Archive of SID

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۲، شماره ۴، صفحه ۵۷۳- ۵۶۱ (۱۳۹۵)

مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen.) با روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی)

محمدعلی زارع چاهوکی[1*] و محبوبه عباسی[2]

۱*- نویسنده مسئول، استاد، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

پست الکترونیک: Mazare@ut.ac.ir

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۳ تاریخ اصلاح نهایی: مهر ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۴

چکیده

هدف از این مطالعه مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی بود. این مدل در نرم‌افزار Biomapper اجرا شد. لایه‌های اطلاعاتی بکار برده شده شامل نقشه حضور گونه و نقشه‌های متغیرهای خاکی (درصد سنگریزه، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد آهک، ماده آلی، نیتروژن، پتاسیم، فسفر، عمق خاک، درصد شن، رس و سیلت) و نقشه‌های متغیرهای توپوگرافی منطقه (شیب، جهت و ارتفاع) بودند. صحت مدل با استفاده از شاخص بویس مقدار ۸۹٪ بدست آمد؛ این نشان می‌دهد که دقت نتایج مدل بالاست. ضریب کاپای بدست‌آمده از بررسی میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با واقعیت زمینی ۰/۷۳ بدست آمد که در سطح خوب می‌باشد. همچنین، نتایج نشان داد که گونه *T. kotschyanus* خاک‌هایی با میزان اسیدیته ۸-۷/۵، هدایت الکتریکی ۰/۲۵-۰/۲۰ دسی‌زیمنس بر متر و میزان آهک کمتر از ۲۱/۵٪ را ترجیح می‌دهد. همچنین رویشگاه مطلوب این گونه در ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا و در دامنه‌های شمالی و شرقی قرار دارد. به‌علاوه اینکه نتایج این بررسی نشان داد که گونه *T. kotschyanus*، گونه‌ای تخصصی در منطقه مورد مطالعه است که دارای آشیان بوم‌شناختی به‌نسبت محدودی است و تمایل به زندگی را در شرایط رویشگاهی خاص خودش دارد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه، تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA)، *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen.

مقدمه

مسئله و موضوعی که زمینه‌ساز انجام این پژوهش شد ضرورت استفاده از روش‌های نوین در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه‌هایی با ارزش دارویی است؛ زیرا بخش بزرگی از تأمین نیاز بشر در زمینه گیاهان دارویی حاصل جمع‌آوری از عرصه‌های طبیعی است. سودآوری‌های کلان اقتصادی و توجه روزافزون به تجارت گیاهان دارویی مشکلات زیادی برای این منابع به‌وجود آورده و بقای بسیاری از گونه‌های دارویی را با خطر نابودی مواجه کرده است؛ از طرفی با توجه به روند افزایشی تخریب مراتع، ضرورت اصلاح مراتع با گیاهان مقاوم بیش از پیش احساس می‌شود. اصلاح مراتع به‌وسیله گیاهان بومی مقاوم، به‌ویژه گیاهان دارویی و صنعتی، افزون بر جنبه حفاظتی، از نظر اقتصادی و اجتماعی (برای اشتغال‌زایی ساکنان و

www.SID.ir

Archive of SID

بهره‌برداران منطقه) نیز بر حسب شرایط اکوسیستم مرتع باید در اولویت قرار گیرد. از این‌رو استفاده از روش‌های نوین در زمینه تعیین رویشگاه گونه‌هایی با ارزش دارویی–صنعتی به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های مسئله، ضروری به نظر می‌رسد. تهیه نقشه‌های مطلوبیت رویشگاه گونه‌های گیاهی که بر پایه مدل‌سازی آشیان اکولوژیک است همگام با توسعه روش‌های آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد عرصه علم بوم‌شناختی گیاهی شده‌است (Guisan & Zimmermann, 2000). گیاه آویشن (*Thymus* spp.) به‌دلیل دارا بودن برخی متابولیت‌های دارویی و به‌ویژه اسانس یکی از پرمصرف‌ترین و ارزشمندترین گیاهان دارویی دنیاست (Brasseur, 1983؛ Meister *et al*., 1999؛ Essawi & Srour, 2000). گونه آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus*) گیاهی پایا و بوته‌ای است که در مناطق نیمه‌خشک و سرد پراکنش دارد و در مناطق وسیعی از ایران ازجمله ارتفاعات مناطق غربی، شمال‌غربی، مرکزی و جنوبی کشور می‌روید (Rechinger, 1982). تاکنون در زمینه بوم‌شناختی و شرایط رویشگاهی آویشن کوهی تحقیقات علمی و منتشر شده چندانی انجام نشده است و عمده تحقیقات در مورد تعیین عملکرد سیستماتیک و طبقه‌بندی، عملکرد اسانس و ترکیب‌های شیمیایی آن بوده است. با توجه به ارزش دارویی بالای گونه *T. kotschyanus* و اهمیت آن در مسائل حفاظت خاک و مدیریت مرتع لازم است که برای پرورش و بکارگیری این گونه مهم مرتعی شناخت کاملی نسبت به رویشگاه‌های بهینه آن بعمل آید. هدف اصلی این تحقیق تعیین رویشگاه مطلوب گونه *T. kotschyanus* و عوامل مؤثر بر مطلوبیت رویشگاه آن، تعیین جایگاه گونه *T. kotschyanus* در گستره آشیان بوم‌شناختی مربوطه و بررسی امکان بکارگیری روش ENFA در امر مدیریت گونه‌های گیاهی ایران بوده‌است.

