مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه اسپرس کوهی (*Onobrychis cornuta*) با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در مراتع بلده نور

فرهاد برنا[۱]، رضا تمرتاش[۱*]، محمدرضا طاطیان[۱] و وحید غلامی[۲]

[۱] **ایران، ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده منابع طبیعی**

[۲] **ایران، صومعه سرا، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، گروه مرتع و آبخیزداری**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۷

چکیده

مدل‌های آشیان بوم‌شناختی ابزارهایی هستند که اجازه می‌دهند مناطق مناسب مطلوبیت گونه‌ها محاسبه شود، همچنین خط‌مشی-های حفاظت را توسعه می‌دهند. جهت مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه اسپرس کوهی (*Onobrychis cornuta*)، از روش تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در محیط نرم‌افزار Biomapper استفاده شده است. در این مطالعه از نقاط حضور گونه به عنوان متغیر وابسته و از ۱۴ متغیر محیطی به عنوان متغیر مستقل استفاده شد. پس از تهیه لایه‌ها، با استفاده از مدل تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی تجزیه و تحلیل شدند. متغیرهای محیطی تأثیرگذار شامل میانگین دمای سالانه، جهت جغرافیایی، هدایت الکتریکی، شیب و مواد خنثی شونده خاک مورد استفاده قرار گرفتند. 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 می-تواند به طور گسترده برای شناسایی مناطق مناسب برای حفاظت از گونه‌های گیاهی بومی و ارزشمند استفاده شود.

واژه های کلیدی: پراکنش بالقوه، آشیان بوم‌شناختی (EN)، سیستم اطلاعات جغرافیایی، Biomapper، بلده‌ی نور

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۶۹۹۷۰۴۶، پست الکترونیکی: reza_tamartash@yahoo.com

مقدمه

پوشش گیاهی هر منطقه حاصل تغییرات محیطی آن است. بنابراین می‌توان گفت که ترکیبی از عوامل بوم‌شناختی مانند آب و هوا، خاک و پستی و بلندی بر استقرار گونه-های گیاهی تأثیر می‌گذارد (۲۶). مدل آشیان بوم‌شناختی بعنوان یک ابزار مهم، می‌تواند با پیش‌بینی توزیع پوشش گیاهی در یک منطقه براساس رابطه بین توزیع فضایی پوشش گیاهی و برخی متغیرهای محیطی به مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گیاهی بپردازد (۳۵، ۲۶ و ۲۷). مدل‌های پیش‌بینی کننده محدوده پراکنش گونه، محدوده توزیع گونه‌ها و زیستگاه‌هایشان را پیش‌بینی می‌کنند، بنابراین می-توانند ابزار مناسبی برای اهداف حفاظتی و مدیریتی باشند (۸). همچنین به‌دلیل توانایی مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه در کشف روابط بین وقوع گونه‌ها و شرایط محیطی، این مدل‌ها ابزاری مهم در بوم‌شناسی هستند (۲۲ و ۳۶) و استفاده از نتایج آن‌ها در برنامه‌های حفاظتی در مقیاس منطقه‌ای، به سرعت در حال توسعه است (۲۵). امروزه مدل‌های زیادی برای بررسی روابط میان گونه و عوامل محیطی با استفاده از اطلاعات مربوط به نقاط حضور (یا همان پراکنش فعلی) گونه‌ها به کار می‌روند (۹). برتری مدل‌هایی که با استفاده از اطلاعات مربوط به حضور گونه-ها اقدام به مدل‌سازی می‌کنند نسبت به سایر مدل‌ها این است که بیش‌تر اطلاعات در دسترس مربوط به حضور

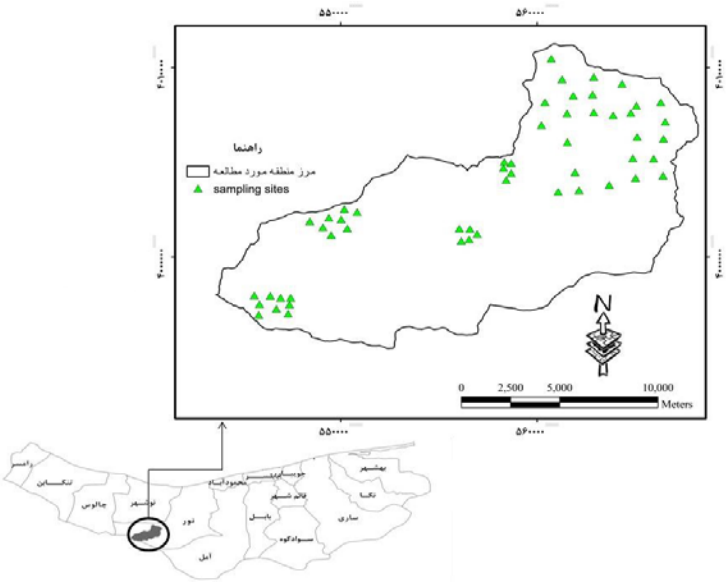
گونه‌ها بوده و داده‌های عدم حضور به ندرت در دسترس هستند؛ یا مقادیر آن‌ها با شک و تردید همراه است (۲۱). مدل تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی یکی از روش‌های رایج برای مدل‌سازی توزیع گونه‌هاست که بر پایه داده‌های حضور گونه استوار است (۳۰). مدل‌سازی در روش تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در مقایسه با روش‌های وابسته به داده‌های حضور و عدم حضور نظیر مدل خطی تعمیم یافته، مدل افزایشی تعمیم یافته و درخت رگرسیون با دقت بیش‌تری انجام می‌پذیرد؛ زیرا ثبت نقاط عدم حضور گونه در این روش‌ها در پاره‌ای اوقات، نظیر زمانی که مشاهده حضور گونه دشوار است، ممکن است به اشتباه صورت گیرد (۳۰). استفاده از داده‌های عدم حضور می‌تواند در نتایج اریب ایجاد کند و در نتیجه استفاده از روش‌هایی مبتنی بر نقاط حضور نتیجه مطلوب‌تری خواهد داشت (۳۲). محققانی همانند امیدی و همکاران (۱)، مصطفوی و همکاران (۲۰) و Hengl و همکاران (۲۸) با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عاملی بوم شناختی به تعین مطلوبیت زیستگاه‌های جانوری پرداختند. برای تعیین رویشگاه گونه‌های گیاهی با استفاده از روش ENFA می‌توان به مواردی همچون Trethowan و همکاران (۳۷) که با استفاده از مدل آشیان بوم‌شناسی رویشگاه گونه *Campuloclinium macrocephalum* را بررسی کردند و همچنین Wolmarans و همکاران (۴۰) که به پیش‌بینی توزیع گونه‌های مهاجم مرتعی با استفاده از مدل آشیان بوم شناختی پرداختند اشاره کرد.

