دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بومی گیاهی"
دوره اول، شماره اول، بهار ۹۲
http://pec.gonbad.ac.ir

حفاظت رویشگاه گیاه دارویی *Ferula ovina* Boiss. با استفاده از روش مدل‌سازی رویشگاه پتانسیل (مدل پیشنهادی: تحلیل عاملی آشیان‌اکولوژیک)

***مژده صفائی[۱] و مصطفی ترکش‌اصفهانی[۲]**

[۱]دانش‌آموخته مرتعداری، دانشگاه صنعتی اصفهان و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، [۲]استادیار گروه مرتع و آبخیز، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۱۷

چکیده

محدود شدن رویشگاه‌ها و نزول جمعیت گونه‌ها به دلیل افزایش تخریب انسان در طبیعت، توجه بسیاری از محققان را به مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی برانگیخته است. با توسعه تکنولوژی 3S (به‌عنوان مثال، GIS، RS و GPS) در سال‌های اخیر، مدل‌سازی رویشگاه‌های گیاهان دارویی در مقیاس بزرگ، تبدیل به یک کانون تحقیقات جدید شده است. در این پژوهش، با استفاده از مدل تحلیل عامل اکولوژیک (ENFA) رویشگاه گونه‌ی *Ferula ovina* Boiss. به عنوان گونه‌ای دارای ارزش دارویی صنعتی فراوان مدل‌سازی گردید؛ به این ترتیب که داده‌های حضور این گونه از ۵۴ سایت در منطقه مطالعاتی (مراتع فریدون‌شهر استان اصفهان) به‌روش تصادفی- طبقه‌بندی جمع‌آوری و نقشه‌های متغیرهای محیطی مانند نقشه‌های توپوگرافی، اقلیمی و خاک به کمک روش‌های زمین آمار با قدرت تفکیک مکانی ۹۰×۹۰ متر تولید گردید و در نهایت نقشه‌ی رویشگاه بالقوه گونه‌ی *F. Ovina* ایجاد شد. بر طبق آنالیز ENFA، مهمترین عامل در تعیین رویشگاه پتانسیل کما فاکتور درصد رس خاک تعیین شد. پس از آن، رطوبت اشباع خاک و هدایت الکتریکی نسبت به سایر عوامل اهمیت بیشتری دارد و جهت شیب، بر پراکنش گونه تأثیر زیادی نداشت. مقادیر عوامل حاشیه گرایی و تخصص گرایی به‌ترتیب برابر ۰/۷۴۷ و ۱/۷۱۲ نشان‌دهنده این است که گونه در رویشگاه‌های حاشیه‌ای دیده می‌شود. ارزیابی مدل با استفاده از دو روش ضرایب آماری کاپا (۰/۷۲) و اعتبارسنجی متقابل (۸۹٪) انجام شد که نشان‌دهنده دقت بالای مدل ENFA می‌باشد. نتایج این پژوهش برای مقاصد مدیریتی در توسعه پایدار اکوسیستم‌های مرتعی، حفاظت و احیای این اکوسیستم‌ها کاربرد دارد.

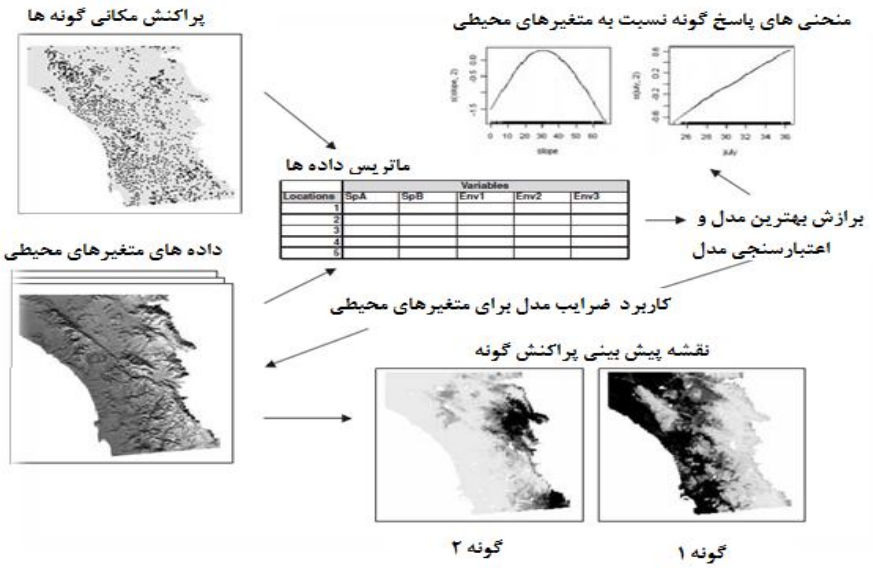
واژه های کلیدی: **تخصص‌گرایی، حاشیه‌گرایی، مدلسازی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی، نمونه‌برداری تصادفی– طبقه‌بندی.**

