به خاطر اسیدی بودن زیاد لاشبرگ گیاهان و نیترویفیکاسیون باشد. از علل دیگر کاهش اسیدیته خاک می‌توان به عوامل بیولوژیکی دیگری نظیر دی اکسید کربن و اسیدهای آلی که در نزدیکی سطح خاک غالب هستند اشاره نمود (۷). خاک حاوی عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر می‌باشد که گیاهان به آن‌ها به مقدار معین جهت رشد و نمو و در مقابله با بیماری‌ها نیاز دارند. برخی مطالعات نیز به تاثیرگذاری این عوامل اشاره کردند (۱۷ و ۳۲). مواد آلی از ازت غنی هستند و به دلیل داشتن صفت جذب سطحی در نگهداری عناصر تبادلی و در اختیار گذاشتن عناصر نقش مهمی ایفاء می‌کنند. نیتروژن در خاک به خصوص در لایه سطحی بیشتر به صورت ترکیبات آلی وجود دارد. بنابراین فرآیند تجمع نیتروژن در خاک با تجمع مواد آلی رابطه نزدیک دارد. پوشش گیاهی از لحاظ نوع و تراکم پوشش نیز در مقدار نیتروژن خاک نقش مهمی دارد. خاک‌هایی که در زیر پوشش گیاهان دارای ریشه فراوان هستند، معمولاً دارای مقدار بیشتری مواد آلی و نیتروژن هستند. محققین دیگر نیز به تأثیرگذاری نیتروژن و اسیدیته بر پراکنش گونه‌های گیاهی منطقه اشاره کردند (۸). از گروه عوامل اقلیمی رطوبت نسبی سالانه، میانگین بارندگی سالانه به عنوان عوامل تاثیرگذار بر مدل پراکنش گونه‌های گیاهی شناخته شدند که برخی محققین این نتایج را تایید کردند (۱۹، ۳۰ و ۳۵). آگاهی از پراکنش غنای گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی موثر در پراکنش جغرافیایی آن‌ها از اهمیت به سزایی در مدیریت و بهره‌برداری اصولی برخودار است. به دلیل مشکلات در دو عامل زمان و بودجه، در بسیاری از موارد مطالعه پراکنش هر گونه گیاهی بصورت مستقل دشوار است. لذا روش‌های مدل‌سازی رویشگاه که در زمان‌های اخیر به مقدار زیاد در مدیریت پوشش گیاهی مراتع مورد استفاده قرار گرفته‌اند، با توجه به وسیع بودن سطح مراتع ابزار مناسبی برای غلبه بر این مشکل هستند. پیشنهاد می‌گردد که مدیران مراتع از نتایج تحقیق حاضر و تحقیقات مشابه استفاده کنند و ابتدا به مدیریت و کنترل عوامل محیطی تاثیرگذار بر پراکنش و غنای گونه‌ای بپردازند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]



شکل۲: نقشه فعلی (پایین) و نقشه پیش‌بینی غنای گونه‌های گیاهی با استفاده از مدل رگرسیون خطی تعمیم‌یافته (GLM) (سمت راست بالا) و درخت رگرسیون تقویت شده (BRT) (قسمت بالا سمت بالا)

References

1. Ardakani, M. R., 2001. Ecology. Institute, Publishing and Printing, University of Tehran. 340 P. (In Persian).
2. Azarnivand, H. & M. A. Zarechahoki, 2010. Rangeland Ecology, University of Tehran Press, 364 P. (In Persian).
3. Cimalová, Š. & Z. Lososová, 2009. Arable weed vegetation of the northeastern part of the Czech Republic: effects of environmental factors on species composition. Plant Ecology, 203(1): 45.
4. Coudun, C. & J. C. Gégout, 2007. Quantitative prediction of the distribution and abundance of *Vaccinium myrtillus* with climatic and edaphic factors. Journal of Vegetation Science, 18(4): 517-524.
5. Deak, B., B. Kovacs, Z. Radai, I. Apostovala, A. Kelemen, R. Kiss, K. Lukaes, P. Palpurina, D. Sopotlivea, F. Bathori & O. Valko, 2021. Linking environmental heterogeneity and plant diversity: The ecological role of small natural feature in homogeneous landscape. Science of the Total Environment, 763: 144199.
6. Dubuis, A., 2013. Predicting spatial patterns of plant biodiversity: from species to communities (Doctoral dissertation, Université de Lausanne, Faculté de biologie et médecine, 295 P.
7. Dubuis, A., J. Pottier, V. Rion, L. Pellissier, J. P. Theurillat & A. Guisan, 2011. Predicting spatial patterns of plant species richness: a comparison of direct macroecological and species stacking modelling approaches. Diversity and Distributions, 17(6): 1122-1131.
8. Dubuis, A., S. Giovanettina, L. Pellissier, L.J. Pottier, P. Vittoz & A. Guisan, 2013. Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topo-climatic variables. Journal of Vegetation Science, 24(4): 593-606.
9. Ehsani, S. M. R. Tamartash, GH. Heshmati & E. Sheidai Karkaj, 2020. Selection of protected sites for management planning based on floristic and species diversity evaluation (Case study: Valuye Kiasar, Mazandaran), Plant Research Science Journal, 33(2): 465-476.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