ENFA یا تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (Ecological Niche Factor Analysis) اولین بار توسط Perrin در سال ۱۹۸۴ مطرح شد، بعدها به‌وسیله Hausser در سال ۱۹۹۵ بهبود یافت و سپس توسط Hirzel در سال ۱۹۹۸ ارائه شد که در نرم‌افزار Biomapper اجرا می‌شود (Hirzel *et al*., 2001؛ Gibson *et al*., 2003). مزیت بالای این نرم‌افزار فراهم کردن امکان محاسبه مدل مطلوبیت رویشگاه (Habitat Suitability) تنها بر اساس داده‌های حضور گونه (بدون نیاز به داده‌های عدم حضور) است که سبب می‌شود تا در زمان و بودجه مورد نیاز برای اجرای مطالعه و تهیه اطلاعات صرفه‌جویی گردد. فرضیه این تحقیق این است که این روش می‌تواند رویشگاه مطلوب گونه *T. kotschyanus* مورد بررسی را به خوبی نشان دهد. تجزیه و تحلیل ENFA تا حدود زیادی به تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) شبیه است، این روش با تبدیل متغیرهای رویشگاهی به عامل‌ها به بررسی رابطه بین حضور گونه با متغیرهای محیطی می‌پردازد. در این روش علاوه بر محاسبه مطلوبیت رویشگاه، عامل‌های بوم‌شناختی مهمی مانند تخصص‌گرایی (Specialization)، حاشیه‌پذیری (Marginality) و تحمل‌پذیری (Global tolerance) محاسبه می‌شود که هر یک دارای مفاهیم بوم‌شناختی مهمی هستند (Hirzel & Guisan, 2002؛ Hirzel *et al*., 2002). در این ارتباط پژوهش‌های مختلفی انجام شده است (Zimmermann *et al*., 2007؛ Trail & Bigalke, 2006؛ Strubbe & Matthysen, 2009؛ Wolmarans *et al*., 2010؛ Zare Chahouki *et al*., 2012)؛ که به‌منظور بررسی پیوند پژوهش حاضر با پژوهش‌های قبلی به مواردی اشاره می‌گردد. Trethowan و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تحلیل عامل آشیان اکولوژیک رویشگاه گونه *Campuloclinium macrocephalum* را بررسی کردند. Zare Chahouki و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی با استفاده از روش ENFA رویشگاه بالقوه گونه گیاهی *Eurotia ceratoides* (L.) C.A.M. را در مراتع شمال‌شرق سمنان مدل‌سازی کردند. نتایج آنان نشان داد که گونه مورد نظر در مناطقی با اسیدیته ۸–۷/۸، هدایت الکتریکی ۰/۲۶–۰/۱۷ دسی‌زیمنس بر متر، بافت خاک سیلتی شنی و ارتفاع از سطح دریا ۲۲۰۰–۱۶۰۰ متر پراکنده شده‌است. محققان با هدف حفاظت از گیاه دارویی *Ferula ovina*

www.SID.ir

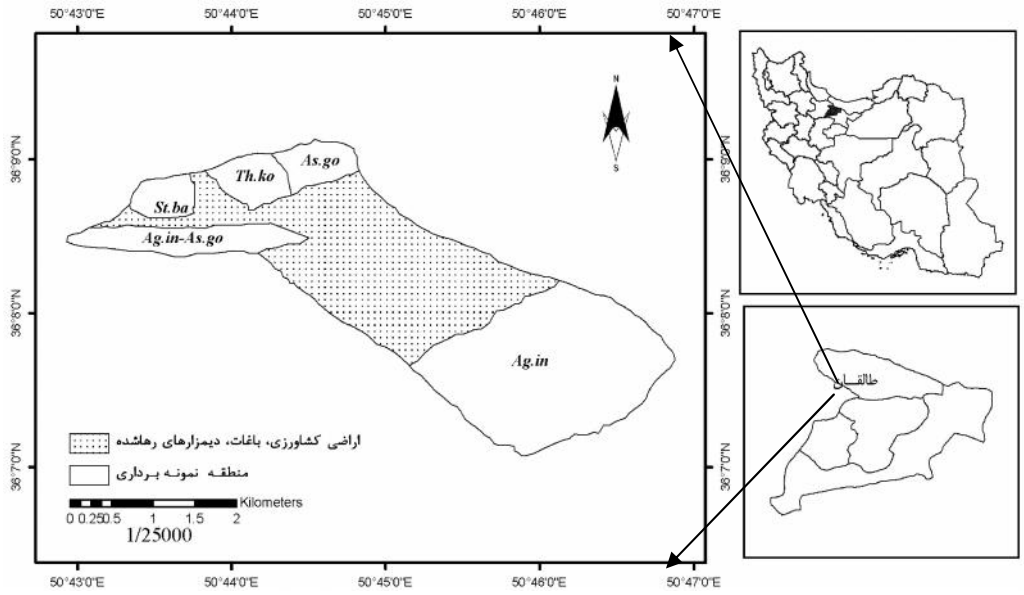
Archive of SID

Boiss. در منطقه اصفهان رویشگاه این گونه را با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناسی الگوسازی کردند. نتایج آنالیز ENFA نشان داد که مهمترین عوامل در تعیین رویشگاه توانمندی گونه کما عوامل درصد رس خاک، رطوبت اشباع و هدایت الکتریکی خاک بوده‌است. مقادیر حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی نیز نشان داد که گونه کما در منطقه اصفهان دامنه باریکی از شرایط محیطی را تحمل می‌کند (Safaei & Tarkesh Esfehani, 2013).

