Gonbad Kavous University
Journal of Plant
Ecosystem Conservation
Volume 13, Issue 26
http://pec.gonbad.ac.ir

Modeling the Desirability of *Astragalus* spp Species using Ecological Nich Factor Analysis (ENFA) Method (Case study: Tarikdareh Rangelands, Hamadan)

Behnaz Attaeian[*1], Alireza Kasaei[*2]

[1]Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
[2]MSc., Department of NatureEngineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.

Received: 2024/10/08; Accepted: 2025/04/08

Abstract

Recognition of species frequency distribution patterns in a plant community is one of the important indicators for studying plant community dynamics. In order to model the suitability of *Astragalus* spp. habitat in the Tarikdareh rangelands of Hamedan, the Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) method was used within the Biomapper software environment. In this study, the presence point layer of *Astragalus* spp. was prepared through field sampling at 50 points, along with latitude and longitude data, and then transferred to the Biomapper software for further analysis alongside environmental layers. Based on the results of this model, the marginalization, specialization, and tolerance values were 1.55, 6.35, and 0.17, respectively.The marginalization value greater than 1 indicates that *Astragalus* spp. prefers habitat conditions above the average, while the low tolerance index (0.17) suggests that the species is specialized in its habitat requirements. The desirability map derived from the ENFA model indicates that the species is more densely distributed in areas with slopes exceeding 25 degrees and in the southern, southwestern, and southeastern directions compared to other areas.

***Keywords*:** Ecological Nich Factor Analysis, Potential Distribution, GIS, Biomapper, *Astragalus* spp.

*Corresponding author: b.attaeian@malayeru.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 ششم
http://pec.gonbad.ac.ir

مدل‌سازی مطلوبیت گستره استقرار *Astragalus* spp. با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) (مطالعه موردی: مراتع تاریکدره همدان)

بهناز عطائیان [1*]، علیرضا کسائی [2]

[1] استادیار ،گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر
[2] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹

چکیده

شناخت الگوی توزیع فراوانی گونه‌ها در یک جامعه گیاهی یکی از شاخص‌های مهم مطالعه دینامیک جامعه گیاهی است. برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گون(*Astragalus* spp) در مراتع تاریکدره همدان، از روش تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی شده است. در این مطالعه لایه نقاط حضور گونه *Astragalus* spp. با برداشت میدانی در ۵۰ نقطه حضور به همراه ثبت طول و عرض جغرافیایی تهیه شده و برای تجزیه و تحلیل به همراه ۱۳ لایه‌های محیطی (شامل ۳ لایه فیزوگرافی ۸ لایه خاک و ۲ لایه اقلیمی) به محیط نرم‌افزار Biomapper، منتقل گردید. براساس نتایج این مدل مقادیر حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری در این مطالعه به ترتیب ۱/۵۵، ۶/۳۵ و ۳/۶۵ محاسبه گردید. حاشیه‌گرایی بیش از ۱ بدین معنی است که گونه *Astragalus* spp. مجموعه شرایط رویشگاهی بالاتر از شرایط میانگین منطقه مورد مطالعه را ترجیح می‌دهد و مقدار کم(۳/۶۵) شاخص‌تحمل‌پذیری نیز تا حدی نشان از تخصص‌گرا بودن گونه در محدوده منابع رویشگاهی خود است. بررسی نتایج نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه گون حاصل از مدل ENFA که بر اساس شاخص بویس صحت-سنجی شده است نشان از آن دارد که گونه مورد مطالعه عمدتاً در شیب‌های بیش از ۲۵ درجه و در جهات جغرافیائی جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی گستره حضور بیشتری داشته است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی(ENFA)، پراکندگی بالقوه، زمین آمار در سیستم اطلاعات جغرافیایی، Biomapper، گونه گون

مقدمه

امروزه روش‌های همبستگی آمار مکانی و استفاده گسترده آن‌ها در مدل‌های توزیع گونه‌ها جزء اصلی‌ترین مباحث، تحقیقاتی در زمینه اکولوژی و جغرافیای گیاهی است. مدل‌های پراکندگی گونه‌ای به دو دسته مدل‌های متمایزکننده گروه‌ها و مدل‌های پروفیل تقسیم می‌شوند؛ مدل‌های متمایزکننده گروه‌ها نیازمند داده‌های حضور و عدم حضور و بر مبنای همبستگی و ارتباط بین متغیرها هستند و این ارتباطات را به صورت توابع ریاضی نشان می‌دهند و خود به دو گروه مدل‌های جهانی (پارامتریک) و مدل‌های محلی(غیرپارامتریک) طبقه‌بندی می‌شوند(Jetschke and Tarkesh, 2012). اغلب مدل‌های پیش‌بینی توزیع جغرافیایی گونه‌ها، بر مفهوم آشیان بوم‌شناختی استوار و به بررسی ارتباط حضور گونه با متغیرهای محیطی می‌پردازند. زمانی‌که دامنه اکولوژیک یک گونه شناخته می‌شود، حضور گونه در یک رویشگاه ویژه با تعیین شرایط رویشگاهی آن قابل پیش‌بینی است و بالعکس می‌توان با حضور یک گونه در یک رویشگاه به‌طور غیرمستقیم شرایط رویشگاهی آن را شناسایی کرد(حسینی و همکاران، ۱۳۹۸). شناخت الگوی توزیع فراوانی گونه‌ها در یک جامعه و در قالب مطالعات

*نویسنده مسئول: b.attaeian@malayeru.ac.ir

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

پوشش گیاهی و ارزیابی زیست‌محیطی، به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم و سریع در تعیین وضعیت اکوسیستم، ناشی از مدیریت‌های مختلف است و از طریق آن می‌توان دینامیک جامعه گیاهی در محیط را بررسی و توصیه‌های مدیریتی لازم را ارائه‌کرد (Albrecht and Long, 2019). تعیین مطلوبیت رویشگاه یکی از ارکان اصلی مدیریت و حفاظت گونه‌های گیاهی به شمار می‌رود. اصلی‌ترین جزء در اکوسیستم‌های مرتعی را گونه‌های گیاهی شامل می‌شوند، بوم‌شناسان گیاهی بر این باورند که عوامل محیطی در مطلوبیت رویشگاه گونه‌های گیاهی در مراتع تأثیر به سزایی دارند، بدین معنی‌که تعیین‌کننده خصوصیات رویشگاهی هرگونه می‌باشند (زارع‌چاهوکی و عباسی، ۱۳۹۵). مطالعات متعددی به منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مختلف صورت گرفته است که به طور مثال می‌توان به بررسی مطلوبیت زیستگاهی گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در برخی از اکوسیستم‌های حوضه آبریز تالاب انزلی (زرکامی و همکاران، ۱۳۹۹)، مدل-سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های کانونی به‌منظور طرح‌ریزی حفاظت از تنوع زیستی در منطقه جنوب شرق ایران (شافعی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹)، مقایسه سه مدل همبستگی با استفاده از مدل‌سازی زیستگاه بالقوه(*Astragalus verus* Olivier) برای تصمیم‌گیری در مورد حفاظت (صفائی و همکاران، ۱۳۹۸)، شناسایی پارامترهای محیطی مؤثر بر توزیع گونه‌های مرتعی با استفاده از مدل جنگل تصادفی(Random Forest Method) (پیری صحراگرد و همکاران، ۱۳۹۷)، مطالعه اهمیت مدل‌سازی زیستگاه بالقوه گونه‌ها در موفقیت احیای گونه‌های در حال انقراض (Albrecht and Long, 2019)، مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه اسپرس کوهی(*Onobrychis cornuta*) با روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیکی در مراتع بلده نور (برنا و همکاران، ۱۴۰۰)، پیش‌بینی پراکندگی جغرافیایی جنس کما (*Ferula* spp.) با استفاده از مدل-سازی مطلوبیت زیستگاه (مطالعه موردی: خراسان رضوی و شمالی) (مومنی و همکاران، ۱۴۰۱) اشاره نمود. درک آشیان اکولوژیکی گونه‌های گیاهی به آشکارسازی روابط پیچیده بین گونه‌های گیاهی و زیستگاه‌های آن‌ها و تمایز بین انجمن‌های مختلف گیاهی در زیستگاه‌های معین کمک می‌کند و در حفظ تنوع زیستی و پایش تغییرات اکولوژیکی نقش اساسی دارد (Cano-Ortiz and Cano Carmona, 2024). یانگ و همکاران (Yang et al., 2024) در بررسی ویژگی‌های عملکردی گونه‌های *Stipa* نشان دادند که چگونه تمایز بین این گونه‌ها به سازگاری آن‌ها در محیط‌های مختلف اکولوژیکی و بر توزیع فضایی آنها تأثیرگذار است. حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2024) با استفاده از مدل‌سازی آشیان اکولوژیکی به تشریح توزیع گونه‌های آویشن تحت تغییرات اقلیمی پرداختند و بیان داشتند متغیرهای محیطی بر توزیع گونه‌های آویشن در زمان حال و آینده موثر است. این یافته‌ها به کارایی مدل تحلیل عاملی آشیان اکولوژیکی ENFA در مدل‌سازی رفتار اکولوژیکی اذعان دارد. روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیکی (ENFA)به دلایل متعددی برای مطالعه گستره اکولوژیکی گیاهی مناسب است. در مواردی که گونه گیاهی گستره وسیعی دارد و جمع‌آوری داده‌های متعدد زمان و هزینه زیادی را نیاز دارد، روش ENFA به‌دلیل استفاده از اطلاعات حضور گونه، مناسب است. علاوه بر این، توانایی ENFA در ادغام داده‌های حضور با متغیرهای محیطی، امکان پیش‌بینی دقیق تناسب زیستگاه و پراکندگی بالقوه گونه‌ها را با حداقل داده فراهم می‌کند. قابلیت این روش در مدیریت حجم داده‌ای کم و ارائه برآوردهای قابل اعتماد از زیستگاه گونه‌ها برای مطالعه گونه‌های متنوع با گستره وسیع مانند گونه مرتعی گون مورد تاکید قرار گرفته است (Jantakat et al., 2025). از بین گونه‌های گون استان همدان ۲۶ گونه و زیرگونه متعلق به گون‌های خاردار است که اکثر آن‌ها مولد کتیرا هستند. لذا مدل‌سازی گستره اکولوژیک *Astragalus* spp. بوته‌ای با استفاده از عوامل مؤثر بر پراکندگی، بوم‌شناسی و نیز روابط آن با برخی گرادیان‌های محیطی به روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیکی ضروری است.