*مسئول مکاتبه: safaei.mojdeh@gmail.com

مقدمه

گیاهان دارویی جزء ذخایر منابع طبیعی هستند. نوع، تعداد و تنوع گونه‌های گیاهی براساس شرایط و موقعیت جغرافیایی هر منطقه متفاوت است. برداشت بی‌رویه از رویشگاه‌های گیاهان دارویی و صنعتی، باعث تخریب گسترده‌ی این رویشگاه‌ها در سراسر کشور شده است؛ به‌طوری‌که بسیاری از گیاهان دارویی به‌دلیل بهره‌برداری غیرمجاز در معرض انقراض قرار گرفته‌اند. به‌دلیل اینکه برنامه‌ی مدونی برای حفاظت و بهره‌برداری اصولی از این سرمایه بی‌نظیر وجود ندارد، گاه بیش از ۴ برابر حد مجاز از رویشگاه‌ها بهره‌برداری می‌شود. این در حالی است که عوامل دیگری مثل چرای دام، تخریب رویشگاه‌ها را تشدید می‌کند (Hamshahrionline, 2009). این تخریب از نظر کاهش سطوح و همچنین کاهش توان تولید از جمله مسائلی است که گریبان‌گیر منابع طبیعی کشور است. در این بین، سهم عوامل طبیعی مثل خشکسالی و عوامل انسانی مثل آتش‌سوزی (Rojhan, 1989)، ریشه‌کنی و بهره‌برداری نامناسب (Moghadam, 1998) و رشد و اعتلای صنایع سنگین و متمرکز (Velayati, 2008)، مدیریت ناصحیح کنونی (Makhdum, 2000) و غیره، نیز قابل توجه است که منجر به نابودی و انهدام قسمت‌های زیادی از این منابع شده است (Karimiyan *et al.*, 2012). وجود عوامل مخرب محیطی و اهمیت تعیین رویشگاه، پتانسیل گونه‌ها را با روش‌های کاربردی بیش از پیش نمایان می‌کند. امروزه، مدیران به دنبال روش‌هایی پربازده و کم هزینه هستند؛ زیرا هزینه‌ی زیاد بیشتر پروژه‌های اصلاح مرتع، یکی از عوامل بازدارنده انجام این طرح‌ها است. روش‌های مدل‌سازی رویشگاه گونه‌های گیاهی از جمله این روش‌ها است که با استفاده از داده‌های متغیرهای محیطی مکان مناسب پراکنش یک گونه را تعیین می‌کند و با تمرکز کاربر منطقه اجرایی از صرف هزینه‌های گزاف در مناطق دیگر که پتانسیل اندکی دارند، جلوگیری می‌نماید و امکان موفقیت طرح را بالا می‌برد. در این روش‌ها با استفاده از داده‌های رویشگاه بالفعل هر گیاه می‌توان رویشگاه پتانسیل آن گونه را مشخص کرد و نتایج حاصل را در کاشت گونه و اصلاح و احیای مناطق مستعد به‌کار برد. تعیین رویشگاه پتانسیل گونه‌های گیاهی به‌منظور حفاظت، بقاء و تکثیر گونه‌های مطلوب یکی از ارکان مدیریت و حفظ محیط‌زیست گونه‌های گیاهی به‌شمار می‌آید. نتایج به‌دست آمده از روش‌های مدل‌سازی رویشگاه بالقوه می‌تواند بسیار مفید و کاربردی باشد؛ این روش‌ها توسط محققان دیگر به‌کار رفته است (Aspinall, 2002؛ Austin, 2002؛ Chang and Lee, 2004؛ Chefaoui *et al*., 2005؛ Gibson *et al.,* 2003؛ Hirzel *et al.,* 2002؛ Manel *et al*., 2008؛ Guisan and Zimmermann, 2000). در حال حاضر روش‌های حفاظتی از محیط زیست، متکی بر روش‌های چند متغیره و مدل‌های پراکنش مکانی در حوزه‌های تحقیقاتی است که نیاز به داده‌های با کیفیتی از متغیّرهای محیطی دارد (Hirzel *et al*., 2002). با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی کننده پراکنش گونه‌ای، می‌توان محدوده توزیع گونه‌ها

و رویشگاه‌هایشان را پیش‌بینی کرد و از آن‌ها به عنوان ابزار مناسبی برای اهداف حفاظتی و مدیریتی سود برد. این روش‌ها اغلب براساس این فرضیه هستند که عوامل محیطی پراکنش پوشش گیاهی را کنترل می‌کنند و احتمال حضور گونه را براساس متغیرهای محیطی پیش بینی می‌کنند. پیشرفت فنون آماری و سامانه اطلاعات جغرافیایی باعث شد تا مدل‌سازی در قالب فضا انجام شود (Jacqain *et al*., 2005). این مدل‌ها را می‌توان به عنوان الگوریتم‌های آماری- تحلیلی تعریف نمود که براساس داده‌های حضور و عدم حضور گونه و نقشه‌های محیطی رویشگاه بالقوه‌ی یک گونه را تعیین می‌کنند. به نظر Austin (2002)، این مدل‌ها از تلفیق سه علم اکولوژی، آمار و GIS بوجود می‌آیند. وی نادیده گرفتن دانش اکولوژی را در استفاده از مدل‌سازی آماری برای پیش‌بینی توزیع گونه‌ها، یک عامل محدود کننده می‌داند. شکل ۱ فرایند کلی مدل‌سازی را به‌صورت مصور نمایش می‌دهد.



شکل ۱- نمایش فرایند مدلسازی؛ مدلسازی پراکنش گونه‌های گیاهی مستلزم وجود داده‌هایی همچون اطلاعات محیطی و رخداد گونه‌های گیاهی است. مجموع این داده‌ها به صورت یک ماتریس آورده می‌شود که نشان می‌دهد هر گونه با وجود چه مقادیری از پارامترهای محیطی دیده می‌شود. سپس بهترین مدل بر روی داده‌ها برازش و اعتبارسنجی می‌شود و با تعریف مدل حاصله در سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌ی پیش بینی پراکنش بالقوه گونه گیاهی تهیه می‌شود.

در این مقاله با استفاده از روش ENFA به تعیین رویشگاه پتانسیل گیاه دارویی کما پرداخته شد. گیاه کما (*Ferula ovina* Boiss.) از جمله گیاهان خانواده‌ی چتریان است که ارتفاع آن به ۱ تا ۱/۵

متر می‌رسد و برگ‌های آن دارای دمبرگ غلاف‌دار و پهنک برگ آن بزرگ و دارای بریدگی‌های نسبتاً عمیق است. برگ‌ها، سبز تیره و گل‌های آن به رنگ زرد می‌باشد. این گیاه در مناطق نیمه استپی و چراگاه‌های استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری یافت می‌شود و با تاج پوشش خوب می‌تواند به‌عنوان یک علوفه مطرح باشد (Amuaqaee, 2007). این گیاه از نظر خوشخوراکی در رده‌ی دو قرار گرفته و زمانی برای دام مفید است که خشک شده و رطوبت آن کاهش پیدا کند. متأسفانه به‌دلیل چرای بیش از حد عرصه‌های طبیعی، این رویشگاه در حال نابودی است و برای جلوگیری از انقراض این علوفه‌ی طبیعی لازم است ضمن حفظ آن، تلاش‌هایی جهت بازسازی اراضی مخروبه صورت گیرد (Qasemi, 2009). از نظر ارزش دارویی این گونه، تاکنون بر روی ترکیبات این جنس، کارهای گوناگونی صورت گرفته است و ترکیباتی از دسته‌های مختلف از جمله: سزکوئی ترپن‌ها، کومارین‌ها، ترکیبات گوگردی و اخیراً کومارین گلیکوزیدها شناسایی شده‌اند. در تحقیقات انجام گرفته بر روی ترکیبات به‌دست آمده از این گیاهان، مواد بیولوژیک با اثرات مختلف از جمله: مهار تشکیل رنگدانه‌های میکروبی، ضد سالک، ضد ویروس، ضد مایکوباکتریوم، القاءکننده آپوپتوز سلول‌های سرطانی ملانوما، مهارکننده ماتریکس متالو پروتئیناز، پیشگیری‌کننده از سرطان و غیره شناسایی شده است (Iranshahi *et al.,* 2009). از جمله مطالعات انجام گرفته در زمینه اکولوژی روی این گونه می‌توان به پژوهش ارزانی و همکاران (Azhir *et al*., 2007) اشاره کرد. به نظر او، این گونه گیاهی در دامنه ارتفاعی ۲۰۰۰ تا ۳۲۰۰ متر از سطح دریا رویش دارد و به لحاظ درصد شیب و جهت شیب تقریباً محدودیتی ندارد. اهمیت این گونه از لحاظ تعلیف دام، حفاظت آب و خاک و ارزش‌های فراوان دارویی ضرورت این تحقیق را برای تعیین رویشگاه پتانسیل گونه جهت کاشت و یا احیای اراضی به خوبی توجیه می‌کند.

