مدل‌سازی پراکنش جغرافیایی رویشگاه گونه‌های *Artemisia aucheri* و *Artemisia sieberi* بر اساس روش‌های مبتنی بر حضور (MaxEnt و ENFA)

لیلا خلاصی اهوازی[۱]، محمدعلی زارع‌چاهوکی[۲*] و سید زین‌العادین حسینی[۳]

۱) گروه مرتعداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲) گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.*رایانامه نویسندهٔ مسئول: mazare@ut.ac.ir
۳) گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۰۴

چکیده

هدف از تحقیق حاضر بررسی مدل‌هایی بر پایه حضور در مدل‌سازی پراکنش جغرافیایی گونه‌های *Artemisia aucheri* و *Artemisia sieberi* می‌باشد. روش آنتروپی حداکثر و تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. اطلاعات پوشش گیاهی و عوامل رویشگاهی از قبیل توپوگرافی و خاک در مراتع شمال‌شرق استان سمنان به روش تصادفی–سیستماتیک جمع‌آوری شدند. درصد سنگریزه، رس، سیلت، شن، ماده‌آلی، اسیدیته، آهک و هدایت الکتریکی از خصوصیات خاک اندازه‌گیری و مورد تجزیه آزمایشگاهی قرار گرفتند. تهیه نقشه خصوصیات خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آمار صورت گرفت. نقشه پیش‌بینی تفکیک برای هر گونه گیاهی با استفاده از نقشه عوامل موجود در مدل آنتروپی حداکثر به کمک نرم‌افزار MaxEnt و مدل ENFA در نرم‌افزار BIOMAPPER تهیه شد. نقش عوامل محیطی در پراکنش و دقت گونه‌های *A. aucheri* و *A. sieberi* در روش MaxEnt با استفاده از روش جک‌نایف و منحنی پاسخ بررسی شد. برای بررسی صحت مدل ENFA از نمایه Boyce استفاده شد و میزان صحت مدل در این آزمون برابر با ۸۳/۴ درصد برای گونه *A. aucheri* تعیین گردید. صحت مدل برای گونه *A. sieberi* حد نصاب قابل قبولی را به دست نیاورد. شاخص کاپا (K) برای ارزیابی میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه واقعی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفت که روش MaxEnt پراکنش گونه *A. aucheri* را به میزان ۸۵ درصد نشان داد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که رس، سنگریزه، رطوبت قابل دسترس عمق اول و آهک عمق اول و دوم مهمترین عوامل تاثیرگذار در هر دو روش بر پراکنش گونه *A. aucheri* است. همچنین درصد سیلت و آهک عمق اول و ارتفاع بر پراکنش گونه *A. sieberi* موثر هستند. مدل‌های MaxEnt و ENFA و مشابه آنها که بر اساس نمونه‌برداری صریح و روشن برآورد احتمال وقوع را محاسبه می‌کنند باید به عنوان جایگزین بعضی از مدل‌های توزیع گونه‌ای نظیر رگرسیون لوجستیک و آنالیز تشخیص در عرصه مراتع در نظر گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: آنتروپی حداکثر، تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی، روش جک‌نایف، سطح زیر منحنی، نمایه Boyce.

مقدمه

مدل‌سازی پراکنش مکانی رویشگاه گونه‌های گیاهی بر پایه خصوصیات بوم‌شناختی برای پیش‌بینی زیستگاه‌های بالقوه به منظور حفاظت از گونه‌های گیاهی صورت می‌گیرد (Zare Chahouki *et al*,

Archive of SID

www.SID.ir

2012). درک پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی که نقش برجسته‌ای در ارزیابی حفاظت منطقه‌ای و توسعه برنامه‌ریزی دارند، موجب شناخت عوامل بوم‌شناختی اثرگذار بر آنها خواهد شد. مدل‌سازی مکانی زیستگاه گونه‌های گیاهی برای نشان دادن تاثیر عوامل بوم‌شناختی در پراکنش پوشش گیاهی امری ضروری است که نتیجه آن تهیه نقشه‌های دقیق پوشش گیاهی و مدیریت مناسب زیست‌بوم‌های مرتعی است. تعاریف متعددی در رابطه با گروه‌های عملکردی در بوم‌شناسی وجود دارد (Barbuat *et al,* 1991؛ Korner, 1993؛ Gitay *et al,* 1996). هر گونه گیاهی دارای ویژگی‌های متعدد مورفولوژیک، فیزیولوژیک و رفتاری است که بسیاری از آنها ممکن است تحت تاثیر فراوانی گونه‌ها و عملکرد زیست‌بوم قرار گیرند. برای نشان دادن پیچیدگی زیست‌بوم روشی باید در نظر گرفته شود که عوامل تاثیرگذار بر فرآیندهای زیست‌بوم را تشخیص دهد. این روش از دیدگاه زیستی می‌تواند به صورت یک روش محلی باشد که پارامترهای مدل رگرسیون را در فضا تغییر می‌دهد. مدل آماری مبتنی بر مناطق محلی هنگامی که گونه‌ها به حالت تعادل با محیط خود نرسیده و رفتار گونه‌ها و افراد جامعه در حال تغییر است، اطلاعات بیشتر و در نتیجه پیش‌بینی دقیق‌تری را نسبت به یک مدل کلی ارایه می‌دهد (Osborne & Suarez-Seoane, 2002؛ Foody, 2004).

روش‌های مورد استفاده برای بررسی توزیع گونه‌های گیاهی بر پایه داده‌های تنها حضور شامل تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA)، روش پیش‌بینی الگوریتم ژنتیک (GARP) و روش آنتروپی حداکثر (Maxent) می‌باشند (Stockwell & Peters, 1999؛ Hirzel *et al*, 2002؛ Phillips *et al*, 2006) که هیچ‌گاه به طور مطلق ثابت نشده است که کدامیک از این روش‌ها بهتر از دیگری است (Hengel *et al,* 2009). البته تحقیقات نشان داده که مدل‌های بر پایه حضور دارای مزایای بیشتری هستند. دو مدل افزایشی تعمیم‌یافته GAM و ENFA توسط Zaniewski و همکاران (۲۰۰۲) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تخمین توزیع پتانسیل گونه‌ها با استفاده از روش ENFA نتیجه بهتری خواهد داشت.

مدل آنتروپی حداکثر روشی برای تخمین توزیع گونه‌های گیاهی تنها بر پایه داده‌های حضور و تخمین احتمال ناشناخته توزیع آنها است که کارایی خوبی را در این زمینه نشان داده است (Elith *et al,* 2006). در مدل آنتروپی حداکثر ابتدا لایه‌های محیطی بر اساس موقعیت داده‌های آموزشی ارزیابی شده و سپس احتمال حضور هر یک از گونه‌ها در کل منطقه مطالعاتی بررسی می‌شود (Buehler & Ungar, 2001). مدل‌های آنتروپی حداکثر در نرم‌افزار Maxent 3.3.3 قابل اجرا هستند (Philips *et al,* 2006؛ Phillips & Dudik, 2008). هر گونه گیاهی در محیط میزانی از تخصصی بودن را در محدوده منابع خود نشان می‌دهد.

تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی اولین بار توسط Perrin (۱۹۸٤) مطرح شد و هم اکنون در نرم‌افزار BIOMAPPER قابل اجرا است (Hirzel *et al,* 2001). نرم‌افزار BIOMAPPER بر پایه سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزارهای آماری برای تهیه مدل‌های مطلوبیت زیستگاه و نقشه‌های آن بر اساس تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر ENFA می‌باشد. این نرم‌افزار قادر است که وضعیت تمام متغیرها را در تمامی نقاط حضور گونه با یکدیگر مقایسه کرده و در نهایت مطلوب‌ترین وضعیت را در نظر گرفته و بخش‌هایی از منطقه را به عنوان بهترین رویشگاه برای گونه مورد نظر به صورت نقشه ارایه دهد. روش ENFA گونه‌هایی را که رفتار بوم‌شناختی مشابهی

Archive of SID

www.SID.ir

نسبت به عوامل محیطی مهم دارند، در یک گروه بوم‌شناسی قرار می‌دهد.