مواد و روش‌ها

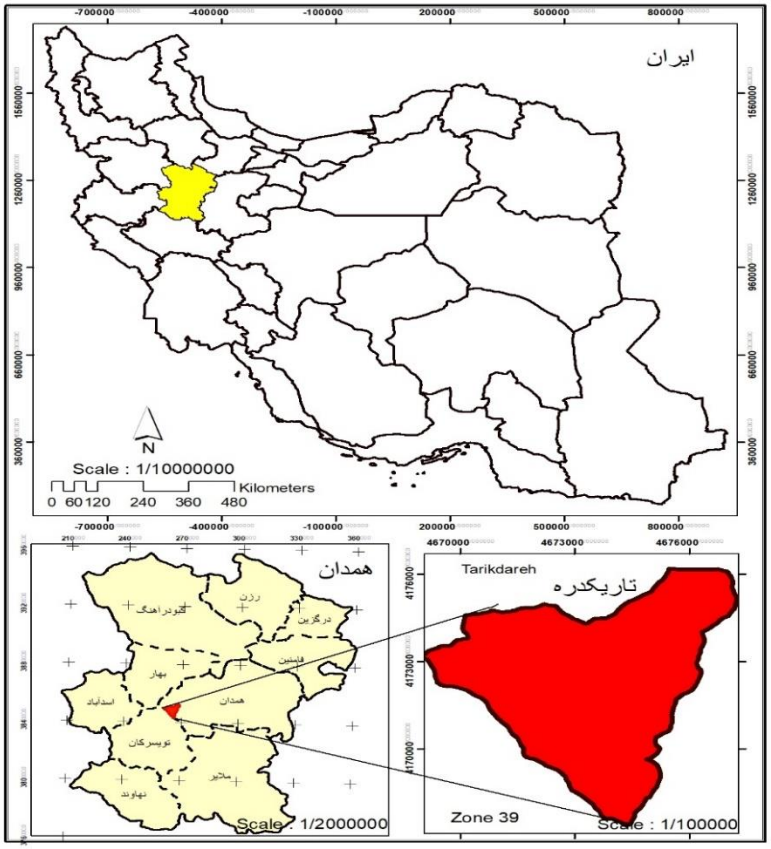
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بین ′۴۸°۲۵ تا ′۴۸°۳۰ طول شرقی و ′۳۴°۴۱ تا ′۳۴°۴۸ عرض شمالی و مساحت کل ۳۵۷۶ هکتار معروف به حوزه تاریکدره در مرکز استان همدان و در جنوب غربی شهر همدان و از لحاظ تقسیمات کشوری جزء شهرستان همدان و شامل روستای حیدره است (شکل۱). متوسط حداقل دما ۱۰- درجه سانتی‌گراد در طبقه

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

ارتفاعی ۳۳۶۰ متر و متوسط حداکثر دما ۱۸ درجه سانتی-گراد در طبقه ارتفاعی ۱۸۴۰ متر است. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۴۱۹ میلی‌متر است. بیشترین میزان بارندگی فصلی، در فصل زمستان به میزان ۱۶۶/۵ میلی‌متر است. خاک‌های منطقه عمدتاً کم عمق و در رده Lithic Torriorthentsو Typic Torriorthents با رژیم رطوبتی اریدیک هستند. به لحاظ شرایط اکولوژیکی مراتع متوسط (سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، ۱۴۰۰) و گونه-های مرتعی غالب منطقه شامل موار زیر هستند:

Cirsium bracteosum, Carex stenpphylla, Cousinia nekarmanica, Poa bulbosa, , Festuca ovina, Stipa hohenackeriana, Bromus tomentellusCynodon dactylon, Thymus kotschyanus, Trifolium spp., Astragalus spp.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان همدان و دره تاریکدره

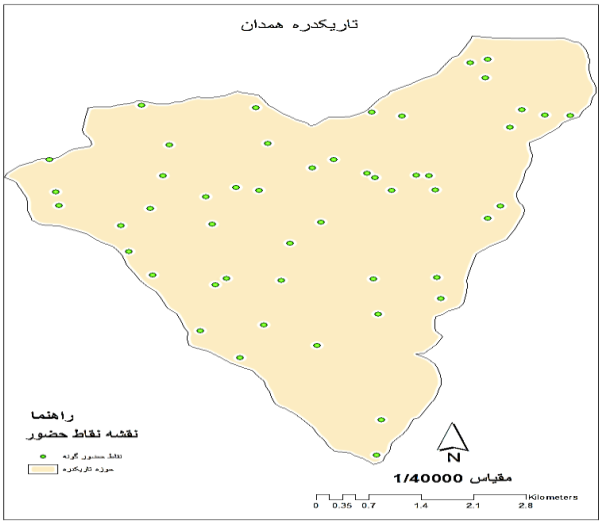
نرم‌افزارها و داده‌ها

نرم‌افزارها و داده‌های مکانی، توصیفی و آماری به‌کاررفته در این پژوهش ARCGIS 10.4.1، IDRISI SELVA، Biomapper v.4 و GS+9 است.

متغیر وابسته (داده‌های بیولوژیکی)

متغیر وابسته در این پژوهش نقاط حضور گونه *Astragalus spp.* است که به‌منظور تولید نقشه حضور گونه، از روش نمونه‌گیری تصادفی استفاده شده و بدین‌منظور با پیمایش زمینی در محل ۵۰ سایت حضور تیپ گون بوته‌ای در روی شیب‌ها و جهت‌های مختلف شناسائی و با استفاده از دستگاه GPS ثبت گردیده و سپس در نرم‌افزار ARCGIS به یک نقشه با فرمت وکتوری تبدیل می‌شود. لایه نقاط حضور گونه *Astragalus* spp. که از طریق برداشت میدانی توسط دستگاه GPS برداشت گردیده حاوی اطلاعات طول و عرض جغرافیایی ۵۰ نقطه در سطح منطقه مورد مطالعه بود که پس از تهیه به صورت یک فایل وکتوری در نرم‌افزار IDRISI SELVA به فرمت رستر و سپس به فرمت بولین(صفر و یک) تبدیل و برای تجزیه وتحلیل به همراه لایه‌های محیطی به محیط نرم‌افزار بیومپر، منتقل گردید. در شکل(۲) نقاط حضور گونه *Astragalus* spp. در حوزه مورد مطالعه نمایش داده شده است.