تیره حبوبات (Fabaceae) با حدود ۶۰۰ جنس و بیش از ۱۲۰۰۰ گونه، سومین تیره بزرگ در بین گیاهان گلدار است. جنس اسپرس با حدود ۱۳۰ گونه از بقولات علوفه‌ای بسیار ارزشمندی است که قرنهاست در سطوح وسیعی از ممالک مختلف، به ویژه مناطق معتدل آسیا و از جمله ایران کشت می‌شود، اگرچه در رویشگاه‌های مناطق سرد کوهستانی نیزبه طور خودرو دیده می‌شود. جنس اسپرس شامل گیاهانی یکساله یا دایمی، اغلب ایستاده و به ندرت به صورت بوته‌های تیغدار بوده که اغلب دارای کُرک‌های ساده و گاهی بدون کرک هستند (۳۴). گونه اسپرس کوهستانی یا پشته‌ای (*Onobrychis cornuta*) گیاهی مقاوم به خشکی بوده، همچنین این گیاه علوفه‌ای است و مناسب کشت در مناطقی که برای کشت یونجه مناسب نیست. همچنین جزء گونه‌های خوشخوراک برای گوسفند و گاو بوده به گونه‌ای که آن را به یونجه ترجیح می‌دهند (۶).

به منظور فراهم کردن اطلاعات و شناخت در مورد خصوصیات رویشگاهی گونه مورد مطالعه چگونگی عمل و رفتار این گونه گیاهی در اکوسیستم‌های مرتعی و مطابق با آن شناخت رویشگاه‌های دارای ویژگی‌های بالقوه جهت استقرار و پراکنش این گونه در عملیات اصلاحی مراتع، مدل مطلوبیت رویشگاه این گونه با استفاده از یکی از روش‌های مناسب در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه و تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه، استفاده از روش تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی به کار گرفته شد، در عین حال به بازگشت دوباره برخی مراتع تخریب یافته و در حال تخریب که زمینه پرورش گونه مذکور را دارند کمک شود و بتوان بدین صورت در جهت مدیریت صحیح و استفاده علمی و اقتصادی رویشگاه‌های مرتعی مرتبط گام برداشت. استفاده از این روش فقط نیاز به داده‌های حضور دارد و این باعث صرفه جویی در زمان و بودجه خواهد شد (۹). بنابرین لازم است که برای پرورش و به‌کارگیری این گونه و اهمیت آن در حفاظت خاک شناخت کاملی در مورد رویشگاه این گونه به دست آورد. گونه اسپرس کوهی (*O. cornuta*) با وجود گسترش زیاد در منطقه تاکنون پژوهش‌های زیادی در این مورد انجام نشده است. با توجه به موارد گفته شده، هدف از این مطالعه تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه *O. cornuta* و عوامل مؤثر بر مطلوبیت رویشگاه آن، تعیین دامنه آشیان بوم‌شناختی این گونه گیاهی با بکارگیری تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی می‌باشد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه: مراتع ییلاقی بلده با مساحت حدود ۲۰۰۰۰ هکتار در استان مازندران، شهرستان نور بین ′۲۹ و °۵۱ تا ′۴۵ ، °۵۱ طول شرقی و ′۰۵ ، °۳۶ تا′۱۴ و °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. بیشینه و کمینه ارتفاع منطقه به ترتیب۴۱۹۲ و ۲۱۱۴ متر می‌باشد. میانگین دمای سالیانه هوا بین ۷ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد، میزان بارندگی سالانه در طول یک دوره ده ساله به طور متوسط ۳۰۸ میلی‌متر می‌باشد. بیشینه متوسط دمای گرم‌ترین ماه و کمینه متوسط دمای سردترین ماه سال بترتیب برابر با ۲۲/۵ و۳/۷ درجه سانتی‌گراد است و از نظر طبقه‌بندی اقلیم براساس روش آمبرژه (Q= ۴۱/۶) نوع اقلیم نیمه مرطوب سرد است (۲).



شکل ۱ – موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان مازندران

روش تحقیق: در این پژوهش ابتدا با پیمایش زمینی تیپ رویشی گونه *Onobrychis cornuta* در منطقه شناسایی و محدوده آن به کمک عوارض طبیعی مشخص شد. در تیپ *Onobrychis cornuta* با استفاده از روش طبقه‌بندی– تصادفی تعداد ۵۶ سایت حضور انتخاب و مختصات حضور گونه با استفاده از GPS ثبت شد. بمنظور پیش‌بینی رویشگاه *Onobrychis cornuta* در منطقه بلده نیاز به تولید نقشه‌های پایه محیطی است، لذا نقشه‌های مدل ارتفاعی رقومی، شیب و جهت جغرافیایی برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد. پس از تهیه نقشه‌های اقلیم و متغیرهای خاک، اقدام به انجام مطالعات آزمایشگاهی خاک از طریق انتخاب مناطق نمونه شد. به منظور مطالعه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌های خاک پس از خشک شدن کامل در هوای آزاد، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد (۳۳). برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک از روش والکی و بلک، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال، تعیین درصد ذرات رس، سیلت و ماسه (بافت خاک) از روش هیدرومتری بایکاس، واکنش خاک (pH) به روش پتانسیومتری، درصد آهک از روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. نقشه‌ی رقومی ۱۴ متغیر محیطی شامل متغیرهای فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع)، خاک (شن، سیلت، رس، اسیدیته، هدایت الکتریکی، مواد خنثی شده، کربن آلی، رطوبت اشباع خاک، نسبت جذب سدیم) و اقلیم (دمای میانگین سالانه، بارش میانگین سالانه) در محیط Arc GIS نسخه ۹/۳ (متغیرهای خاک و اقلیم با روش درونیابی) با اندازه پیکسل ۱۰×۱۰ متر تولید شد (جدول ۱).