مطالعات بسیاری در خصوص تعیین آستانه‌های تخصصی گونه‌ها و پیش‌بینی زیستگاه آنها در حیطه گونه‌های جانوری توسط روش آنتروپی حداکثر انجام شده است. توزیع دو گونه دوزیست با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر توسط Negga (۲۰۰۷) مطرح شده که یافته‌های حاصل از این تحقیق نشان داد حضور دو گونه مختلف وابستگی بسیاری به میزان پوشش گیاهی در نزدیکی زیستگاه آبی آنها دارد، به طوری که گونه *Triturus pygmaeus* سازگاری بسیاری با پوشش تنک گیاهی و گاهی اوقات عاری از پوشش دارد، در حالی که گونه *T. marmoratus* بدین شکل نیست. مطالعات آنتروپی حداکثر در حیطه گونه‌های گیاهی نیز در حال اجرا است که می‌توان به تحقیقات Kumar و Stohlgren (۲۰۰۹) در رابطه با حداکثر مطلوبیت رویشگاه گونه درختی در معرض خطر *Canacomyrica monticola* در منطقه نیوکالیدونیا اشاره کرد. همچنین زارع‌چاهوکی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی مراتع حوض سلطان قم را پیش‌بینی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که متغیرهای هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع، آهک، اسیدیته و بافت خاک از مهم‌ترین ویژگی‌هایی هستند که باعث تفکیک رویشگاه‌های مورد مطالعه شده‌اند.

مطالعات بسیاری در زمینه استفاده از روش ENFA برای تهیه رویشگاه‌های بالقوه گونه‌های جانوری در سطح جهانی صورت گرفته است (Farashi *et al*, 2013). نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه *Eurotia ceratoides* با کاربرد تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی در نرم‌افزار BIOMAPPER برای مراتع شرق استان سمنان تهیه شد (Khalasi Ahvazi *et al*, 2012). تخصص‌گرایی، حاشیه‌گرایی و تحمل‌پذیری به عنوان عوامل تعیین‌کننده آشیان بوم‌شناختی در این بررسی مطرح گردید.

روش‌های ارزیابی مناسبی برای تعیین دقت و صحت هر کدام از روش‌های ENFA و MaxEnt باید انتخاب شود. تا کنون روش‌های ارزیابی متفاوتی برای تعیین دقت داده‌های کمی حاصل از مدل‌های پیش‌بینی استفاده شده است (Moisen & Frescino, 2002؛ Moisen *et al,* 2006). تمامی این روش‌ها وابسته به روابط بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده هستند که بیانگر میزان موفقیت می‌باشد. توصیف پاسخ گونه به متغیرهای محیطی از مسایل پایه در آزمون تئوری‌های بوم‌شناختی است. منحنی‌هایی با رسم عملکرد یک گونه در امتداد شیب تغییرات محیطی به دست می‌آید که از آنها به عنوان منحنی‌های پاسخ گونه نام می‌برند. تهیه مدل توزیع جغرافیایی یک گونه گیاهی با استفاده از منحنی پاسخ پیش‌بینی شده برای یک عامل پیشگوی محیطی صورت می‌پذیرد. نقشه‌های پیش‌بینی توزیع جغرافیایی توسط چند مدل برای تعدادی از گونه‌ها توسط Elith و همکاران (۲۰۰۶) تهیه شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که هر یک از گونه‌ها با وجود زیست در یک جامعه گیاهی دارای منحنی‌های پاسخ متفاوتی هستند و باید علاوه بر سطح زیرمنحنی از آزمون‌های دیگری برای تعیین موفقیت مدل استفاده کرد. Termansen و همکاران (۲۰۰۶) نیز در مطالعه دیگری این نتایج را تایید می‌کنند. در حقیقت تنها با ارایه نقشه‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده توزیع جغرافیایی نمی‌توان دقت مدل پیشگوی محیطی را ارزیابی نمود و باید از روش‌های ارزیابی مناسبی بهره برد (Huntley *et al*, 2004 ؛Thuiller, 2003).

بعضی از روش‌ها همانند سطح زیرمنحنی درجه‌ای از برازش چندجمله‌ای را برای هر عامل محیطی بدون مقادیر و علائم نشان داده و تعداد کمی

Archive of SID

www.SID.ir

از روش‌ها نظیر آماره کاپا ضرایبی را برای مدل فراهم می‌کنند. بنابراین منحنی‌های پاسخ را می‌توان بازسازی و کمی نمود (Venier *et al,* 2004). میزان تطابق نقشه پیش‌بینی شده با نقشه پوشش گیاهی واقعی را می‌توان با استفاده از آمار کاپا مورد ارزیابی قرار داد. استفاده از آمار کاپا در واقع بهترین روش اندازه‌گیری توافق بین داده‌های قابل مشاهده (تیپ‌های گیاهی) و داده‌های حضور پیش‌بینی شده است (Robertson *et al,* 2003؛ Liu *et al,* 2005؛).

مدل‌های توزیع گونه‌های گیاهی برای مقابله با مشکلات زیست‌محیطی، تکاملی و حفاظتی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. بسیاری از این روش‌ها پیش‌بینی‌های متناسب پیوسته‌ای را ارایه می‌دهند، اما بسیاری از کاربردهای واقعی آنها مانند طراحی ذخایر و ارزیابی اثرات گونه‌های مهاجم و تغییرات اقلیمی و نیز ارزیابی مدل‌ها نیاز به داده‌های حضور و غیاب دودویی برای نشان دادن آستانه تغییرات دارند و مدل‌های ENFA و MAXENT دارای درجه اطمینان بالاتری هستند (Liu *et al,* 2013).

گونه‌های *Artemisia sieberi* و *A. aucheri* به ترتیب از جمله گونه‌های مهم مراتع قشلاقی و ییلاقی مراتع خشک و نیمه‌خشک ایران با کاربرد علوفه‌ای، حفاظت خاک و دارویی هستند. این گونه‌ها با توجه به سطح تاج پوشش نقش به سزایی در جلوگیری از اثرات مخرب ریزش باران و کاهش رواناب دارند. بنابراین بررسی انواع روش‌های مدل‌سازی در پیش‌بینی رویشگاه این دو گونه حایز اهمیت است (زارع‌چاهوکی، ۱۳۸۵). مطالعه حاضر به بررسی پراکنش دو گونه گیاهی شاخص مراتع ایرانی‌تورانی با استفاده از دو روش ENFA و MAXENT پرداخت. به علاوه دو مدل MAXENT و ENFA که بر پایه حضور گونه‌ها بوده و دارای هزینه‌های کمتری است، با یکدیگر مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در شمال شهرستان سمنان به مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و ٥٤ درجه و ٢٤ دقیقه شرقی تا ۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ٤٣ دقیقه شرقی بود. سایت مطالعاتی حاضر در منطقه خشک و نیمه‌خشک بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی دو مارتن به مساحت ٧٤٠٠٠ هکتار قرار داشت. بیشترین ارتفاع منطقه ٢٢٦٠ متر و کمترین ارتفاع منطقه ۱۱۲۹ متر بود (شکل ۱).