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



شکل ۲- نقاط حضور گونه *Astragalus* spp درحوزه مورد مطالعه

متغیر مستقل (داده‌های محیطی)

متغیرهای محیطی شامل۱۷ لایه اطلاعاتی است که بر اساس آرشیو نقشه ها و گزارشهای موجود در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان همدان اخذ و درسیستم های اطلاعات جغرافیایی(GIS) و زمین آمار تولید گردیده و شامل: داده‌های فیزیوگرافی (نقشه رقومی ارتفاعی، مقدار شیب و جهت شیب)، متغیرهای خاک (مقدار پتانسیم خاک، مقدار فسفر خاک، درصد رس، درصد هدایت الکتریکی، درصد کربن آلی، قلیائیت، در صد شن، درصد سیلت، درصد اشباع آب خاک) و اطلاعات اقلیمی (بارندگی متوسط سالیانه، دمای متوسط سالیانه، تبخیر و تعرق پتانسیل، تعداد ساعات آفتابی، تعداد روزهای یخبندان) می باشد. واریوگرام پروفیل‌های خاک استان در محیط GS+۹ ترسیم و نقشه‌های مربوط به عوامل مختلف خاک‌شناسی با استفاده از روش‌های میان‌یابی مختلف به-کمک نرم‌افزارهای ARC GIS استخراج گردیده است. برای هر یک از عوامل فوق روش میان‌یابی انتخاب شده است که دارای بالاترین دقت و کم‌ترین مقدار خطای محاسباتی باشد. در این زمینه در منابع مختلف سه نمایه خطای مجذور میانگین، میانگین قدر مطلق خطا، میانگین انحراف خطا معرفی گردید و براساس تابع میانگین انحراف خطا، روشی دارای بالاترین میزان دقت است که مقدار میانگین انحراف خطا آن به مقدار ایده‌آل صفر نزدیک باشد. همچنین نقشه تهیه‌شده با روشی که کم‌ترین میزان میانگین قدر مطلق خطا و خطای مجذور میانگین را دارد، دارای دقت بالاتری خواهد بود (زارع چاهوکی و عباسی، ۲۰۱۵).

مدل‌سازی پراکندگی جغرافیایی *Astragalus* spp.

نقشه حضور گونه‌ها ابتدا به فرمت رستری(شبکه‌ای) و سپس به نقشه بولین(صفر و یک) (Ray et al., 2017) تبدیل شده تا قابلیت ورود به آنالیز تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی را داشته باشد و سپس به‌عنوان متغیر وابسته وارد آنالیز گردید. در بیشتر پژوهش‌های مشابه پیشنهاد گردیده که تعداد متغیرهای زیستگاهی واردشده به آنالیز نباید بیش از ۱۰ متغیر باشد. قبل از اجرای آنالیزها در نرم‌افزار Biomapper نقشه‌های رستری تهیه شده از لحاظ زمین آماری مورد بررسی‌های اولیه‌ای مانند وضعیت نرمالیته، ماسک کردن، و میزان همبستگی قرار گرفته تا قابلیت ورود آنها در آنالیزها کنترل گردد(Hirzel, 2001). برای تعیین پراکندگی اکولوژیکی گونه‌ها از لایه‌های اطلاعات زیست‌محیطی گوناگونی بهره گرفته شد و محاسبات آن بر طبق اصول کمترین همبستگی موجود انجام می‌گیرد، برای اینکار ابتدا خلاصه‌ای از گرادیان داده-های اصلی محیطی ارائه و سپس با تکنیک‌های رنج‌بندی شبیه PCA به بررسی رابطه حضور گونه با متغیرهای مستقل زیست‌محیطی می‌پردازد. برای بررسی این ارتباطات از دو عامل توزیع کلی و توزیع گونه استفاده می‌شود. در توزیع کلی، پراکندگی چندبعدی تمام سلول‌های منطقه ویژگی‌های اکوجغرافیایی(EGV منطقه) بر اساس نقشه-های رستری هر پارامتر محیطی بررسی می‌شود و توزیع

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

گونه شامل سلول‌هایی است که گونه در آن حضور دارد. بر این اساس اولین فاکتور تولید شده نشان‌دهنده ویژگی حاشیه گرایی است که نشان می‌دهد حد بهینه رویشگاه گونه مورد نظر در چه فاصله‌ای از میانگین رویشگاه مورد مطالعه قرار دارد و فاکتورهای بعدی، تحمل‌پذیری و تخصص‌گرایی گونه است که به ترتیب از دومین عامل به آخرین عامل(n-۱ که n برابر با تعداد کل عوامل زیست-محیطی است) اطلاعات موجود در عوامل کاهش می‌یابد. این عامل میزان تخصص‌گرایی گونه را در ارتباط با گستره زیستگاه قابل سکونت گونه در منطقه مورد مطالعه توضیح می‌دهد.

حاشیه‌گرایی در نرم‌افزار بیومپر بر اساس رابطه (۱) زیر محاسبه می‌گردد:

$$M = \frac{m_G - m_s}{1.96\sigma_G}$$

رابطه ۱

که در آن m_C میانگین پارامترهای اکوجغرافیایی کل محیط (برابر است با مجموع میانگین‌های تمام پارامترهای اکوجغرافیایی تقسیم بر تعداد آن‌ها)، m_G میانگین کل حضور گونه و σ_G انحراف معیار توزیع کلی است. برای قرارگرفتن حاشیه گرایی بین صفر و یک یا استانداردسازی انحراف معیار، ضریب ۱/۹۶ به‌کارمی‌رود. مقدار صفر به این معنا است که تفاوتی بین زیستگاه موجود و زیستگاه مناسب گونه وجود ندارد. عدد بزرگتر از صفر و نزدیک به یک به این معنی است که گونه در زیستگاه ویژه نسبت به آن پارامتر زندگی می‌کند و آشیان خیلی متفاوتی را نسبت به کل منطقه مورد مطالعه اشغال می‌کند. برای محاسبه عامل تخصص گرایی از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$S = \frac{\sigma_S}{\sigma_G}$$

رابطه ۲

که از لحاظ ریاضی به مفهوم نسبت بین انحراف معیار توزیع کلی(σ_S) و انحراف معیار توزیع گونه σ_G است. مقدار زیاد (نزدیک به یک) نشان‌دهنده یک گونه متخصص است؛ که تمایل به زندگی در محدوده باریکی از شرایط زیست-محیطی خود را دارد و بالعکس. برای محاسبه عوامل تحمل‌پذیری از رابطه (۳) زیر استفاده می‌شود:

$$T = \frac{\sigma_G}{\sigma_S}$$

رابطه ۳

این معادله نشان‌دهنده نسبت بین انحراف معیار توزیع گونه σ_S و انحراف معیار توزیع کلی(σ_G) است؛ که مقدار کم (نزدیک به صفر) نشان‌دهنده یک گونه اختصاصی است که تمایل به زندگی در محدوده باریکی از شرایط زیست محیطی خود را دارد(بخشی و همکاران، ۱۳۹۴). آنالیز تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک تا حدودی به نرمال بودن داده‌های ورودی حساسیت دارد؛ زیرا داده‌های غیر نرمال سبب انحراف از محاسبات شده و داده‌های خروجی را دچار خطا می‌کند. به همین منظور متغیرهای مستقل که همان نقشه‌های محیطی هستند به روش $BOX-COX$ نرمال شدند. این روش از رابطه زیر تبعیت می‌کند که در آن $T(X)$، میزان تبدیل یافته، X متغیر اصلی و Y ، ضریب همبستگی داده‌ها است.

$$T(x) = \frac{(XY)-1}{Y}$$

رابطه ۴

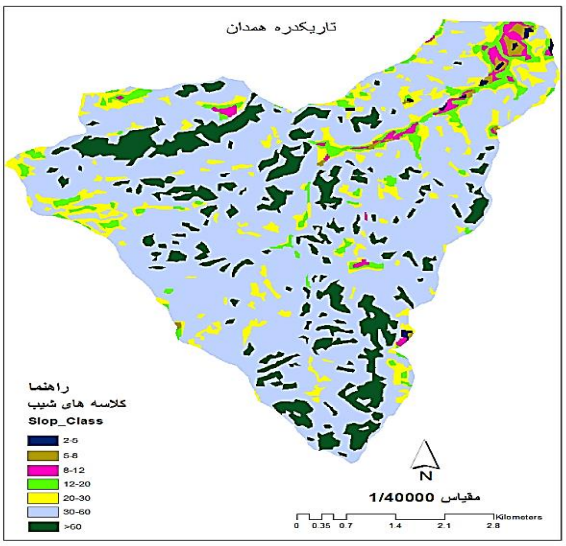
با اطمینان از نرمال بودن متغیرها، به بررسی همبستگی آن‌ها پرداخته شد. استفاده از لایه‌های همبسته می‌تواند با افزایش درجه آزادی، درستی مطالعه را کاهش دهد و به غلط در یک آزمون باعث افزایش مصنوعی ضریب همبستگی شود. (اسفنجانی و همکاران، ۱۳۹۸).