جدول ۱ – متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه اسپرس کوهی با استفاده از تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی

	ردیف	متغیر	علائم اختصاری	واحد
متغیرهای فیزیوگرافی	۱	ارتفاع	DEM	متر
	۲	شیب	Slope	درجه
	۳	جهت	Aspect	درجه
متغیرهای خاکی	۴	شن	Sand	درصد
	۵	سیلت	Silt	درصد
	۶	رس	Clay	درصد
	۷	اسیدیته	pH	–
	۸	هدایت الکتریکی	Ec	دسی زیمنس بر متر
	۹	مواد خنثی‌شده	T.N.V	–
	۱۰	کربن آلی	OC	درصد
	۱۱	رطوبت اشباع	Sp	درصد
	۱۲	نسبت جذب سدیم	SAR	–
متغیرهای اقلیمی	۱۳	میانگین دمای سالانه	A.m.t	درجه سانتی‌گراد
	۱۴	میانگین بارش سالانه	A.m.p	میلی‌متر

پس از تولید نقشه متغیرهای محیطی در محیط نرم افزار Arc GIS 9.3، جهت انجام مدل‌سازی از نرم‌افزار Biomapper 4 استفاده شد (۳۱). برای ورود نقشه‌های تولید شده به این نرم‌افزار با توجه به اینکه این نرم‌افزار فرمت خاصی دارد، ابتدا با استفاده از نرم افزار Idrisi Selva لایه‌ها به فرمت مورد نظر تبدیل شدند. نرم‌افزار Biomapper دارای دو بخش به شرح زیر می‌باشد: WorkMap: این بخش بعنوان متغیر وابسته و شامل نقشه‌ی نقاط حضور گونه گیاهی مورد مطالعه در سطح منطقه مطالعاتی می‌باشد. Ecogeographicl Maps: این بخش شامل اطلاعات متغیرهای مستقل محیطی هستند (۳۰). بنابراین نقشه‌های متغیرهای محیطی در این بخش قرار گرفت. قبل از انجام آنالیز ENFA به بررسی کیفیت داده‌ها پرداخته شد، زیرا این آنالیز به نرمال بودن داده‌های ورودی حساس است. به این منظور متغیرهای مستقل به روش BOX – COX نرمال شدند (۳۰).

با اطمینان از نرمال بودن متغیرها، به بررسی همبستگی آن‌ها پرداخته شد. استفاده از لایه‌های همبسته می‌تواند با افزایش درجه آزادی، باعث افزایش مصنوعی ضریب همبستگی شود. بنابراین در غالب ماتریس همبستگی بررسی‌ها انجام می‌شود و از بین دو یا چند متغیری که دارای همبستگی بیش از ۸۵ درصد هستند (۲۹)، یکی از آن‌ها از فهرست متغیرهای وارد شونده حذف می‌شود؛ سایر متغیرها پس از انجام ماتریس همبستگی و انجام PCA به‌دلیل اهمیت کمی که داشتند، حذف شدند. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه براساس متغیرهای محیطی انتخاب شده با تخمین اکوجغرافیایی، از درجه‌ی تشابه بین هر شبکه‌ی مربعی (سلول) دامنه‌ی داده‌های محیطی از عملکرد گونه، حاصل می‌شود که در حقیقت احتمال حضور گونه را تعیین می‌کند. بنابراین، از نقشه‌ی حضور یک گونه، یک نقشه‌ی پراکنش گونه در قالب نقشه‌ی تناسب رویشگاه با ارزش‌هایی که از صفر (حداقل کیفیت زیستگاه) تا ۱۰۰ (حداکثر کیفیت زیستگاه) متفاوت است، حاصل می‌شود (۲۷). بدین منظور نرم‌افزار از چهار الگوریتم میانه، میانگین هندسی فاصله‌ها، میانگین هارمونیک فاصله‌ها و حداقل سطح استفاده می‌کند(۱۳)، براین اساس هر چه میزان شاخص بویس بیش‌تر و انحراف معیار کم‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی این

است که الگوریتم مناسب‌تر می‌باشد (۳۲). شاخص بویس بین مقادیر ۱- تا ۱+ تغییر می‌کند؛ مقادیر مثبت نشان-دهنده‌ی 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 (۲۰). نهایتاً برای تعیین طبقات نقشه مطلوبیت از نمودار خطی حاصل از بکارگیری شاخص بویس استفاده شد (۲۳).

در روش تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی که در نرم‌افزار Biomapper صورت می‌گیرد، خروجی‌های آنالیز شامل ماتریس همبستگی، ماتریس امتیازی، ماتریس کواریانس و مقادیر ویژه 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 باید حذف لایه انجام شود (۲۹ و ۳۰).

پس از تهیه‌ی نقشه شایستگی رویشگاه بمنظور ارزیابی مدل از روش اعتبارسنجی متقابل (Cross Validation) با استفاده از داده‌های ورودی مدل استفاده شد (۳۲). برای این منظور از سطح زیر منحنی AUC استفاده گردید 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 (۴۱).

نتایج

با انجام آنالیز ENFA خروجی‌های مختلفی به دست می‌آید که ماتریس همبستگی اولین خروجی مستخرج شده می-باشد که پس از حذف متغیرهای دارای همبستگی، ماتریس نهایی در قالب جدول ۲ ارائه شد.