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز طالقان (شمال‌غربی استان البرز) در بخش میانی حوزه با وسعت ۳۷۹۷۷/۱۲ هکتار و با موقعیت جغرافیایی "۴۳ '۳۶ °۵۰ تا "۲۰ '۵۳ °۵۰ طول شرقی و "۱۹ '۵ °۳۶ تا "۱۹ '۱۹ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع منطقه از سطح دریا ۳۰۰۰ متر و حداقل آن ۱۸۰۰ متر است. براساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه‌های مربوطه در یک دوره ۳۰ ساله، بارندگی از ۴۶۴ میلی‌متر در زیدشت تا ۷۶۹ میلی‌متر در دیزان در سال متغیر است و متوسط بارندگی منطقه در حدود ۵۰۰ میلی‌متر است. اقلیم منطقه نیز بر اساس روش آمبرژه ارتفاعی سرد (نیمه‌مرطوب سرد و مرطوب سرد) و بر پایه روش دومارتن فراسرد ارتفاعی است. شکل ۱ موقعیت منطقه در ایران و استان البرز را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان البرز و کشور

روش تحقیق

مطالعات میدانی مقدمه و پایه بوم‌شناختی گیاهی محسوب می‌شود. بر این اساس پس از بررسی‌های مقدماتی با پیمایش صحرایی و بازدیدهای مکرر از منطقه، به‌منظور بررسی رابطه بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی و تهیه نقشه مطلوبیت رویشگاه، نقشه پوشش گیاهی منطقه در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ تهیه شد. به این صورت که در محدوده منطقه مطالعاتی پنج تیپ رویشی *Agropyron intermedium*، *Thymus kotschyanus*، *Astragalus gossypinus*، *Stipa barbata* و *Agropyron intermedium-Astragalus gossypinus* تشخیص داده شد. نمونه‌گیری از جوامع گیاهی به شیوه تصادفی- سیستماتیک انجام شد. به این صورت که در هر تیپ رویشی، ۳ ترانسکت ۱۵۰ متری به نحوی که دو ترانسکت

www.SID.ir

Archive of SID

در جهت شیب و یکی عمود بر جهت شیب مستقر شد، و در امتداد هر ترانسکت پلات‌گذاری (۱۵ پلات) با فواصل ۱۰ متر انجام شد. سطح مناسب پلات نمونه‌برداری به روش حداقل سطح ($1m^2$) و تعداد پلات با توجه به تغییرات پوشش گیاهی به روش آماری تعیین شد. در هر تیپ رویشی با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و عوامل محیطی در ۶ پلات از پلات‌های نمونه‌برداری، پروفیل حفر شد و نمونه‌برداری از خاک تا عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر انجام شد. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری نیز به‌وسیله سیستم موقعیت‌یاب جهانی (Global tolerance) ثبت شد. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، خصوصیات خاک شامل بافت خاک، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد ماده آلی، آهک، فسفر قابل جذب و پتاسیم و ازت کل خاک اندازه‌گیری شد. برای ارائه نقشه پیش‌بینی رویشگاه لازم است که نقشه هر یک از عوامل مذکور تهیه شود. نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (Digital elevation model) منطقه تهیه شد، در این تحقیق از زمین آمار برای تعیین الگوی تغییرات مکانی و تهیه نقشه‌های خصوصیات خاک استفاده شد. برای بررسی و تشریح ارتباط و ساختار فضایی نیز از تجزیه و تحلیل «تغییرنما یا واریوگرام» در نرم‌افزار GS^+ نسخه ۹ استفاده شد. این روش به‌طور گسترده در آنالیز اکولوژیکی ناهمگنی خاک از طریق محاسبه نیمه واریانس‌ها بکار می‌رود (Virgilio *et al*., 2007؛ Zheng *et al*., 2008؛ Zare Chahouki, 2006). به‌منظور ارزیابی روش‌های میان‌یابی از روش تقاطعی و سه پارامتر آماری MAE (Mean absolute Error)، MBE (Mean Bias Error) و RMSE (Root Mean Squar Error) استفاده شد؛ سپس با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ نقشه ویژگی‌های خاک در نرم‌افزار Arc GIS نسخه ۱۰ تهیه شد. بعد از تکمیل اطلاعات با توجه به هدف تحقیق برای مدل‌سازی پراکنش مکانی گونه‌های مورد بررسی از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در نرم‌افزار Biomapper 4 استفاده شد. به‌منظور محاسبه عامل‌های ENFA از تابع Factor map در همین نرم‌افزار و برای تعیین تعداد عامل‌های معنی‌دار برای مدل نیز از معیار عصای شکسته (Broken Stick) استفاده شد.