نتایج

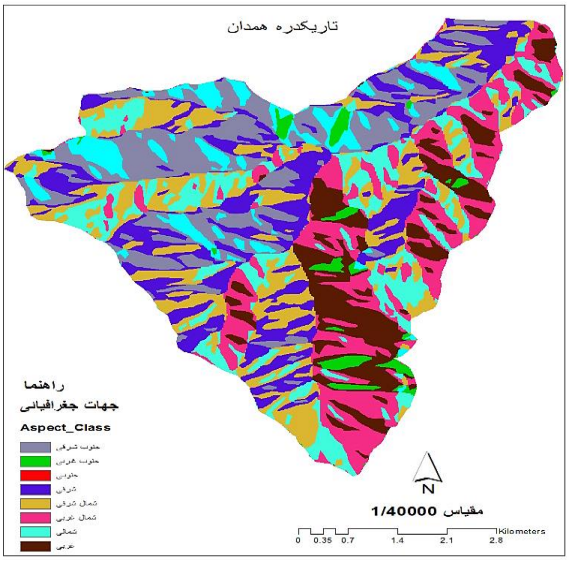
لایه‌های محیطی تهیه شده برای تعیین رویشگاه گون بوته‌ای در منطقه

با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه تاریکدره واقع در بخش عباس‌آباد شهر همدان لایه مدل رقومی ارتفاع(DEM) تهیه و سپس نقشه‌های شیب، جهت شیب و طبقات ارتفاعی براساس این لایه پس از یکپارچه نمودن اندازه پیکسل‌ها و طبقه‌بندی مجدد آن‌ها تولید و در تجزیه و تحلیل‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفتند (اشکال ۳ تا ۵).

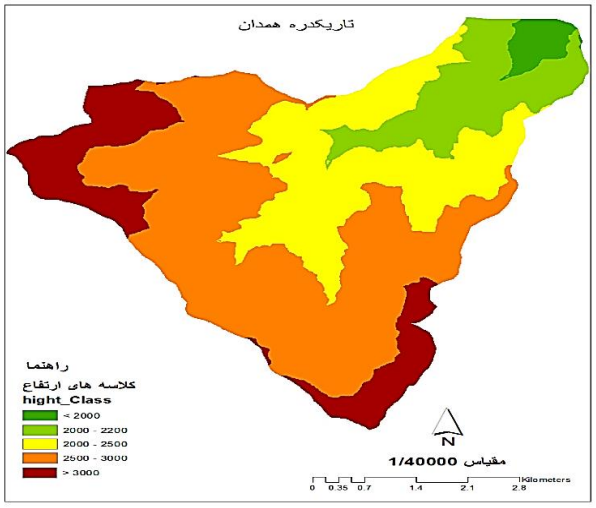
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



شکل۳- طبقات شیب منطقه مورد مطالعه



شکل۴- جهات جغرافیائی منطقه مورد مطالعه

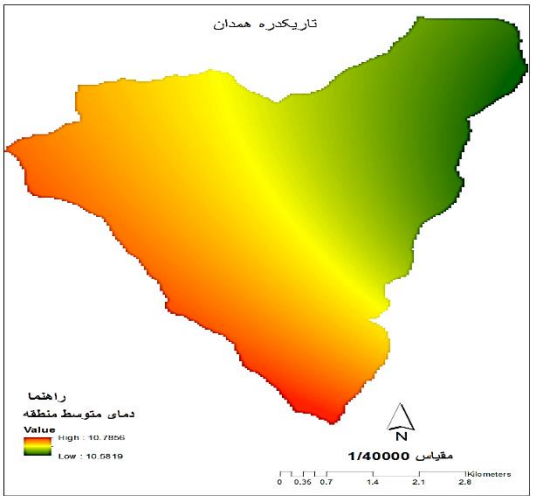


شکل۵- طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

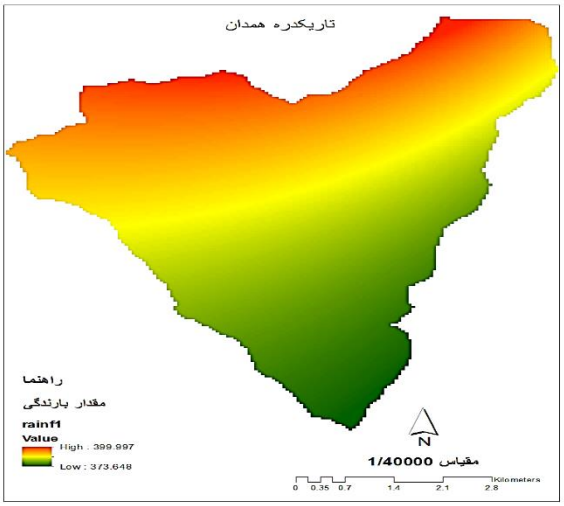
لایه‌های اقلیمی

برای بررسی شرایط آب و هوایی منطقه از اطلاعات ایستگاه-های پیرامون منطقه استفاده گردیده است که با بررسی سال‌های آماری و کیفیت آمار ثبت شده در این ایستگاه‌ها، تعداد ۵ ایستگاه برای مطالعات حاضر انتخاب گردیده‌اند، در میان پارامترهای مختلف اقلیمی، پارامتر بارندگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای انجام آنالیزهای زمین‌آمار در مورد داده‌های اقلیم از نرم‌افزار GS+۹ استفاده شد. روش-های زمین آماری هم وجود دارند، که امکان درون‌یابی داده-های غیر ایستا را ایجاد می‌کنند. بهترین مدل واریوگرام در نرم‌افزار + GS بر اساس شاخص ضریب تبین دو مجموع مربعات باقی‌مانده تعیین شد. با بررسی میزان بارش طی سال‌های ۶۲-۶۱ الی ۸۴-۸۳ در ایستگاه‌های منتخب ملاحظه می‌شود که متوسط میزان بارندگی سالانه از حداقل ۳۲۲/۸ میلی‌متر در ایستگاه فرودگاه تا حداکثر ۴۳۲/۹ میلی‌متر در ایستگاه سورلان در نوسان است، در دوره آماری ۲۳ ساله، ایستگاه سورلان با حداکثر ۶۳۲ میلی‌متر بارندگی در سال ۸۳-۸۲ دارای بیشترین بارش ثبت شده سالانه و ایستگاه خیرآباد با حداقل ۱۶۷ میلی‌متر بارش، دارای کمترین بارش ثبت شده سالانه هستند.

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



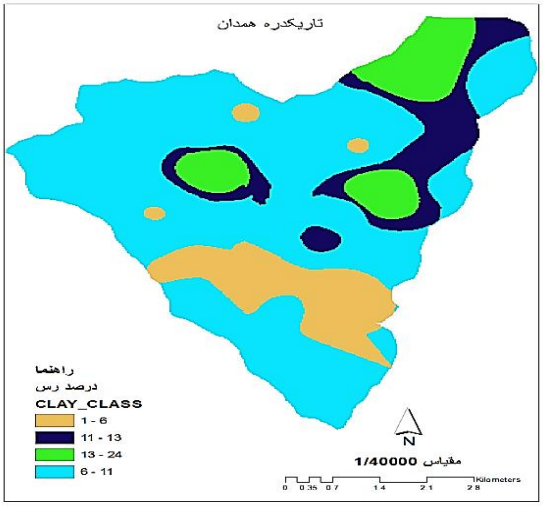
شکل۶- مقدار بارندگی منطقه مورد مطالعه



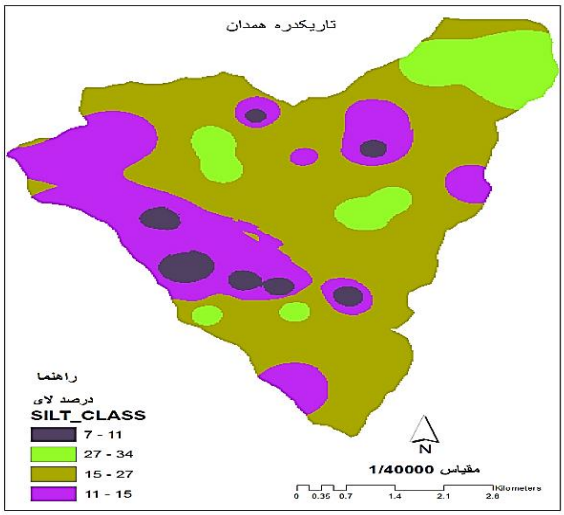
شکل۷- دمای متوسط منطقه مورد مطالعه

لایه‌های خاک

اجزای واریو گرام، شامل دامنه، اثر قطعه‌ای، آستانه از طریق مدل واریوگرام بر اساس داده‌ها، استخراج گردید و به کمک اطلاعات حاصل شده، نقشه متغیرهای خاک در محیط نرم-افزار ARCGIS با استفاده از روش‌های کریجینگ و IDW تولید می‌شود. هر یک از اجزاء نقشه‌های درونیابی عناصر خاک در منطقه تحت مطالعه، بعد از انجام عملیات اصلاحی مورد نیاز در هر بخش، به‌صورت اشکال زیر است:

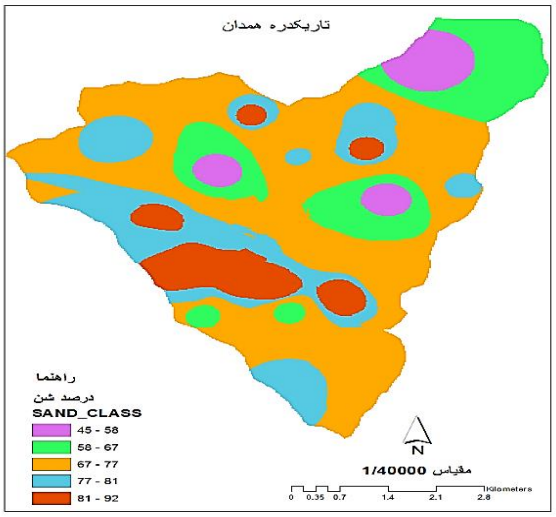


شکل۸- نقشه درون‌یابی درصد لای خاک

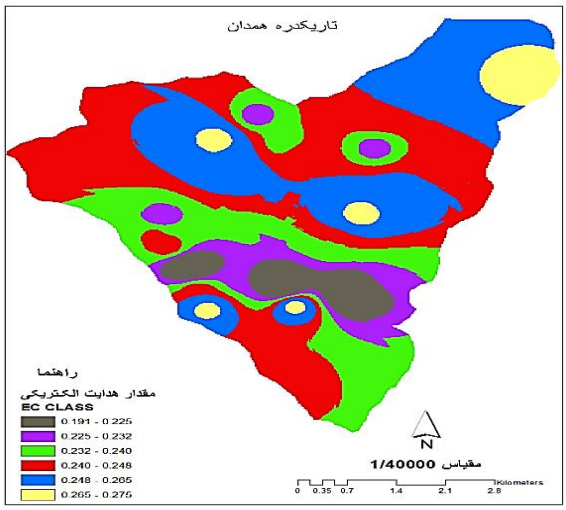


شکل۹- نقشه درون‌یابی درصد رس خاک

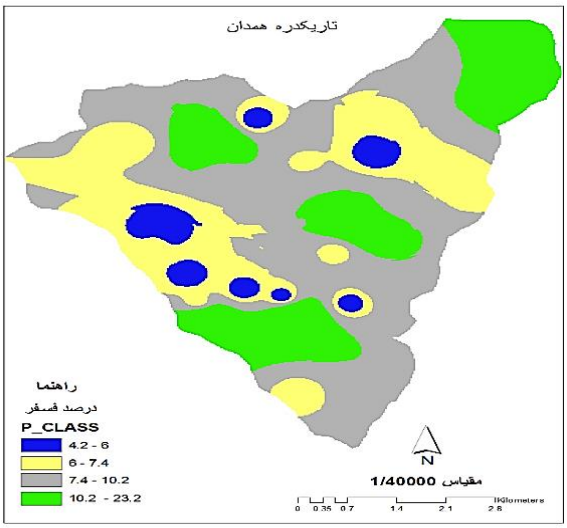
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



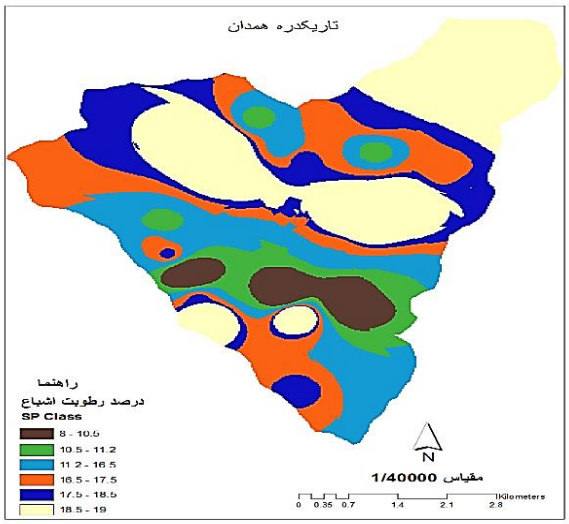
شکل۱۰- نقشه درون‌یابی درصد هدایت الکتریکی



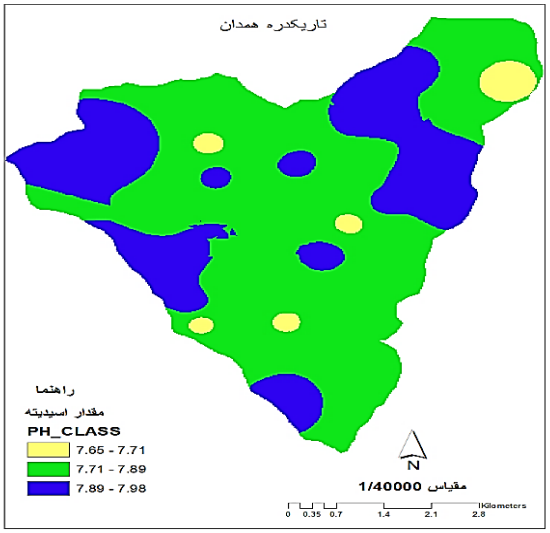
شکل۱۱- نقشه درون‌یابی درصد رس شن



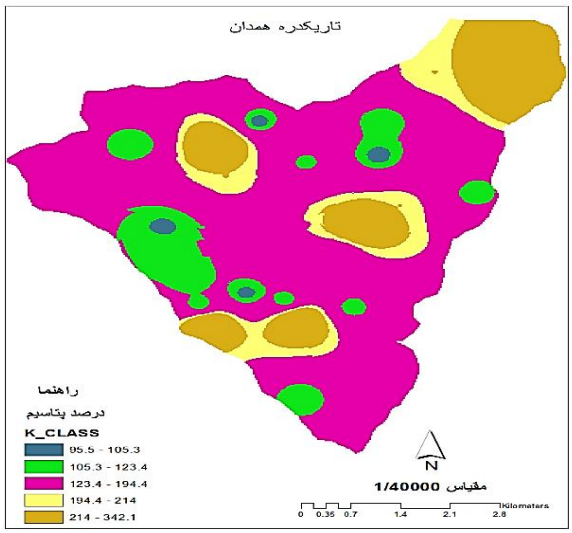
شکل۱۲- نقشه درون‌یابی درصد رطوبت اشباع



شکل۱۳- نقشه درون‌یابی درصد فسفر



شکل۱۴- نقشه درون‌یابی درصد پتاسیم



شکل۱۵- نقشه درون‌یابی مقدار اسیدیته

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

نتایج حاصل از روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک

نرم‌افزار Biomapper با قیاس نقاط حضور گونه و ویژگی‌های محیطی منطقه و بر اساس عوامل حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی گونه، آشیان اکولوژیک گونه را ترسیم می‌کند. در تهیه نقشه رویشگاه بالقوه می‌توان کل فاکتورها را در نظر گرفت و هم با استفاده از الگوریتم عصای شکسته مکی آرتور در مورد تعداد فاکتورهای مورد مطالعه تصمیم‌گیری کرد رویشگاه بالقوه بر اساس متغیرهای محیطی انتخاب شده با تخمینی اکوجغرافیایی، از درجه تشابه بین هر شبکه مربعی(سلول) دامنه داده‌های محیطی از عملکرد گونه‌ها، مدل می‌شود که در حقیقت احتمال حضور گونه را تعیین می‌کند. بنابراین، با شروع از نقشه حضور یک گونه، یک نقشه بالقوه پراکندگی گونه در قالب نقشه تناسب رویشگاه(HSM) با ارزش‌هایی که از صفر(حداقل کیفیت زیستگاه) تا ۱۰۰(حداکثر) متفاوت است، حاصل می‌شود. بدین‌منظور نرم‌افزار از چهار الگوریتم میانه، میانگین هندسی فاصله‌ها، میانگین هارمونیک فاصله‌ها و حداقل سطح استفاده می‌کند.

ایجاد ماتریس همبستگی و انجام روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی(PCA)، بین متغیرها از هسته‌های اصلی در پردازش اطلاعات در نرم‌افزار Biomapper است. از این رو در قدم اول با ایجاد ماتریس همبستگی بین ۱۳متغیر محیطی، متغیرهایی که دارای همبستگی بیش از ۸۵ ٪ بودند از آنالیز حذف شدند (جدول۱). سپس با انجام PCA متغیرهای مهم‌تر شناسایی شده و از بین ۱۳ متغیر محیطی وارد شده به نرم‌افزار تنها بر روی ۵ متغیر محیطی امکان انجام آنالیز ENFA وجود داشت. متغیرهای شیب، جهت جغرافیایی، مقدار پتاسیم قابل جذب، مقدار فسفر قابل جذب و مقدار بارندگی سالیانه به عنوان ورودی‌های این مدل استفاده می‌شود.

جدول۱- ماتریس همبستگی متغیرهای مستقل محیطی

	فسفر	مقدار بارندگی سالیانه	جهت جغرافیایی	مقدار پتاسیم	میزان شیب
میزان شیب	۰/۸۷	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷	۱
مقدار پتاسیم	۰/۷۶	۰/۴۵	۰/۷	۱	۰/۷
جهت جغرافیایی	۰/۸۵	۰/۶۶	۱	۰/۷۴	۰/۷۶
مقدار بارندگی سالیانه	۰/۸	۱	۰/۶۸	۰/۴۵	۰/۷۴
فسفر	۱	۰/۸	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۸۷

ماتریس امتیازی جدول (۲) حاصل از آنالیز ENFA نشان داد که مهمترین عوامل در تعیین مطلوبیت رویشگاه *Astragalus* spp. به ترتیب شامل متغیرهای میزان شیب، مقدار پتاسیم قابل جذب، جهت جغرافیایی، مقدار بارندگی سالیانه، مقدار فسفر قابل جذب هستند.

