Gonbad Kavous University
Journal of Plant
Ecosystem Conservation
Volume 13, Issue 27
http://pec.gonbad.ac.ir

Prediction of habitat of *Astragalus gummifer* using factor analysis method of canoe natives in the Kadkan watershed

Mohammad Hosein Javadi Moghadam[1], Jalil Farzadmehr[2], Hasan Rezaee Moghadam[3]

[1]M.Sc. Graduated, Department of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran
[2]*Associate Professor, Department of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, university of Torbat-Heydarieh, Khorasan-Razavi, Iran
[3]Ph.D. Student, Department of Watershed Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 2024/10/14; Accepted: 2025/09/27

Abstract

Determination of habitat desirability is an important pillar of management and conservation of plant species and wildlife. Suitable habitats have significant effects on survival and reproduction of species. Identification of the determinant factors for native establishment of vegetation in an area can help in efficient management of rangelands. With the development of statistics science and geographic information systems, the determination of habitat prediction of plant species using modeling approaches has become easier. The current study was done with the purpose of developing a map for modeling and predicting the habitat of *Astragalus gummifer* using Ecological Niche Factor Analysis in Kadkan watershed in the Khorasan province in 2021. For this purpose, environmental map variables (physiographic, soil, and climate parameters) were prepared using GIS techniques in cell sizes of 10 x 10. Using the stratification-random method, 40 sampling points and present species were recorded. After preparing the layers, the analysis was performed using the factor model analysis of ecological nests. The results of the model showed the use of Influential environmental variables such as A.m.t, Aspect, Ec, Slop, Soil clay percentage, and TNV. The values of marginalization factors are 0.81, specialization is 2.53 and tolerance of 0.39, which shows that *Astragalus gummife* has a relatively high tendency to live in very marginal and special habitats in terms of marginalization and occupies different nests compared to the broader study area. Moreover, the evaluation of the model using the Cross Validation 0.81 indicates high accuracy model of Ecological Niche Factor Analysis for *Astragalus gummifer* in the study area. Investigating the ecological characteristics of plants that play an important role in livestock forage production and soil conservation can be effective in their conservation and restoration. Based on the results of this study, it is possible to determine the habitats with the distribution of *Astragalus gummifer* and identify areas susceptible to cultivation of this species.

***Keywords*:** Soil, Physiography, Climate, Modeling, Ecological Niche

*Corresponding author: j.farzadmehr@torbath.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره سیزدهم، شماره بیست و هفتم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

پیش‌بینی رویشگاه گونه *Astragalus gummifer* با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی در حوضه آبخیز کدکن

محمد حسین جوادی مقدم[1]، جلیل فرزادمهر*[2]، حسن رضایی مقدم[3]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت‌حیدریه، خراسان‌رضوی
[2]*دانشیار گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت‌حیدریه، خراسان‌رضوی
[3]حسن رضایی مقدم؛ دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵

چکیده

تعیین مطلوبیت رویشگاه یکی از ارکان مهم مدیریت و حفاظت از گونه‌های گیاهی و حیات وحش محسوب می‌گردد. رویشگاه مطلوب تاثیر بسزایی بر بقا و تولید مثل گونه‌ها خواهد داشت. شناخت عوامل محیطی مؤثر در استقرار پوشش گیاهی بومی هر منطقه می‌تواند به مدیریت صحیح مراتع کمک کند. با پیشرفت علم آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تعیین پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی با استفاده از روش‌های مدل‌سازی میسر شده است. لذا تحقیق حاضر با هدف مدل‌سازی و تهیه‌ی نقشه‌ی پیش‌بینی رویشگاه *Astragalus gummifer* با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک در حوضه آبخیز کدکن استان خراسان در سال ۱۳۹۹ انجام شد. برای دستیابی به این هدف نقشه‌ی متغیرهای محیطی (متغیرهای فیزیوگرافی، خاکی و اقلیمی)، پس از نمونه‌برداری از پروفیل‌های خاک و همچنین جمع‌آوری اطلاعات مربوط به متغیرهای اقلیمی به کمک تکنیک‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی در اندازه سلولی ۱۰×۱۰ متر تهیه گردید. با استفاده از روش طبقه‌بندی- تصادفی تعداد ۱۱۰ نقطه نمونه‌برداری و حضور گونه ثبت شد. پس از تهیه لایه‌ها، با استفاده از مدل تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی تجزیه و تحلیل انجام شد. نتایج حاصل از مدل نشان داد، متغیرهای محیطی تأثیرگذار شامل میانگین دمای سالانه، جهت جغرافیایی، شیب، هدایت الکتریکی، مواد خنثی شونده خاک و درصد رس خاک می‌باشند. مقادیر عوامل حاشیه‌گرایی ۰/۸۱، تخصص گرایی ۲/۵۳ و تحمل‌پذیری ۰/۳۹ می‌باشد که نشان می‌دهد گونه *Astragalus gummifer* از نظر حاشیه‌گرایی تمایل نسبتا زیادی به زندگی در زیستگاه‌های بسیار حاشیه‌ای و خاص دارد و آشیان متفاوتی را نسبت به کل منطقه مورد مطالعه اشغال می‌کند. همچنین ارزیابی مدل با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل ۰/۸۱ بدست آمد که نشان‌دهنده دقت بالا و خوب مدل تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی برای گونه مورد نظر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بررسی ویژگی‌های بوم‌شناختی گیاهان که نقش مهمی در تولید علوفه دام و حفاظت خاک دارند، می‌تواند در حفاظت و احیاء آن‌ها موثر باشد . بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان رویشگاه‌های دارای پراکنش ***Astragalus gummifer* را مشخص و مناطق مستعد کشت این گونه را شناسایی کرد.**

واژه‌های کلیدی: خاک، فیزیوگرافی، اقلیم، مدل‌سازی، آشیان اکولوژیک

مقدمه

مرتع یک اکوسیستم طبیعی است که در برگیرنده‌ی منابع عظیمی از ذخایر ژنتیکی و تنوعی از گونه‌های گیاهی است که همواره این گوناگونی زیستی، متضمن پایداری مرتع در مقابل عوامل متغیر محیطی است (فرج الهی و همکاران، ۱۳۹۲). به منظور مدیریت صحیح این اکوسیستم‌ها، باید ارتباط بین عوامل بوم‌شناختی موجود در طبیعت شامل عامل‌های پستی و بلندی، اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و موجودات زنده را شناخت. همبستگی بین پوشش گیاهی و عوامـل محیطی یکی از مهم‌ترین مسائل تأثیرگذار در شکل‌گیری ساختار جوامع گیاهی و چگونگی شکل‌گیری تیپ‌های مرتعی، و پراکنش آن‌ها در هر ناحیه است

*نویسنده مسئول: j.farzadmehr@torbath.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

(اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). عوامل محیطی تعیین‌کننده خصوصیات رویشگاهی می‌باشند و نقش مهمی در الگوی پراکنش گیاهان دارند، به‌طوری‌که پراکنش و استقرار گیاهان را به‌خوبی کنترل می‌کنند. راه اصولی در ارزیابی توان و طبقه‌بندی رویشگاه، بررسی پوشش گیاهی یا خصوصیات خاک و فیزیوگرافی به طور مجزا نیست، بلکه مطالعه هم‌زمان عوامل رویشی و محیطی می‌تواند نتایج مطلوب‌تری را دربرداشته باشد (Fisher & Fuel, 2004). زیستگاه یک گونه گیاهی ترکیبی از فضایی است که در آن استقرار دارد و تمام عوامل زیست‌محیطی موجود در آن فضا، از جمله محیط غیرزیستی و سایر موجودات زنده‌ای که برای وجود افراد یا گروه‌ها ضروری هستند. کمیت و کیفیت زیستگاه تأثیر قابل توجهی بر پراکنش گونه‌ها و غنای گونه‌ای در محیط‌ها دارد (Yi et al., 2016).

مدل‌های زیادی هم اکنون برای بررسی روابط میان گونه و زیستگاه به کار می‌روند. این مدل‌ها معمولاً وابسته به نقاط حضور و عدم حضور گونه و متغیرهای زیستگاهی هستند که تداعی‌کننده عناصر تشکیل دهنده آشیان بوم شناختی آن گونه می‌باشد. امروزه با استفاده از ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و فنون پیشرفته آماری، این امکان وجود دارد که روابط میان گونه و زیستگاه کمی شده و برای پیش‌بینی توزیع جغرافیایی گونه مورد استفاده قرار گیرد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجا که حضور هر گونه گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی و روابط بین گونه‌ای است و یک یا چند عامل محیطی بیش‌ترین اثر را در حضور یک گونه گیاهی خاص دارند، اگر به طریقی بتوان عوامل محیطی اثرگذار در پراکنش هر گونه گیاهی را تعیین کرد و رفتار گونه را نسبت به متغیرهای محیطی بررسی نمود می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای دست یافت (پیری صحراگرد، ۱۳۹۶). روش‌های متفاوتی برای مدل‌سازی پراکنش گونه-های گیاهی از جمله آنتروپی حداکثر، رگرسیون‌های چندگانه و خطی، رگرسیون لجستیک، روش آشیان بوم-شناختی و ... به کار برده می‌شود که از دقت یکسانی برخوردار نیستند، بنابراین انتخاب روش دقیق‌تر در هر منطقه الزامی است. با استفاده از مدل‌سازی پیش‌بینی توزیع جغرافیایی می‌توان در یک محدوده مشخص، مناطقی را که قادر است نیازمندی‌های مربوط به آشیان بوم‌شناختی گونه‌ها را برآورده سازد، مشخص کرد یا بخشی از پراکنش پتانسیل گونه‌ها را برآورده کرد (خلاصی اهوازی و همکاران، ۱۳۹۰).

تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) یکی از روش-های مفیدی است که با استفاده از آن می‌توان پراکنش گونه‌های گیاهی را پیش‌بینی نمود. هیرزل و همکاران (Hirzel et al., 2006) روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک را ارائه کردند. آنها در مقاله خود ضمن معرفی روش، نقشه مطلوبیت زیستگاه بز کوهی در کشور سوئیس را نشان دادند. وانگ (Wang, 2007)، معتقد است که آنالیز عامل بوم‌شناختی یک رویکرد چند متغیره جدید برای مطالعات پراکنش جغرافیایی گونه‌ها در مقیاس بزرگ فقط بر پایه داده‌های حضور است که به طور گسترده در مدیریت حیات وحش، ارزیابی رویشگاه و پیش‌بینی رویشگاه کاربرد دارد (Wang, 2007). این روش که بر مبنای روش‌های آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد، در سال‌های اخیر برای یافتن مناطق مطلوب در مقیاس‌های وسیع و تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه توسعه یافته است (سنگونی و همکاران، ۱۳۹۱). تحلیل عامل آشیان اکولوژیک براساس مفهوم آشیان بوم‌شناختی هاچینسون (Hutchison, 1957) بیان شده است که وضعیت زیست محیطی مناطقی که حضور گونه در آن ثبت شده است را با وضعیت کل منطقه‌ی مورد مطالعه مقایسه می‌کند و با تلفیق داده‌های اکوجغرافیایی (تلفیقی از داده‌های بوم‌شناختی و جغرافیایی) نقشه‌ی مطلوبیت زیستگاه را مدل‌سازی می‌کند. مدل‌سازی در روش تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در مقایسه با روش‌های وابسته به داده‌های حضور و عدم حضور آسان‌تر است، زیرا که درمواقعی که گونه مورد مطالعه از گونه‌های نادر باشد، تعیین مکان‌های غیاب واقعی یک گونه بسیار مشکل است و مشاهده حضور گونه با دشواری میسر است. همچنین ممکن است به دلایل تاریخی علی‌رغم مناسب بودن زیستگاه، گونه حضور نداشته یا زیستگاه برای گونه نامساعد باشد، لذا استفاده از داده‌های عدم حضور می‌تواند در نتایج مدل ایجاد اریبی نماید، بنابراین انتظار می‌رود که مدل‌های مبتنی بر نقاط حضور نتیجه مطلوب-تری تولید نماید (Abdelaal et al., 2019).

در ادامه به برخی از مطالعاتی که از مدل تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک استفاده کرده‌اند، اشاره می‌شود. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2021) توزیع گونه *Xanthium italicum* بر اساس مدل Maxent پیش‌بینی کردند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

منحنی ROC نشان داد که مقادیر AUC مجموعه آموزشی و مجموعه آزمایشی به ترتیب ۰/۹۶۵ و ۰/۹۰۶ است که نشان می‌دهد نتیجه پیش‌بینی این مدل عالی بوده است. میانگین دمای سالانه، میانگین دامنه دمای روزانه ماهانه، انحراف معیار تغییرات فصلی دما و میانگین بارندگی سالانه به ترتیب با ۶۵، ۱۱، ۹ و ۸ درصد بیشترین سهم را در توزیع جغرافیایی *X. italicum* داشته‌اند. زارع چاهوکی و عباسی (۱۳۹۵) برای تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه *Stipa barbata* در مراتع طالقان میانی به این نتیجه رسیدند که در انتخاب رویشگاه گونه مورد نظر متغیرهای محیطی ارتفاع، جهت شمالی، هدایت الکتریکی و پتاسیم تاثیر منفی و متغیرهای عمق، آهک، ماده آلی و اسیدیته تاثیر مثبت داشته‌اند و مهم‌ترین عوامل در مطلوبت رشد گونه مورد مطالعه بوده‌اند. حیدریان آقاخانی و همکاران (۱۳۹۶) پژوهشی را تحت عنوان مدل‌سازی آشیان اقلیمی گونه بلوط ایرانی *Quercus brantii* با استفاده از مدل تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر در استان چهارمحال و بختیاری انجام دادند. نتایج نشان داد که دامنه سالانه دما و بارندگی سالانه در حدود ۶۷/۶ درصد تغییرات پراکنش گونه را توجیه می‌کند و بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت رویشگاه دارند. معتمدی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی مطلوبیت رویشگاه گل ماهور (*Verbascum stachydiforme*) را به روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک انجام دادند. نتایج نشان داد که از ۲۲۲۰ هکتار رویشگاه‌های مورد بررسی، ۴۸۰ هکتار، رویشگاه بالقوه گونه گل‌ماهور به‌شمار می‌رود. میزان صحت مدل بر مبنای نمایه بویس و استفاده از الگوریتم میانه، ۹۹ درصد ارزیابی شد. برنا و همکاران (۱۴۰۰) مدلسازی مطلوبیت رویشگاه گونه اسپرس کوهی (Onobrychis cornuta) با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در مراتع بلده نور. نتایج مربوط به حاشیه‌گرایی گونه نشان داد که این گونه تمایل به زندگی در زیستگاه حاشیه‌ای دارد. همچنین ارزیابی مدل با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل (۰/۸ (نشاندهنده دقت بالا و خوب مدل تحلیل عاملی آشیان بومشناختی برای گونه مورد نظر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. مدل‌سازی گونه‌های گیاهی می‌تواند به طور گسترده برای شناسایی مناطق مناسب برای حفاظت از گونه‌های گیاهی بومی و ارزشمند استفاده شود. شعبانی و همکاران (۱۴۰۴) بررسی تغییرات پراکنش گونه گون گزی *Astragalus dscendens* در استان اصفهان تحت اثر تغییر اقلیم. هر سه مدل عملکرد مناسبی جهت پیش بینی رویشگاه گونه گون گزی ارائه کردند (AUC>۰/۸۵). کاهش سطح رویشگاه در هر سه مدل، تحت سناریوی تغییر اقلیم HadGEM-RCP 4.5 قابل مشاهده است. بارش سالانه به‌عنوان مهم‌ترین عامل محیطی مؤثربر پراکنش گونه گیاهی گون گزی شناسایی شد. منحنی‌های پاسخ گونه نسبت به متغیرهای محیطی مؤثر مستخرج از مدل‌های Maxentو NPMR نشان می‌دهند که گونه گون گزی در بارش‌های بیش از ۳۵۰ میلی‌متر و ارتفاعات بالای ۲۵۰۰ متر حضور بیشتری دارد. شکل منحنی عکس‌العمل گونه گون گزی نسبت به شیب صعودی بوده و نشان می‌دهد که احتمال حضور گونه با افزایش شیب، بیشتر می‌شود. بر اساس ارزیابی مدل، عملکرد مدل Maxent نسبت به سایر مدل‌ها بهتر است و از شاخص AUC بالاتری برخودار است. گیاه مورد بررسی در تحقیق حاضر *Astragalus gummifer* است که گیاهی درختچه‌ای یا نیمه درختچه‌ای، همیشه ایستاده یا بوته‌ای، خارپشتی، منشعب، در هم رفته، به ارتفاع ۲۰ تا ۷۰ سانتی‌متر و قطر ۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر، به رنگ سبز مات یا خاکستری، پوشیده از کرک-های سفید، یا کم کرک. گوشواره‌ها سرنیزه‌ای به طول ۵ تا ۱۰ میلی‌متر؛ بخش آزاد چرمی، زرد رنگ، کرکدار، پوشیده از کرک‌های خوابیده یا ایستاده و گاهی بدون کرک می‌باشد. برگ‌ها به به طول ۲ تا ۶ سانتی‌متر، محور اصلی برگ نازک و چوبی، پایا، راست یا به عقب برگشته؛ دمبرگ به طول ۱ تا ۲ سانتی‌متر، پوشیده از کرک‌های ریز سفید خوابیده یا نیمه خوابیده؛ در انتهای منتهی به خار به طول ۵ تا ۱۰ میلی‌متر می‌باشد. گل‌آذین کروی یا بیضوی، گاهی استوانه-ای و یا به ندرت بسیار تنک، پنهان در لابه‌لای برگ‌ها، پرگل، مجتمع، با ۲ تا ۳ گل واقع در پای برگ‌ها در طول ساقه، به طول ۲ تا ۵ و عرض ۱ تا ۲ سانتی‌متر است. جام بلندتر از کاسه، به رنگ زرد، ارغوانی، آبی یا بنفش (معصومی، ۱۳۹۴). میوه تخم‌مرغی یا بیضوی، پوشیده از کرک‌های خوابیده، به طرف نوک باریک، به طول ۵ و به عرض ۲ میلی‌متر؛ در سطح پشتی- شکمی فشرده؛ یک حجره‌ای. دانه ۱ تا ۲ عدد کلیوی شکل. زمان گلدهی و میوه‌دهی اوایل تابستان می‌باشد و گیاه متعلق به منطقه ایرانی تورانی می‌باشد. پراکندگی جغرافیایی آن در ترکیه، ایران، سوریه، لبنان و عراق می‌باشد (معصومی، ۱۳۹۴).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

با توجه به اینکه حدود ۱۹ درصد مساحت مراتع کشور را گونه‌های مختلف گون پوشانده است و تنها ارزش این گونه‌ها به کتیرای استحصالی از آن‌ها نیست و باید به ارزش اکولوژیک آن‌ها توجه شود. گیاه گون از جمله گیاهان مهم پوششی مراتع مخصوصاً در مناطق کوهپایه‌ای می‌باشند. این گیاه به دلیل تراکم و خصوصیات رویشی نقش مؤثری در حفاظت خاک از فرسایش‌های بادی و آبی خصوصاً بارندگی در شیب‌ها و خاک‌های سبک دارد. تراکم، پوشش و پراکندگی این گونه در فاصله کمی از سطح خاک از برخورد قطرات باران و تگرگ به سطح خاک جلوگیری نموده، پوشش گسترده ریشه‌ای نیز علاوه بر ایجاد چسبندگی بین ذرات خاک با حفظ بقایای گیاهای بافت اسفنجی مناسبی جهت ذخیره رطوبت و نفوذ رطوبت به اعماق خاک ایجاد می نماید (فتاحی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به اینکه این گونه در تمام فصول سال سبز می‌باشد می‌تواند نقش مهمی در حفاظت خاک و کاهش سیلاب در حوزه کدکن که دارای باران‌های با شدت زیاد است، داشته باشد. در این مطالعه با استفاده از تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک سعی در تعیین ارتباط گونه *Astragalus gummifer* و متغیرهای محیطی در حوضه آبخیز کدکن از شهرستان تربت حیدریه دارد و در نهایت نقشه پراکنش گونه مورد نظر ارائه شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه مورد مطالعه، با مساحت ۱۲۶/۷۷ کیلومتر مربع جزء حوزه آبخیز بزرگ کویر مرکزی و در تقسیم‌بندی حوزه‌های کوچک‌تر در جنوب حوزه آبخیز کالشور قرار دارد. حوزه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی "۳۸ '۰۰ °۵۹ تا "۳۲ '۴۹ °۵۸ شرقی و "۲۶ '۳۵ °۳۵ تا "۵۷ '۲۸ °۳۵ شمالی قرار دارد. این منطقه در فاصله حدود ۶۰ کیلومتری شمال غربی شهر تربت حیدریه، جزء دهستان کدکن، بخش کدکن و شهرستان تربت حیدریه است. به طورکلی درمحدوده موردمطالعه دو واحد کوهستان و تپه ماهور تفکیک گردید است. بیشترین سازندهای زمین شناسی مربوط به دوران سوم و به خصوص دوره‌های الیگومیوسن ونئوژن هستند. برونزدهای سنگی اواخر کرتاسه مربوط به افیولیت‌ها بوده که درمناطق جنوبی حوزه گسترش کمی دارند (مجد آب شرق، ۱۳۹۵). براساس اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی (جدول ۳) در دوره ۲۰ ساله ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵متوسط بارندگی سالانه حوزه ۳۲۴/۷ میلی‌متر و بیشترین بارندگی ماهانه حوزه مربوط به ماه‌های فروردین و اسفند به میزان ۵۷/۲ و ۶۳/۳ میلی‌متر و در مرداد ماه مقدار بارندگی کمتر از ۱ میلی‌متر است. بارندگی سالانه حوزه کدکن بین ۲۸۵/۱ میلی‌متر در نقاط پست و ۳۴۴/۶ میلی‌متر در نقاط مرتفع متغیر است. بیشترین مقدار آب حاصل از ذوب برف در ماه بهمن به میزان ۴۳/۹ میلی‌متر و کل آب حاصل از ذوب برف سالانه ۱۲۶ میلی‌متر است. اقلیم منطقه در روش آمبرژه نیمه خشک سرد و در روش دومارتن نیمه خشک تعیین است. بر اساس مطالعات پوشش گیاهی، حوزه کدکن- دارای نه تیپ گیاهی است (جدول ۱، مجد آب شرق، ۱۳۹۵). خاک منطقه خاک شنی-لومی و با توجه به اینکه میزان هدایت اکتریکی آن کم‌تر از ۱/۱ دسی زیمنس بر متر است، غیر شور است. رطوبت سطحی خاک منطقه کم و با توجه به اینکه اسیدیته خاک بالاتر از ۷ است در نتیجه خاک منطقه قلیایی است (یافته های پژوهش).