نقشه‌های ورودی مدل ENFA در نرم‌افزار Biomapper 4 به شکل لایه‌های رستری است که به دو دسته کلی قابل طبقه‌بندی است. نقشه نقاط حضور گونه‌ها و نقشه متغیرهای مستقل محیطی که حضور یا عدم حضور گونه‌ها به آنها بستگی دارد. در مشاهدات میدانی نقاط حضور گونه‌ها به‌وسیله سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد و بعد از تعیین موقعیت این نقاط بر روی نقشه موقعیت منطقه در نرم‌افزار GIS، لایه رستری بولی آن تهیه شد؛ در این پژوهش از ۱۴ متغیر محیطی کمّی و یک متغیر کیفی (جهت) برای تهیه مدل مطلوبیت رویشگاه گونه *T. kotschyanus* استفاده شد.

پس از ورود اطلاعات اکوجغرافیایی به نرم‌افزار، ابتدا نرمال بودن پراکنش آنها با استفاده از تابع BOX-COX بررسی شد. قبل از انجام روش ENFA، در محیط نرم‌افزار با توجه به هر یک از لایه‌ها آماره‌های Distance و Circular برای آماده‌سازی لایه‌ها استفاده شد (Hirzel *et al*., 2001). لازم به ذکر است که بیشتر داده‌های کمّی مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های اکولوژیکی مثل ارتفاع، شیب و نقشه‌های خاک (میزان عناصر، بافت خاک) دارای مقیاس رتبه‌ای مناسبی برای ورود به آنالیز ENFA بودند و بدون هیچ‌گونه پردازشی وارد آنالیز ENFA شدند ولی در مورد متغیر جهت که قابلیت تعریف مقیاس رتبه‌ای برای آن وجود نداشت ابتدا در محیط IDRISI 16 از آن لایه‌های بولی تهیه شد و بعد وارد آنالیز ENFA شد. در مدل ENFA اگر بین دو متغیر همبستگی بیش از ۰/۸۵ باشد، یکی از دو متغیر (با توجه به نظر پژوهشگر) باید از تجزیه و تحلیل حذف گردد (Neeti *et al*., 2007). پس از اجرای تابع Correlation Matrix، متغیرهای بافت خاک (رس، شن و سیلت) و همچنین دو لایه از نقشه‌های بولی شده جهت با یکدیگر همبستگی بالای ۰/۸ داشتند، از این‌رو قبل از آنالیز ENFA حذف شدند. بدین‌ترتیب ۱۲ متغیر کمّی و پنج متغیر بولی جهت که دارای همبستگی مناسبی بودند وارد آنالیز ENFA شدند. آزمون Cross-validation که برای ارزیابی

www.SID.ir

Archive of SID

صحت مدل و با استفاده از شاخص بویس پیوسته (The continuous Boyce index) انجام می‌گیرد نیز در همین نرم‌افزار اجرا شد. برای تعیین میزان دقت نقشه رویشگاه بالقوه گونه *T. kotschyanus* و تطبیق آن با نقشه واقعی پوشش گیاهی از آماره کاپا در نرم‌افزار Idrisi نسخه ۱۶ استفاده شد.

نتایج

جدول ۱ دامنه مقادیر متغیرهای مورد بررسی را در رویشگاه گونه *T. kotschyanus* نشان می‌دهد. در جدول ۲ اجزای مربوط به تغییرنمای متغیرهای خاکی اندازه‌گیری شده ارائه شده است. شکل ۲ نیز به‌عنوان نمونه مدل تغییرنمای مربوط به متغیر آهک و نقشه آهک خاک را نشان می‌دهد. تغییرنما کمّیتی برداری است که درجه همبستگی مکانی و شباهت بین نقاط اندازه‌گیری شده را بر حسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه، با توجه به جهت و فاصله آنها نشان می‌دهد (Hasani Pak, 1998).

جدول ۱- نتایج مطالعات خاک‌شناسی در رویشگاه گونه مورد مطالعه

	سنگریزه (٪)	اسیدیته	EC (dSm)	ماده آلی (٪)	شن (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	آهک (٪)	نیتروژن (ppm)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	عمق (سانتی‌متر)
میانگین	۳۹/۴۲	۷/۸	۰/۲۳	۰/۹۰	۴۶/۵۳	۱۸/۹	۳۴/۶	۲۱/۶۷	۰/۰۶	۰/۲۳	۳/۹	۲۶/۶۷
انحراف معیار	۱۸/۵۸	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۵۹	۴/۶۳	۳/۷	۵/۳۷	۵/۶۳	۰/۰۲	۰/۱	۱/۸	۶/۴