جدول ۲- ماتریس امتیازی متغیرهای مستقل محیطی

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	حاشیه‌گرایی	تخصص‌گرایی
مقدار پتاسیم قابل جذب	۰/۵۳	-۰/۰۲۵	۰/۶۹۸	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۸۹	۳/۷۴
مقدارفسفرقابل جذب	۰/۰۷	۰/۸۴۴	۰/۰۰۲	-۰/۳۴۲	۰/۱۱	۰/۷۸	۳/۵۰
جهت جغرافیایی	۰/۲۸۵	۰/۰۴۲	-۰/۰۷۳	-۰/۰۴۱	-۰/۸۵۳	۰/۸۷	۳/۶۱
مقدار بارندگی سالیانه	۰/۶۷۷	۰/۱۰۴	۰/۳۰۳	-۰/۴۴۱	۰/۰۰۴	۰/۸۰	۳/۵۶
میزان شیب	۰/۳۰۸	-۰/۴۶۱	۰/۵۸۹	۰/۷۶۱	۰/۴۰۴	۰/۹۴	۳/۸۰

جدول۳- ماتریس امتیازات بدست آمده از آنالیز عاملی آشیان اکولوژیک

متغیرهای محیطی	عامل اول ENFA حاشیه‌گرایی ۱۰۰٪	عامل دوم ENFA	عامل سوم ENFA	عامل چهارم ENFA	عامل پنجم ENFA
	تخصص‌گرایی ۷۸٪	تخصص‌گرایی ۱۱٪	تخصص‌گرایی ۵٪	تخصص‌گرایی ۴٪	تخصص‌گرایی ۲٪
مدل شیب	-۰/۹۵	۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۰۵	۰/۲۲
مقدار پتاسیم قابل جذب	-۰/۹	-۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۳۵	۰

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

جهت جغرافیایی	-۰/۸۷	-۰/۰۵	-۰/۴۰	۰/۰۰	-۰/۰۴
مقدار بارندگی سالیانه	-۰/۸۱	-۰/۵	۰/۱۱	-۰/۱۷	-۰/۰۸
مقدارفسفرقابل جذب	-۰/۸	-۰/۵۳	۰/۱۵	-۰/۱۳	-۰/۰۶

جدول(۳) سهم هریک از متغیرهای محیطی را در توزیع جغرافیایی گونه مطالعاتی نشان می‌دهد. مطابق این‌جدول، عامل اول آنالیز ENFA ۱۰۰ ٪ حاشیه‌گرایی و ۷۸ ٪ تخصص‌گرایی را نشان می‌دهد. عامل دو ۱۱ ٪، عامل سوم ۵ ٪، عامل چهارم ۴ ٪ و عامل پنجم ۲ ٪ تخصص‌گرایی گونه را در منطقه تاریکدره همدان نمایش می‌دهد. مقادیر مثبت حاشیه‌گرایی (ستون اول)، بیان می‌کند که گونه *Astragalus* spp. در تمایل به رویش در حدی بالاتر از میانگین آن عامل دارد و مقادیر منفی نشان‌دهنده آن است که گونه مایل به رویش در مقادیر کمتری از آن‌ها در محیط است. مقادیر حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری در این مطالعه به ترتیب ۱/۵۵، ۷/۳۵ و ۲/۶۵ محاسبه شد. حاشیه‌گرایی بیش از ۱ بدین معنی است که *Astragalus* spp. در منطقه مطالعاتی، تا حدودی مجموعه شرایط رویشگاهی بالاتر از شرایط میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد. فاکتور تحمل‌پذیری گونه در محدوده مورد مطالعه، در رویشگاه محاسبه شد. مقدار کم این شاخص (۲/۶۵) نشان می‌دهد که *Astragalus* spp. تا حدی یک گونه تخصص‌گرا در محدوده منابع رویشگاهی خود است.

جدول۴- ارزیابی دقت مدل‌های تولید شده بر اساس شاخص بویس در حالت‌های مختلف

الگوریتم	شاخص بویس انحراف معیار
الگوریتم میانه	۰/۷۳۴ + -۰/۲۳۸۱
الگوریتم میانگین هندسی	۰/۵۷۳ +-۰/۳۴۶۵
الگوریتم میانگین هارمونیک	۰/۷۷۲ +-۰/۳۸۷۹
الگوریتم حداقل فاصله	۰/۷۰۰ +-۰/۴۵۳۴

تهیه نقشه رویشگاه بالقوه

در این مطالعه، با مقایسه مقادیر شاخص بویس چهار الگوریتم مورد استفاده در نرم‌افزار برای تولید نقشه رویشگاه بالقوه بر طبق اطلاعات حاصل از جدول(۴) انتخاب و در ادامه نقشه رویشگاه بالقوه *Astragalus* spp. براساس بهترین نتیجه تهیه گردید.

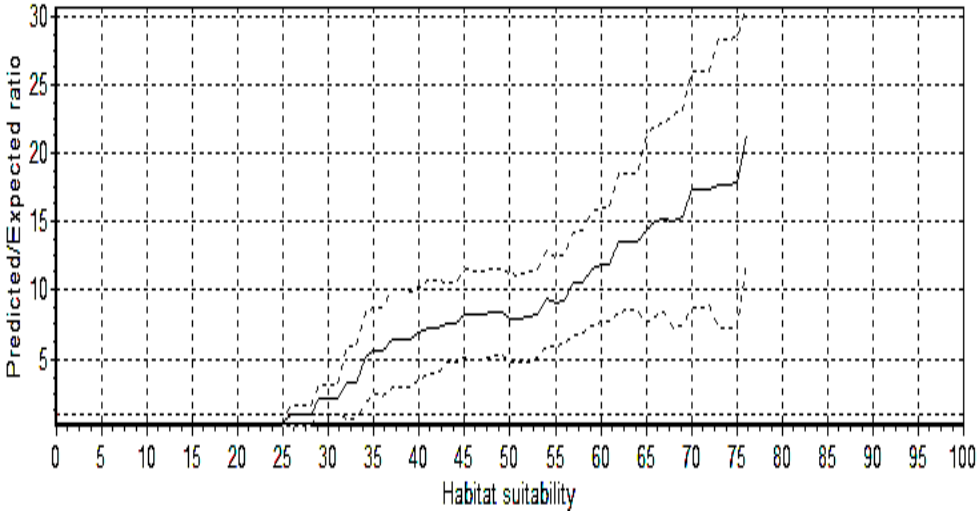
با توجه به شاخص بویس و انتخاب بهترین الگوریتم تعداد ۴ طبقه برای مدل نقشه رویشگاه بالقوه *Astragalus* spp. مشخص و انجام شد؛ که در شکل‌های (۱۶ و۱۷) قابل مشاهده هستند.

ارزیابی صحت مدل

مهم‌ترین شاخص ارزیابی صحت که در نرم‌افزار Biomapper قابل دسترس است، شاخص بویس است. نمایه بویس برای نقشه‌های تولید شده به روش میانگین هارمونیک فاصله برابر با ۰/۷۷۲ بود که با توجه به وسعت منطقه تاریکدره (۳۵۷۶ هکتار) مدل دارای صحت قابل قبول و مناسبی است.

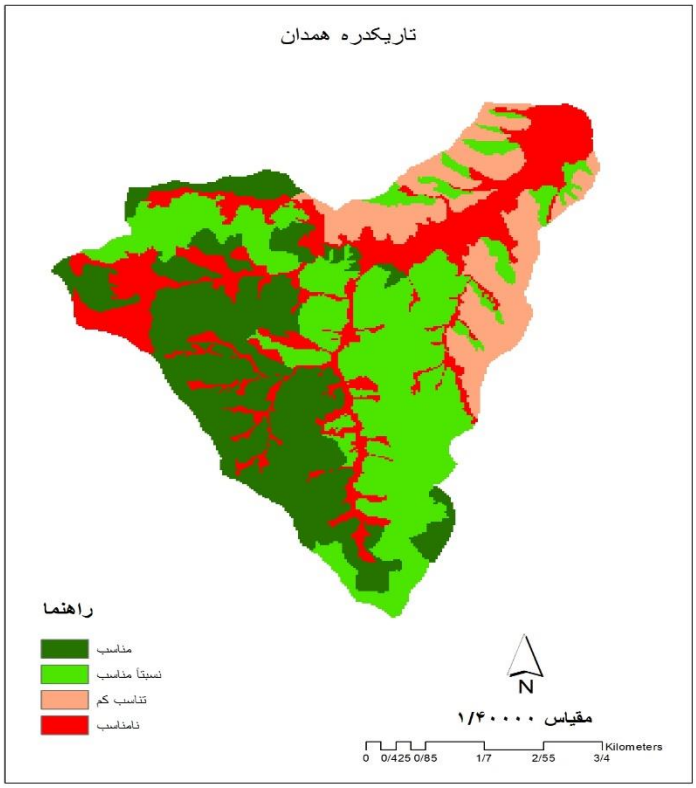
Harmonic:Boyce=0.772 +- 0.3992 رابطه۵

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



شکل ۱۶- منحنی Predicted/Expected حاصل از روش میانگین هارمونیک فاصله

به‌منظور واقعی‌سازی و افزایش دقت نقشه حاصل از مدل ENFA موقعیت باغ‌ها و چمن‌زارهای حاشیه رودخانه و چشمه‌های منطقه تاریکدره که فاقد حضور گونه مورد مطالعه بود از تصاویر گوگل ارث منطقه استخراج و به طبقه نامطلوب حضور گونه *Astragalus* spp. اضافه گردید.