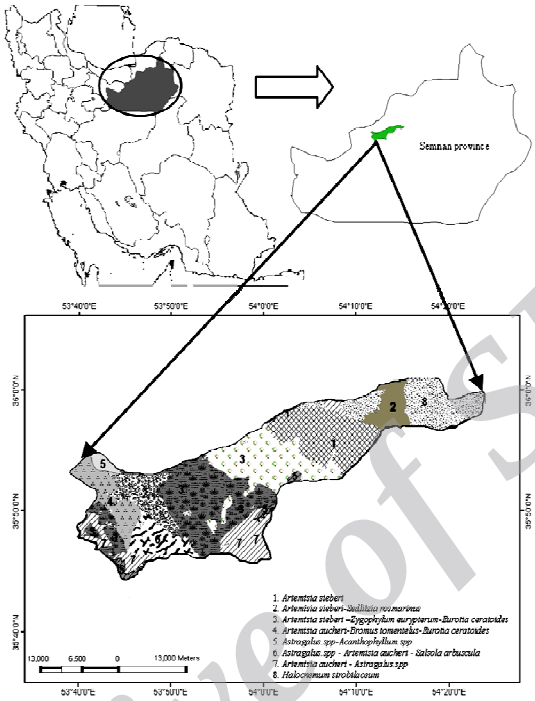
نمونه‌برداری از عوامل فیزیوگرافی، خاک و پوشش گیاهی به منظور مدل‌سازی رویشگاه گونه‌های *A. sieberi* و *A. aucheri* انجام شد. در هر تیپ رویشی ۳ ترانسکت ۷۵۰ متری مستقر و در هر ترانسکت ۱۵ پلات با فواصل ۵۰ متر برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی قرار داده شد. اندازه پلات در این مطالعه به روش حداقل سطح (۲ مترمربع) برای رویشگاه‌های شمال‌شرق استان سمنان تعیین شد. نمونه‌برداری از خاک در هر تیپ رویشی با توجه به همگن بودن تغییرات پوشش گیاهی و عوامل محیطی در ٦ پروفیل انجام شد. نمونه‌برداری از خاک با توجه به عمق خاک و عمق ریشه‌دوانی موثر گیاهان مناطق خشک ۸۰ سانتی‌متر انتخاب شد و نمونه‌برداری از دو عمق ۲۰-۰ و ۸۰-۲۰ سانتی‌متر صورت گرفت و نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس آزمایش‌های فیزیکی شامل تعیین درصد رس، سیلت و ماسه به روش هیدرومتری بایکاس بر روی ذرات کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر انجام شد. میزان اسیدیته خاک توسط pHمتر اندازه‌گیری شد. وضعیت شوری خاک، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با هدایت‌سنج الکتریکی تعیین گردید. درصد آهک خاک به روش سنجش کلسیم، درصد گچ به روش استون و

Archive of SID

www.SID.ir

درصد رطوبت قابل دسترس به روش وزنی اندازه‌گیری گردید (Black, 1979).

به منظور کاهش خطای اندازه‌گیری تنها از داده‌های حضور استفاده شد (Anderson *et al*, 2003؛ Brotons *et al*, 2004). بنابراین مختصات جغرافیایی مناطقی که گونه‌های *A. sieberi* و *A. aucheri* حضور داشتند توسط GPS تعیین شد. همچنین مطالعات و نقشه‌های پوشش گیاهی آن منطقه نیز تهیه گردید.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان سمنان

ابتدا برای تهیه لایه‌های عوامل محیطی و ورود به دو نرم‌افزار MaxEnt و BIOMAPPER از روش کریجینگ در نرم‌افزار GS+ (Ver. 5.1.1) و نرم‌افزار ArcMap استفاده شد. نقشه پیش‌بینی مکانی، درصد رطوبت قابل دسترس خاک، آهک، رس، سنگریزه، هدایت الکتریکی، اسیدیته و بافت خاک در دو عمق ذکر شده با استفاده از زمین آمار صورت گرفت. به علاوه نقشه شیب و ارتفاع با استفاده از نقشه DEM منطقه تهیه و سپس دو روش ENFA و MaxEnt اجرا گردید.

آنالیز انجام شده در تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی مشابه تجزیه به مولفه‌های اصلی به محاسبه عوامل تشریح‌کننده بخش عمده‌ای از تاثیر متغیرهای مستقل محیط زیست گونه می‌پردازد. تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی تا حدی نیازمند نرمال بودن داده‌های اولیه است. عدم رعایت این اصل باعث بروز خطا در نتایج نهایی و کاهش دقت و صحت مدل می‌شود (Hirzel *et al,* 2001؛ Songlin *et al,* 2007). همچنین بررسی همبستگی بین این متغیرها در این روش حایز اهمیت است، زیرا Biomapper به متغیرهایی نیاز دارد که همبستگی بالایی با هم نداشته باشند. در غیر این صورت متغیرهایی که همبستگی بالاتر از ۸۵ درصد با یکدیگر دارند با یک وزن وارد مدل خواهند شد (Songlin *et al,* 2007). عوامل بوم‌شناختی مهمی همچون تخصص‌گرایی، حاشیه‌گرایی و تحمل‌پذیری گونه نیز علاوه بر محاسبه

Archive of SID
www.SID.ir

مطلوبیت رویشگاه در روش ENFA محاسبه می‌گردد که به ترتیب نشان‌دهنده وسعت میدان بوم‌شناختی گونه مورد نظر نسبت به متغیرهای مستقل زیست‌محیطی، میزان تمایل گونه به زندگی در زیستگاه‌های حاشیه‌ای و محدوده قابل تحمل گونه نسبت به متغیرهای مستقل زیست محیطی می‌باشند. مدل‌های آشیان بوم‌شناختی، احتمال حضور گونه را بر اساس متغیرهای زیست‌محیطی پیش‌بینی می‌کنند. پیشرفت فنون آماری و سامانه اطلاعات جغرافیایی باعث شده تا مدل‌سازی در قالب فضا انجام گیرد (Jacqain *et al,* 2005). مدل با استفاده از شاخص Boyce (که بین ۱- تا ۱+ متغیر بوده) تهیه شده و مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده قدرت بالای پیش‌گویی‌کنندگی آن می‌باشد که پس از تهیه نقشه قابل ارزیابی است. با استفاده از شاخص Boyce می‌توان یک الگوریتم مناسب برای تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه انتخاب نمود. بر این اساس هر چه میزان شاخص بیشتر و انحراف معیار کمتر باشد، بیانگر انتخاب مناسب الگوریتم می‌باشد (Hirzel *et al,* 2006). در این بررسی از آمار کاپا در نرم‌افزار Idrisi Kilimanjaro به منظور تطبیق نقشه رویشگاه بالقوه گونه‌های *A. sieberi* و *A. aucheri* تهیه شده با نقشه واقعی پوشش گیاهی و تعیین میزان دقت آنها استفاده شد.

الگوریتم مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt) به ارزیابی احتمال توزیع مقادیر حداکثر آنتروپی متاثر از محدودیت‌های ناشی از متغیرهای محیطی تاثیرگذار بر نحوه توزیع‌های مکانی گونه می‌پردازد. مدل‌سازی به روش حداکثر آنتروپی پس از آماده‌سازی نقشه‌های مربوط به متغیرهای محیطی مهم و وارد کردن آنها به نرم‌افزار MaxEnt انجام شد. مدل‌سازی در این مطالعه با ۱۰۰۰ تکرار و انتخاب ۱۰۰۰۰ نقطه تصادفی به عنوان نقاط زمینه انجام گرفت. همچنین از ۷۰ درصد نقاط حضور در اجرای مدل آموزش و ۳۰ درصد برای آزمون مدل استفاده شد. از آنجایی که خروجی مدل یک نقشه احتمالی پیوسته است، ضروری بود که برای تعیین حضور گونه‌های مورد نظر آستانه بهینه حضور مشخص گردد (Peterson & Shaw, 2003). نقشه‌های پیوسته پیش‌بینی بعد از تعیین آستانه بهینه به روش حساسیت و اختصاصی برابر به نقشه‌های حضور و عدم حضور گونه‌ها تبدیل و میزان تطابق آنها با نقشه‌های واقعی زمینی از طریق آمار کاپا بررسی شد. این روش برای همه متغیرهای موجود در مدل منحنی پاسخ ایجاد می‌کند. روش تحلیل سطح زیر منحنی (از صفر تا ۱۰۰) برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی حاصل استفاده شد (Elith *et al*, 2006). برای تعیین اهمیت متغیرهای محیطی از روش جک‌نایف (Jackknife) استفاده شد.