جدول ۱- تیپ‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه

نام علمی گونه های غالب	گرایش	وضعیت	درصد تاج پوشش	علامت اختصاری	تیپ
Scariola orientalis-Astragalus heratensis-Annual grasses	ثابت	فقیر	۴۵	Sc.or-As.he-An.gr	I
Acantholimon scirpinum-Astragalus heratensis-Stipa caragana	منفی	فقیر	۲۸	Ac.sp-As.he-St.ca	II
Astragalus heratensis-Cousinia tetanocephala-Scaiola orientalis	منفی	فقیر	۳۴	As.he-Co.te-Sc.or	III
Scariola orientalis-Circium arvense-Hultemia persica	منفی	فقیر	۳۱	Sc.or-Ci.ar-Hu.pe	IV
Acantholimon scirpinus-Agropyron intermedium-Eremurus persicus	ثابت	متوسط	۵۷	Ac.sc-Ag.in-Er.pe	V
Astragalus heratensis-Acantholimon scirpinus-Circium arvense	ثابت	فقیر	۴۶	As.he-Ac.sc-Ci.ar	VI

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

ادامه جدول ۱

نام علمی گونه های غالب	گرایش	وضعیت	درصد تاج پوشش	علامت اختصاری	تیپ
Eremurus persicus-Acantholimon scirpinus-Astragalus heratensis	منفی	فقیر	۶۱	Er.pe-Ac.sc-As.he	VII
Acantholimon scirpinus-Eremurus persicus-Agropyron intermedium	منفی	متوسط	۵۴	Ac.sc-Er.pe-Ag.in	VIII
Acantholimon scirpinus-Astragalus heratensis-Eremurus persicus	منفی	فقیر	۴۰	Ac.sc-As.he-Er.pe	IX

ثبت نقاط حضور گونه *Astragalus gummifer*

با پیمایش زمینی تیپ رویش *Astragalus gummifer* در منطقه شناسایی و محدوده آن به کمک عوارض طبیعی مشخص شد. سپس با استفاده از روش طبقه‌بندی تصادفی تعداد ۱۱۰ نقطه نمونه‌برداری و حضور گونه ثبت شد.

اطلاعات محیطی مورد استفاده

به منظور مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گونه *Astragalus gummifer* در منطقه کدکن، به بررسی عوامل محیطی مؤثر در انتشار جغرافیایی گونه و تعیین علل ظهور گونه‌های گیاهی پرداخته شد و برای این کار از ابزارهایی مانند نرم-افزار Arc GIS برای تولید نقشه‌های متغیرهای محیطی و نرم‌افزارهای آماری استفاده گردید.

در این مطالعه، نقشه ۱۷ متغیر محیطی شامل متغیرهای فیزیوگرافی، خاک و اقلیم در محیط Arc GIS نسخه ۱۰,۷ با اندازه پیکسل ۱۰×۱۰ متر تولید شد. در جدول ۲ متغیرهای محیطی مورد استفاده و علائم اختصاری آن‌ها آمده است.

جدول ۲- متغیرهای محیطی استفاده شده در فرآیند مدل‌سازی

	متغیر	علائم اختصاری	واحد
متغیرهای فیزیوگرافی	ارتفاع	DEM	متر
	شیب	Slope	درجه
	جهت	Aspect	درجه
متغیرهای خاکی	میزان شن	Sand	درصد
	میزان سیلت	Silt	درصد
	میزان رس	Clay	درصد
	میزان اسیدیته	pH	-
	میزات هدایت الکتریکی	EC	دسی زیمنس بر متر
	میزان مواد خنثی‌شده	T.N.V	درصد
	میزان کربن آلی	OC	درصد
	میزان رطوبت اشباع	Sp	درصد
متغیرهای اقلیمی	میانگین دمای سالانه	A.m.t	درجه سانتی‌گراد
	متوسط دما در گرمترین فصل	T.war.Q	درجه سانتی‌گراد
	میانگین بارش سالانه	A.m.p	میلی‌متر
	میانگین بارندگی در فصل بهار	P.war.q	میلی‌متر
	میانگین رطوبت نسبی سالانه	Mrhs	درصد
	میانگین رطوبت نسبی در گرمترین فصل	Mrht	درصد

داده‌های فیزیوگرافی

برای تهیه نقشه رویشگاه بالقوه گونه گون نیاز به تولید نقشه‌های پایه محیطی است، لذا نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه مورد مطالعه با دقت ۳۰ متر از سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه گردید. نقشه شیب و جهت با استفاده از نقشه DEM تهیه شد.

داده‌های خاکی

با توجه به اجزا واحد اراضی اقدام به برداشت نمونه خاک گردید و تعداد ۱۴ نمونه (هر جزء واحد اراضی دو نمونه به جز واحد اراضی سنگلاخی) در عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری از منطقه مورد مطالعه برداشت شد و برای اندازه گیری

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه منتقل گردید. نقشه نهایی خاک منطقه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش‌های درون‌یابی (کریجینگ) تهیه شد. به این منظور روش هیدرومتری برای تعیین درصد شن، سیلت و رس، روش استفاده از عصاره اشباع برای تعیین هدایت الکتریکی و قلیائیت،مواد خنثی شونده خاک به روش تیتراسیون و روش والکی- بلک برای تعیین میزان کربن آلی مورد استفاده قرار گرفتند (Mohammadi Moghaddam et al., 2021).

داده‌های اقلیمی

در بخش اقلیم ۶ ویژگی اقلیمی شامل میانگین دمای سالانه، متوسط دما در گرم‌ترین فصل سال، میانگین بارش سالانه، میانگین بارندگی در فصل بهار، میانگین رطوبت نسبی سالانه و میانگین رطوبت نسبی در گرم‌ترین فصل سال به‌عنوان مهم‌ترین عوامل اقلیمی تأثیرگذار بر روی پوشش گیاهی منطقه انتخاب شدند. از آنجایی که در داخل مکان‌های مورد مطالعه هیچ‌گونه ایستگاه هواشناسی وجود نداشت، برای برآورد دقیق‌تر عوامل اقلیمی، روش میان‌یابی کریجینگ استفاده شد. به این منظور آمار هواشناسی پنج ایستگاه (ایستگاه‌های سینوپتیک) نزدیک به منطقه مورد مطالعه شامل مشهد، نیشابور، تربت حیدریه، کاشمر و رشتخوار به مدت ۱۰ سال تا پایان سال ۱۳۹۷ (دوره آماری مشترک برای تمام ایستگاه‌ها) جمع‌آوری و پس از بازسازی، تجزیه و تحلیل و کنترل نهایی، با استفاده از روش میان‌یابی، توزیع مکانی مقادیر پارامترهای اقلیمی برآورد شد.

جدول۳- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

ایستگاه هواشناسی	نوع ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع اقلیم	تاسیس
مشهد	سینوپتیک	۹۹۹	°۵۹ ۳۸′	°۳۶ ۱۶′	خشک و سرد	۱۳۲۹
نیشابور	سینوپتیک	۱۴۸۰	°۵۸ ۴۸′	°۳۶ ۳۲′	خشک و نیمه خشک	۱۳۶۹
تربت حیدریه	سینوپتیک	۱۴۵۰	°۵۹ ۱۳′	°۳۵ ۱۶′	خشک و سرد	۱۳۳۷
کاشمر	سینوپتیک	۱۱۱۰	°۵۸ ۲۸′	°۳۵ ۱۶′	نیمه خشک و خشک	۱۳۶۵
رشتخوار	تبخیرسنجی	۱۱۵۰	°۵۸ ۳۴′	°۳۷ ۵۹′	خشک و بیابانی	۱۳۷۱

روش عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA)

اساس تجزیه و تحلیل به کار برده شده در این تحقیق را روش تجزیه و تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک تشکیل می‌دهد که خود هسته مرکزی آنالیزهای طراحی شده در نرم‌افزار Biomapper می‌باشد. به طور مختصر مراحلی که در روش تحلیل عامل بوم‌شناختی طی می‌شوند عبارتند از: ۱. تهیه‌ی نقشه‌های متغیرهای محیطی (توپوگرافی، خاک و اقلیم) به منظور استفاده در آنالیز ENFA. ۲. تهیه‌ی نقشه‌ی حضور یا پراکنش گونه. ۳. وارد نمودن نقشه متغیرهای محیطی و نقشه حضور گونه به نرم‌افزار. ۴. بررسی و محاسبه نقشه‌های متغیرهای زیست‌محیطی با آمارهای توصیفی. ۵. مشاهده نقشه‌ها به صورت دوبعدی و سه‌بعدی. ۶. آماده‌سازی نقشه‌ی پراکنش داده‌ها، بررسی میزان همبستگی متغیرها و حذف متغیرها با همبستگی بالا. ۷. اجرای تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی. ۸. محاسبه نقشه مطلوبیت رویشگاه. ۹. ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل برآورد شده از طریق میانگین‌های Cross – Validation. ۱۰. تهیه نقشه نهایی (Hirzel et al., 2006).