10. Ehsani, S. M., R. Tamartash, GH. Heshmati & E. Sheidai Karkaj, 2019. Evaluation of the Efficiency of Landscape Function Analyze (LFA) to Estimate Plant Diversityin Kiasar rangeland of Mazandaran province of Iran. Journal of Applied Biology, 33(1): 9-23.
11. El Moujahid, L., X. Le Roux, S. Michalet, F. Bellvert, A. Weigelt & F. Poly, 2017. Effect of plant diversity on the diversity of soil organic compounds. PloS one, 12(2): p. e0170494.
12. El-Ghani, M. M. A. & W. M. Amer, 2003. Soil–vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. Journal of Arid Environments, 55(4): 607-628.
13. Elith, J., J. R. Leathwick & T. Hastie, 2008. A working guide to boosted regression trees. Journal of Animal Ecology, 77(4): 802-813.
14. Fattahi, B, S. Aghabeigi A., A. Ildarrmi, M. Maleki, J. Hasani & T. Sabetpoor, 2009. Investigation of some environmental factors affecting the habitat of white astragalus (*Astragalus gossypinus*) in Zagros mountain rangelands (Case study: Herd rangelands in Hamadan province). Journal of Rangeland Research, 2(3): 203-216. (In Persian).
15. Hirzel, A. & A. Guisan, 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. Ecological Modelling, 157(2-3): 331-341.
16. Hughes, J.B. & J. Roughgarden, 2000. Species diversity and biomass stability. The American Naturalist, 155(5): 618-627.
17. Jafarian, Z., & M. Kargar, 2012. Determination of environmental factors affecting the group of ecological species using logistic regression method in pleural rangelands. Journal of Environmental Sciences, 2(10): 107-118. (In Persian).
18. Jafarian. Z. & M. Kargar, 2017. Comparison of Random Forest (RF) and Reinforced Regression Tree (BRT) Models in Predicting the Presence of Dominant Rangeland Species in Plour Rangelands, Mazandaran. Journal of Applied Ecology, 1(6): 41-54. (In Persian).
19. Jafarian. Z. & M. Kargar, 2017. Modeling the distribution of conserved and valuable plant species in the Pleur tourist area (GAM) and the generalized collective model (GLM) using the generalized linear model. Journal of Geography and Development, 15(46): 132-117. (In Persian).
20. Kargar, M., 2015. Predicting the Spatial Distribution of Some Functional Characteristics of Plant Species, Lasem Rangelands, PhD Thesis, Sari Faculty of Natural Resources, 142 p. (In Persian).
21. Kargar, M., Z. Jafarian, R. Tamartash & S.J. Alavi, 2018. Prediction of spatial distribution of plant species richness in the Valdarreh Rangelands, Mazandaran by Macroecological Modelling and Stacked Species Distribution Models. Ecopersia, 6(2): 139-145.
22. Kargar, M., Z. Jafarian, R. Tamartsh & S.J. Alavi, 2018. Comparison of Parametric and Non-Parametric Species Distribution Models (SDM) in Determining the Habitat of Dominant Rangeland Species. Iranian journal of Rangelands and Desert Research, 25(3): 512-1523. (In Persian).
23. Liang, J., ZH. Ding, G. Lie, ZH. Zhou, P. BikramSingh, ZH. Zhang & H. Hu, 2020. Species richness patterns of vascular plants and their drivers along an elevational gradient in the central Himalayas. Global Ecology and Conservation, 24: e01279.
24. Mahdavi, M., M. Heidari & J. Eshaghirad, 2010. Investigation of biodiversity and richness of plant species in relation to physiographic and physicochemical factors of soil in Kabirkuh protected area. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(13): 436-426. (In Persian).
25. McGill, B.J., M. Dornelas, N.J. Gotelli & A.E. Magurran, 2015. Fifteen forms of biodiversity trend in the Anthropocene. Trends in Ecology and Evolution, 30(2): 104-113.
26. Peet, R.K., 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5(1): 285-307.
27. Piccinini, C., 2011. Assessing the impact of climate change on plant distributions using Artificial Neural Networks PhD. Thesis, Kingston University London, uk.
28. Poorbabei, H., 2004. Application of statistics in ecology (basic methods and calculations). Guilan University Press, 428 pages. (In Persian).
29. Rostampoor, M., M. Jafari, A. Tavili, H. Azarniavand & V. Eslami, 2017. Patterns of richness and diversity of plant species along the elevation gradient of Shaskooh Protected Area, South Khorasan. Journal of Ecological Conservation, 5(11): 217-231. (In Persian).
30. Sharma, C.M., Suyal, S., Gairola & S.K. Ghildiyal, 2009. Species richness and diversity along an altitudinal gradient in moist temperate forest of Garhwal Himalaya. Journal of American Science, 5(5): 119-128.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]

31. Sor, R., Y.S. Park, P. Boets, P. L. Goethals & S. Lek, 2017. Effects of species prevalence on the performance of predictive models. Ecological Modelling, 354: 11-19.
32. Taghipoor, A., M. Mesdaghi, Gh.A. Heshmati & Sh. Rastegar, 2007. The Effect of Environmental Factors on the Distribution of Rangeland Species in the Millennium (Case Study: Red Gray Rangelands). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15(4): 195-205. (In Persian).
33. Testolin, R., F. Attorre & P. Borchardt, 2021. Global patterns and drivers of alpine plant species richness, Global Ecology and Biogeography, 30(6):18. DOI:10.1111/geb.13297
34. Thuiller, W., S. Lavorel, M.B. Araújo, M.T. Sykes & I.C. Prentice, 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(23): 8245-8250.
35. VillersRuiz, L., I. TrejoVázquez & J. López-Blanco, 2003. Dry vegetation in relation to the physical environment in the Baja California Peninsula, Mexico. Journal of Vegetation Science, 14(4): 517-524.
36. Zurell, D., Zimmermann, N.E., T. Sattler, M.P. Nobis & B. Schröder, 2016. Effects of functional traits on the prediction accuracy of species richness models. Diversity and Distributions, 22(8): 905-917.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-19]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.1.7]