موفقیت پیش‌بینی هر دو روش ENFA و MAXENT با استفاده از آمار کاپا انجام گرفت. تطبیق نقشه زیستگاه گونه‌های *A. sieberi* و *A. aucheri* با نقشه واقعی پوشش گیاهی و تعیین میزان دقت با استفاده از آمار کاپا در نرم‌افزار Idrisi Kilimanjaro صورت گرفت. این محاسبه بر اساس احتمال حاشیه‌ای جدول احتمال وقوع است. ضریب کاپا به عنوان یک روش اندازه‌گیری اصلی در این پژوهش برای ارزیابی مدل می‌باشد. این شاخص برای اندازه‌گیری میزان توافق بین پیش‌بینی حضور یا عدم حضور گونه‌های گیاهی و واقعیت موجود به کار رفته و از طریق رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطه (۱):
$$K = \frac{(a+b)-[(a+c)(a+b)+(b+d)(c+d)]/n}{n-[(a+c)(a+b)+(b+d)(c+d)/n}$$

دامنه توافق برای آمار کاپا توسط Monserud و Leemans (۱۹۹۲) به صورت جدول ۱ پیشنهاد شد که از این دامنه‌ها در این مطالعه برای توصیف توافق حاصله استفاده گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. دامنه توافق برای آماره کاپا (۱۹)

۱	<۰/۰۵	عدم توافق
۲	۰/۰۵-۰/۲۰	بسیار ضعیف
۳	۰/۲۰-۰/٤۰	ضعیف
٤	۰/٤۰-۰/۵۵	متوسط
۵	۰/۵۵-۰/۷۰	خوب
٦	۰/۷۰-۰/۸۵	بسیار خوب
۷	۰/۸۵-۰/۹۹	عالی
۸	۰/۹۹-۱/۰۰	بسیار عالی
۹	مقادیر منفی	توافق ضعیف

نتایج

اجرای روش کریجینگ نیاز به تهیه نیم‌تغییرنما برای هر متغیر دارد که نتیجه آن در جدول ۲ ارایه شد. نیم‌تغییرنما کمیتی برداری است که درجه همبستگی مکانی و شباهت بین نقاط اندازه‌گیری شده را بر حسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله آنها نشان می‌دهد. نقشه پراکنش درصد سنگریزه عمق اول خاک به طور نمونه بر اساس روش کریجینگ در محیط GIS تهیه شد (شکل ۲).

خروجی حاصل از مدل آنتروپی حداکثر نقشه‌ای پیوسته است. خروجی‌ها در مطالعه حاضر به صورت نقشه‌های دودویی (صفر و یک) با روش حساسیت و اختصاصیت برابر تهیه گردید (شکل ۳). آستانه اختصاصی به دست آمده برای گونه *A. sieberi* برابر ۰/٤۳ از سطح آستانه است که نقاط حضور این گونه در مرکز سایت مطالعاتی به دلیل وجود عوامل محیطی متناسب با این گونه گیاهی که سطح وسیعی از منطقه را شامل می‌شود، پیش‌بینی شد.

مکان‌های حضور و عدم حضور گونه *A. aucheri* با استفاده از الگوی توزیعی متغیرهای تاثیرگذار محیطی پیش‌بینی شد (شکل ۳). احتمال حضور گونه *A. aucheri* دو برابر قبلی و معادل ۰/۹۷ به دست آمد. در این نقشه دو قسمت از منطقه مورد مطالعه دارای درصد بالای احتمال حضور گونه *A. aucheri* است، به طوری که یکی از قسمت‌ها مناطق دارای سنگریزه و دیگری رطوبت قابل دسترس بالا است. همچنین قسمت‌های بالادست منطقه با وجود شیب بالا به دلیل وجود میزان بالای رس، سبب حفظ آب در خاک در مناطق پرشیب شده و باعث استقرار گونه *A. aucheri* شده است.

نتایج روش جک‌نایف نشان داد که متغیرهای سیلت و آهک عمق اول و ارتفاع رابطه معنی‌داری با توزیع گونه *A. sieberi* دارد. همچنین متغیرهای سنگریزه و آهک عمق اول، شیب، رطوبت قابل دسترس و رس عمق اول و آهک عمق دوم به صورت معنی‌داری بر روی الگوی پراکنش گونه *A. aucheri* تاثیرگذار هستند (شکل ٤).

منحنی پاسخ رابطه بین متغیرهای محیطی و زیستگاه مناسب هر گونه گیاهی یا جانوری را نشان می‌دهد. منحنی پاسخ برای هر یک از متغیرهای محیطی با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر به کار رفته است. مهمترین عوامل محیطی در پراکنش *A. sieberi* شامل آهک و سیلت عمق اول و ارتفاع بود. همچنین

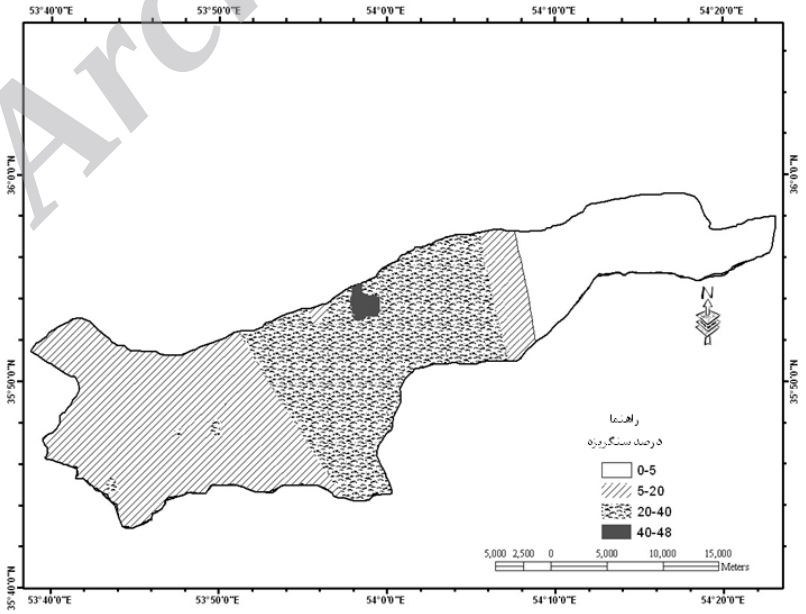
Archive of SID

www.SID.ir

آهک، سنگریزه، رطوبت قابل دسترس خاک و رس عمق اول، آهک عمق دوم و درصد شیب در رابطه با گونه *A. aucheri* از اهمیت بسیاری برخوردار است که آستانه‌های محیطی هر یک نسبت به اپتیمم مطلوبیت بهینه زیستگاه در شکل ٤ نشان داده شده است.

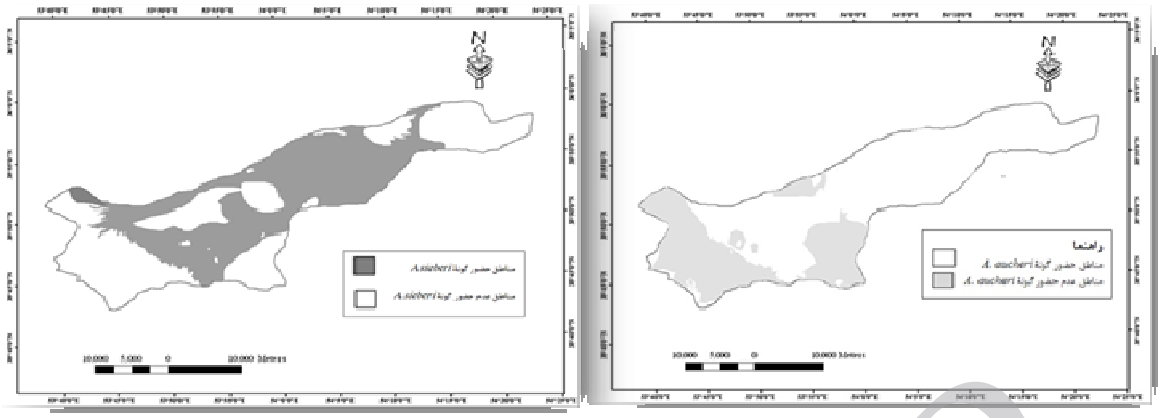
جدول ۲. پارامترهای موثر در مدل ساختار فضایی هر یک از متغیرها