جهت تعیین رویشگاه پتانسیل گونه کما از مدل ENFA استفاده شد. مدل ENFA، یک رویکرد چند متغیره جدید برای مطالعات پراکنش جغرافیایی گونه‌ها در مقیاس بزرگ فقط بر پایه داده‌های حضور[1] است که به‌طور گسترده در مدیریت حیات‌وحش، ارزیابی رویشگاه گونه‌های گیاهی و پیش بینی رویشگاه آن‌ها کاربرد دارد (Xuezhi *et al*., 2008). انگلر و همکاران (Engler *et al*., 2002) در مطالعه خود با روش‌هایی چون تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک و استفاده از مدل‌های خطی معمول نقشه رویشگاه بالقوه برای گونه در معرض خطر *Eryngium alpinum* تولید کردند. رویشگاه بالقوه براساس متغیّرهای محیطی انتخاب شده با تخمینی اکوجغرافیایی، از درجه‌ی تشابه بین هر شبکه‌ی مربعی (سلول) دامنه‌یِ 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 پراکنش گونه در قالب

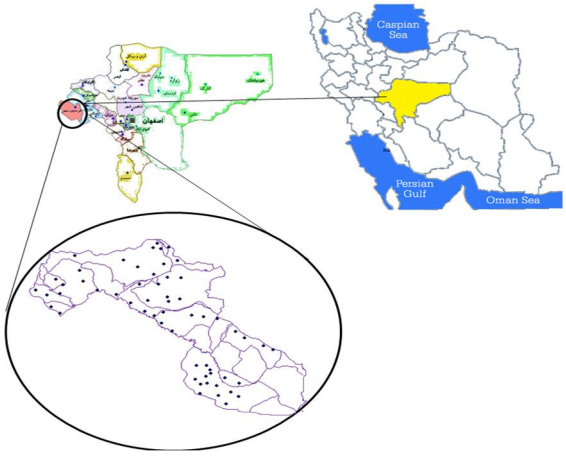
1- Presence only

نقشه تناسب رویشگاه (HSM)[2] با ارزش‌هایی که از صفر (حداقل کیفیت رویشگاه) تا ۱۰۰ (حداکثر) متفاوت است، حاصل می‌شود (Hengl *et al*., 2009).

با توجه به پتانسیل بالای مراتع کشورمان، استفاده از روش‌های مدل‌سازی رویشگاه به‌عنوان راه‌کار مناسبی برای کاربرد روش‌های نوین مدیریتی می‌باشد و به احیا و اصلاح مراتع و توصیه مناطق مناسب جهت کاشت گونه‌های با ارزش کمک شایانی می‌کند. هدف از این مطالعه، تهیه‌ی نقشه رویشگاه پتانسیل گیاه دارویی *F. ovina* با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA) است.

مواد و روش‌ها

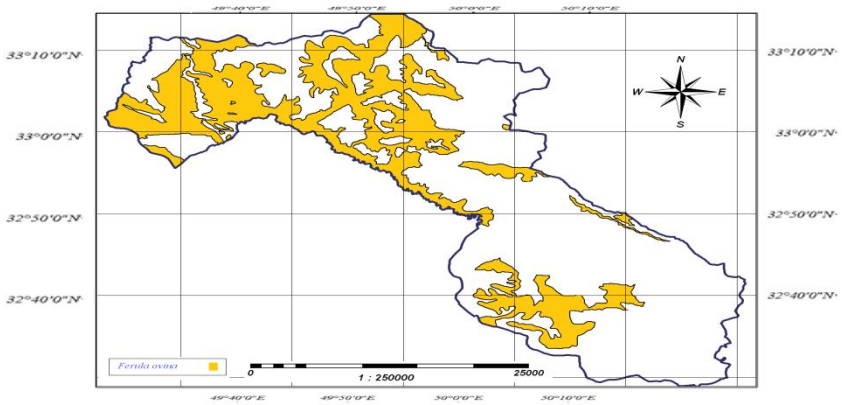
منطقه مطالعاتی: منطقه مورد مطالعه در شهرستان فریدون‌شهر و در فاصله ۱۴۰ کیلومتری مرکز شهرستان اصفهان قرار دارد. از نظر موقعیت جغرافیایی، این منطقه بین ۳۵ ۴۰ ۴۹ تا ۱۷ ۲۶ ۵۰ طول شرقی و ۴۶ ۴۱ ۳۲ تا ۰۴ ۰۷ ۳۳ عرض شمالی واقع شده است. وسعت محدوده مطالعاتی حدوداً ۱۰۰۰ کیلومترمربع و متوسط ارتفاع برابر با ۲۶۶۲ متر از سطح دریا است. متوسط بارش منطقه ۴۵۰ میلی‌متر برآورد شده است. شیب غالب منطقه در کلاس ۱۲-۲۵ درصد قرار دارد. مراتع محدوده مورد مطالعه به صورت مراتع ییلاقی مورد استفاده قرار می‌گیرد و میانگین درجه حرارت سالیانه در آن ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد است. حداکثر ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه ۳۹۸۷ و حداقل آن ۱۷۷۰ متر از سطح دریا می‌باشد. شکل ۲ موقعیت جغرافیایی و نقاط نمونه‌برداری را در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمایش موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی، نقاط نمونه‌برداری و راه‌های ارتباطی

1- Habitat suitability map

داده‌های حضور گونه و داده‌های محیطی: با پیمایش زمینی مرز پوشش گیاهی با نقشه تیپ گیاهی و رویشگاه بالفعل کما (شکل ۳) کنترل شد و به صورت تصادفی- طبقه‌بندی تعداد ۵۴ سایت انتخاب و حضور گونه ثبت شد.



شکل ۳- رویشگاه بالفعل گونه گیاهی کما

در این مطالعه، نقشه رقومی ۳۱ متغیر محیطی شامل ۹ متغیر خاک، ۱۹ متغیر اقلیم و ۳ متغیر فیزیوگرافی در محیط نرم‌افزار ARC GIS 9.3 و Ilwis3.0 با اندازه پیکسل ۹۰×۹۰ متر تولید شد. برای مدل‌سازی رویشگاه گونه نقشه‌های مورد استفاده باید قابلیت هم‌پوشانی را داشته باشند و دارای زمین مرجع[1] و سیستم مختصات[2] یکسان باشند، بنابراین نقشه‌ها در یک فریم تولید شده و در پایان برش داده شدند.