ENFA از لایه‌های اطلاعاتی زیست‌محیطی گوناگونی استفاده می‌کند تا پراکنش اکولوژیکی گونه‌ها را تعیین کند. محاسبات آن بر پایه‌ی عواملی که بین آن‌ها همبستگی وجود ندارد، خلاصه‌ای از گرادیان داده‌های اصلی محیطی ارایه می‌دهد و با تکنیک‌های رجبندی شبیه PCA به بررسی رابطه حضور گونه با متغیرهای مستقل زیست-محیطی می‌پردازد. برای بررسی این ارتباطات از دو عامل توزیع کلی (Global distribution) و توزیع گونه (Species distribution) استفاده می‌کند. در توزیع کلی، پراکنش چند بعدی تمام سلول‌های منطقه ویژگی‌های اکوجغرافیایی (Ecogeoghraphical variable) منطقه) براساس نقشه‌های رستری هر پارامتر محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد و توزیع گونه شامل سلول‌هایی است که گونه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

در آن حضور دارد. بر این اساس اولین فاکتور تولید شده نشان‌دهنده‌ی ویژگی‌های حاشیه‌گرایی (Marginality) است که نشان می‌دهد حد بهینه‌ی رویشگاه گونه‌ی مورد نظر در چه فاصله‌ای از میانگین رویشگاه مورد مطالعه قرار دارد و فاکتورهای بعدی، تحمل‌پذیری (Tolerance) و تخصص‌گرایی (Specialization) گونه است که به ترتیب از دومین عامل به آخرین عامل (n-1 که n برابر با تعداد کل عوامل زیست‌محیطی است) اطلاعات موجود در عوامل کاهش می‌یابد. این عامل میزان تخصص‌گرایی گونه را در ارتباط با گستره‌ی زیستگاه قابل سکونت گونه در منطقه‌ی مورد مطالعه توضیح می‌دهد (صفایی، ۱۳۹۲).

نرم‌افزار بیومپر نقاط حضور گونه و ویژگی‌های منطقه را بررسی می‌کند و براساس عوامل حاشه‌گرایی و تخصص‌گرایی گونه نقشه‌ی تناسب زیستگاه را بدست می‌آورد. یک گونه‌ی کانونی ممکن است اثر حاشیه‌ای از خود نشان دهد. به این معنی که میانگین حضور گونه در گونه و سلول‌هایی که وجود دارد یا میانگین کلی سلول‌ها تفاوت داشته باشد و یا اثر تخصصی را نشان دهد به این معنی که انحراف معیار حضور گونه در سلول‌های موجود تفاوت داشته باشد. میانگین حضور گونه در سلول‌های میانگین متغیرهای اکوجغرافیایی متفاوت خواهد بود، چون گونه در دامنه‌ی خاصی از آن متغیر اکوجغرافیایی قرار دارد (Hirzel et al., 2001; Hirzel et al., 2002). درخصوص حداقل نقاط حضور برای اجرای روش ENFA باید گفت که این موضوع به عوامل متعددی نظیر یکنواخت بودن منطقه، میزان تخصصی بودن گونه و میزان دقت مطالعه بستگی دارد. اما با این حال هیرزل و همکاران (Hirzel et al., 2001) معتقدند که با حدود ۲۰ الی ۳۰ نقطه نتایج به دست آمده بسیار مشابه با استفاده از صدها نقطه خواهد بود.

با اجرای روش ENFA خروجی‌هایی مانند ماتریس همبستگی (Corrolation matrix)، ماتریس امتیازی (Score matrix)، ماتریس کواریانس و مقادیر ویژه (Eigen value) حاصل می‌شود که باید مورد بررسی قرار گیرند. مقادیر ویژه باید بزرگ‌تر از صفر باشد و شامل مقادیر منفی و خیلی بزرگ نباشد. در غیر این صورت نشان می‌دهد که برخی لایه‌ها دارای همبستگی زیادی است و حذف لایه انجام شود (Hirzel et al., 2001).

ابتدا در غالب ماتریس همبستگی بررسی‌های اولیه انجام می‌شود. توصیه می‌شود که اگر دو یا چند متغیر دارای همبستگی بیش از ۸۵ درصد باشند، یکی از آن‌ها از فهرست متغیرهای وارد شونده حذف گردد (هیرزل و همکاران، ۲۰۰۱). ماتریس امتیازی دیگر خروجی این آنالیز است، ردیف‌ها در این ماتریس شامل میزان شرکت یا سهم هر یک از عوامل مستقل محیطی در ساخت فاکتورها هستند (Hirzel et al., 2002). این تحلیل مقدار تحمل‌پذیری گونه‌ها را به دست می‌آورد که نسبت عکس با میزان تخصص‌گرایی دارد. نرم‌افزار Biomapper با قیاس نقاط حضور گونه و ویژگی‌های محیطی منطقه و براساس عوامل حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی گونه، آشیان اکولوژیک گونه را ترسیم می‌کند (Hirzel et al., 2006; Hirzel et al., 2002). در تهیه‌ی نقشه‌ی رویشگاه بالقوه می‌توان کل فاکتورها را در نظر گرفت و هم با استفاده از الگوریتم عصای شکسته (Broken Stick) مک‌آرتور (McArthur) در مورد تعداد فاکتورهای مورد مطالعه تصمیم‌گیری کرد (گشتاسب و همکاران، ۱۳۹۱). رویشگاه بالقوه براساس متغیرهای محیطی انتخاب شده با تخمینی اکوجغرافیایی، از درجه‌ی تشابه بین هر شبکه‌ی مربعی (سلول) دامنه‌ی داده‌های محیطی از عملکرد گونه‌ها، مدل می‌شود که در حقیقت احتمال حضور گونه را تعیین می‌کند. بنابراین، با شروع از نقشه‌ی حضور یک گونه، یک نقشه‌ی بالقوه پراکنش گونه در قالب نقشه‌ی تناسب رویشگاه (Habitat Suitability Map) با ارزش‌هایی که از صفر (حداقل کیفیت زیستگاه) تا ۱۰۰ (حداکثر) متفاوت است، حاصل می‌شود (Hengl et al., 2009). بدین منظور نرم‌افزار از چهار الگوریتم میانه (Median Algorithm)، میانگین هندسی فاصله‌ها (Distance Geometric Mean Algorithm)، میانگین هارمونیک فاصله‌ها (Distance Harmonic Mean Algorithm) و حداقل سطح (Minimum Distance Algorithm) استفاده می‌کند.

پس از تهیه‌ی نقشه شایستگی رویشگاه بر ارزیابی مدل به منظور ارزیابی بهترین الگوریتم از شاخص بویس، استفاده گردید. براین اساس هر چه میزان شاخص بویس بیش‌تر و انحراف معیار کم‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی این است که الگوریتم یا مدل مناسب‌تر می‌باشد (Hirzel et al., 2002). شاخص بویس بین مقادیر ۱- تا ۱+ تغییر می‌کند و محاسبه آن به واسطه نقاط پراکنش حضور گونه است که در آنالیز داده‌ها

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

به کار می‌روند. مقادیر مثبت نشان‌دهنده‌ی مدلی است که مناطق مناسب پراکنش گونه را نشان می‌دهد، مقادیر نزدیک به صفر نمایانگر مدل تصادفی و مقادیر منفی بیان کننده‌ی نقاطی از رویشگاه است که کیفیت اندکی برای پراکنش گونه دارد (مصطفوی و همکاران، ۱۳۸۹).

پس از تهیه‌ی نقشه شایستگی رویشگاه به منظور ارزیابی مدل از روش اعتبارسنجی متقابل (Cross Validation) با استفاده از داده‌های ورودی مدل استفاده شد (Hirzel et al., 2006). برای این منظور از سطح زیر منحنی AUC استفاده می‌گردد که این مقدار بین نیم تا یک (۰/۵ – ۰/۷: ضعیف، ۰/۷ – ۰/۹: قابل قبول و ۰/۹ – ۱: خوب) متغیر است (Swets, 1988).

نتایج

در اکثر پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه تهیه نقشه پیش-بینی پوشش گیاهی، فیزیوگرافی زمین مانند شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان متغیرهای مؤثر در پراکنش گونه‌های گیاهی در نظر گرفته می‌شوند. مطابق جدول۴، حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۱۷۹۷ و ۳۰۰۲ متر از سطح دریا است. شیب غالب منطقه بین ۴۰ تا ۵۰ درجه است و شیب ۶۰ تا ۷۱ کم‌ترین سطح منطقه را شامل می‌شود. جهت جغرافیایی نیز نقش بسزایی در گرفتن انرژی تابشی خورشیدی، برخورداری از بارش و در نتیجه پوشش گیاهی دارد. با توجه به جدول۴، جهت شمال شرقی و پس از آن جهت شمال غربی به‌عنوان جهت غالب منطقه است.

جدول۴ مقادیر متغیرهای خاک مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش گونه *Astragalus gummifer* را نشان می‌دهد. از ۸ متغیر خاک که وارد مدل شدند، درصد رس، مواد خنثی شده و هدایت الکتریکی به‌عنوان عوامل تاثیرگذار در مدل آشیان اکولوژیک شناخته شدند. همچنین در این پژوهش علاوه بر فاکتورهای خاک و توپوگرافی، ۶ متغیر اقلیمی برای تهیه نقشه پراکنش گونه *Astragalus gummifer* مورد بررسی قرار گرفتند که از بین عوامل مذکور تنها میانگین دمای سالانه به‌عنوان متغیر اقلیمی تأثیرگذار در مدل تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک باقی ماند.