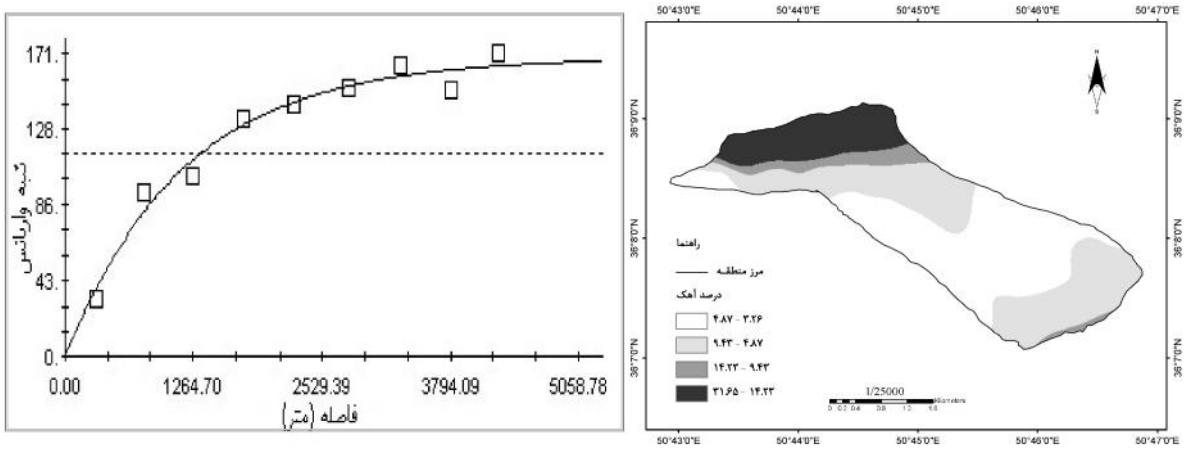
جدول ۲- اجزای مربوط به تغییر نمای متغیرهای خاکی اندازه‌گیری شده در تحقیق

ویژگی	مدل تغییرنما	اثر قطعه‌ای (٪)	آستانه (٪)	دامنه تأثیر (متر)	نسبت C/CO+C	ضریب همبستگی	فاصله گام (متر)
شن	کروی	۰/۱۰	۲۴۸/۳	۲۶۰۱	۱/۰۰	۰/۷۶۴	۰/۴۵
سیلت	کروی	۰/۱۰	۶۲/۶	۱۹۹۲	۰/۹۹	۰/۵۳۶	۰/۵۵
رس	کروی	۲۴/۵۰	۲۰۹/۲	۹۱۱۰	۰/۸۸	۰/۷۷۸	۰/۵۵
آهک	نمایی	۱/۰	۱۶۹/۰	۱۱۹۰	۰/۹۹	۰/۹۶۹	۰/۵۵
نیتروژن	کروی	۰/۰۰	۰/۰۰۲۱	۱۶۹۰	۱/۰۰	۰/۴۹۱	۰/۵۵
ماده آلی	کروی	۰/۱۲	۱/۳۰۲	۲۹۹۹	۰/۹۰	۰/۷۶۱	۰/۳۵
فسفر	کروی	۰/۱۱	۱۶/۶۸	۱۸۷۶	۰/۹۵	۰/۸۶۵	۰/۳۵
اسیدیته	کروی	۰/۰۰۴	۰/۰۲۱۹	۱۷۷۰	۰/۸۱	۰/۷۷۸	۰/۳۵
هدایت الکتریکی	کروی	۰/۰۰۰۱	۰/۱۰۷۲	۱۱۹۵	۰/۹۹	۰/۴۷۱	۰.۳۵
پتاسیم	کروی	۰/۰۲	۰/۲۶	۹۱۱۰	۰/۸۸	۰/۶۵	۰/۵۵
عمق	کروی	۰/۳	۳۴/۵۹	۱۰۰۲	۰/۹۱	۰/۵۵	۰/۵۵
سنگریزه	نمایی	۱/۵	۰/۸۴	۱۱۹۱	۰/۹۸	۰/۴۴	۰/۴۵

www.SID.ir

Archive of SID

ملاحظه شد که میزان آهک خاک در قسمت‌های شمالی منطقه مورد مطالعه (مناطقی که گونه حضور پررنگی دارد) بیشتر از بخش جنوبی منطقه می‌باشد که نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین آهک و گونه مورد بررسی است. جدول ۳ نیز ماتریس امتیازات این تجزیه و تحلیل، میزان حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی گونه گیاهی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مدل تغییرنمای خط برازش داده شده بر مدل تغییرنمای تجربی برای متغیر آهک و نقشه آهک خاک منطقه

جدول ۳، ماتریس امتیازات مربوط به گونه *T. kotschyanus* را نشان می‌دهد. ستون اول این ماتریس بیانگر ۱۰۰٪ حاشیه‌گرایی و ۶۱٪ تخصص‌گرایی و ستون‌های بعدی به‌ترتیب بیانگر ۱۹٪، ۱۲٪ و ۳٪ تخصص‌گرایی است. با توجه به مقادیر ویژه آنالیز ENFA، سه عامل اول ۹۲٪ واریانس منطقه را شامل می‌شود.

تجزیه انجام شده در تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی مشابه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به محاسبه عواملی می‌پردازد که توضیح‌دهنده بخش عمده‌ای از تأثیر متغیرهای مستقل محیطی گونه است. آن دسته از متغیرهایی که بالاترین ضرایب را دارند بیشترین اطلاعات برای توضیح پراکنش گونه را دارند. مهمترین خروجی ENFA ماتریس امتیازات است. اطلاعات موجود در ردیف‌های این ماتریس میزان شرکت یا سهم هر یک از متغیرهای مستقل در ساخت فاکتورها را نشان می‌دهد. ستون اول ماتریس امتیازات، مهمترین اطلاعات را دارد. برای متغیرهایی که حاشیه‌گرایی مثبت دارند گونه مورد نظر تمایل به رویش در حدی بالاتر از میانگین آن متغیر را در سطح منطقه دارد و در مورد متغیرهایی که مقدار حاشیه‌گزینی برای آنها منفی است گونه تمایل به رویش در مقادیر کمتری از میانگین آن متغیر را در منطقه دارد.