تعیین رویشگاه پتانسیل با استفاده از روش مدل‌سازی: پس از تولید نقشه متغیرهای محیطی در محیط نرم‌افزارهای ARC GIS 9.3 و Ilwis 3.0، جهت انجام مدل‌سازی از نرم‌افزار Biomapper 4 طراحی و توسعه یافته توسط هیرزل و همکاران (Hirzel *et al.*, 2002) استفاده شد. برای ورود نقشه‌های تولید شده به این نرم‌افزار با توجه به اینکه این نرم‌افزار فرمت ورودی خاصی دارد، ابتدا با استفاده از Extension تعریف شده در نرم‌افزار Arcview 3.2 به‌نام Av2Idrisi نقشه متغیرهای محیطی را به فرمت ادریسی تبدیل و به‌طور مستقیم وارد نرم‌افزار اصلی شد که دارای دو بخش اصلی می‌باشد. الف) WorkMap: این بخش به عنوان متغیر وابسته و شامل نقشه‌ی نقاط حضور گونه گیاهی مورد مطالعه در سطح منطقه‌ی مطالعاتی است. تعداد ۵۴ نقطه به‌عنوان حضور گونه با استفاده از روش نمونه‌برداری

1- Georefrence
2- Coordinate system

تصادفی – طبقه‌بندی ثبت شد. این نقاط به فرم نقشه بولین (۰ و ۱) تبدیل شد تا به عنوان لایه اطلاعاتی قابل ورود به آنالیز ENFA باشد. ب) Ecogeographical Maps: این بخش شامل اطلاعات متغیرهای مستقل محیطی هستند که حضور و یا عدم حضور گونه به آن‌ها بستگی دارد. بنابراین، نقشه متغیرهای محیطی در این قسمت قرار گرفت. قبل از انجام آنالیز ENFA به بررسی کیفیت داده‌ها پرداخته شد، زیرا این آنالیز به نرمال بودن داده‌های ورودی حساس است. به‌همین منظور متغیرهای مستقل که همان نقشه‌های محیطی هستند به روش BOX-COX نرمال شدند. این روش از معادله‌ی زیر تبعیت می‌کند که در آن T (X): میزان تبدیل یافته، X: متغیر اصلی و Y: ضریب همبستگی داده‌ها می‌باشد.

معادله ۱: $$T(X) = (X^{Y} - 1) / Y$$

با اطمینان از نرمال بودن متغیّرها، در مرحله‌ی بعد به بررسی همبستگی بین ۳۱ متغیر محیطی پرداخته شد. محاسبات در آنالیز ENFA برپایه عواملی است که بین آن‌ها همبستگی وجود ندارد. استفاده از لایه‌های هم‌بسته می‌تواند در یک آزمون باعث افزایش مصنوعی ضریب همبستگی شود. این همبستگی در غالب ماتریس همبستگی[1] بررسی می‌شود. در این مرحله از بین دو یا چند متغیری که دارای همبستگی بیش از ۸۵٪ بودند (Hirzel *et al*., 2002)، یکی از آنها از فهرست متغیرهای وارد شونده حذف شد. با اجرای روش ENFA خروجی‌های دیگری مانند ماتریس امتیازی[2]، ماتریس کواریانس و مقادیر ویژه[3] حاصل می‌شود که می‌بایست بررسی شوند. 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. بنابراین، با توجه به ماتریس کواریانس، مقادیر ویژه و ماتریس همبستگی متغیرهای مناسب انتخاب شد و براساس ماتریس امتیازی که ردیف‌ها در این ماتریس شامل میزان شرکت یا سهم هر یک از عوامل مستقل محیطی در ساخت فاکتورها هستند مهم‌ترین آن‌ها در نظر گرفته شد (Hirzel *et al*., 2001). به کمک آنالیز ENFA، خلاصه‌ای از گرادیان داده‌های اصلی محیطی ارائه گردید. در این روش با استفاده از تکنیک‌های رج بندی شبیه PCA به بررسی رابطه حضور گونه با متغیّرهای مستقل محیطی پرداخته شد. به این صورت‌که برای بررسی این ارتباطات از دو عامل توزیع کلی[4] و توزیع گونه[5] استفاده می‌کند و سپس براساس این دو نوع توزیع سه عامل اصلی (حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری) محاسبه شد.

1- Correlation matrix
2- Score matrix
3- Eigen value
4- Global distribution
5- Species distribution

عوامل حاشیه‌گرایی در نرم‌افزار Biomapper بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

معادله ۲: $$M = \frac{\left|m_{G-}m_S\right|}{1.96\sigma_G}$$

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

برای محاسبه‌ی عامل تخصص‌گرایی از رابطه‌زیر استفاده می‌شود:

معادله ۳ : $$S = \frac{\sigma_G}{\sigma_S}$$

که از لحاظ ریاضی به مفهوم نسبت بین انحراف معیار توزیع کلی (σ_G) و انحراف معیار توزیع گونه (σ_S) است. مقدار زیاد (نزدیک به یک) نشان‌دهنده یک گونه متخصص است که تمایل به زندگی در محدوده باریکی از شرایط زیست‌محیطی خود را دارد و بالعکس.

برای محاسبه عوامل تحمل‌پذیری از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

معادله ۴: $$\boldsymbol{T = \frac{\sigma_S}{\sigma_G}}$$

این معادله نشان‌دهنده نسبت بین انحراف معیار توزیع گونه (σ_S) و انحراف معیارتوزیع کلی (σ_G) است. مقدار کم (نزدیک به صفر) نشان‌دهنده‌ی یک گونه اختصاصی است که تمایل به زندگی در محدوده‌ی باریکی از شرایط محیطی خود را دارد (Habibi, 2007). بعد از محاسبه‌ی این سه عامل، با استفاده از شاخص بویس[1]، از بین چهار الگوریتم میانه، میانگین هندسی فاصله‌ها، میانگین هارمونیک فاصله و حداقل سطح (Boyce, 2002)، الگوریتم حداقل فاصله به‌عنوان الگوریتم مناسب برای ترسیم رویشگاه پتانسیل گونه‌ی کما تشخیص داده شد. بر این اساس، هر چه میزان شاخص بویس بیشتر و انحراف معیار کمتر باشد نشان‌دهنده آن است که الگوریتم انتخاب شده مناسب‌تر می‌باشد. شاخص بویس بین مقادیر ۱- تا ۱+ تغییر دارد. مقادیر مثبت مدلی را نشان می‌دهند که محاسبه آن به‌واسطه نقاط پراکنش حضور گونه در آنالیز داده‌ها به‌کار می‌روند و مقادیر نزدیک به صفر نمایانگر یک مدل تصادفی و مقادیر منفی بیان کننده‌ی نقاطی از رویشگاه است که کیفیت اندکی برای پراکنش گونه دارد (Mostafavi *et al*., 2010). در نهایت در نرم‌افزار Biomapper با قیاس ۵۴ نقطه‌ی حضور گونه،

1 - Boyce

ویژگی‌های محیطی منطقه، عوامل حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی گونه و الگوریتم انتخاب شده، آشیان اکولوژیک گونه ترسیم شد.