جدول ۲- ماتریس همبستگی متغیرهای محیطی

	دمای میانگین سالانه	جهت	هدایت الکتریکی	شیب	مواد خنثی‌شده
دمای میانگین سالانه	۱				
جهت	۰/۱۷	۱			
هدایت الکتریکی	۰/۶۸	۰/۵۷	۱		
شیب	۰/۸	۰/۶۶	۰/۷۵	۱	
مواد خنثی‌شده	۰/۶۸	۰/۵۷	۰/۳۱	۰/۶۱	۱

از بین ۱۴ عامل محیطی وارد شده به نرم‌افزار تنها بر روی پنج متغیر محیطی امکان روش ENFA وجود داشت. که متغیرهای دمای میانگین سالانه، جهت جغرافیایی، هدایت الکتریکی، شیب و مواد خنثی شده خاک به عنوان متغیرهای محیطی مورد استفاده قرار گرفتند.

ماتریس امتیازی (جدول ۳) حاصل از روش ENFA نشان داد که مهم‌ترین عوامل در تعیین مطلوبیت زیستگاه *Onobrychis cornuta* بترتیب شامل متوسط دما سالانه و هدایت الکتریکی می‌باشند، همچنین جهت جغرافیایی، درصد شیب و مواد خنثی‌شده خاک از اهمیت نسبتاً بالایی برخوردار هستند.

جدول ۳- ماتریس امتیازی متغیرهای مستقل محیطی

ردیف	Marginality (حاشیه‌گرایی)	۱	۲	۳	۴
دمای میانگین سالانه	**۰/۵۷**	۰/۲۳	-۰/۴۹	-۰/۳۴	۰/۵۸
جهت جغراقیایی	۰/۳۹	-۰/۱۵	۰/۸	۰/۰۰	۰/۱۷
هدایت الکتریکی	**۰/۵۱**	۰/۵۷	۰/۱۶	۰/۰۰	-۰/۵۷
شیب	۰/۳۹	-۰/۷	-۰/۲۸	۰/۸۲	۰/۱۲
مواد خنثی‌شده	۰/۲۹	-۰/۳	۰/۰۰	-۰/۴۵	-۰/۵۲

جدول ۴ سهم هر یک از متغیرهای محیطی را در توزیع جغرافیایی گونه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد. عامل اول آنالیز ENFA ۱۰۰ درصد حاشیه گرایی و ۹۱ درصد تخصص-گرایی را نشان می‌دهد. عامل دوم و سوم ۳ درصد، عامل چهارم و پنجم 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 ۴- ماتریس امتیازات به دست آمده از تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک

عوامل محیطی	عامل‌اول ENFA حاشیه‌گرایی ۱۰۰٪	عامل‌دوم ENFA	عامل‌سوم ENFA	عامل‌چهارم ENFA	عامل‌پنجم ENFA
	تخصص‌گرایی (۹۱٪)	تخصص‌گرایی (۳٪)	تخصص‌گرایی (۳٪)	تخصص‌گرایی (۱٪)	تخصص‌گرایی (۱٪)
دمای میانگین سالانه	۰/۵۸	۰/۲۳	−۰/۵	−۰/۳۴	۰/۵۸
جهت جغراقیایی	۰/۳۹	−۰/۱۵	۰/۸	۰/۰۰	۰/۱۸
هدایت الکتریکی	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۱۶	۰/۰۱	−۰/۵۸
شیب	۰/۳۹	−۰/۷	−۰/۲۸	۰/۸۳	۰/۱۲
مواد خنثی‌شده	۰/۲۹	−۰/۳۲	−۰/۰۱	−۰/۴۵	−۰/۵۳

ترکیب‌های مختلفی از متغیرهای محیط زیستی برای تولید مدل مطلوبیت زیستگاه *Onobrychis cornuta* به کار گرفته شد تا بهترین مجموعه از متغیرها انتخاب شود. ملاک انتخاب بهترین متغیرها، سهم مدل ایجاد شده با آن‌ها (مدل نهایی) در توجیه حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی گونه و اعتبار مدل بود. برای مدل نهایی، با استفاده از مدل چوب شکسته که توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود، می‌توان تعداد عـاملی را که بیش‌ترین نقش در توضیـح تخصص‌گرایی گونه دارند را مشخص کرد.

نمایه حاشیه‌گرایی (جدول ۵) به معنای فاصله بوم‌شناختی بین میانگین پراکنش در هر متغیر محیطی تا میانگین همان متغیر در سطح کل منطقه مورد مطالعه است. اعداد محاسبه شده توسط نرم‌افزار در جدول ۴ بیان شد. در این جدول ویژگی‌های مدل انتخاب شده (الگوریتم میانه) ارایه شده است.

جدول ۵- نتایج تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در منطقه مورد مطالعه

حاشیه‌گرایی	تخصص‌گرایی	تحمل‌پذیری
۰/۸۷	۲/۴۸	۰/۴

با استفاده از شاخص بویس، الگوریتم مناسب برای تهیه نقشه مطلوبیت انتخاب شد. بر این اساس هر چه میزان شاخص بویس (Boyce) بیشتر و انحراف معیار (SD) کم-تر باشد نشان‌دهنده آن است که الگوریتم انتخاب شده مناسب‌تر است. در این مطالعه، با مقایسه مقادیر شاخص بویس چهار الگوریتم مورد استفاده در نرم‌افزار برای تولید نقشه‌ی رویشگاه بالقوه، الگوریتم میانه انتخاب شد (جدول ۶). سپس نقشه رویشگاه بالقوه گونه تهیه شد (شکل۲). همچنین درستی مدل با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل(SD= ۰/۰۳ و AUC= ۰/۸) تعیین شد.