	مدل تغییرنما	اثرقطعه‌ای	آستانه (درصد)	شعاع‌تاثیر (متر)	ضریب همبستگی
رس ۱	گاسن	۰/۰۱	۲۰۳/۳۰	۷۷۰۸	۰/۸۱
رس ۲	کروی	۰/۲٦	۱۵۹/۳۹	٥٤۹	۰/۱۵
شن ۱	گاسن	۰/۱۰	٤۷۳/۱۰	٥۱۱٤	۰/٦٤
شن ۲	گاسن	۰/۳۸	۷۸٦/۹۰	٥۷۸٥	۰/۸۱
سیلت ۱	گاسن	۰/۲۲	۳۱٥/۳۰	۷۱۰۱	۰/۸۷
سیلت ۲	گاسن	۰/۲۰	٤۱٤/۹۰	٦۱۱٤	۰/۷۸
سنگریزه ۱	گاسن	۰/۰۱	٤۱۸/۳۰	٥٥۹٥	۰/۷۲
سنگریزه ۲	گاسن	۰/٤۰	۱٦٤۹/۰۰	۷۰٥	۰/۸٦
رطوبت قابل دسترس ۱	گاسن	۰/۱۰	۹۱/۲۰	٤۱٤۰	۰/۸٤
رطوبت قابل دسترس ۲	گاسن	۰/۲٥	۷۰/٤۰	۳٥۲۰	۰/۷٥
گچ ۱	کروی	۰/۱۰	٦۳/۷۰	٤۰۷۰	۰/۲۳
گچ ۲	گاسن	۰/۱۰	۲۰۱/۱۰	۸٥۷٤	۰/۷٥
EC 1	گاسن	۰/۰۱	۲۱/۰۱۰	٤۱٥۰	۰/۸۳
EC 2	گاسن	۰/۱۰	٥۱/۲۰	٤٦۰۰	۰/۸۱
آهک ۱	تجربی	۰/۲۹	٥٦/٦٤	۲۹۹۱	۰/۷٤
آهک ۲	کروی	۰/٥٤	٥۰/۰۰	۹۹۳	۰/٦٥
اسیدیته ۱	گاسن	۰/۲۱	٤۳/۰۰	۲۳٤٥	۰/٥۳
اسیدیته ۲	تجربی	۰/۲٥	۳٦/۰۰	۳٦۷۸	۰/٥٥



شکل ۲. نقشه پراکنش درصد سنگریزه عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر مراتع شمال شرق استان سمنان

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳. نقشه پیش‌بینی توزیع جغرافیایی گونه‌های ***A. sieberi*** و ***A. aucheri*** در مراتع شرق سمنان

نتایج این تحقیق نشان داد که گونه *A. aucheri* رابطه بسیار قوی با درصد پایین آهک خاک به خصوص در خاک سطحی ۲۰ -۰ سانتی‌متر دارد، در حالی که گونه *A. sieberi* با درصد بالای آهک همبستگی مثبت نشان داد. گونه *A. aucheri* با درصد بالای سنگریزه خاک در حدود ۳۶-۲۵ درصد نیز همبستگی دارد. همچنین *A. aucheri* در شیب‌های بالاتر در منطقه مورد مطالعه زیستگاه مطلوبی را داراست. آستانه رطوبت قابل دسترس در پراکنش مطلوبیت رویشگاه گونه *A. aucheri* از ۱۷تا ۲۰ درصد است که نشان‌دهنده رابطه این گونه با میزان آب در دسترس گیاه است. همچنین مقدار رس ۲۸ تا ۳۰ درصد به دلیل نگهداشت بالاتر آب نسبت به بافت‌های دیگر خاک با گونه *A. aucheri* در این منطقه رابطه مستقیم دارد. به علاوه گونه *A. sieberi* در بافت لومی‌شنی رشد داشته و با مقدار سیلت ارتباط معنی‌داری دارد. نقاط بهینه حضور *A. sieberi* در مناطق دشتی و با ارتفاع کم‌تر و در حدود دامنه ۱۸۰۰-۱۲۵۰ متر قرار داشت.

تحلیل سطح زیر منحنی (AUC) برای آستانه احتمال حضور گونه *A. auchei* مقدار بیشتری (۰/۹۳ مساحت زیر منحنی) نسبت به گونه *A. sieberi* (۰/۷۲ مساحت زیر منحنی) را نشان داد که دلیل آن می‌تواند به دلیل گستردگی پراکنش *A. sieberi* و سازگاری گونه مد نظر با اکثر مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد.

هسته مرکزی نرم‌افزار BIOMAPPER تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی است. آنالیز انجام شده در تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی مشابه آنالیز تجزیه مولفه‌های اصلی است که به محاسبه عواملی پرداخته و توضیح‌دهنده بخش عمده‌ای از تاثیر متغیرهای مستقل محیط زیست گونه است. تحلیل انجام شده در این روش برای گونه *A. sieberi* دارای صحت بسیار پایینی است که می‌توان دلیل آن را گستردگی پراکنش این گونه در سطح منطقه دانست. با این وجود این روش نتوانست عوامل تاثیرگذار در این گونه را با دقت قابل‌توجهی تفکیک کند، در صورتی‌که نتایج پیش‌بینی با روش ENFA برای *A. aucheri* صحت مناسبی را نشان داد.

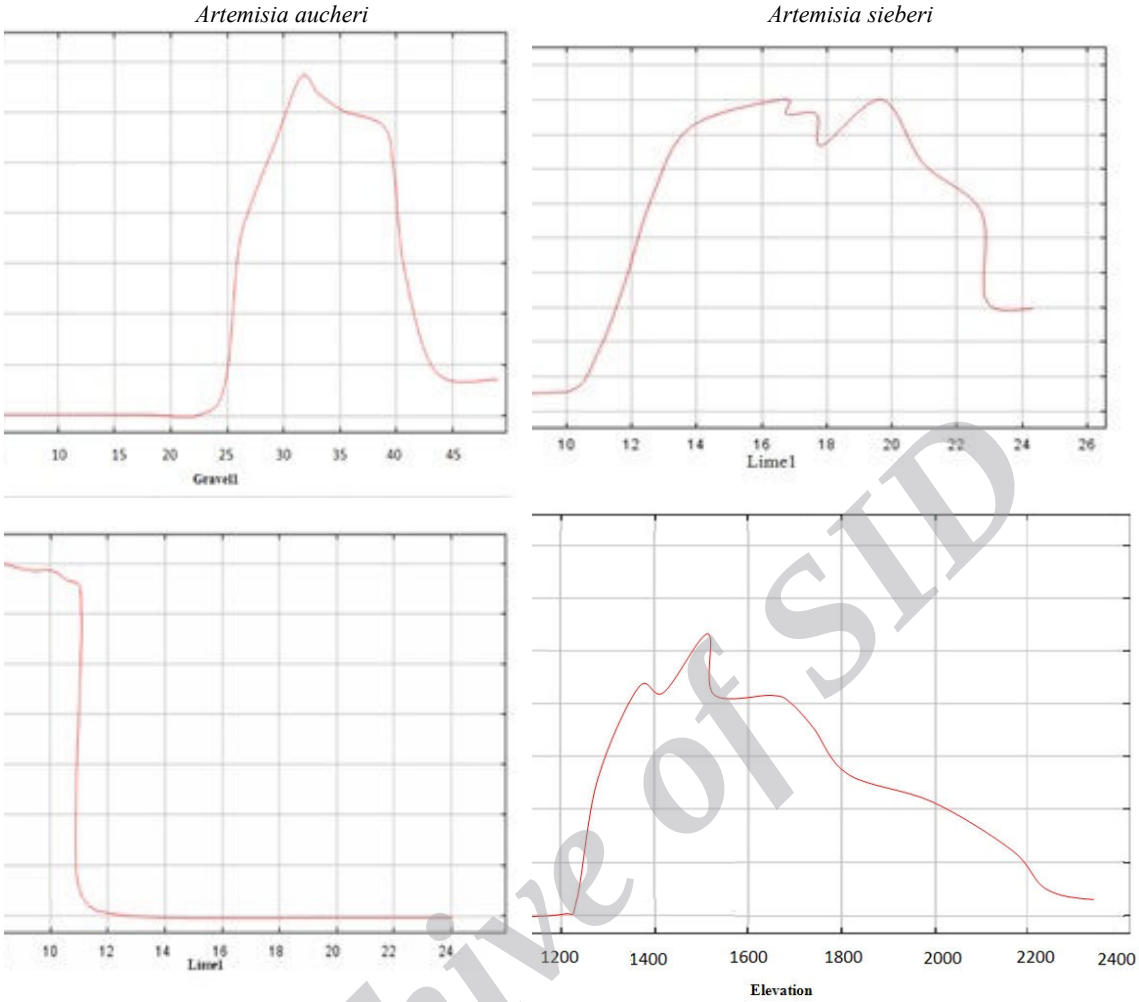
Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۴. نتایج حاصل از روش جک‌نایف در ارتباط با اهمیت متغیرهای محیطی (الف) *Artemisia aucheri* و (ب) *A. sieberi*