پس از تهیه نقشه رویشگاه پتانسیل گونه کما در آخرین گام به ارزیابی مدل از روش‌های ضریب آماری کاپا [1] (Tarkesh *et al*., 2012) با استفاده از ۴۰ داده مستقل محیطی و همچنین اعتبارسنجی متقابل [2] (Hirzel *et al*., 2002) با استفاده از داده‌های ورودی مدل اقدادم گردید. ضریب کاپا بیانگر میزان توافق مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده است و مقدار آن از صفر تا یک تغییر می‌کند. هر چه مقدار کاپا به یک نزدیکتر باشد نشان‌دهنده توافق بهتر مدل با دنیای واقعی است. مقدار کاپا با استفاده از معادله ۵ محاسبه می‌شود. برای محاسبه ضریب اماری کاپا از نرم‌افزار MEP (Tarkesh *et al*., 2012) استفاده شد.

معادله ۵:

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

سپس عدد حاصله از معادله فوق، بر اساس جدول ۱ طبقه‌بندی گردید.

جدول ۱- طبقه‌بندی ضرایب کاپا؛ Landis and Koch (1977)

طبقه‌بندی ضرایب	دامنه
ضعیف	۰/۴-۰
خوب	۰/۷۵-۰/۴
عالی	۱-۰/۷۵

نتایج

با انجام آنالیز ENFA خروجی‌های مختلفی شامل ماتریس همبستگی گونه، ماتریس امتیازی، ماتریس کواریانس و مقادیر ویژه حاصل گردید و مورد آزمون قرار گرفت.

ماتریس همبستگی کلیه‌ی ۳۱ متغیر محاسبه شده ایجاد، پس از حذف متغیرهای دارای همبستگی ماتریس نهایی در قالب جدول ۲ ارائه گردید.

1- Kappa coefficient
2- Cross validation

جدول ۲- ماتریس همبستگی متغیرهای مستقل محیطی

	میانگین دمای ماهانه	جهت	درصدرس‌خاک	مدل رقومی ارتفاع	هدایت الکتریکی	سیلت خاک	شیب	رطوبت اشباع‌خاک
میانگین دمای ماهانه	۱							
جهت	۰/۰۳	۱						
درصدرس‌خاک	۰/۲۴۴	۰/۰۷	۱					
مدل رقومی ارتفاع	-۰/۱۶۷	-۰/۰۲۱	-۰/۱۹۱	۱				
هدایت الکتریکی	۰/۰۸۲	-۰/۰۲۲	۰/۲۴۴	-۰/۱۶	۱			
سیلت خاک	-۰/۶۱۷	-۰/۰۲۱	-۰/۵۳۶	۰/۰۱۸	۰/۰۶۶	۱		
شیب	-۰/۲۰۸	-۰/۰۳۲	۰/۳۶۵	۰/۰۵۷	۰/۴۳۵	-۰/۰۴۱	۱	
رطوبت اشباع‌خاک	-۰/۰۳۳	۰/۰۱۹	۰/۶۶۲	-۰/۲۸۶	۰/۳۸	۰/۰۱۲	۰/۳۶۲	۱

از بین ۳۱ متغیر محیطی وارد شده به مدل امکان آنالیز تنها بر روی ۸ متغیر وجود داشت، به این ترتیب که از ۹ متغیر خاک، ۴ متغیر هدایت الکتریکی، درصد رطوبت اشباع، درصد رس و سیلت خاک معنی‌دار شد. از بین ۱۹ متغیر اقلیمی تنها عامل میانگین دمای ماهانه و بین ۳ متغیر فیزیوگرافی منطقه، هر سه عامل جهت، درصد شیب و مدل قومی ارتفاع منطقه معنی‌دار شدند. اکثر متغیرهای اقلیمی منطقه به دلیل همبستگی بالای ۸۵ درصد از محاسبات حذف شدند و یا در طی آنالیز ENFA سایر متغیرهای باقی‌مانده معنی‌دار نشده و برای تهیه‌ی نقشه رویشگاه پتانسیل قابل استفاده نبودند.

از دیگر خروجی‌های حاصل از اجرای این آنالیز، جدول ماتریس امتیازی است. جدول ۳ نشان می‌دهد که مهمترین عامل در تعیین مطلوبیت رویشگاه کما فاکتور درصد رس خاک است و پس از آن، رطوبت اشباع خاک، میزان هدایت الکتریکی خاک و درصد شیب نسبت به سایر عوامل، اهمیت بیشتری دارد و جهت شیب بر پراکنش گونه تأثیر زیادی ندارد. اطلاعات موجود در ردیف‌های این ماتریس شامل میزان شرکت یا سهم هر یک از عوامل مستقل محیطی در ساخت فاکتورها را نشان می‌دهد.

جدول۳- ماتریس امتیازی متغیرهای مستقل محیطی

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	Marginality
میانگین دمای ماهانه (°C)	۰/۴۶۴	۰/۶۸۶	-۰/۳۴۹	۰/۶۰۷	-۰/۱۸۴	۰/۳۰۳	۰/۰۰۳	۰/۲۳۳	۰/۳۳۲۳۶۳
جهت	۰/۱۳۷	-۰/۰۹۷	۰/۱۲۹	۰/۳۱۱	۰/۵۸۷	-۰/۲۰۸	۰/۱۷۱	۰/۰۶۹	۰/۰۵۱۸۷۲
رس خاک (درصد)	۰/۴۳۵	-۰/۳۶۵	-۰/۲۲۲	۰/۲۱۵	۰/۴۰۱	۰/۱۳۵	-۰/۷۲	-۰/۰۷۱	۰/۸۷۶۸۳۷
مدل رقومی ارتفاع (متر)	۰/۱۷	-۰/۰۷۶	-۰/۷۲۹	-۰/۱۶۹	۰/۱۰۵	-۰/۰۹۲	۰/۰۸۷	۰/۱۷۶	۰/۳۵۹۸۶۴
میزان هدایت الکتریکی (ds/m)	-۰/۲۹۵	-۰/۴۲	-۰/۲۲۴	۰/۲۱۸	-۰/۳۱	-۰/۴۶۵	-۰/۰۵۳	-۰/۳۳۱	۰/۵۵۹۶۴۲
سیلت خاک (درصد)	-۰/۶۶۶	۰/۳۷۹	-۰/۴۶۹	۰/۵۲۵	۰/۴۸۳	۰/۴۴۲	-۰/۴۷۵	۰/۱۵۹	۰/۴۶۵۵۹۸
شیب (درصد)	-۰/۰۳۲	-۰/۲۲۴	۰/۰۶	۰/۲۶۳	۰/۰۱	۰/۶۳	۰/۲۳۳	-۰/۰۷۵	۰/۵۴۲۲۵۷
رطوبت اشباع خاک (درصد)	-۰/۱۲۷	۰/۱۰۲	۰/۰۹	-۰/۲۵۹	-۰/۳۴۶	-۰/۱۷۱	۰/۴۰۲	۰/۸۷۴	۰/۷۶۱۰۳۲

جدول ۴ سهم هریک از متغیرهای محیطی را در توزیع جغرافیایی گونه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد.