شکل۱۷- نقشه نهایی رویشگاه بالقوه گونه *Astragalus* spp. در منطقه تاریکدره همدان

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

بحث و نتیجه‌گیری

گون‌ها عملکردهای مختلفی در اکوسیستم‌های کوهستانی، مرتعی و بیابانی دارند که از مهم‌ترین آن می‌توان به نقش آن‌ها به عنوان پناهگاه حیات وحش و فون عرصه‌های طبیعی، حفظ بانک بذر گیاهان علوفه‌ای و کمیاب، حفظ آب و خاک، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، ترسیب کربن و ایجاد تعادل در گازهای گلخانه‌ای نام برد. منطقه مورد مطالعه تاریکدره، یک منطقه تاریخی، توریستی به شکل دره‌ای کوهستانی، مرتفع و مرتعی در دامنه پر شیب شمالی ارتفاعات الوند و در حریم شهر همدان قرار گرفته است. شاخص‌های اقلیمی مهم منطقه تاریکدره، شامل مقادیر رطوبت نسبی ۲۷/۷ درصد، دمای متوسط ۱/ ۱۰سانتی‌گراد، تعداد۱۳۵/۱روز یخبندان در فصل زمستان، تبخیر سالانه ۲۰۸۸ میلی‌متر و بارش سالیانه ۱/ ۳۰۱ است که حاکی از اقلیم نیمه‌خشک سرد است. یکی از پارامترهای مهم و موثر در مناطق کوهستانی پارامتر ارتفاع است که بر فرآیندهای اکولوژیکی مختلفی از طریق تغییرات دمایی، رطوبت و تابش خورشید که برای رشد و بقای گیاهان حیاتی هستند، تأثیر می‌گذارد. ارتفاع یک عامل بنیادین در تعیین توزیع گیاهان در زیستگاه‌های کوهستانی است. تأثیر ارتفاع به‌ویژه به وضوح مشهود است زیرا بر متغیرهای اقلیمی و نوع‌های زیستگاه تأثیر می‌گذارد و منجر به تغییراتی در ترکیب جوامع گیاهی می‌شود. در مناطق کوهستانی، گونه‌های گون معمولاً در نواحی ارتفاعی خاصی یافت می‌شوند که شرایط میکروکلیمایی به رشد آن‌ها کمک می‌کند، بنابراین نشان می‌دهد که ارتفاع به‌طور قابل توجهی آشیان اکولوژیک را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Buri et al., 2020). نتایج این مطالعه بیانگر اهمیت سایر فاکتورهای فیزیوگرافیک متاثر از ارتفاع، مانند شیب و جهت جغرافیایی است که در استقرار و پراکندگی گیاه گون موثر بوده است. بررسی نتایج نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه گون حاصل از مدل ENFA نشان از آن دارد که گونه مورد مطالعه عمدتاً در شیب‌های بیش از ۲۵ درجه و در جهات جغرافیائی جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی دارای پراکندگی بهتر و متراکم‌تری نسبت به سایر مناطق است. جهت جغرافیایی بر دریافت نور خورشید، حفظ رطوبت و گرادیان‌های دما تأثیر می‌گذارد. یانگ و همکاران (Yang et al., 2020) در مطالعه‌ای نشان دادند که تغییرپذیری میکروکلیمایی تحت تاثیر جهت شیب در دره‌های خشک کوهستانی بر نوع و الگوی توزیع پوشش گیاهی تأثیر به‌سزایی دارد. گذارد. رشد گونه‌های *Astragalus* در شیب‌های رو به جنوب ممکن است به‌علت شرایط گرم‌تر و تابش خورشید بیشتر سریع‌تر باشد. در حالی که شیب‌های شمالی ممکن است رژیم رطوبتی متفاوتی را القا کنند و در نتیجه ترکیب گونه‌ها را به نفع دیگر گیاهان با نیاز به رطوبتی بیشتر تغییر دهند. شیب زمین عامل دیگری است که بر آشیان اکولوژیک گونه‌های گون تأثیر محسوسی دارد. پان و همکاران (Pan et al., 2022) نشان دادند درصد شیب نه تنها بر توزیع و ترکیب جوامع گیاهی، بلکه جوامع میکروبی و ویژگی‌های خاک نیز تأثیر می‌گذارد. شیب‌های تند معمولاً الگوهای متفاوتی از آب و فرسایش خاک را نشان می‌دهند که می‌تواند منجر به مجموعه‌ای متمایز از عناصر غذایی خاک برای جذب گیاهان شود. چنین تغییراتی می‌تواند باعث تمایز آشیان بین گیاهان گردد. در منطقه مورد مطالعه شرایط ایده‌آل رشد گونه‌های گون (مانند ترکیب خاک، زهکشی و قابلیت رطوبت) در شیب بیش از ۲۵ درجه فراهم شده است. البته ازآنجاکه شیب بر الگوهای فرسایش اثر مستقیمی دارد، می‌تواند بر پایداری آشیان اکولوژیکی گونه‌های گیاهی اثر داشته باشد (Cen et al., 2022). تأثیر فاکتورهای پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک در تعیین مناطق مطلوبیت حضور گونه‌های گون بوته‌ای (*Astragalus* spp.) نیز در این مطالعه مشاهده شد. ترکیب مواد غذایی خاک، به ویژه سطح‌های فسفر و پتاسیم، نقش حیاتی در مطلوبیت زیستگاه گونه‌های گیاهی ایفا می‌کنند. فسفر برای چندین فرآیند فیزیولوژیکی در گیاهان، از جمله انتقال انرژی و فتوسنتز، ضروری است که به‌طور مستقیم بر الگوهای رشد و موفقیت باروری تأثیر می‌گذارد. سطوح مناسب فسفر با توسعه بهتر ریشه و شادابی کلی گیاه مرتبط است. پتاسیم نیز برای تنظیم حرکت آب و تعادل اسمزی درون سلول‌های گیاهی حیاتی است و بر مقاومت در برابر خشکی و کارایی جذب مواد مغذی تأثیر می‌گذارد. بر اساس مطالعات اثر کودپاشی بر رشد گیاه گون فسفر و نیتروژن نقش مهمی ایفا می‌کنند (Wang et al., 2008). بنظر می‌رسد در مناطقی که دارای پروفایل‌های متفاوت مواد غذایی در خاک هستند، حضور غلظت‌های بالای فسفر و پتاسیم ممکن است موجب برتری گونه‌های گون بر سایر گیاهان شود و آشیان اکولوژیک آن‌ها را تقویت کرده و به دینامیک ساختار جامعه کمک کند.

مطالعات نشان می‌دهد میزان بارندگی سالیانه از دیگر عوامل مؤثر برحضور گونه مورد مطالعه است (Albrecht and Long, 2019). در مطالعاتی که به بررسی عوامل