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. منحنی پاسخ متغیرهای محیطی برای گونه *A. sieberi* و *A. aucheri*

سنگریزه، درصد آهک و درصد سیلت مهمترین عوامل در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه *A. aucheri* است (جدول ۳). اولین ستون معرف ویژگی حاشیه‌ای بودن گونه مورد مطالعه است که نشان می‌دهد حد بهینه گونه مورد مطالعه تا چه اندازه در فاصله از حد میانگین رویشگاه مورد مطالعه قرار دارد. عوامل بعدی نیز شامل تحمل‌پذیری یا به عبارتی تخصصی بودن گونه هستند.

نقشه مطلوبیت رویشگاه *A. aucheri* با استفاده از روش میانگین هندسی در نرم‌افزار BIOMAPPER به دست آمد. نقشه تناسب رویشگاه در نهایت با انجام آنالیزهای آماری مورد نیاز به صورت فایل رستری حاوی مقادیر صفر تا ۱۰۰ تهیه شد. صحت مدل با استفاده از شاخص Boyce ارزیابی گردید. میزان صحت مدل در این آزمون ۸۳/٤ بود که نشان‌دهنده دقت بالا و قابل قبول نتایج این مطالعه بود. نقشه در این تحقیق به چهار کلاس تناسب رویشگاه به منظور سهولت مشاهده تغییرات طبقه‌بندی شد که مقادیر صفر تا ۱۰ در رده نامناسب، ۱۰ تا ۳۰ در رده با تناسب کم، ۳۰ تا ۷۰ در رده تناسب متوسط و ۷۰ تا ۱۰۰ در رده مناسب طبقه‌بندی شد (شکل ٦).

Archive of SID
www.SID.ir

دقت نقشه‌های پیش‌بینی شده با نقشه‌های پوشش گیاهی واقعی در این مطالعه آزموده شدند. تطابق نقشه پراکنش گونه‌های گیاهی و تعیین میزان دقت آن با استفاده از آمار کاپا در نرم‌افزار Idrisi Kilimanjaro صورت گرفت. ارزیابی این روش‌ها نشان داد که روش MAXENT در نشان دادن پراکنش گونه‌های گیاهی به واقعیت نزدیک‌تر هستند (جدول ٤).

جدول ۳. واریانس توضیح داده شده با چهار فاکتور اول خروجی از نرم‌افزار (از ١٦ فاکتور اولیه) برای گونه *Artemisia aucheri*

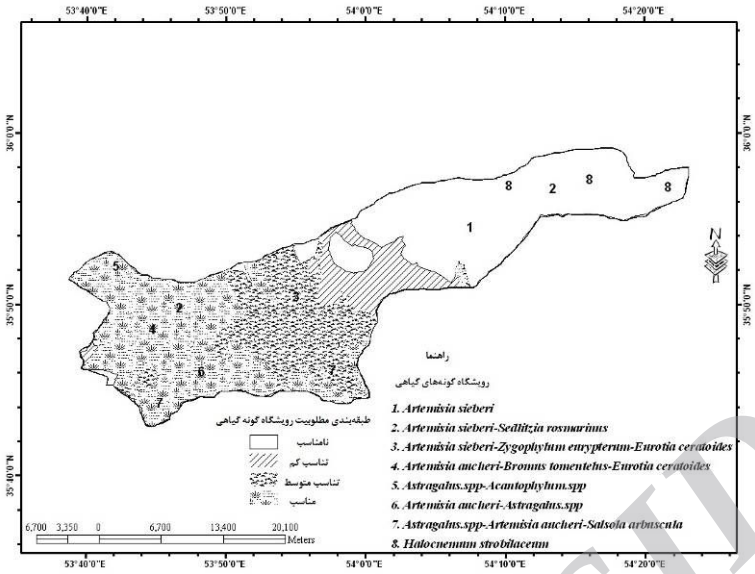
متغیرهای محیطی	عمق	حاشیه گزینی	تخصص‌گرایی ۱	تخصص‌گرایی ۲	تخصص‌گرایی ۳
سنگریزه	۰–۲۰	۰/۰۵۸	۰/۰۱٤	۰/۲۹٦	۰/۲۳۱
	۲۰–۸۰	۰/۲۳٤	۰/۲۹٦	۰/۳٦۷	۰/۰۱۲
رس	۰–۲۰	۰/۳۲٤	−۰/۳٤۵	۰/۲۱٤۳	۰/۱۲۳
	۲۰–۸۰	۰/۵۰۸	۰/۰۰۳٤	−۰/۰۰۸	۰/۲۱۰
سیلت	۰–۲۰	−۰/۰٤۸	۰/۰۸۹	۰/۱۵۰	−۰/۱۲۰
	۲۰–۸۰	۰/۰۲٦	۰/۰۵۳۱	۰/۱۰۲۳	۰/۰۰۲۲
شن	۰–۲۰	−۰/۱۲۰	۰/۲۱۰	۰/۱٦۵	۰/۰۸۳۱
	۲۰–۸۰	−۰/۲٦۸	۰/۱۷۸	۰/۰۵٦٤	۰/۱۸۳
آهک	۰–۲۰	−۰/۵۷۰	۰/۳۱۷	۰/۱۷۲۳	۰/۲٦
	۲۰–۸۰	−۰/۳۵۲	−۰/۰٤۵	−۰/۲۳٤	۰/۰۵۸
ماده آلی	۰–۲۰	۰/۵۱۲	−۰/۰۲۳	۰/۰۰۹۷	−۰/۰٦۷
	۲۰–۸۰	۰/۱٦۲	۰/۱۲۳	۰/۰۲٤	۰/۱۹٦۲
رطوبت قابل دسترس	۰–۲۰	۰/۱۹۱	۰/۰۹۸	۰/۱۰۳۸	−۰/۳٤۱
	۲۰–۸۰	۰/۲۳۹	۰/۱۵۳	۰/۱۸۲۵	۰/۳۱۹
گچ	۰–۲۰	−۰/۱۵٦	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۸۷
	۲۰–۸۰	−۰/۱۷۸	−۰/۰۲۳	۰/۰۰۱۳	۰/۰۸۷
هدایت الکتریکی	۰–۲۰	۰/۱۹۰	۰/۰۵۳۱	۰/۰۵۲۳	۰/۰۸٦۲
	۲۰–۸۰	−۰/۱۷۹	−۰/۱۲٤	−۰/۰٦۱۲	۰/۱۳
اسیدیته	۰–۲۰	−۰/۰۵٦	−۰/۰۳٤۱	۰/۰۳۲۱	−۰/٤۱۲
	۲۰–۸۰	−۰/۱۸۹	−۰/۱۳۵	۰/۰۳۵٤	۰/۳۲۱
ارتفاع ار سطح دریا	–	۰/۳۲۲	۰/۳۰۱	۰/۳٦۱	۰/۳۱۲
شیب	–	۰/۷۵۳	۰/۲۹۸	−۰/۲۱۷	۰/۱۲۰

جدول ۴. تعیین توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی برای نقشه‌های پیش‌بینی با استفاده از ضریب کاپا