مقادیر حاشیه‌گرایی کل، تخصص‌گرایی کل و تحمل‌پذیری کل به‌ترتیب ۲/۹۴۴، ۸/۴۳۲ و ۰/۱۱۹ محاسبه شد که گویای این مطلب است که گونه *T. kotschyanus*، گونه‌ای تخصصی در منطقه مورد مطالعه است که توان تحمل پایینی را در محدوده شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه دارد. شاخص بویس پیوسته برای مدل و الگوریتم مناسب طبقه‌بندی برای رویشگاه در جدول ۴، آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- ماتریس امتیازات آنالیز ENFA برای گونه *Thymus kotschyanus*

متغیرهای رویشگاهی	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
	۱۰۰٪ حاشیه‌گرایی ۶۱٪ تخصص‌گرایی	۱۹٪ تخصص‌گرایی	۱۲٪ تخصص‌گرایی	۳٪ تخصص‌گرایی
ارتفاع	۰/۲۶۶	-۰/۶۴۳	-۰/۵۴۴	۰/۶۸۶
عمق	۰/۱۳۱	-۰/۰۳۳	-۰/۰۳۸	-۰/۰۲۳
هدایت الکتریکی	۰/۲۶۸	-۰/۲۰۹	-۰/۰۶۷	-۰/۵۵۴
سنگریزه	-۰/۲۳	-۰/۰۰۸	۰/۰۶۸	-۰/۰۱۷
پتاسیم	-۰/۲۱۷	-۰/۰۶۷	۰/۰۶۷	-۰/۱۱۱
آهک	۰/۲۸۸	-۰/۳۸	-۰/۵۳۲	-۰/۲۲۵
نیتروژن	-۰/۱۱۹	۰/۱۴۵	۰/۰۶۶	۰/۱۶
ماده آلی	-۰/۱۱۵	۰/۰۳۸	-۰/۰۱۹	-۰/۰۹۲
فسفر	-۰/۱۹۸	۰/۱۲۱	-۰/۰۰۵	۰/۰۴۷
اسیدیته	۰/۲۳۹	۰/۰۵۲	۰/۰۴۱	۰/۱۸۸
جهت جنوبی	-۰/۰۱	۰/۰۲۳	-۰/۰۶۲	-۰/۱۶۲
جهت شرقی	۰/۰۷۹	-۰/۵۹۲	۰/۶۱۸	۰/۰۶۱
جهت غربی	-۰/۰۶۵	۰/۰۱۸	-۰/۰۳۴	-۰/۰۳۷
جهت شمال‌شرق	۰/۲۰۵	۰/۰۲۶	-۰/۰۴۴	-۰/۰۳۷
جهت شمالی	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	-۰/۰۶۸	-۰/۲۱۱
شیب	-۰/۲۳۹	۰/۰۲	۰/۰۷۶	-۰/۰۹۶

با توجه به شاخص بویس چهار الگوریتم میانه، میانگین هندسی، میانگین هارمونیک و حداقل فاصله، بهترین الگوریتم برای ساخت مدل پیش‌بینی رویشگاه گونه *T. kotschyanus* الگوریتم میانگین هارمونیک تشخیص داده شد. با توجه به مقادیر برآورد شده شاخص بویس، قدرت پیش‌بینی مدل خوب می‌باشد. در نهایت با انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد نیاز در نرم‌افزار نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه *T. kotschyanus* تهیه شد.

جدول ۴- پارامترهای آشیان بوم‌شناختی و مقادیر شاخص بویس الگوریتم‌های مدل‌سازی

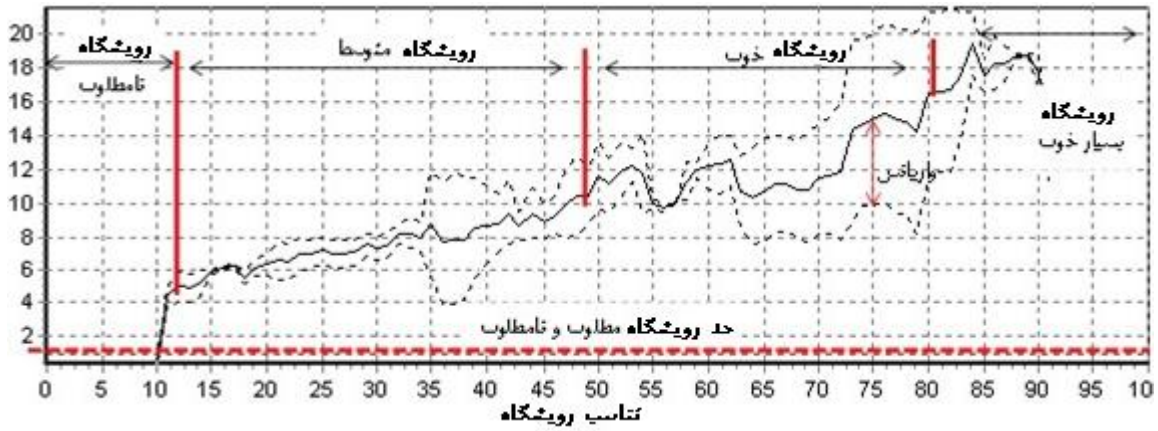
گونه/رویشگاه	حاشیه‌گزینی کل	تخصص‌گرایی کل	تحمل‌پذیری کل	شاخص بویس	الگوریتم مدل‌سازی
T. kotschyanus	۲/۹۴۴	۸/۴۳۲	۰/۱۱۹	۰/۸۹۷±۰/۰۴۶۹۹	میانگین هارمونیک