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

محیطی اثرگذار درتعیین رویشگاه گون سفید به روش ENFA پرداخته شده، نتایج مشابهی از حیث اثرگذاری فاکتورهای مختلف فیزیوگرافی، خاک و اقلیم درمطلوبیت گستره حضور گونه مورد مطالعه با مطالعات حال حاضر داشته است (برنا و همکاران، ۱۳۰۴؛ زارع چاهوکی و عباسی، ۱۳۹۴). این موضوع به دلیل مقدار کم شاخص تحمل‌پذیری و تخصص‌گرا بودن این گونه در محدوده منابع رویشگاهی خود است. همچنین با بررسی نتایج مطالعات فوق مشخص گردید فاکتور درصد سنگ‌ریزه و شن از عوامل ادافیکی تأثیر-گذار در تعیین رویشگاه‌های گونه‌های مشابه بوده است. در مطالعه حاضر درصد سنگ‌ریزه و شن به همراه عوامل محیطی دیگر که دارای همبستگی بالای ۸۵ ٪ بوده‌اند حذف گردیده است. علت آن را می‌توان توجه به نقاط حضور در زمان پیمایش زمینی عرصه و کم دقتی نقشه در ارائه اطلاعات این فاکتور مهم دانست. براساس نتایج این مدل مقادیر حاشیه-گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری در این مطالعه به ترتیب ۱/۵۵، ۶/۳۵ و ۳/۶۵ محاسبه گردیده است. حاشیه‌گرایی بیشتر از ۱ بدین معنی است که مطلوبیت زیستگاه *Astragalus* spp در منطقه مطالعاتی، شرایط رویشگاهی بالاتر از شرایط میانگین منطقه است. مقدار پائین (۳/۶۵) شاخص‌تحمل‌پذیری نیز تا حدی نشان از تخصص‌گرا بودن گونه در محدوده منابع رویشگاهی خود است. تحمل‌پذیری و تخصص‌گرایی دو پارامتر مرتبط هستند که نشان‌دهنده تعامل گونه گیاهی با تغییرات محیطی است. با توجه به مقدار پائین شاخص تحمل‌پذیری حاصل از مدل نسبت به بارندگی سالیانه (۰/۱۷-) و رابطه معکوس تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری گونه می‌توان بیان داشت تغییرات اقلیمی بخصوص تغییرات بارش سالیانه می‌تواند به جابجائی و محدود شدن مناطق مناسب رویشگاهی گونه مورد مطالعه منتج شود. با توجه به نتایج این پژوهش از مساحت کل ۳۵۷۶ هکتار محدوده تاریکدره، ۱۰۷۰ هکتار رویشگاه مناسب، ۱۱۹۳ هکتار رویشگاه نسبتا مناسب، ۴۹۱ هکتار با تناسب کم و ۸۲۱ هکتار برای رویش گون های بوته ای نامناسب تشخیص داده شد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت و همکاری دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست و اداره کل منابع طبیعی استان همدان انجام شده است.

منابع

اسفنجانی، ج.، زارع چاهوکی، م.ع، روحانی، ح.، اسمعیلی، م.م، بهمنش، ب. ۱۳۹۵. شبیه‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه‌های گیاهی مراتع چهارباغ استان گلستان با استفاده از روش تحلیل عاملی بوم‌شناختی(ENFA). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۳(۳): ۵۲۶-۵۱۶.

بخشی، ح.، سلمان ماهینی، ع.، وارسته مرادی، ح.، حسنی، م. ۱۳۹۴. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکا (*Capreolus capreolus*) با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در پارک ملی گلستان. فصلنامه محیط زیست جانوری، ۷(۴): ۴۲-۳۱.

برنا، ف.، تمرتاش، م.، طاطیان، م.، غلامی، و. ۱۳۹۵. مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گون سفید با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی و رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: مراتع ییلاقی بلدهٔ نور). نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات و جغرافیائی در منابع طبیعی، ۷(۴): ۶۱-۴۵.

برنا، ف.، تمرتاش، ر.، طاطیان، م.ر.، غلامی، و.۱۴۰۰. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه اسپرس کوهی (*Onobrychis cornuta*) با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در مراتع بلده نور. مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۴: ۲۷۳-۱۸۴.

بهمنش، ب.، طبسی، ع.، فخیره، ا.، خلاصی اهوازی، ل. ۱۳۹۷. مدل-سازی پراکندگی گیاهان دارویی *Thymus kotschyanus Boiss* و*Achillea millefolium* با روش تحلیل آشیان بوم-شناختی و رگرسیون لوجستیک. حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۶ (۱۳): ۹۱-۱۲۰.

پیری صحراگرد، ح.، آجورلو، م.، کرمی، پ. ۱۳۹۷. مدل‌سازی تناسب زیستگاه گونه‌های مرتعی با استفاده از روش جنگل تصادفی در مراتع خشک کوهستانی. مجله علوم کوهستان، ۱۵(۱۰): ۲۱۵۹-۲۱۷۱.

حسینی، س.ح.، آذرنیوند، ح.، عیاری، م.، زارع چاهوکی، م.ع.، عرفان-زاده، ر.، خیراندیش. ر. ۱۳۹۸. مدل‌سازی رویشگاه‌های بالقوه *Pergularia tomentosa* با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی و تأثیر متغیرهای محیطی بر ویژگی‌های کمی آن در مراتع خشک جنوب شرقی ایران. مجله اکولوژی و محیط زیست، ۳: ۴۲-۲۷.

زارع‌چاهوکی، م.، عباسی، ع. ۱۳۹۴. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه آویشن کوهی به روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی). دو ماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۴: ۵۷۳-۵۶۱.

زرکامی، ر.، اسفندی، ج.، میگی، ع. ۱۳۹۹. بررسی مطلوبیت زیستگاه گیاه سنبل آبی مهاجم(*Eichhornia crassipes Mart. Solms*) در برخی از اکوسیستم‌های حوزه آبخیز تالاب انزلی با

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

استفاده از مدل خطی تعمیم یافته، مجله اکولوژی آبزیان، ۴: ۳۲-۱۴.

سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور. ۱۴۰۰. نقشه پوشش گیاهی استان همدان

شافعی‌زاده، م.، مرادی، ح.، فخاران، س.، پورمنافی، س. ۱۳۹۹. مدل-سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های کانونی به‌منظور برنامه‌ریزی حفاظت از تنوع زیستی در منطقه جنوب شرق ایران. مجله اکولوژی کاربردی ایران، ۷(۳): ۶۱-۵۵.

صفایی، م.، ترکش، م.، بشری، ح.، بصیری، م. ۱۳۹۸. مدل‌سازی زیستگاه بالقوه *Astragalus verus* Olivier برای تصمیمات حفاظتی: مقایسه سه مدل همبستگی. فلور، ۲۴۲: ۶۹-۶۱.

مومنی، ج.، اسماعیل پور، ی.، غلامی، ح.، فراشی، ع. ۱۴۰۱. پیش-بینی پراکندگی جغرافیایی جنس کما (Ferula spp) با استفاده از مدل‌سازی تناسب زیستگاه(مطالعه موردی: خراسان رضوی و شمالی). مجله مدیریت اکوسیستم، ۲(۱): ۳۵-۲۵.

Albrecht, M.A., Long, Q.G. 2019. Habitat suitability and herbivores determine reintroduction success of an endangered legume. Plant Diversity, 41(2): 109-117.

Buri, A., Grand, S., Yashiro, E., Adatte, T., Spangenberg, J., Pinto-Figueroa, E., Verrescchia, E., Guisan, A. 2020. What are the most crucial soil variables for predicting the distribution of mountain plant species? a comprehensive study in the swiss alps. Journal of Biogeography, 47(5): 1143-1153.

Cen, Y., Zhang, B., Luo, J., Deng, Q., Liu, H., Wang, L. 2022. Influence of topographic factors on the characteristics of gully systems in mountainous areas of ningnan dry-hot valley, sw china. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(14):8784.

Cano-Ortiz, A., Cano Carmona, E. 2024. Introductory Chapter: Teaching Plant Dynamics as a Basis for the Establishment of Climax Vegetation – The Need for Research and Learning. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.115524, 122 p.

Hirzel, A. 2001. When GIS come to life. Linking landscape and population ecology for large population management modeling: the case of Ibex (*Capra ibex*) in Switzerland. Phd thesis, University De Lausanne, 106 p.

Hosseini, N., Ghorbanpour, M., Mostafavi, H. 2024. Habitat potential modelling and the effect of climate change on the current and future distribution of three Thymus species in Iran using MaxEnt. Scientific Reports, 14(1): 3641.

Jantakat, Y., Juntakut, P., Jantakat, C. 2025. Identifying Niche Factors for Planting Vetiver Grass in Thailand. ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports, 28(1): e254975.

Pan, J., Liu, Y., Yang, Y., Cheng, Z., Lan, X., Hu, W., Shi, G., Zhang,Q., Feng, H. (2022). Slope aspect determines the abundance and composition of nitrogen-cycling microbial communities in an alpine ecosystem. Environmental Microbiology, 24(8): 3598-3611.

Ray, D., Behera, M., Jacob, J. 2017. Evaluating Ecological Niche Models: A Comparison between Maxent and Garp for Predicting Distribution of *Hevea brasiliensis* in India. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 88:1337-1343.

Tarkesh, M., Jetschke, G. 2012. Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. Environmental and Ecological Statistics, 19: 437-457.

Wang, W. L., Wang, Z., Xu, F. L. 2008. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium application on growth and active ingredient of Astragalus membranaceus. China Journal of Chinese Materia Medica, 33(15): 1802-1806.

Yang, J., El-Kassaby, Y., Guan, W. 2020. The effect of slope aspect on vegetation attributes in a mountainous dry valley, southwest china. Scientific Reports, 10(1):16465.

Yang, J., Li, X., Yang, J., Yu, S., Zhang, H., Yang, B. 2024. Variation in plant functional traits explains the substitution distribution and allocation strategy of Stipa species across natural grasslands of Ningxia, Northern China. Ecology and Evolution, 14(8): 1-12.

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