جدول۴- خلاصه‌ای از وضعیت متغیرهای محیطی تاثیرگذار در منطقه مورد مطالعه

ردیف	ویژگی مورد بررسی	حداکثر	متوسط	حداقل
۱	شیب (درصد)	۷۱	۳۵	۰
۲	ارتفاع (متر)	۳۰۰۲	۲۳۹۹	۱۷۹۷
۳	سیلت (درصد)	۳۹/۹۶	۲۴	۹
۴	رس (درصد)	۳۱	۱۷	۴
۵	اسیدیته	۷/۹۵	۷/۸۱	۷/۶۶
۶	رطوبت (درصد)	۴۳	۳۲	۲۳
۷	شن (درصد)	۷۴/۶	۶۰	۴۸
۸	کربن آلی	۰/۹	۰/۰۵	۰/۰۸
۹	مواد خنثی خاک (درصد)	۱۹/۴	۹	۲
۱۰	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۲/۴	۱/۳	۰/۳
۱۱	متوسط دما گرم‌ترین فصل (درجه سانتی‌گراد)	۲۵/۷	۲۵/۴	۲۵/۱
۱۲	میانگین بارندگی فصل بهار (میلی‌متر)	۱۹/۷۸	۱۹	۱۸
۱۳	میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر)	۱۷۶	۱۶۹	۱۶۳
۱۴	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	۴۱	۴۰	۳۸
۱۵	میانگین دما گرم‌ترین فصل (درجه سانتی‌گراد)	۲۲/۱۲	۲۲/۱۱	۲۲/۱۰
۱۶	میانگین دما سالانه (درجه سانتی‌گراد)	۱۶/۳۷	۱۶/۳۰	۱۶/۲۲

از بین ۱۷ عامل محیطی، تنها ۶ متغیر محیطی برای تهیه نقشه پراکنش در مدل باقی ماندند. سایر متغیرها پس از انجام ماتریس همبستگی و انجام PCA به دلیل اهمیت کم‌تر نسبت به سایر متغیرها حذف شدند. متغیرهای انتخاب شده شامل جهت جغرافیایی، شیب، درصد رس خاک، میزان هدایت الکتریکی خاک، میزان مواد خنثی‌شده و میانگین دمای سالانه بودند. براساس جدول ۵ درصد رس خاک نسبت به سایر عوامل اهمیت کمتری دارد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول۵- ماتریس امتیازی متغیرهای مستقل محیطی

ردیف	حاشیه‌گرایی	۱	۲	۳	۴	۵
جهت جغرافیایی	۰/۲۷۶	۰/۰۴۷	-۰/۱۲۱	۰/۵۶۵	۰/۶۷۶	-۰/۳۷۸
شیب	۰/۲۳۶	-۰/۰۴۱	-۰/۱۳۸	۰/۶۲۸	-۰/۶۰۷	۰/۳۶
درصد رس خاک	۰/۰۶۱	-۰/۳۸۳	-۰/۹۳۴	-۰/۴۲۲	۰/۱۱۷	۰/۱۱۲
میزان هدایت الکتریکی	۰/۱۷۲	۰/۹۰۶	-۰/۲۴۱	-۰/۰۴۶	۰/۰۲۷	۰/۰۸۲
میزان مواد خنثی‌شده	۰/۷۸	-۰/۰۸۷	۰/۱۸	-۰/۲۲۷	-۰/۲۵۷	-۰/۴۴
میانگین دمای سالانه	۰/۴۷۶	-۰/۱۴۲	۰/۰۵	-۰/۱۹۴	۰/۳۰۵	۰/۷۱۸

جدول ۶ سهم هر یک از متغیرهای محیطی را در توزیع جغرافیایی گونه مطالعاتی نشان می‌دهد. عامل اول آنالیز ENFA ۱۰۰ درصد حاشیه گرایی و ۱۶ درصد تخصص گرایی را نشان می‌دهد. عامل دوم ۵۳ درصد، عامل سوم ۱۷ درصد، عامل چهارم ۷ درصد، عامل پنجم ۴ و عامل ششم ۱ درصد تخصص‌گرایی گونه را در منطقه نمایش می‌دهد. مقادیر مثبت حاشیه‌گرایی (ستون اول) بیانگر تمایل به رویش گونه در حدی بالاتر از میانگین آن عامل است.

جدول ۶- ماتریس امتیازات به دست آمده از تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک

عوامل محیطی	عامل‌اول ENFA حاشیه‌گرایی ۱۰۰٪	عامل‌دوم ENFA	عامل‌سوم ENFA	عامل‌چهارم ENFA	عامل‌پنجم ENFA	عامل‌ششم ENFA
	تخصص‌گرایی (۱۶٪)	تخصص‌گرایی (۵۵٪)	تخصص‌گرایی (۱۷٪)	تخصص‌گرایی (۷٪)	تخصص‌گرایی (۴٪)	تخصص‌گرایی (۱٪)
مواد خنثی‌شده	۰/۷۸	-۰/۰۹	۰/۱۸	-۰/۲۳	-۰/۲۶	-۰/۴۴
میانگین دمای سالانه	۰/۴۸	-۰/۱۴	-۰/۰۵	-۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۷۲
جهت جغرافیایی	۰/۲۸	۰/۰۵	-۰/۱۲	۰/۵۶	۰/۶۸	-۰/۳۸
شیب	۰/۲۴	-۰/۰۴	-۰/۱۴	۰/۶۳	-۰/۶۱	۰/۳۶
هدایت الکتریکی	۰/۱۷	۰/۹۱	-۰/۲۴	-۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۸
درصد رس خاک	۰/۰۶	-۰/۳۸	-۰/۹۳	-۰/۴۴	۰/۱۲	۰/۱۱

ترکیب‌های مختلفی از متغیرهای محیطی برای تولید مدل مطلوبیت زیستگاه *Astragalus gummifer* به کار گرفته شد تا بهترین مجموعه از متغیرها انتخاب شود. برای مدل نهایی، با استفاده از مدل چوب شکسته که توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود، می‌توان تعداد عاملی را که بیش‌ترین نقش در توضیح تخصص‌گرایی گونه دارند را مشخص کرد. جدول ۷ ویژگی‌های مدل انتخاب شده (الگوریتم میانگین هارمونیک) را ارائه داده است. میزان تخصص گرایی برای مدل نهایی ۲/۵۳ و تحمل پذیری ۰/۳۹ بدست آمد.

جدول ۷- نتایج تحلیل عاملی آشیان اکولوژیکی *Astragalus gummifer* در منطقه مورد مطالعه

حاشیه‌گرایی	تخصص‌گرایی	تحمل‌پذیری
۰/۸۱	۲/۵۳	۰/۳۹

تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه

با استفاده از شاخص بویس الگوریتم مناسب برای تهیه نقشه مطلوبیت انتخاب گردید. بر این اساس هر چه میزان شاخص بویس (Boyce) بیشتر و انحراف معیار (SD) کم‌تر باشد نشان‌دهنده آن است که الگوریتم انتخاب شده مناسب‌تر است. در این مطالعه، مقادیر شاخص بویس چهار الگوریتم مورد استفاده در نرم‌افزار برای تولید نقشه‌ی رویشگاه بالقوه گونه *Astragalus gummifer* مورد مقایسه قرار گرفت و در نهایت الگوریتم میانگین هارمونیک به‌عنوان الگوریتم مناسب انتخاب گردید (جدول ۸). سپس نقشه رویشگاه بالقوه گونه *Astragalus gummifer* تهیه شد.

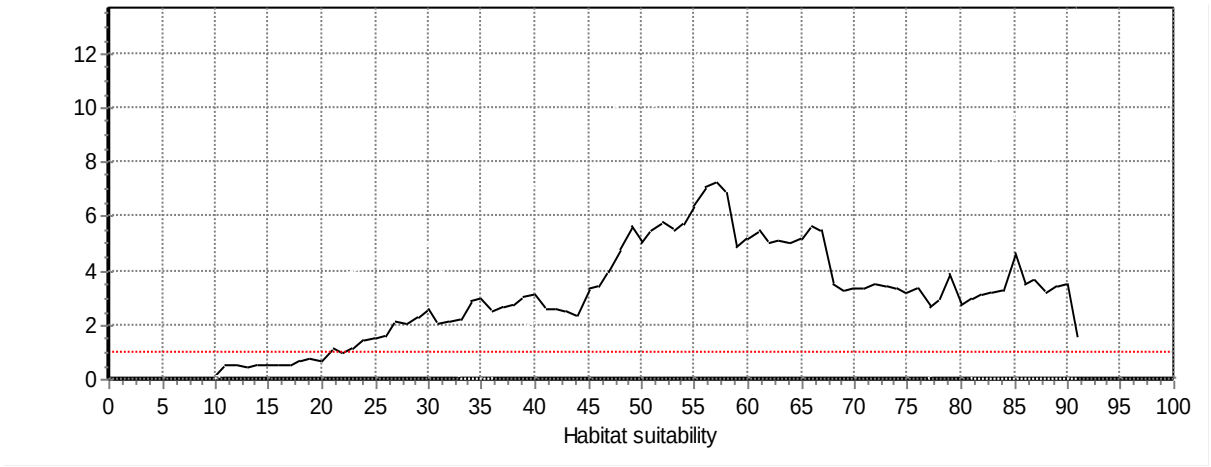
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول ۸- ارزیابی مدل تولید شده براساس شاخص بویس در الگوریتم‌های مختلف

الگوریتم	Boyce Index ± SD
الگوریتم میانه	۰/۰۵۴۷±۰/۲۹۱۸
الگوریتم میانگین هندسی	۰/۳۰۲±۰/۴۲۶۲
الگوریتم میانگین هارمونیک	۰/۳۳۲±۰/۳۹۵۴
الگوریتم حداقل فاصله	۰/۲۹۵±۰/۴۱۹۹

تعیین طبقات نقشه مطلوبیت با استفاده از شاخص Boyce

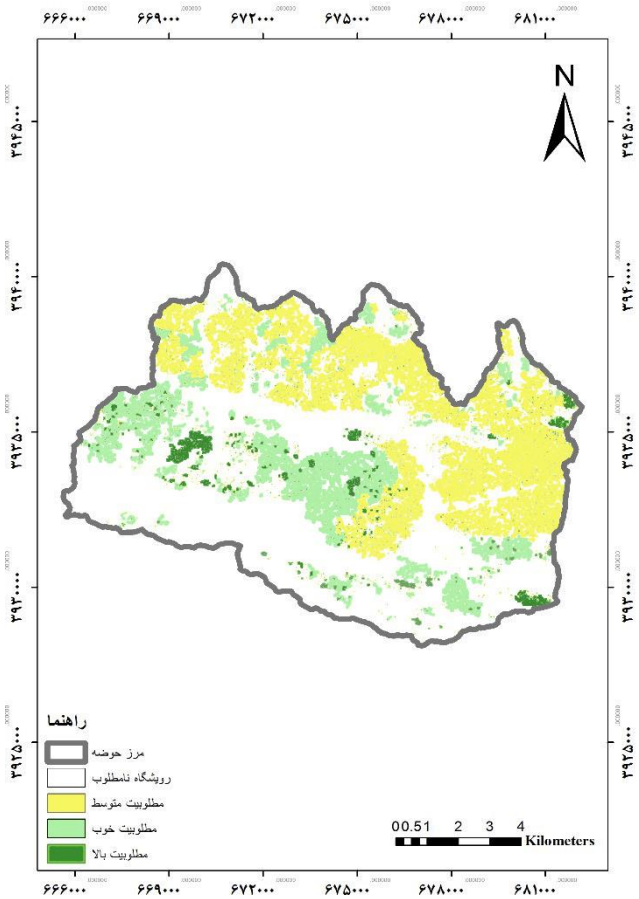
در نمودار خطی حاصل از بکارگیری شاخص Boyce، محور عمودی (Fi) نشان دهنده نسبت مقدار عددی پیش‌بینی شده برای هر کلاس (i)، به مقدار مورد انتظار است. با توجه به نمودار حاصل (شکل ۱)، تغییرات شیب نمودار Fi نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه *A. gummifer* به چهار طبقه تقسیم گردید. هنگل و همکاران (Hengl et al., 2009) بیان کردند که طبقه‌بندی نقشه تنها به‌منظور سهولت درک مطلب انجام می‌شود و می‌تواند به طبقات دیگری نیز تقسیم شود.