	گونه‌های گیاهی	ضریب کاپا	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و مقادیر واقعی
MAXENT	*Artemisia sieberi*	۰/۷۹	بسیار خوب
	Artemisia aucheri	۰/۸۵	عالی
ENFA	*Artemisia sieberi*	-	-
	Artemisia aucheri	۰/۵۲	متوسط

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶. نقشه طبقه‌بندی شده مطلوبیت رویشگاه گونه *Artemisia aucheri*

بحث و نتیجه‌گیری

دقت مدل‌سازی در روش‌های بر پایه حضور در مقایسه با روش‌های وابسته به داده‌های حضور و عدم حضور مشکلاتی به همراه دارد. به طور مثال زمانی که مشاهده حضور گونه دشوار است یا گونه بنا به دلایل تاریخی حتی در صورت مناسب بودن رویشگاه حضور ندارد، یا زمانی که رویشگاه برای گونه نامساعد است، استفاده از داده‌های عدم حضور می‌تواند در نتایج اُریب ایجاد کرده و در نتیجه استفاده از روش هایی مبتنی بر نقاط حضور نتیجه مطلوب‌تر و هزینه کمتری خواهد داشت (Hirzel *et al,* 2002؛ Hirzel *et al,* 2006). آستانه‌ها می‌تواند تغییر در توزیع مکانی پوشش گیاهی، تغییر در پوشش خاک و همچنین هجوم گونه‌های مهاجم باشد (Stringham *et al,* 2003). به علاوه آستانه‌ها توسط مدل MaxEnt بهتر تخمین زده شد.

مقایسه نقشه‌های به دست آمده با نقشه پوشش گیاهی واقعی منطقه حاکی از آن بود که نقشه‌های به دست آمده از مدل MAXENT دارای آمار کاپا بالاتری هستند. همچنین مدل ENFA به دلیل وسعت پراکنش گونه *A. sieberi* نتوانست برای این گونه مدل قابل قبولی ارایه دهد، در حالی که مدل مناسبی توسط MAXENT ارایه شد. به طور کلی مدل آنتروپی حداکثر پتانسیل بالایی در تشخیص توزیع جغرافیایی و همچنین انتخاب رویشگاه مناسب با تکیه بر داده‌های تنها حضور دارد (Hirzel *et al,* 2002).

بررسی گونه‌ها به وسیله مدل‌های مذکور نشان داد که آهک باعث به وجود آمدن ساختمان نامناسب خاک برای گونه *A. aucheri* بوده و عامل حذف آن محسوب می‌شود. با این وجود اگر درصد آهک کاهش یابد، شرایطی در محدوده ریشه گیاه به وجود می‌آورد که در نتیجه امکان حضور گونه *A. aucheri* فراهم خواهد آمد. از این رو آهک به جز برای گیاهان آهک‌دوست یک عامل بازدارنده رشد محسوب شده و قابلیت استفاده از عناصر ریزمغذی مانند روی و منگنز را برای گیاهان کاهش می‌دهد (Zare Chahouki *et al,* 2010). به علاوه آهک شاخصی برای *A. sieberi*

Archive of SID

www.SID.ir

در هر دو روش ENFA و MaxEnt بود که علت آن با گونه‌هایی همچون *Zygophyllum eurypterum* را می‌توان به عنوان یک گونه آهک‌دوست به سادگی توجیه کرد. بررسی منحنی‌های پاسخ نشان داد که گونه *A. aucheri* دامنه شیب بین ۲۵ تا ۵۰ درصد را ترجیح می‌دهد. پستی و بلندی به طور مستقیم از راه تغییر و تعدیلاتی بر روی عوامل محیطی و به طور غیرمستقیم با تاثیر بر تشکیل خاک بر روی جوامع نباتی تاثیرات عمده‌ای دارد (Allen *et al,* 1995)، در حالی که در این مطالعه درصد شیب عامل تاثیرگذاری بر پراکنش *A. sieberi* نبود.

بافت خاک نیز روی پراکنش گیاهان در اراضی خشک و نیمه‌خشک تاثیر بیشتری دارد. *A. aucheri* در این پژوهش با بافت رسی همبستگی مثبت داشت. اندازه ذرات خاک به دو عامل نوع سنگ مادر تشکیل‌دهنده خاک و مقدار فرسایش انجام شده در سنگ مادر بستگی دارد (Beno, 1998).

الگوی توزیع این گونه نسبت به متغیرهای گچ، سیلت، شن، هدایت الکتریکی و اسیدیته تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. گونه‌هایی که شرایط رویشگاهی منحصر به فردی نسبت به عوامل محیطی دارند، با واقعیت تطابق بهتری نشان داده و قابلیت پیش‌بینی آنها بیشتر است (Zare Chahouki *et al,* 2010). نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه *A. aucheri* نیز در این مطالعه تطابق خوبی با نقشه پوشش گیاهی واقعی داشت.

نتایج این مطالعه نشان داد که نقشه‌های تهیه شده با روش MaxEnt با واقعیت تطابق بیشتری داشتند. مدل آنتروپی حداکثر در مقابل به خطاهای مکانی در ارتباط با موقعیت داده‌ها به نسبت حساس بوده و نیازمند تعداد نمونه‌های حضور بیشتری از گونه گیاهی برای ساخت مدل‌های سودمند است. با رفع این مشکل می‌توان گفت که مدل MaxEnt نسبت به سایر روش‌های مبتنی بر حضور قابلیت اجرایی بهتری دارد. تعریف مناسب آستانه حضور، آزمون اهمیت مدل و انتخاب مدل مناسب از ویژگی‌های دیگر مدل آنتروپی حداکثر است (Baldwin, 2009). با استفاده از روش آنتروپی حداکثر می‌توان آستانه‌های بوم‌شناختی گونه‌های مهم مرتعی از جمله گونه‌های *A. sieberi* و *A. aucheri* که به ترتیب پوشش غالب در مراتع دشتی و کوهستانی مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور هستند را به دست آورد. شناخت پتانسیل رویشگاه بالقوه گونه‌های گیاهی با استفاده از روش‌های مدل‌سازی می‌تواند نقش موثری در معرفی گونه‌های گیاهی در مناطق با شرایط مشابه داشته باشد.

منابع

زارع‌چاهوکی، م.ع. (۱۳۸۵) مدل‌سازی توزیع گونه‌های گیاهی در مراتع خشک و نیمه‌خشک. پایان‌نامه دکتری مرتعداری. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. کرج، ۱۸۰ صفحه.

زارع‌چاهوکی، م.ع.، پیری صحراگرد، ح. و آذرنیوند، ح. (۱۳۹۲) مدل‌سازی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی در مراتع حوض سلطان قم با روش آنتروپی حداکثر. نشریه علمی پژوهشی مرتع، ۷(۳): ۲۲۱-۲۱۲.

Allen, R.B., Hewit, A.E. and Partidge, T.R. (1995) Predicitny and use suitability vegetation and landform in depleted semi-arid grassland. Landscape and Urban Planning. New Zealand, 130 p.

Anderson, R.P., Lew, D. and Peterson, A.T. (2003) Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. Ecological Modelling, 162: 211-232.

Baldwin, R. (2009) Use of maximum entropy modeling in wildlife research. Entropy, 11: 854-866.

Barbualt, R., Colwell, R.K., Dias, B., Hawksworth, D.L., Huston, M., Laserre, P., Stone, D. and Younes, T. (1991) Conceptual framework and research issues for species diversity at the community level. In: Solbrig, O.T. (Ed.) Genes to ecosystems: a research

Archive of SID

www.SID.ir

Huntley, B., Green, R.E., Collingham, Y.C., Hill, J.K., Willis, S.G., Bartlein, P.J., Cramer, W., Hagemeijer, W.J.M. and Thomas, C.J. (2004) The performance of models relating species geographical distributions to climate is independent of trophic level. Ecology Letter, 7: 417-426.

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

Khalasi Ahvazi, L., Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H., Soltani Gard, F. (2012) Modeling habitat-suitability of *Erotia ceratoides* (L.) C.A.M. by using ecological niche factor analysis in Northeast of Semnan rangelands. Journal of Rnage Management, 5(4): 362-373.