جدول ۴- ماتریس امتیازات بدست آمده از آنالیز عاملی آشیان اکولوژیک.

	عامل اول حاشیه‌گرایی ٪۱۰۰	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم	عامل ششم	عامل هفتم	عامل هشتم
متغیرهای محیطی	تخصص‌گرایی (٪۳۰)	تخصص‌گرایی (٪۲۲)	تخصص‌گرایی (٪۱۴)	تخصص‌گرایی (٪۱۳)	تخصص‌گرایی (٪۱۰)	تخصص‌گرایی (٪۷)	تخصص‌گرایی (٪۴)	تخصص‌گرایی (٪۲)
میانگین دمای ماهانه (°C)	۰/۳۳	-۰/۷۹	۰/۰۶	۰/۱۵	-۰/۳۴	-۰/۱۵	-۰/۳۱	-۰/۰۷
جهت	۰/۰۵	-۰/۰۹	۰/۲۴	-۰/۹۴	-۰/۲۰	۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۱
رس خاک (درصد)	۰/۸۸	-۰/۱۴	-۰/۱۲	-۰/۱۲	۰/۳۲	-۰/۰۷	۰/۱۵	-۰/۲۳
مدل رقومی ارتفاع (متر)	۰/۳۶	۰/۰۵	-۰/۸۲	-۰/۲۱	-۰/۰۴	-۰/۳۸	-۰/۰۳	۰
میزان‌هدایت‌الکتریکی(ds/m)	-۰/۵۸	۰/۳۹	۰/۰۴	۰/۱۶	-۰/۶۶	-۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۰۲
سیلت خاک (درصد)	۰/۴۷	۰/۷۶	۰/۳۲	۰/۰۱	-۰/۰۴	-۰/۱۸	-۰/۱۹	-۰/۱۹
شیب (درصد)	۰/۵۴	۰/۵۱	-۰/۴۴	-۰/۰۶	-۰/۱۲	۰/۴۳	-۰/۲۳	-۰/۰۱
رطوبت اشباع خاک (درصد)	۰/۷۶	۰/۳۵	۰/۱۹	-۰/۰۴	۰/۳۱	-۰/۳۳	-۰/۱۶	۰/۱۷

مطابق جدول فوق، عامل اول آنالیز ENFA ۱۰۰ درصد حاشیه‌گرایی و ۳۰ درصد تخصص‌گرایی را نشان می‌دهد. عامل دوم ۲۲ درصد، عامل سوم ۱۴درصد، عامل چهارم ۱۳ درصد و عامل پنجم ۱۰ درصد تخصص‌گرایی گونه را در منطقه نمایش می‌دهد. مقادیر مثبت حاشیه‌گرایی (ستون اول) بیان می‌کند که گونه در تمایل به رویش در حدی بالاتر از میانگین آن عامل دارد و مقادیر منفی نشان می‌دهد اگر مقدار آن عامل محیطی کاش که گونه مایل به رویش در مقادیر کمتری از آن عامل در محیط است.

جدول ۵- نتایج آنالیز ENFA

آنالیز عوامل اصلی مدل	
حاشیه گرایی	۰/۷۴۷
تخصص گرایی	۱/۷۱۲
تحمل پذیری	۰/۵۸۴

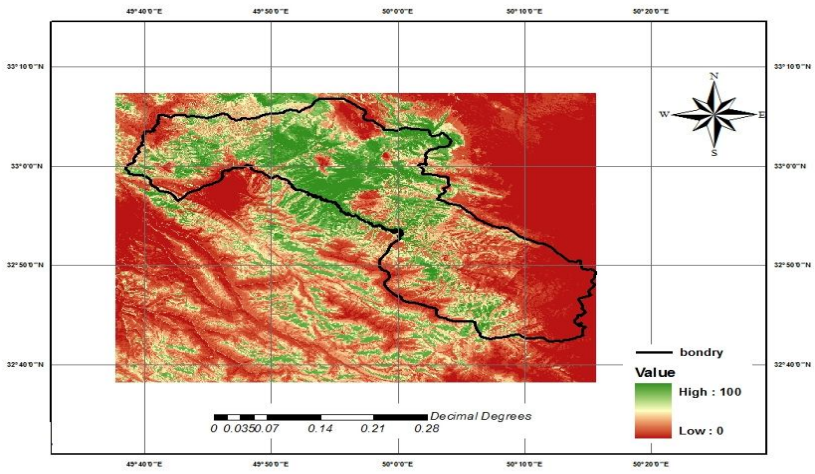
فاکتور تحمل‌پذیری که در واقع معکوس میزان تخصصی بودن گونه است برابر ۰/۵۸۴ به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین فاکتور حاشیه‌ای بودن به منظور تعیین چگونگی رویشگاه کما در منطقه مطالعاتی برابر ۰/۷۴۷ به‌دست آمد. از آنجا که مقدار کم (نزدیک به صفر) این فاکتور، نشان‌دهنده مرکزگرایی و

مقادیر نزدیک به یک نیز حاشیه‌گرایی گونه مربوطه را در محدوده منابع مورد استفاده خود نشان می‌دهد، لذا میزان محاسبه شده نشان‌دهنده وجود گونه در رویشگاه‌های حاشیه‌ای است.

جدول۶- میزان شاخص بویس درالگوریتم‌های مختلف

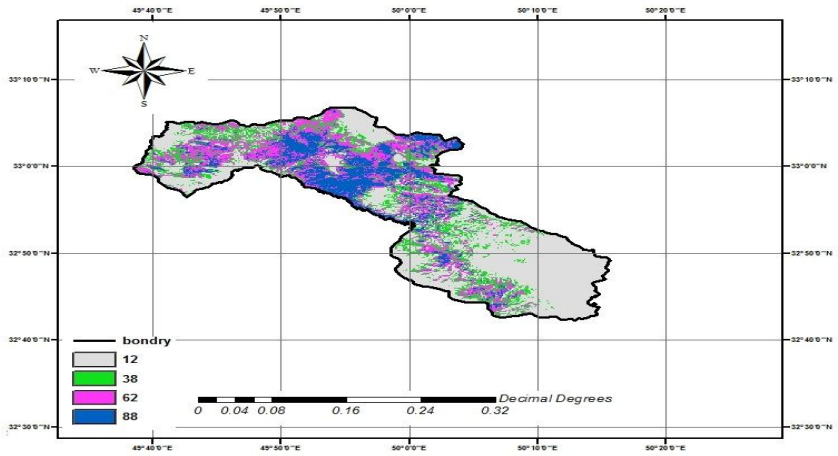
شاخص بویس و انحراف معیار	الگوریتم
Median	-۰/۲۲۵ ±۰ /۵۹۱۸
Geometric-	-۰/۲۳۵ ± ۰/۴۴۳۴
Harmonic	۰/۰۹۰۳ ± ۰/۶۱۷۴
Minimal distance	۰/۱۷۸ ± ۰/۶۲۳۱

در این مطالعه، با مقایسه اعداد جدول ۶، الگوریتم حداقل فاصله انتخاب شد و سپس نقشه رویشگاه بالقوه گونه تهیه شد (شکل ۴).