برای تعیین حد رویشگاه مطلوب و نامطلوب و طبقه‌بندی طبقات مطلوبیت رویشگاه از نمودار Fi نیز استفاده شد که شکل ۳، نمودار Fi ارائه شده‌است. با توجه به تغییرات شیب نمودار Fi نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه *T. kotschyanus* به چهار طبقه تقسیم‌بندی شد. Hengl و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که طبقه‌بندی نقشه تنها به‌منظور سهولت درک مطلب انجام می‌شود و می‌توان به طبقات دیگری نیز تقسیم‌بندی کرد.

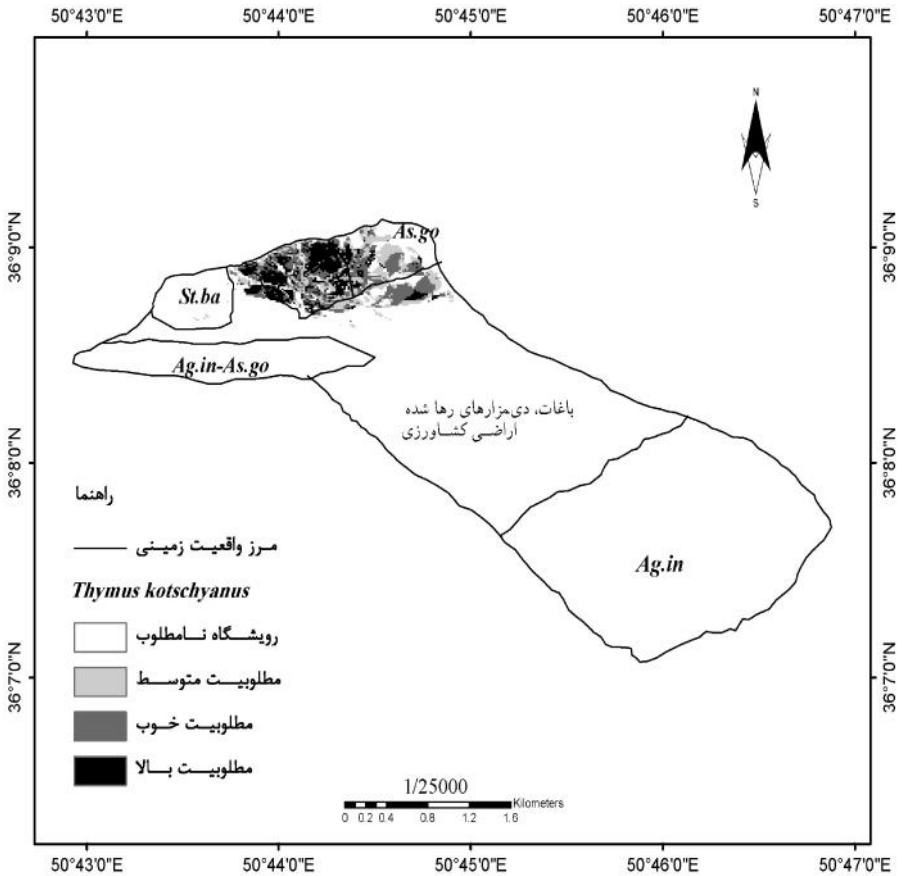
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۴، مربوط به نقشه مطلوبیت رویشگاه (نقشه پیش‌بینی شده توسط مدل ENFA) می‌باشد. همچنین میزان تطابق نقشه پیش‌بینی بدست‌آمده از مدل با واقعیت زمینی در رویشگاه گونه *T. kotschyanus* مقدار ۰/۷۳ بدست آمد که مطابق با نظر پژوهشگران (Monsserud & Leemans, 1992) بسیار خوب برآورد می‌شود.



شکل ۳- نمودار Fi در ارزیابی صحت مدل ENFA برای گونه *Thymus kotschyanus*



شکل ۴- نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه *T. kotschyanus* (بر روی نقشه واقعی پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه)

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

براساس نتایج بدست‌آمده صحت مدل که با استفاده از شاخص بویس پیوسته ارزیابی شد ۸۹٪ بدست آمد که نشان‌دهنده دقت بالای نتایج مدل بود. البته ضریب کاپای حاصل از بررسی میزان توافق نقشه پیش‌بینی با واقعیت زمینی نیز (k=۰/۷۳) دقیق بودن نتایج مدل را تأیید کرد. 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 به‌عنوان بهترین رویشگاه برای گونه مورد نظر به صورت نقشه ارائه می‌دهد (Hirzel *et al.*, 2006). نتایج بدست‌آمده از انجام تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی گونه *T. kotschyanus* بر پایه متغیرهای مستقل مورد بررسی نشان داد که در ترجیح رویشگاه گونه مورد نظر متغیرهای ارتفاع، عمق، آهک، اسیدیته، هدایت الکتریکی، جهت‌های شرقی و شمالی بیشتر از متغیرهای دیگر بررسی شده در تحقیق تأثیرگذار بودند.