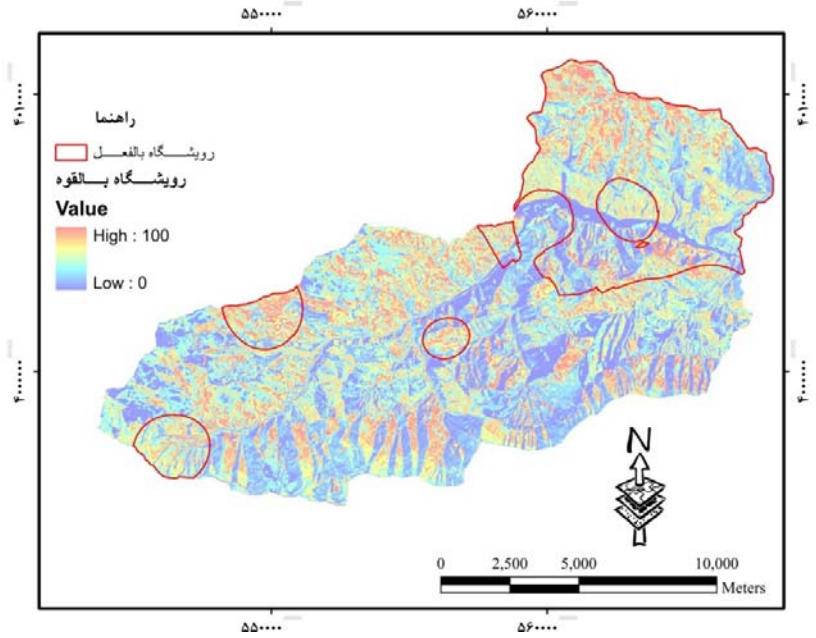
در نمودار خطی حاصل از بکارگیری شاخص Boyce، محور عمودی (Fi) نشان دهنده نسبت مقدار عددی پیش-بینی شده برای هر کلاس (i)، به مقدار مورد انتظار است. با توجه به نمودار حاصل (شکل ۳)، تغییرات شیب نمودار Fi نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه *Onobrychis cornuta* به چهار طبقه تقسیم شد. Hengl و همکاران (۲۵) بیان کردند

$$Fi = Oi / Ei$$

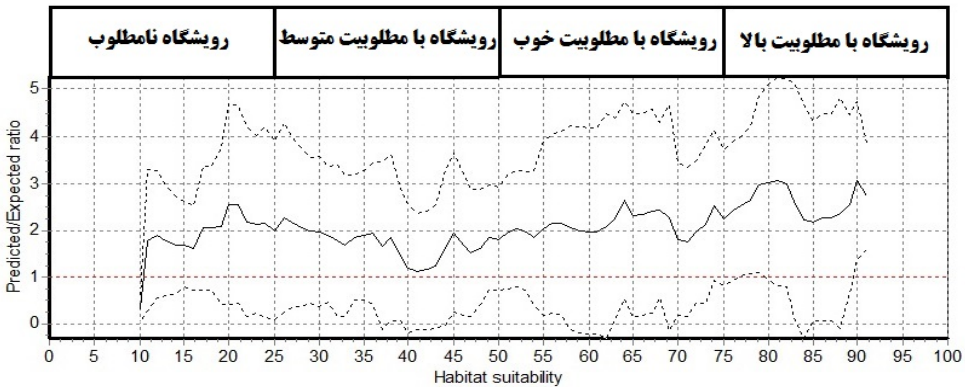
که طبقه بندی نقشه تنها به منظور سهولت درک مطلب انجام می‌شود و می‌تواند به طبقات دیگری نیز تقسیم شود.

جدول ۶- میزان شاخص بویس در الگوریتم‌های مختلف

الگوریتم	Boyce Index ± SD
الگوریتم میانه	۰/۱۳۹±۰/۳۷۸
الگوریتم میانگین هندسی	۰/۰۷۷±۰/۴۶۳
الگوریتم میانگین هارمونیک	۰/۰۳۷±۰/۴۶۰
الگوریتم حداقل فاصله	۰/۰۴۹±۰/۴۵۸

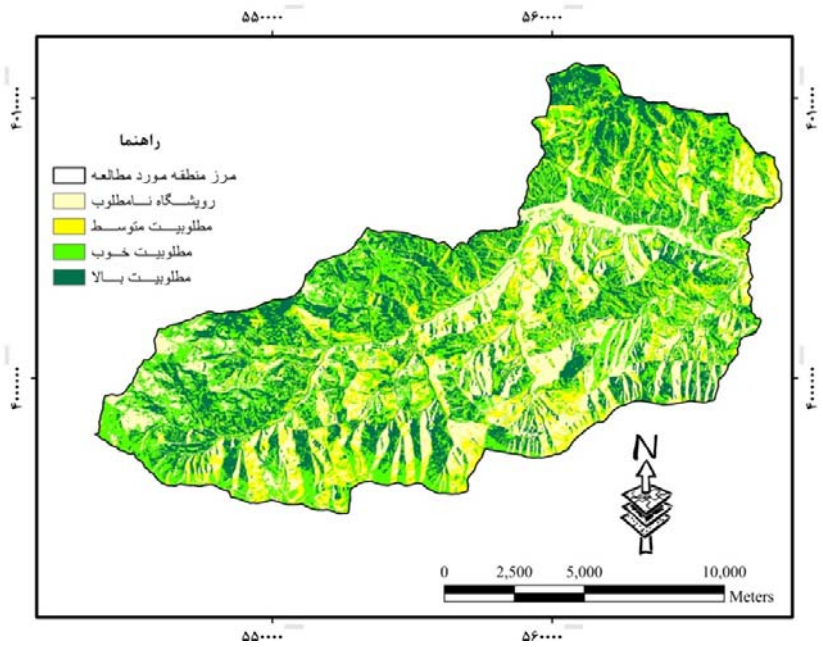


شکل ۲- نقشه رویشگاه بالفعل و بالقوه‌ی گونه *Onobrychis cornuta* در منطقه مورد مطالعه



شکل ۳- نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح مبتنی بر الگوریتم میانه

شکل ۴، مربوط به نقشه کلاسه‌بندی شده مطلوبیت رویشگاه گونه *Onobrychis cornuta* می‌باشد که به چهار طبقه رویشگاه نامطلوب، رویشگاه با مطلوبیت متوسط، رویشگاه با مطلوبیت خوب و رویشگاه با مطلوبیت بالا تقسیم‌بندی شده است.