Korner, C. (1993) Scaling from species to vegetation: the usefulness of functional groups. In: Schulze, E.D. and Mooney, H.A. (Eds.) Biodiversity and ecosystem functioning. Springer. Berlin, pp. 117-132.

Kumar, S., Spaulding. S.A., Stohlgren, T.J., Hermann, K.A., Schmidt, T.S. and Bahls, L.L. (2009) Predicting habitat distribution for freshwater diatom Didymosphernia geminata in the continental United States. Frontiers in Ecology and the Environment, 7: 415-420.

Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P. and Pearson, R.G. (2005) Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. Ecography, 28: 385-393.

Liu, C., White, M. and Newell, G. (2013) Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. Journal of Biogeography, 40(4): 778-789.

Moisen, G.G. and Frescino, T.S. (2002) Comparing five modeling techniques for predicting forest characteristics. Ecological Modeling, 157: 209-225.

Moisen, G.G., Freeman, E.A., Blackard, J.A., Zimmermann, N.E. and Edwards, Jr. (2006) Predicting tree species presence and basal area in Utah - a comparison of generalized additive models, stochastic gradient boosting, and tree-based methods. Ecological Modeling, 199(2): 176-187.

Monserud, R.A and Leemans, R. (1992) Comparing global vegetation maps with the kappa statistic. Ecological Modeling, 62: 275-293.

Negga, H.E. (2007) Predictive modelling of amphibian distribution using ecological survey data: a case study of central portugal. agenda for biodiversity. IUBS Publication. Paris, pp. 37-71.

Beno, B., (1998) Desert perennials as plant and soil indicators in Eastern Arabia. Plant and Soil Journal, 199: 261-266.

Black, C.A. (1979) Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, 2: 771-1572.

Brotons, L., Thuiller, W., Araujo, M.B. and Hirzel, A.H. (2004) Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. Ecography, 27: 437-448.

Buehler, E.C. and Ungar, L.H. (2001) Maximum entropy methods for biological sequence modeling. Workshop on Data Mining in Bioinformatics (BIOKDD). University of Pennsylvania. Philadelphia, 345 p.

Elith, J., Graham, C., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A. Manion, G., et al (2006) Novel methods improve prediction of species' distribution from occurrence data. Ecography, 29: 129-151.

Farashi, A., Kaboli, M. and Karami, M. (2013) Predicting range expansion of invasive raccoons in northern Iran using ENFA model at two different scales. Ecological Informatics, (9): 16-27.

Foody, G.M. (2004) Spatial nonstationarity and scale-dependency in the relationship between species richness and environmental determinants for the sub-Saharan endemic avifauna. Global Ecology and Biogeography, 13: 315-320.

Gitay, H., Wilson, J.B. and Lee, W.G. (1996) Species redundancy: a redundant concept. Journal of Ecology, 84: 121-124.

Hirzel, A.H., Helfer, V. and Métral, F. (2001) Assessing habitat suitability models with a virtual species. Ecological Modeling, 145: 111-121.

Hirzel, A.H., J. Hausser, D., Chessel, P. and Perrin, N. (2002) Ecological niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data. Ecology, 73(22): 2027-2036.

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

Archive of SID

www.SID.ir

change. Global Change Biology, 9: 1353-1362.

Venier, L.A., Pearce, J., McKee, J.E., McKenny, D.W. and Niemi, G.J. (2004) Climate and satellite-derived land cover for predicting breeding bird distribution in the Great Lakes Basin. Journal of Biogeography, 31: 315-331.

Zaniewski, A.E., Lehman, A. and Overton, J.M. (2002) Predicting species spatial distributions using presence-only data: A case study of native New Zealand ferns. Ecological Modelling, 157, 261-280.

Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L. and Azarnivand, H. (2010) Environmental factors affecting distribution of vegetation communities in Iranian rangelands. Vegetos Journal, 23(2): 1-15.

Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L. and Azrnivand, H. (2012) Comparison of three modelin approaches for predictiong species distribution in mountainous scrub vegetation (Semnan rangelands, Iran). Polish Journal of Ecology, 60(2): 105-117.

M.Sc. Tthesis. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede. Netherlands, 74 p.

Perrin, N. (1984) Contribution a l´ecologie du genre Cepaea (Gastropoda): approche descriptive et expe´rimentale de l'habitat et de la niche e´cologique. PhD Thesis in Forestry. University of Lausanne. Switzerland, 140 p.

Peterson, A.T. and Shaw, J. (2003) Lutzomyia vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. International Journal for Parasitology, 33: 919-931.

Phillips, S.J. and Dudik, M. (2008) Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. Ecography, 31(2): 161-175.

Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distribution. Ecological Modelling, 190: 231-259.

Osborne, P. and Suarez-seoane, S. (2002) Should data be partitioned spatially before building large scale distribution models. Ecological Modelling, 157: 249-259

Robertson, M.P., Peter, C.I., Villet, M.H. and Ripley, B.S. (2003) Comparing models for predicting species' potential distributions: a case study using correlative and mechanistic predictive modeling techniques. Ecological Modelling, 164: 153-167.

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

Stockwell, D. and Peters, D. (1999) The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. International Journal of Geographical Information Science, 13: 143-158.

Stringham, T.K., Krueger, W.C. and Shaver, P.L. (2003) State and transition modeling: an ecological process approach. Journal of Range Management, 56: 106-113.

Termansen, M., McClean, C.J. and Preston, C.D. (2006) The use of genetic algorithms and bayesian classification to model species distributions. Ecological Modelling, 192: 410-424.

Thuiller, W. (2003) BIOMOD-optimising predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global

Archive of SID

www.SID.ir

Modeling geographic distribution of *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* using presence-only modelling methods (MAXENT & ENFA)

Leyla Khalasi Ahwazi[1], Mohammad Ali Zare Chahouki[2*] and Seyed Ziaedin Hosseini[3]

1) Department of Range Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2) Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran. *Corresponding Author Email Address: mazare@ut.ac.ir

3) Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran.

Date of Submission: 2014/09/11 Date of Acceptance: 2015/05/25

Abstract

The main goal of this study was to estimate the geographic distribution of *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* by models based on occurrence data. Because of widespread use, two methods including Maximum Entropy modeling technique (MaxEnt) and Ecological-niche Factor Analysis (ENFA) selected. For this purpose, a research was conducted in north east rangelands of Semnan. Modeling vegetation data in addition to site condition in formation including topography, climate, geology and soil was prepared. Sampling was done within each unit of sampling parallel transects and 1 vertical transect with 300 m length, each containing 15 quadrates (according to vegetation variations) were established. Quadrate size was determined for each vegetation type using the minimal area method. Soil samples were taken from 0-20 cm and 20-80 cm in starting and ending points of each transect. Soil properties included gravel, texture, organic matter, lime, pH and electrical conductivity were measured. Maps of environmental variables were created by Geographic Information System (GIS) and geostatistics. Then predictive distribution maps of both species were produced using the MaxEnt and ENFA models. Model accuracy in MaxEnt method is evaluated by using the area under the Curve (AUC). By jackknife method and response curve, the most important environmental predictor variables were found. By importing the information layers in appropriate model and using necessary statistical analysis in biomapper software, the map of potential habitat has been created. To evaluate the accuracy of the model, Boyce index has been used and model rectitude in this test was determined as 83.4 percent for *A. aucheri* but *A. sieberi* wasn't achieved sufficient accuracy. In this study, the adequacy of vegetation type mapping was evaluated using kappa statistics and potential habitat map of *A. aucheri* by MaxEnt method was higher kappa (0.85). Finally, lime 1, gravel 1, lime 2 and slope were significantly affected habitat distribution of *A. aucheri,* while habitat distribution of *A. sieberi* affected by elevation, silt 1, and lime 1. MaxEnt, ENFA, and other models based on sampling process to estimate probability of occurrence should be considered as important alternatives for some species distribution models in rangelands.

Keywords: maximum eentropy modeling technique (Maxent), ecological niche factor analysis (ENFA), jackknife method, area under the curve, Boyce index.

Archive of SID

www.SID.ir