شکل ۱- نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح مبتنی بر الگوریتم میانگین هارمونیک

شکل ۲ نقشه کلاسه‌بندی شده مطلوبیت رویشگاه گونه *A. gummifer* است که به چهار طبقه رویشگاه نامطلوب، رویشگاه با مطلوبیت متوسط، رویشگاه با مطلوبیت خوب و رویشگاه با مطلوبیت بالا تقسیم‌بندی گردیده است. ۹۲/۴ درصد از مساحت حوضه مورد مطالعه (۱۱۷۵۰ هکتار) برای کشت گونه *A. gummifer* نامناسب و فقط ۷/۶ درصد از مساحت (۹۲۷ هکتار) برای حضور گونه *A. gummifer* مناسب است (جدول ۹).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



شکل ۲- نقشه پیش‌بینی رویشگاه *A. gummifer* در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی

جدول ۹- مساحت طبقات مختلف رویشگاه *A. gummifer* در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل ENFA

طبقات	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
رویشگاه نامطلوب	۶۴۲۵	۵۰/۶۸
مطلوبیت متوسط	۲۸۴۲	۲۲/۴۲
مطلوبیت خوب	۲۳۴۱	۱۸/۴۷
مطلوبیت بالا	۱۰۶۸	۸/۴۳
جمع	۱۲۶۷۷	۱۰۰

ارزیابی و اعتبار سنجی مدل ENFA

پس از تهیه نقشه شایستگی رویشگاه به‌منظور ارزیابی مدل از روش اعتبارسنجی متقابل با استفاده از داده‌های ورودی مدل استفاده شد گردید (Hirzel et al., 2006). برای این منظور از سطح زیر منحنی AUC استفاده گردید. براساس نتایج این صحت مدل با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل (SD= ۰/۰۱ و AUC= ۰/۸۱) تایید شد.

بحث و نتیجه‌گیری

پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از اجزای اصلی اکوسیستم مرتعی، تحت تأثیر عوامل غیرزنده (اقلیم، خاک) و عوامل زنده (چرای دام، انسان) قرار میگیرد. این موضوع، بیانگر این است که حضور و پراکنش جوامع گیاهی، تصادفی نیست، بلکه عوامل اقلیمی، خاکی، پستی و بلندی و انسانی در گسترش آنها نقش دارند. (معتمدی و همکاران، ۱۴۰۰). نتایج بدست آمده از انجام تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی گونه *A. gummifer* بر پایه متغیرهای مستقل مورد بررسی نشان داد که از بین ۱۷ متغیر محیطی، جهت جغرافیایی، درصد رس خاک، میانگین دمای سالانه، میزان هدایت الکتریکی خاک، شیب و میزان مواد خنثی‌شده از اهمیت بالاتری نسبت به سایر عوامل برخوردار هستند، که میزان مواد خنثی شده به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل محیطی بر رویشگاه گونه *Astragalus gummifer* است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

از بین متغیرهای توپوگرافی شیب و جهت وارد مدل شدند. اگرچه از میان تمام متغیرهای محیطی جهت جغرافیایی در سومین درجه اهمیت برای پراکنش *Astragalus gummifer* در منطقه قرار گرفت، که مطالعات بسیاری مؤید تأثیر جهت جغرافیایی بر پراکنش پوشش گیاهی می‌باشد (فتاحی و همکاران، ۱۳۸۸؛ مرادی و احمدی‌پور، ۱۳۸۵). شیب از دیگر عوامل تأثیرگذار در توزیع گونه مورد نظر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در کل ویژگی‌های توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت شیب) نقش مهمی در پراکنش پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی دارد (پیری صحراگرد، ۱۳۹۶). صفایی و همکاران (۱۳۹۲) و صفایی و همکاران (Safaei et al., 2018) در بررسی رابطه بین گونه‌ها و شیب به نتایج مشابهی دست یافتند. عوامل جغرافیایی مانند جهت‌های مختلف شیب، بر میزان آب در دسترس گیاه، دمای خاک و میزان نور دریافتی توسط گیاه، تأثیر می‌گذارند. از سوی دیگر، تفاوت در شدت تابش نور در جهت‌های مختلف یک دامنه، باعث بوجود آمدن تغییرات مزوکلیمایی در آن دامنه می‌شود .دامنه‌های جنوبی همواره گرمتر از دامنه‌های شمالی هستند. بنابراین رطوبت کمتری نسبت به دامنه‌های شمالی دارند .این امر باعث می‌شود گونه‌هایی که در دو دامنه استقرار میابند، از لحاظ ویژگی‌های بوم‌شناختی، با هم تفاوت داشته باشند. با این وجود، دامنه‌های جنوبی همیشه نامساعد نبوده و برای استقرار گونه‌های علفی، مناسب هستند (معتمدی و همکاران، ۱۴۰۰). تحقیق دیگری نشان داد که بالاترین سطح پوشش تاجی در جهت جنوبی و پایین‌ترین حد حضور این گونه‌ها در جهت غربی مشاهده شد. جهت جغرافیایی نقش مهمی در توزیع گیاهان و میزان نور، آب و مواد مغذی موجود دارد. از آنجایی که جهات جنوبی بیشتر تحت تأثیر نور قرار می‌گیرند و تبخیر و تعرق بیشتری دارند، می‌توان گفت که این گونه یک گیاه هلیوفیت و مقاوم به خشکی است. علاوه بر این، افزایش شیب منجر به کاهش مداوم درصد پوشش تاجی گونه‌ها شد، جایی که شیب‌های بالاتر از ۵۰٪ منجر به محدودیت شدید پوشش تاجی و حضور گونه‌ها شد (واکنش گونه‌ها از یک مدل کاهشی یکنواخت پیروی کرد). در زمین‌های شیب‌دار، امکان نفوذ آب کم است و تشکیل خاک در درازمدت کندتر است (Aghajanlou et al., 2021). براساس نتایج تحقیق عامل ارتفاع به عنوان یکی از عوامل موثر بر پراکنش گونه مورد بررسی وارد مدل نشد که با نتایج برخی تحقیقات مغایر است. در تحقیقی بهره‌وری گونه‌های مورد مطالعه، مرتبط با متغیر ارتفاع از سطح دریا، نشان داد که واکنش گونه‌ها از یک مدل تک‌وجهی پیروی می‌کند. حضور این گونه‌ها از ارتفاع ۲۰۰۰ متر در منطقه مورد مطالعه شروع شد و تا ارتفاع ۲۷۰۰ متر از سطح دریا ادامه یافت و در خارج از این محدوده عرض جغرافیایی مشاهده نشد (Aghajanlou et al., 2021). نتیجه تحقیق قیصری و همکاران (۱۴۰۱) نشان داد که گونه گون کتیرایی به سمت ارتفاعات و بالا تپه‌ها تمایل بیشتری برای استقرار نشان می دهد در حالی که گونه سماق بیشتر کف دره‌ها و داخل مسیل‌ها و دامنه‌های پایین‌تر را انتخاب می‌کند. به دلیل اینکه تشکیلات زمین‌شناسی ارتفاعات بالادست حوزه عمدتاً ازجنس آهکی و دولومیتی می‌باشد ولی تشکیلات زمین‌شناسی پایین‌تر عمدتاً تشکیلات شیلی می‌باشد، میزان آهک خاک نیز هرچه به سمت ارتفاعات بالاتر رفته است افزایش نشان می‌دهد.

از ۸ متغیر خاک که وارد مدل شدند، درصد رس، مواد خنثی شده و هدایت الکتریکی به‌عنوان عوامل تاثیرگذار در مدل آشیان اکولوژیک شناخته شدند. از میان تمام عوامل محیطی تأثیرگذارترین عامل محیطی بر رویشگاه *Astragalus gummifer*، میزان مواد خنثی شده می‌باشد. مقدار آهک از املاحی است که دارای حلالیت کم در آب است و در صورتی که به صورت محلول درآید تولید یک قلیای قوی می‌کند و رشد گیاهانی را که به pH اسیدی نیاز دارند، با محدودیت مواجه می‌کند. از این رو آهک به جز برای گیاهان آهک‌دوست یک عامل بازدارنده رشد است و قابلیت استفاده از عناصر ریز مغذی مانند روی و منگز را برای گیاهان کاهش می‌دهد (فهیمی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹؛ فرج‌الهی و همکاران، ۱۳۹۲). آهک، قلیائیت خاک را افزایش می‌دهد و منبعی از کلسیم و منیزیم را برای گیاهان فراهم می‌کند، ضمن اینکه باعث افزایش احتباس آب در خاک نیز می‌شود. مجموع این عوامل بر توزیع و حضور گونه‌ها در مناطق تأثیر می‌گذارد (Aghajanlou et al., 2021).