شکل ۴- نقشه پیش‌بینی رویشگاه *Onobrychis cornuta* در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی

بحث

نتایج به دست آمده از انجام تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی گونه *Onobrychis cornuta* نشان داد که در ترجیح رویشگاه گونه مورد نظر متغیرهای دمای میانگین سالانه، جهت جغرافیایی، هدایت الکتریکی، شیب و مواد خنثی شونده خاک بیش‌تر از متغیرهای دیگر بررسی شده تأثیرگذار بودند. انتقال مواد غذایی در یک سیستم با جریان رطوبت همراه است (۱۳). در واقع شرط اصلی چرخه مواد بین گیاهان و خاک، وجود رطوبت کافی است. دما نیز وقتی مؤثر است که رطوبت برای رشد گیاه کافی باشد. هم‌چنین جوانه زدن بذر با دما در ارتباط است (۳۴). به طور کلی، عامل دمای هوا با تأثیر بر میزان فتوسنتز تعیین کننده طول دوره رشد و در آخر میزان تولید گیاه خواهد بود (۱۶). 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 می‌گذارد (۲۰). جهت جغرافیایی و شیب از دیگر عوامل تأثیرگذار در توزیع گونه مورد نظر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در کل ویژگی‌های توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت شیب) عوامل اصلی الگوی پراکنش پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی است (۳، ۳۳). جهت جغرافیایی به عنوان سومین درجه اهمیت پراکنش درمنه کوهی در منطقه معرفی شد؛ مطالعات Pinke و همکاران (۳۵) و معتمدی و همکاران (۲۰) جهت جغرافیایی را مهم‌ترین عامل توپوگرافی در تفکیک رویشگاه‌ها و نیز اثرگذار بودن جهت را در توزیع گونه‌های گیاهی در سطح منطقه شناسایی کردند. صفایی و اصفهانی (۱۴) مهم‌ترین خصوصیات خاک مؤثر در تفکیک تیپ‌های رویشی را هدایت الکتریکی، بافت خاک و آهک برشمردند که تا حدودی نتایج حاصل از این تحقیق را توجیه می‌کند. نتایج مطالعه زارع چاهوکی و همکاران (۱۱) در منطقه اشتهارد نشان‌دهنده سهم زیاد هدایت الکتریکی خاک در تغییرات پوشش گیاهی منطقه می‌باشد. افزایش املاح در خاک نه تنها هدایت الکتریکی را افزایش می‌دهد، بلکه فشار اسمزی خاک را نیز بالا می‌برد که مانع جذب آب به وسیله گیاه شده و در نتیجه در رشد گیاه اختلال به وجود می‌آورد (۵). مواد خنثی شده خاک (آهک) آخرین فاکتور تأثیرگذار

در پراکنش گونه است. فاکتور آهک در بعضی موارد رابطه مستقیم و در بعضی موارد رابطه معکوس با فاکتورهای گیاهی دارد. علت این امر وجود مقادیر مناسب آهک در ایجاد ساختمان خوب و تعدیل اسیدیته خاک و به دنبال آن آهک در جذب مواد غذایی مؤثر است (۱۷). محمدی و همکاران (۱۸) بیان داشتند که در مناطقی که میزان آهک بالاتر است، پروفیل خاک بسیار سخت شده و برای نفوذ ریشه گیاه نامناسب خواهد بود. آهک باعث افزایش ذخایر کاتیون‌های بازی مانند Ca^{2+}، Mg^{2+}، K^{+} و Na^{+} به خاک می‌شود، اسیدیته را کاهش داده و قلیائیت را افزایش می‌دهد. مطالعات تقی‌پور و همکاران (۴) نشان داد گونه *O. cornuta* با هدایت الکتریکی و آهک رابطه دارد که با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد. همچنین عباسی و زارع چاهوکی (۱۵) بیان داشتند آهک از نمک‌هایی است که دارای حلالیت کم در آب است و زمانی که بصورت محلول درآید تولید یک قلیای قوی می‌کند و رشد گیاهانی که به pH اسیدی نیاز دارند را با دشوار می‌سازد.