شکل ۴- رویشگاه بالقوه گونه کما درمنطقه‌ی مطالعاتی

همچنین با توجه به شاخص بویس، تعداد ۴ کلاس از حداقل تناسب رویشگاه (۰) تا حداکثر آن (۱۰۰) برای نقشه رویشگاه پتانسیل تعیین شد (شکل ۵) طبق نتایج حاصله، بیشترین مساحت به ترتیب مربوط به کلاس ۱ (رویشگاه نامناسب: ۲۵-۰)، کلاس ۴ (کاملاً مناسب: ۱۰۰-۷۵)، کلاس۳ (رویشگاه متناسب: ۷۵-۵۰) و کمترین مساحت متعلق به کلاس ۲ (رویشگاه کم تناسب: ۵۰-۲۵) می‌باشد (نقشه ۳).



شکل ۵- طبقه‌بندی تناسب رویشگاه کما در منطقه‌ی مطالعاتی به ۴ کلاس.

نتایج حاصل از ارزشیابی مدل با استفاده از ضریب کاپا براساس طبقه‌بندی لندیس و کخ (Landis and Koch, 1977) نشان‌دهنده این است که مدل تولید شده، در طبقه مدل‌های خوب قرار می‌گیرد. همچین نتایج اعتبار سنجی متقابل نشان می‌دهد که مدل توانایی توجیه ۸۹٪ تغییرات را داشته است و دقت بالایی دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

بهره‌برداری پایدار از گیاهان دارویی با توجه به پتانسیل مراتع کشور نیازمند شناخت مکان مرتعی مناسب است. استفاده از روش‌های مدل‌سازی رویشگاه پتانسیل به تشخیص این مناطق جهت کشت گیاهان مختلف با ارزش دارویی، علوفه‌ای و غیره کمک می‌کند. گیاه کما از جمله‌ی این گیاهان با ارزش است. هدف اصلی این پژوهش تعیین مؤثرترین عوامل محیطی بر پراکنش گونه‌ی کما با استفاده از مدل ENFA در منطقه‌ی فریدون‌شهر استان اصفهان بوده تا به کمک آن نقشه رویشگاه بالقوه این گونه تهیه شود.

مدل ENFA توسط محققین دیگر نظیر هنگل و همکاران (Hengl *et al.*, 2009) زاژی و همکاران (Xuezhi *et al.*, 2008) و انگلر و همکاران (Engler *et al.*, 2002) در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه استفاده شده است. نتایج حاصل از تحلیل مدل ENFA برای گونه کما براساس متغیرهای مستقل رویشگاهی نشان می‌دهد که مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رویشگاه پتانسیل این گونه در این منطقه، متغیرهای میزان درصد رس و رطوبت اشباع خاک، میزان هدایت الکتریکی، درصد شیب و سیلت خاک هستند. بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که از بین ۳۱ متغیر محیطی مورد بررسی،

خصوصیات خاک و توپوگرافی از مؤثرترین عوامل اثرگذار بر پراکنش گیاه کما هستند. این ویژگی‌ها در تأمین رطوبت و مواد غذایی نقش مهمی ایفا می‌کنند. در محیط رشد گیاه، آب باید به مقدار کافی و با کیفیت مناسب وجود داشته باشد؛ زیرا رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث می‌شود عناصر غذایی موجود در محیط رشد گیاه از جمله خاک در آن حل شده و جذب عناصر غذایی صورت بگیرد. این موضوع اهمیت بافت خاک را نمایان می‌کند. کلوییید رس در خاک به علت ریز بودن بیش از حد، آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را در سطح خود نگهداری کرده، به مرور در اختیار گیاه قرار می‌دهد. اهمیت بافت خاک در مطالعات دیگر محققان نیز مشخص شده است (Fahimipour *et al*., 2010). جعفری (Jafari, 2005) مهمترین خصوصیات خاک مؤثر در تفکیک تیپ‌های رویشی را هدایت الکتریکی، بافت خاک و آهک برشمرد و بیان کرد هر گونه گیاهی با توجه به‌منطقه رویش، نیازهای اکولوژیک و دامنه بردباری معینی با بعضی از خصوصیات خاک دارد.

احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2010) درصد رس خاک را از عوامل محیطی مؤثر در پراکنش پوشش گیاهی در حوضه آبخیز قره آقاج در شهرستان سمیرم استان اصفهان معرفی کردند. هدایت الکتریکی بعد از درصد رس و رطوبت اشباع، سومین عامل اثرگذار بر رویشگاه بالقوه کما تعیین شد. هدایت الکتریکی از مهم‌ترین شاخص‌های تعیین درجه شوری خاک است. هر چه املاح خاک بیشتر باشد هدایت الکتریکی آن نیز بیشتر است و در نتیجه می‌توان تأثیر فشار اسمزی خاک را در جذب مواد توسط گیاه و همچنین درجه مقاومت گیاهان به شوری را تعیین نمود. کامین (Comin, 2005) و ییبینگ (Yibing, 2008) در بررسی رابطه بین پراکنش گونه‌ها و هدایت الکتریکی خاک به نتایج مشابهی دست یافتند. عامل مهم بعدی درصد شیب منطقه تعیین شد. شیب اثر بسیار زیاد در واکنش هیدرولوژیک حوزه دارد. سرعت جریان‌های سطحی به‌طور مستقیم به شیب بستگی دارد با افزایش شیب، سرعت آب، نیرو، جنبش افزایش و در نتیجه قدرت تخریب و حمل آن را افزایش می‌دهد. همچنین میزان نفوذ آب در خاک با بالا رفتن شیب کاهش می‌یابد. هرچند فاکتورهای دیگری نظیر شکل حوزه آبخیز، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و غیره هر کدام به‌نحوی در وقوع جریانات سطحی و فرسایش تأثیر گذارند؛ عامل شیب و توپوگرافی حوزه به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار مطرح است. در مطالعات احمدی (Ahmadi, 2007)؛ فهیمی‌پور (Fahimipour, 2010)، به اهمیت فاکتور شیب در پراکنش گونه‌های گیاهی اشاره شده‌است. اثر بسیار مهم شیب بر عمق خاک و ناحیه‌ی نفوذ ریشه است. مطالعه آت اکولوژی آژیر و همکاران (Azhir *et al*., 2007) روی گیاه کما در استان تهران نشان داد این گونه گیاهی در دامنه ارتفاعی ۲۰۰۰ تا ۳۲۰۰ متر از سطح دریا رویش دارد و به لحاظ درصد شیب و جهت شیب تقریباً محدودیتی ندارد. بارندگی در رویشگاه‌های این گونه بیش از ۴۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و در خاک‌های با بافت