چهارمین عامل تاثیر گذار بر پراکنش گونه مورد مطالعه هدایت الکتریکی است. هدایت الکتریکی از مهم‌ترین شاخص‌های تعیین درجه شوری خاک است. هرچه املاح خاک بیشتر باشد هدایت الکتریکی آن بیشتر است و در نتیجه می‌توان تاثیر فشار اسمزی خاک را در جذب مواد

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

توسط گیاه و همچنین درجه مقاومت گیاهان به شوری تعیین نمود. خلاصی اهوازی و همکاران (۱۳۹۰) و صفایی و همکاران(Safaei et al., 2018) در بررسی عوامل تاثیر-گذار بر پراکنش گونه‌های مختلف به این نتیجه دست یافتند که میزان هدایت الکتریکی به عنوان عاملی تاثیرگذار بر پراکنش گونه نتاثیر می‌گذارد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. آخرین عامل تاثیرگذار بر پراکنش گونه مورد مطالعه درصد رس خاک است که ساکی و همکاران (۱۳۹۱) و صفایی و همکاران(Safaei et al., 2018) از آن به‌عنوان عاملی تاثیرگذار بر پراکنش گونه‌های مختلف نام بردند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. نتایج تحقیقی نشان داد که نتایج تحقیق قهرمانیان و همکاران (Ghahremanian et al., 2025) نشان داد که شوری خاک، ارتفاع و اسیدیته خاک به طور قابل توجهی بر توزیع گونه‌ها تأثیر می‌گذارند. یافته‌ها همچنین نشان می‌دهد که ارتفاع و شوری بیشترین تأثیر را بر مناسب بودن زیستگاه دارند، در حالی که بافت خاک (رس، سیلت و شن) نقش ثانویه‌ای ایفا می‌کند. تحقیقات آقاجانلو همکارن (Aghajanlou et al., 2021) نشان داد که با وجود اینکه شوری خاک در مراتع کوهستانی اهمیت چندانی ندارد، اما افزایش آن تا ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر منجر به روند افزایشی پوشش تاجی گونه‌ها شد، در حالی که شوری‌های بیش از ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش شدید پوشش تاجی شد. طبق نتایج این مطالعه، پاسخ گونه‌ها به pH خاک ترکیبی بود. بنابراین، افزایش pH خاک تا ۷ منجر به افزایش درصد پوشش تاجی می‌شود، در حالی که افزایش pH خاک از ۷ به ۸ منجر به کاهش پوشش تاجی می‌شود و افزایش pH خاک بالاتر از ۸ منجر به رشد بیشتر درصد پوشش تاجی می‌شود. حد پایین حضور این گونه در اسیدیته خاک ۷/۶ مشاهده شد. اسیدیته خاک به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد و مهمترین نقش آن کنترل حلالیت مواد مغذی در خاک است. به عبارت دیگر، قابلیت جذب مواد مغذی تا حد زیادی به این عامل وابسته است. مواد مغذی در سطوح مختلف pH، سطوح مختلفی از حلالیت را نشان می‌دهند که بنابراین می‌تواند عاملی در توزیع گونه‌ها در منطقه تلقی شود. در تحقیق حاضر درسد رس به عنوان عاملی تاثیر گذرا وارد مدل پراکنش گونه *Astragalus gummifer* شد. بافت خاک علاوه بر تأثیر بر جذب مواد مغذی، نفوذپذیری و تهویه، بر سطح رطوبت موجود برای گیاهان نیز تأثیر می‌گذارد و نقش مهمی در توزیع گونه‌های مختلف ایفا می‌کند.

شش متغیر اقلیمی برای تهیه نقشه پراکنش گونه *Astragalus gummifer* مورد بررسی قرار گرفتند که از بین عوامل مذکور تنها میانگین دمای سالانه به‌عنوان متغیر اقلیمی تأثیرگذار در مدل تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک باقی ماند. دومین عامل تاثیر گذار بر پراکنش گونه مورد مطالعه، میانگین دمای سالیانه می‌باشد. به طور کلی، عامل دمای هوا با تأثیر بر میزان فتوسنتز تعیین کننده طول دوره رشد و در آخر میزان تولید گیاه خواهد بود (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۱). افزایش بیش از حد دما نیز سبب اختلال در غذاسازی می‌شود و فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد همچنین باعث بالا رفتن تبخیر و در نتیجه میزان آب در دسترس گیاه را کاهش داده و اثر منفی بر تولید گیاه می-گذارد (معتمدی و همکاران، ۱۳۹۲). ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2016) در تحقیق خود نشان دادند که ارتفاع، بارندگی ماه‌های ژانویه و جولای و دمای فصلی به ترتیب با ۲۰، ۲۰، ۱۱ و ۹ درصد بیشترین مشارکت را در پراکنش گونه *Scutellaria baicalensis* دارند. مومنی دمنه و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیق خود بیان کردند که متغیرهای اقلیمی شامل متوسط دما و سه متغیر مرتبط با میزان و پراکنش بارندگی از دیگر عوامدل تأثیرگذار در تعیین و پراکنش رویشگاه گونه مورد بررسی در منطقه بود. نتایج تحقیقات یانگ و همکاران (Yang et al., 2020) نتایج نشان داد که انحراف معیار تغییرات فصلی دما (۴۰/۶ درصد)، بارندگی در ماه اکتبر (۱۵/۷ درصد)، نوع پوشش گیاهی (۱۴/۳ درصد)، نوع خاک (۹/۲ درصد) و میانگین مدت زمان تابش آفتاب در فصل رشد (۹/۱ درصد) پنج عامل تأثیرگذار برتر از بین ۱۷ عامل اصلی اکولوژیکی مؤثر بر توزیع *A. membranaceus* var. mongholicus بودند. مناسب‌ترین مناطق توزیع، عمدتاً در مناطق مرتفع و با زهکشی خوب واقع شده‌اند.

مقادیر حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری در این مطالعه به ترتیب ۰/۸۱، ۲/۵۳ و ۰/۳۹ محاسبه شد. از آنجا که مقدار کم (نزدیک به صفر) فاکتور حاشیه‌گرایی نشان دهنده مرکزگرایی و مقادیر نزدیک به ۱ نیز حاشیه-گزینی گونه مربوطه در استفاده از منابع در دسترس را نشان می‌دهد، لذا میزان محاسبه شده برای گونه نشان دهنده این است که گونه *Astragalus gummifer* تمایل نسبتا زیادی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

به زندگی در زیستگاه‌های بسیار حاشیه‌ای و خاص دارد و آشیان خیلی متفاوتی را نسبت به کل منطقه مورد مطالعه اشغال می‌کند. میزان تخصص‌گرایی بالاتر از ۱ نیز نشان-دهنده آن است که گونه به دامنه محدودی از شرایط محیط زیستی منطقه وابسته است و در استفاده از منابع زیستگاه تخصصی عمل می‌کند. میزان کم شاخص تحمل‌پذیری گونه گویای این مطلب است که گونه مورد مطالعه تا حدی یک گونه تخصص‌گرا در محدوده‌ی رویشگاهی خود می‌باشد. همچنین برای ارزیابی صحت مدل در نرم‌افزار Biomapper روش اعتبارسنجی متقابل استفاده گردید (Hirzel et al., 2006)، که برای نقشه تولید شده به روش الگوریتم میانه، برابر ۰/۸۱ محاسبه شد. بنابراین با توجه به وسعت زیاد منطقه صحت خوبی ارزیابی می‌شود. محققانی همچون هنگل و همکاران (Hengl et al., 2009)، سنگونی و همکاران (۱۳۹۱)، معتمدی و همکاران (۱۳۹۸) و صفایی و همکاران(Safaei et al., 2018) از روش اعتبار سنجی متقابل برای ارزیابی مدل استفاده نموده‌اند. نرم‌افزار Biomapper تمام متغیرها را در تمامی نقاط حضور گونه با یکدیگر مقایسه کرده و در نهایت مطلوب‌ترین و بهترین وضعیت را برای گونه مورد بررسی در نظر می‌گیرد و بخش-هایی از منطقه را به صورت نقشه به عنوان بهترین زیستگاه گونه مورد بررسی معرفی می‌نماید. (Hirzel et al., 2006). شناسایی و تشخیص متغیرهای تاثیرگذار و بررسی روابط آن‌ها با گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در طبیعت بسیار مشکل می‌باشد و پیچیدگی‌های بسیار زیادی را به همراه دارد و به سادگی امکان‌پذیر نمی‌باشد. جمع‌بندی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل ENFA یک روش مناسب در تهیه رویشگاه گونه *Astragalus gummifer* می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از این روش، اطلاعات کلیدی و مهمی را در مورد دامنه تحمل گونه *Astragalus gummifer* نسبت به متغیرهای محیطی تأثیرگذار فراهم آورد، که این موضوع می‌تواند مدیران را در اتخاذ تصمیمات مدیریتی جهت انجام اقدامات اصلاحی مناسب کمک کند و به حفظ و احیای مراتع کمک شایانی نماید. این نتایج برای مدیریت مراتع ارزشمند هستند و بینش‌هایی را در مورد مناطقی که *Astragalus gummifer* می‌تواند در آنها رشد کند یا مداخلاتی که ممکن است برای بهبود شرایط زیستگاه ضروری باشد، ارائه می‌دهند. از نظر مدیریتی، این مطالعه بر اهمیت در نظر گرفتن عوامل اکولوژیکی و محیطی هنگام برنامه‌ریزی فعالیت‌های حفاظتی و احیای مراتع تأکید می‌کند. توانایی پیش‌بینی توزیع گونه‌ها می‌تواند به بهینه‌سازی تخصیص منابع برای احیای زیستگاه و افزایش تلاش‌های حفاظت از تنوع زیستی کمک کند.

منابع

اسماعیل‌زاده، ا.، حسینی م.، طبری م.، اسدی، ح. ۱۳۹۰. شناسایی واحدهای اکوسیستمی و بررسی قابلیت تفکیک آن‌ها در طبقه‌بندی جنگل و مطالعه موردی: جنگل راش دارکلا، زیست‌شناسی گیاهی، ۳(۷): ۱۱-۲۸.

برنا، ف.، تمرتاش، ر.، طاطیان، م.، غلامی، و. ۱۴۰۰. مدل سازی مطلوبیت رویشگاه گونه اسپرس کوهی (*Onobrychis cornuta*)با روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی در مراتع بلده نور. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۴(۲): ۲۷۳-۲۸۴.

پیری صحراگرد، ح. ۱۳۹۶. مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی با روش رگرسیون لوجستیک (مطالعه موردی: مراتع غرب تفتان، شهرستان خاش). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۰(۴): ۷۹۲ – ۸۰۶.