مقادیر حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری در این مطالعه بترتیب ۰/۸۷، ۲/۴۸ و ۰/۴ محاسبه شد. لذا میزان محاسبه شده برای گونه نشان دهنده این است که درمنه کوهی تمایل زیادی به زندگی در زیستگاه‌های بسیار حاشیه‌ای و خاص دارد؛ حاشیه‌گرایی به معنای فاصله‌ی بوم‌شناختی بین میانگین پراکنش گونه‌ی گیاهی در هر متغیر محیطی تا میانگین همان متغیر در سطح کل منطقه مورد مطالعه است (۳۸). از سوی دیگر عامل تخصص‌گرایی گونه مقدار تخصصی بودن گونه را در محدوده‌ی منابع مورد نیاز خود نشان می‌دهد. این مقدار عکس میزان تحمل‌پذیری گونه است و مقادیر کم آن را نشان می‌دهد که گونه‌ی مورد مطالعه نسبت به بسیاری از متغیرهای محیطی از درجه‌ی تحمل‌پذیری بالایی برخوردار است (۷). میزان تخصص‌گرایی بالاتر از ۱ نیز نشان‌دهنده 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 نشان می‌دهد که گونه تا حدی یک گونه تخصص‌گرا در محدوده‌ی رویشگاهی خود می‌باشد (۱۹). مطالعات زارع چاهوکی و همکاران (۴۱ و ۳۹)، نشان داد که گونه‌هایی که شرایط رویشگاهی منحصر به فردی نسبت به عوامل محیطی دارند با واقعیت تطابق بهتری نشان می‌دهند و قابلیت پیش‌بینی آن‌ها بیش‌تر است. زارع چاهوکی و عباسی (۱۰) با مطالعه بر روی گونه آویشن کوهی در منطقه طالقان میانی نیز به نتایج مشابه دست یافتند. همچنین برای ارزیابی صحت مدل در نرم‌افزار Biomapper روش اعتبارسنجی متقابل ارائه می‌گردد (۳۲)؛ که برای نقشه تولید شده به روش الگوریتم میانه، برابر ۰/۸ محاسبه شد که با توجه به وسعت زیاد منطقه صحت خوبی ارزیابی می‌شود. محققان دیگر همچون Hengl و همکاران (۲۸)، سنگونی و همکاران (۱۲) و صفایی و همکاران (۱۴) 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 وضعیت را در نظر می‌گیرد و بخش‌هایی از منطقه را به عنوان بهترین رویشگاه برای گونه مورد نظر بصورت نقشه ارائه می‌دهد (۳۲). جمع‌آوری اطلاعات محیطی، فیزیوگرافی و پوشش گیاهی دقیق مستلزم صرف وقت و هزینه در عملیات صحرایی خواهد بود؛ ولی می‌توان با روش‌های نوین مدل‌سازی توزیع جغرافیایی گونه‌ها و نمونه‌برداری اصولی از رویشگاه‌ها، به مدل‌سازی رویشگاه‌ها با دقت بالایی پرداخت.

فیزیولوژی گیاه، به طور کلی با تغییرات عوامل اقلیمی، خاکی و توپوگرافی ارتباط دارد که بصورت مستقیم و غیرمستقیم بر حضور یا عدم حضور گونه‌ها به ویژه در مناطق کوهستانی مؤثر است (۲۴). این مطالعه به بررسی عوامل مهم و تأثیرگذار گونه *Onobrychis cornuta* به عنوان گونه‌ای با ارزش مرتعی بالا پرداخته است. همچنین مناطق مستعد برای رویش گونه مورد نظر با استفاده از ارائه

نقشه پتانسیل رویشگاه برای اهداف مدیریتی و برنامه‌ریزی حفاظت در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

منابع

۱- امیدی، م.، کابلی، م.، کرمی، م. ۱۳۸۹. مدل سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus* saxicolor) به روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی، استان اصفهان. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۲ (۱): ۱۴۸ – ۱۳۷.

۲- برنا، ف.، تمرتاش، ر.، طاطیان، م. ر.، غلامی، و. ۱۳۹۵. تعیین سهم برخی خصوصیات خاک در تشریح پراکنش پوشش گیاهی در مراتع ییلاقی بلده نور. مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۷ (۴): ۶۸ – ۵۹.

۳- 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.

۴- تقی‌پور، ع.، مصداقی، م.، حشمتی، غ.، و رستگار، ش. ۱۳۸۷. اثر عوامل محیطی بر پراکنش گونه‌های مرتعی در منطقه هزار جریب بهشهر (مطالعه موردی: مراتع سرخ گریوه). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۴: ۱۹۵ – ۲۰۵.

۵- جعفری، م.، طویلی، آ. ۱۳۸۸. احیای زمین‌های خشک. دانشگاه تهران. ۳۹۸ صفحه.

۶- جوری، م. ح.، مهدوی، م. ۱۳۸۹. شناسایی کاربردی گیاهان مرتعی. انتشارات آییژ، ۴۵۶ صفحه.

۷- خلاصی اهوازی، ل.، زارع چاهوکی، م.ع. ۱۳۹۲. تعیین رویشگاه بالقوه‌ی گونه *Zygophyllum eurypterum* با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) در مراتع شمال شرق سمان. مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۷ (۴): ۵۲۵ – ۵۳۶.

۸- خلاصی اهوازای، ل.، زارع چاهوکی، م.ع. آذرنیوند، ح. سلطانی گردفرامرزی، م. ۱۳۹۰. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه *Eurotia ceratoides* با کاربرد روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) در مراتع شمال شرق سمنان. مجله علمی پژوهشی مرتع، سال پنجم، شماره جهارم. ۳۶۲-۳۷۳

۹- زارع چاهوکی، م. ع.، عباسی، م. ۱۳۹۵. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen) با روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی). دوماهنامه علمی – پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۲ (۴): ۵۷۳ – ۵۶۱.

۱۰- زارع چاهوکی، م. ع.، عباسی، م.، آذرنیوند. ح. ۱۳۹۷. پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه گیاهی *Stipa barbata* با استفاده از روش مدل‌سازی آنتروپی حداکثر (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی). نشریه علمی پژوهشی مرتع، ۱۲ (۱): ۴۷ – ۳۵.

۱۱- زارع چاهوکی، م. ع.، نودهی، ر.، طویلی، ع. ۱۳۸۹. بررسی تنوع گونه‌ای و رابطهٔ آن با عوامل محیطی در مراتع اشتهارد. خشک بوم، ۱ (۲): ۴۹ – ۴۱.

۱۲- سنگونی، ح.، کریم‌زاده، ح.ر.، وهابی، م.ر.، و م، ترکش اصفهانی. 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): صفحه ۱۳ – ۱.

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

۱۴- صفایی، م.، و ترکش اصفهانی، م. ۱۳۹۲. حفاظت رویشگاه گیاه دارویی *Ferula ovina* Boiss با استفاده از روش مدل‌سازی رویشگاه پتانسیل (مدل پیشنهادی: تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک). نشریه حفاظت زیست بوم گیاهی، ۱ (۱): ۱۲۱ – ۱۰۵.

۱۵- عباسی، م.، زارع چاهوکی، م. ع. ۱۳۹۵. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونهٔ *Agropyron intermedium* با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۲۹ (۴): ۸۱۹ – ۸۳۲.

۱۶- عبداللهی، ج.، ارزانی، ح.، نادری، ح.، و 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.