لومی می‌روید. هدایت‌الکتریکی خاک رویشگاه کمتر از یک دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته آن در حدود ۷ تا ۷/۵ می‌باشد. نتایج حاصل از جدول ۵ نشان‌دهنده سه عامل مهم تعیین کننده نوع پراکنش کما در منطقه‌ی مطالعاتی است. میزان حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل پذیری در این مطالعه به ترتیب ۰/۷۴۷، ۱/۷۱۲ و ۰/۵۸۴ محاسبه شد و نشان‌دهنده آن است که گونه، زیستگاه‌های کرانه‌ای را برگزیده است؛ زیرا عدد بزرگتر از صفر و نزدیک به یک به این معنی است که گونه در رویشگاه ویژه نسبت به آن پارامتر زندگی می‌کند و آشیان خیلی متفاوتی را نسبت به کل منطقه مورد مطالعه اشغال می‌کند. عدد به‌دست‌آمده در خصوص تخصص‌گرایی نشان‌دهنده‌ی یک گونه‌ی متخصص است که تمایل به زندگی در محدوده‌ی باریکی از شرایط زیست‌محیطی خود را دارد.

نقشه پتانسیل رویشگاه گونه‌ی کما با استفاده از ضرایب آماری کاپا و اعتبارسنجی متقابل بررسی شد. نتایج حاصل از ضرایب به‌دست‌آمده به‌ترتیب برابر ۰/۷۲ و ۸۹ درصد بود و نشان داد در مجموع این روش عملکرد خوبی برای پیش‌بینی رویشگاه پتانسیل این گونه داشته است. محققان دیگر همچون هنگل و همکاران (Hengl *et al.*, 2009)، هیرزل و همکاران (Hirzel *et al.*, 2001-2002) از اعتبارسنجی متقابل برای بررسی دقت مدل در پژوهش‌های خود استفاده نمودند. در نهایت با توجه به اینکه گیاهان دارویی مانند *Ferula ovina* یکی از مهمترین جاذبه‌های مراتع به شمار می‌آیند، حضور این دسته از گیاهان ارزش‌های حفاظتی، صنعتی و دارویی فراوانی در رویشگاه خود ایجاد می‌کنند و در نتیجه نیاز به حفاظت رویشگاه این گونه‌های با ارزش احساس می‌شود. همچنین ایران، کشوری بسیار ثروتمند و غنی از لحاظ گیاهان دارویی است. با این حال، به‌دلایل مختلف از جمله دخالت انسان و سایر عوامل، در سطح وسیعی از اراضی مرتعی، تنوع گونه‌های گیاهی دارویی مهم کاهش یافته است و آن گونه ها رو به انقراض است. در نتیجه، به منظور حفظ گیاهان دارویی مهم، بایستی آن‌ها را در اراضی تخریب شده‌ی کشور کشت کرد. استفاده از روش‌های مدل‌سازی رویشگاه پتانسیل این امر را تسهیل می‌بخشد و علاوه بر احیای این اراضی، به حفظ تنوع زیستی نیز کمک شایانی می‌کند.

منابع

Ahmadi H., Kamali N. Salajeqe A., Jaffari M. 2010. Investigation on some environmental factors influencing distribution of plant species (Case study: Ghara Aghach watershed, Semirom, Iran). Watershed Management Researches Journal, Pajouhesh & Sazandegi, 88: 55-63. (In Persian).

Amu aghaei R. 2007. Effect of gibberellin and cold wet on dormancy breaking of *Ferula ovina*. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 40(11): 471-481. (In Persian).

Azarnivand H., Chahuki M.A.Z. 2011. Rangeland Ecosystem. Tehran University Press. (In Persian).

Azhir F., Shahmoradi A.A. 2007. Autecology of *Ferula ovina* Boiss. In Tehran Province Iranian Journal of Range and Desert Reseach, 14 (3):359-367.

Boyce M. 2006. Scale for resource selection functions. Diversity Distrib, 12:269–276.

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

Chahouki M.A.Z., Jafari M., Azarnivand H, Moghadam M., Farahpoor M., Shafizade, M. 2007. Application of logistic regression to study the relationship between presence of plant species and environmental factors. Pajouhesh & sazandegi, 76: 136-143. (In Persian).

Chefaoui R., Hortal J.N., Lobo J.M. 2005. Potential distribution modeling, niche characterization and conservation status assessment using GIS tools: a case study of Iberian Copris species. Biological Conservation, 122: 327-338.

Fahimipour E., Chahuki M.A.Z., Tavili A. 2010. Investigation on some environmental factors influencing distribution of plant species (Case study: Taleghan rangeland). Rangeland Journal: 23-32. (In Persian)

Farashi A. 2010. Modeling the habitat suitability using ecological niche factor analysis of *Capra aegagrus* in National Park Kolahghazi. Iranian Journal of Natural Resources 63(1):63-73.

Ghasemi M., Ansari N. 2009. Estimate of Iran-Turanian zone rangelands degradation rate by measuring and suggestion Index (In Persian).

Guisan A., Zmmerman N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modeling, 135: 147-186.

Habibi L. 2007. Hubare habitat evaluation using ecological niche factor analysis (ENFA) and AHP methods in Naeen. M.Sc. Thesis in Isfahan University of Technology.

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. Ecological Modeling, 220: 3499-3511.

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

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

http://hamshahrionline.ir/details/84024, 2009.

Iranshahi M., Famili A. Basarlv C., Pyasnth S. 2009. Purification and determination of compounds in *Ferula ovina* Boiss. roots. Journal of Medicinal Plants. 9(36): 72-80.

Jafari M. 1989. Survey of relationship between salinity agents and distribution of plants in Damghan region. M.Sc. Thesis, Natural Resources College of Tarbiat Modarres University.

Jacqain A., Cheret V., Denux J., Mitcheley M., Xofis P. 2005. Habitat suitability modeling of caperailie (Tetrao urogallus) using each observation data. Journal of Nature Conservation, 13:161-169.

Mostafavi M., Alizade A., Kaboli M. 2010. Spring and summer's habitat suitability mapping for wild goat (*Capra aegagrus*). Science of Natural Resources, 2: 111-121. (In Persian).

Sanguni H. 2011. Determining the potential habitat of *Astragalus gossypinus* Fischer in Isfahan province. M.Sc. Thesis. Isfahan University of Technology. (In Persian).

Xuezhi W., Weihua X., Zhiyun O.L., Jianguo X.Yi., Youping Ch. 2008. Application of ecological-niche factor analysis in habitat assessment of giant pandas. Acta Ecologica Sinica, 28 (2): 821-828.

Zaniewski A., Lehmann E. 2002. Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. Ecological Modeling, 157 261-277.