حیدری، م.، پوربابایی، ح.، عطار روشن، س. ۱۳۹۰. وضعیت زادآوری طبیعی بلوط ایرانی در بین گروه‌های بوم-شناختی در ناحیه رویشی کردو- زاگرس. مجله زیست شناسی، ۲۴(۴): ۵۹۲ – ۵۷۸.

حیدریان آقاخانی، م.، تمرتاش، ر.، جعفریان، ز.، ترکش اصفهانی، م. ۱۳۹۶. مدل‌سازی آشیان اقلیمی گونه بلوط ایرانی(Quercus brantii) با استفاده از مدل تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر در استان چهارمحال و بختیاری، نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان، (۵)۱۱: ۴۸-۳۵.

خلاصی اهوازی، ل.، زارع چاهوکی، م.ع.، آذرنیوند، ح.، سلطانی گردفرامرزی، م. ۱۳۹۰. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه *Eurotia ceratoides*(L)C.A.M. با کاربرد روش تحلیل آشیان بوم‌شناختی (ENFA) در مراتع شرق سمنان. مجله علمی پژوهشی مرتع، ۴: ۳۷۳ – ۳۶۲.

زارع چاهوکی، م.ع.، عباسی، م. ۱۳۹۵. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونهٔ *Stipa barbata* با استفاده از روش

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

تحلیل عاملی آشیای بوم‌شناختی(ENFA) (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی) ، فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۴: ۱۶-۱.

ساکی، م.، ترکش، م.، بصیری، م.، وهابی، م.ح. ۱۳۹۱. کاربرد مدل رگرسیون لجستیک درختی در تعیین رویشگاه بالقوه گونه گیاهی گون زرد. اکولوژی کاربردی، ۲: ۳۷ – ۲۷.

سنگونی، ح.، کریم‌زاده، ح.، وهابی، م.، ترکش اصفهانی، م. ۱۳۹۱. تعیین رویشگاه گون سفید (*Astragalus gossypinus Fischer*) در منطقه غرب اصفهان با تحلیل عامل آشیان اکولوژیک. مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۳(۲): ۱۳ – ۱.

شعبانی، ن.، ترکش اصفهانی، م.، رجبی مظهر، ع.، صلاحی مقدم، ن.، اکبرزاده، پ.، شادمان، ح.، خوشبخت، م. ۱۴۰۴. بررسی تغییرات پراکنش گونه گون گزی *Astragalus adscendens* Boiss&Hausskn در استان اصفهان تحت اثر تغییر اقلیم. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، زیر چاپ.

صفایی، م.، ترکش، م.، بصیری، م.، بشری، ح. ۱۳۹۲ مدل سازی رویشگاه بالقوه ی گونه گون زرد (*Astragalus verus*) با استفاده از روش تحلیل عامل آشیان اکولوژیک. مجله علمی پژوهشی مرتع، ۱: ۵۱ – ۴۰.

عبداللهی، ج.، ارزانی، ح.، نادری، ح.، عرب‌زاده، م.ر. ۱۳۹۱. تأثیر نوسان‌های بارندگی و دما بر تولید علوفه برخی از گونه‌های گیاهی مراتع استپی یزد در دوره‌ی زمانی ۱۳۸۶ – ۱۳۷۸ (مطالعه موردی: منطقه ارنان). دو فصلنامه علمی – پژوهشی خشک بوم، ۲(۱): ۶۸ – ۵۸.

فتاحی، ب.، آقابیگی امین، س.، ایلدرمی، ع.، ملکی، م.، حسنی، ج. ۱۳۸۸. بررسی برخی عوامل محیطی موثر بر رویشگاه گون (*Astragalus.sp*) در مراتع کوهستانی زاگرس (مطالعه موردی: مراتع گله بر استان همدان). مجله علمی پژوهشی مرتع، شماره ۲، ص ۲۱۶-۲۰۳.

فهیمی‌پور، ا.، زارع چاهوکی، م. ع.، طویلی، ع. ۱۳۸۹. بررسی ارتباط برخی گونه‌های شاخص مرتعی با عوامل محیطی (مطالعه موردی: بخشی از مراتع طالقان میانی). مجله علمی پژوهشی مرتع، ۴ (۱): ۳۲ – ۲۳.

فرج‌اللهی، ا.، زارع چاهوکی، م. ح، پاری، ر.، قلی‌نژاد، ب.، امام قلی، ح.، قاسمی آریان، ی. ۱۳۹۲. تعیین مهمترین عوامل خاکی و توپوگرافی موثر در تنوع گونه‌ای (مطالعه موردی: مراتع منطقه حفاظت شده بیجار). نشریه پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۱۰۱: ۵۸ – ۴۸.

گشتاسب، ح.، شمس اسفندآباد، ب.، عطایی، ف.، مظفری، ع. ح. ۱۳۹۱. مدل سازی مطلوبیت زیستگاه گراز (*Sus scrofa*) در منطقه الموت شرقی استان قزوین. نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۵ (۲): ۲۵۸ – ۲۴۷.

مرادی، ح.ر. احمدی پور، ش. ۱۳۸۵. بررسی نقش GIS ژئومورفولوژی و خاک بر پوشش گیاهی با استفاده از (مطالعه موردی: بخشی از مراتع حوضه واز. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۲ (۲): ۵۳ – ۳۸.

معتمدی، ج.، شیدای کرکج، ۱.، آزاد موسوی، ا. ۱۳۹۸. تعیین مطلوبیت رویشگاه گل ماهور (*Verbascum stachydiforme L.*) به روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA). دو فصلنامه علمی – پژوهش‌های محیط زیست، ۲۰(۱۰): ۲۳۴ – ۲۱۹.

مصطفوی، م.، علیزاده، ا.، و کابلی، م. ۱۳۸۹. تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه‌های بهاره و تابستانه گونه پازن در پارک ملی لار. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، ۱۱۱: ۱۲۱ – ۲.

معتمدی، ج.، محمودی، ز.، شیدای کرکج، ا.، مفیدی چلان، م. ۱۴۰۰. تغییرات مشخصات مورفولوژیکی گونه *Astragalus brachyanus* تحت تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی در مراتع کوهستانی راژان، ارومیه. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۴(۳): ۷۶۵-۷۴۹.

معتمدی، ج.، علیلو، ف.، شیدایی کرکج، ا.، کیوان بهجو، ف.، قریشی، ر. ۱۳۹۲. بررسی ارتباط عوامل محیطی و شدت چرای دام با پوشش گیاهی در اکوسیستم های مرتعی خوی. حفاظت زیست بوم گیاهان، ۱ (۳): ۷۳-۹۰.

مطالعات جامع حوزه کدکن- بُرس ۱۳۹۵. مجد آب شرق، ۲۸۷ صفحه.

مومنی دمنه، ج.، اسماعیلپور، ی.، غلامی، ح.، فراشی، آ. ۱۴۰۰. کاربرد مدل حداکثر آنتروپی در تعیین رویشگاه بالقوه گونه *Astracantha gossypina* (Fisch.) Podlech در شمال شرق ایران. حفاظت زیست بوم گیاهان, ۹(۱۹): ۲۱۷-۲۳۶.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

other intestinal helminths in Scottish cats. The Journal of Parasitology, *43*(3): 318-321

Mohammadi Moghaddam, S., Ghorbani, A., Arzani, H., Azizi Mobser, J., Mostafazadeh, R. 2021. Effect of Soil Properties on Above-ground Net Primary Production in Moghan-Sabalan Rangelands, Iran, Journal of Rangeland Science, 11(2): 125-140.

Safaei, M., Tarkesh, M., Bashari, H., Bassiri, M. 2018. Modeling potential habitat of Astragalus verus Olivier for conservation decisions: A comparison of three correlative models. Flora, 242: 61-69.

Swets, J.A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science, 240(4857): 1285-1293.

Wang, J., Yan, B.L., Lin, A.P., Hu, J.P., Shen, S.D., 2007. Ecological factor research on the growth and induction of spores release in Enteromorpha prolifera (Chlorophyta). Marine Science Bulletin, 26(2): 60-65.

Yang, M., Li, Z., Liu, L., Bo, A., Zhang, C., Li, M. 2020. Ecological niche modeling of Astragalus membranaceus var. mongholicus medicinal plants in Inner Mongolia, China. Scientific reports, *10*(1): 12482.

Yi, Y.J., Cheng, X., Yang, Z.F., Zhang, S.H., 2016. Maxent modeling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (H. riparia Lour) in Yunnan, China. *Ecological Engineering*, *92*, pp.260-269.

Zhang, L., Cao, B., Bai, C., Li, G., Mao, M. 2016. Predicting suitable cultivation regions of medicinal plants with Maxent modeling and fuzzy logics: a case study of Scutellaria baicalensis in China. Environmental Earth Sciences, 75(5): 361.

Zhang, Y., Tang, J., Ren, G., Zhao, K., Wang, X., 2021. Global potential distribution prediction of Xanthium italicum based on Maxent model. *Scientific reports*, 11(1):16545.

Abdelaal, M., Fois, M., Fenu, G., Bacchetta, G. 2019. Using MaxEnt modeling to predict the potential distribution of the endemic plant Rosa arabica Crép. in Egypt. *Ecological informatics*, *50*: 68-75

Aghajanlou, F., Mirdavoudi, H., Shojaee, M., Mac Sweeney, E., Mastinu, A., Moradi, P. 2021. Rangeland management and ecological adaptation analysis model for Astragalus curvirostris Boiss. *Horticulturae*, *7*(4): 67.

Fisher, M.A., Fulé, P.Z. 2004. Changes in forest vegetation and arbuscular mycorrhizae along a steep elevation gradient in Arizona. Forest Ecology and Management, 200(1-3): 293-311.

Ghahremanian, A., Ahmadi, A., Toranjzar, H., Varvani, J., Abdi, N. 2025. Ecological and Statistical Evaluation of Genetic Algorithm (GARP), Maximum Entropy Method, and Logistic Regression in Predicting Spatial Distribution of *Astragalus* sp. Scientifica, 1: 1-15.

Hengl, T., Sierdsema, H., Radović, A., Dilo, A. 2009. Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. Ecological Modelling, 220(24): 3499-3511.

Hirzel, A.H., Le Lay, G., Helfer, V., Randin, C., Guisan, A. 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. Ecological modelling, 199(2): 142-152.

Hirzel, A.H., Hausser, J., Chessel, D., Perrin, N. 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data?. Ecology, 83(7): 2027-2036.

Hirzel, A.H., Helfer, V., Metral, F. 2001. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. Ecological modelling, 145(2-3): 111-121.

Hutchison, W.M. 1957. The incidence and distribution of Hydatigera taeniaeformis and

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]