۱۷- عبداللهی، ج.، نادری، ح.، میرجلیلی، م. ر.، و طباطبایی‌زاده، م. ۱۳۹۲. اثر برخی عوامل محیطی بر خصوصیات رویشی گونه *Stipa barbata*در مراتع استپی ندوشن. فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۰ (۱): ۱۴۴ – ۱۳۰.

۱۸- محمدی، ا.، متین خواه، س. ح.، خواجه الدین، س. ج. ۱۳۹۱. بررسی برخی از ویژگی‌های اکولوژیکی گونه قیچ (*Zygophyllum atriplicoides*) در برخی مناطق نیمه خشک استان اصفهان. خشک بوم، ۳ (۱): ۶۹ – ۸۱.

۱۹- مصطفوی، س. م.، علیزاده، ا.، کابلی، م.، کرمی، م.، گلجانی، ر.، محمدی، س. ۱۳۸۹. تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه های بهاره و تابستانه گونه پازن (*Capra aegagrus*) در پارک ملی لار. علوم و فنون منابع طبیعی، ۵ (۲): ۱۲۱ – ۱۱۱.

۲۰- 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.

21- Anderson, R. P., Lew, D., Peterson, A. T. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. Ecological Modelling, 162 (3): 211 – 232.

22- Austin, M. P., 2007. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. Ecological Modelling 200:1-19.

23- Boyce, M., Vernier, P., Nielsen, S., Schmiegelow, F., 2002. "Evaluating resource selection functions". Ecological Modelling 157: 281 – 300.

24- Chakrabortya, A., Joshib, P.K., Sachdeva, K. 2016. Predicting the distribution of major forest tree species to potentialimpacts of climate change in the central Himalayan region. Ecological Engineering, (97): 593 – 609.

25- Davis, F.W. S & A.Goetz, 1990. Modeling vegetation pattern using digital terrain data. Landscape Ecology, 4: 69-80.

26- Franklin, J., 1995. Predictive vegetation mapping: geographic modelling of bio spa-tial patterns in relation to environmental gradients. Prog. Phys. Geogr. 19 (4), 474–499.

27- Guisan, A., Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecol-ogy. Ecol. Model. 135, 147–186.

28- Hengl, T., Sierdsema, H., Radovi, A., Dilo, A. 2009. Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. Journal of Ecological Modeling, 55(83): 1-13.

29- Hirzel, A., H, Helfer., and F, Mertal. 2001. Assessing habitat suitability models with a virtual species. Ecological Modeling, 145: 111 – 121.

30- Hirzel, A.H., Hausser, J., Chessel, D., Perrin, N. 2002. Ecological Niche Factor Analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? Ecology, 73(22): 2027-2036.

31- Hirzel, A. H., Hausser, J., Perrin, N., 2004.Biomapper 3.1. Lab. of ConservationBiology, Department of Ecology and Evolution, Lausanne University. URL: http://www.unil.ch/biomapper ".

32- Hirzel, A.H., Laya, G.L., Helfera, V., Randina, C., Guisana, A. 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. Ecological Modeling.199: 142-152.

33- Jafari Haghighi, M., 2003. Soil analysis methods, sampling and important physical and chemical analyses with emphasis on theory and applied principles. Nedaye Zoha Press, 236 pp.

34- Lock, J. M. and Simpson, K. 1991. Legumes of west Asia, a checklist. Royal Botanic Garden, Kew.

35- Mark, A.F., Dickinson, K.J.M., Hofstede, R.G.M. 2000. Alpine vegetation, plant distribution, life forms, and environments in a humid New Zealand region: Oceanic and tropical high mountain affinities. Arctic Antarctic and Alpine Research, (32): 240 – 254.

36- Pinke G., Pal, R., Botta Dukat, Z. 2010. Effect of environmental factors on weed species composition of cereal and stubble fields in western Hungary. Journal of Biologie, 5(2):283-292.

37- Segurado, P. & M. Araújo, 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. Journal of Biogeography, 31: 55 – 69.

38- Songlin, F., Schibig. J., Vance, M. 2007. Spatial habitat modeling of American chestnut at Mammoth Cave National Park. Forest Ecology and Management, 252: 201-207.

39- Sweets, J. A. 1988. Measuring the accuracy of Diagnostic system. Science, 240: 1285 – 1293.

40- Trethowan, P.D., Robertsonb, M.P., McConnachiec, A.J. 2011. Ecological niche modelling of an invasive alien plant and its potential biological control agents. South African Journal of Botany, 77: 137-146.

41- Wolmarans, R., Robertson, M.P., Van Rensburg, B.J. 2010. Predicting invasive alien plant distributions: how geographical bias in occurrence records influences model performance. Journal of Biogeography, 37(9): 1629-1834.

Habitat suitability modeling of *Onobrychis cornuta* using Ecological Niche Factor Analysis in Rangeland of Baladeh, Nour

Farhad Borna[1], Reza Tamartash[1*], Mohammadreza Tatian[1], Vahid Gholami[2]

[1] Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, I.R. of Iran.

[2] Dept. of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I.R. of Iran.

Abstract

Ecological Niche models are ways that allow approximating the area of suitability for a species, thereby allowing elaboration of conservation strategies. In order to create a model the habitat of *Onobrychis cornuta* Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) method in a Biomapper software has been used. In this study, the presence points of species used as a dependent variable and 14 environmental variables used as an independent variable. First this layers were prepared and then analyzed by Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) method. Influential environmental variables such as A.m.t, Aspect, Ec, Slop, and TNV have been used. The results of species marginalization shows that this species tends to live in habitat of marginalization. Also, the evaluation of the model using the Cross Validation (0.8) indicate high accuracy model of Ecological Niche Factor Analysis for *Onobrychis cornuta* in the study area. This way of modeling could be widely used to identify appropriate areas for protecting of valuable native plant species.

Key words: Potential distribution, Ecological Niche, GIS, Biomapper, Baladeh of Nour city