در مورد عامل ارتفاع باید بیان کرد که به‌عنوان یک عامل مهم و تأثیرگذار به‌طور مستقیم با تأثیر بر عوامل محیطی دیگر مثل میزان بارندگی و درجه حرارت و به‌طور غیرمستقیم، از طریق تأثیر بر تشکیل خاک بر پراکنش گونه *T. kotschyanus* در منطقه تأثیر گذاشته است. Habibi و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه بر روی گونه *T. kotschyanus* در منطقه طالقان از ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۲۸۰۰ متر بیان کردند که در ارتفاعات جنوبی البرز در منطقه طالقان با افزایش ارتفاع، جمعیت و تراکم این گونه افزایش پیدا می‌کند؛ به‌حدی که گیاه غالب در ارتفاعات ۲۸۰۰ متری این منطقه گونه *T. kotschyanus* می‌باشد. افزایش ارتفاع از سطح دریا، تنوع خاک، آب و هوا، مقدار مواد ارگانیکی، بافت و مقادیر مختلف کلسیم در خاک فاکتورهای مهم در تفاوت پراکندگی گیاه آویشن در شرق اسپانیا گزارش شده‌است (Corticchiato *et al.*, 1998). Shokrollahi و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی ارتباط بین این گونه با عوامل محیطی در مراتع ییلاقی پلور بیان کردند که همه عوامل پستی و بلندی و اثرات متقابل آنها و نیز خصوصیات خاک در دامنه‌های مختلف، تأثیر معنی‌داری بر درصد پوشش و تراکم آویشن کوهی دارند. Jamshidi و همکاران (۲۰۰۶)، دریافتند که حضور گونه *T. kotschyanus* در ارتفاعات بالا نشان می‌دهد که این گونه نسبت به سرما و شرایط سخت ارتفاعات بردبار می‌باشد. عامل آهک باعث بوجود آمدن ساختمان مناسب و ایجاد تغییراتی در اسیدیته خاک می شود ولی اگر میزان آن بیش از حد افزایش یابد با ایجاد سخت لایه و افزایش میزان اسیدیته و املاح در محدوده ریشه مشکلاتی را برای گیاهان بوجود می‌آورد. مطابق با نتایج افزایش عمق خاک تأثیر مستقیم بر استقرار گونه مورد بررسی داشته است؛ در این مورد Bednarek و همکاران (۲۰۰۵)، عنوان کردند که بیشترین فعالیت ریشه گیاهان مرتعی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری است. همچنین عوامل اسیدیته و هدایت الکتریکی نیز در مطلوبیت رویشگاه گونه *T. kotschyanus* تأثیرگذار بودند. در این مطالعه مشخص شد که افزایش شیب تأثیر منفی بر حضور و پراکنش گونه *T. kotschyanus* دارد، اثر شیب بر روی عمق ظاهر می شود، به‌نحوی که افزایش یا کاهش درجه شیب باعث کاهش یا افزایش عمق خاک شده که بر روی استقرار ریشه مؤثر است (Vahabi *et al.*, 2007). در زمینه تأثیر شیب بر پراکنش پوشش گیاهی می‌توان به تحقیق Shokri و همکاران (۲۰۰۳)، Mirdavoodi و Zahedi Pour (۲۰۰۵)، Clark و همکاران (۱۹۹۹) اشاره کرد. Mark و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند که ویژگی‌های توپوگرافی (عامل‌های ارتفاع، شیب و جهت شیب) عامل‌های اصلی الگوی پراکنش پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی هستند. در این مطالعه حاشیه‌گرایی کل، تخصص‌گرایی کل و تحمل‌پذیری کل به‌ترتیب ۲/۹۴۴، ۸/۴۳۲ و ۰/۱۱۹ محاسبه شد. این مقادیر گویای این مطلب هستند که گونه *T. kotschyanus*، گونه‌ای تخصصی در منطقه مورد مطالعه است که توان تحمل پایینی را در محدوده شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه دارد و یا گونه‌ای با میدان

www.SID.ir

Archive of SID

بوم شناختی کم عرض است و تمایل به زندگی در رویشگاه‌های بسیار کرانه‌ای را دارد. همچنین، مشاهدات میدانی نشان داد که مناطق دارای قدرت بالقوه رویش گونه *T. kotschyanus* در کنار گونه‌هایی مانند *Astragalus gossypinus* مشاهده می‌شود. به‌طور کلی گونه های جنس *Thymus* در رویشگاه‌های خود از تراکم و فراوانی به‌نسبت بالایی برخوردارند، به‌طوری که در بسیاری از نقاط به‌عنوان گیاه غالب ظاهر شده و همراه گیاهان دیگری مانند *Astragalus* و گونه های مختلف جنس *Bromus tomentellus* تیپ غالب را تشکیل می‌دهند (Shokrollahi *et al*., 2010). نتایج بررسی Babalar و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که بسیاری از جمعیت‌های آویشن کوهی دارای توانمندی خوبی برای وارد شدن به سیستم کشت و انتخاب در برنامه‌های اصلاحی می‌باشند.

درک فرایندهای بوم‌شناختی پیش‌شرط اصلی مدیریت است (Mesdaghi, 2007). عوامل محیطی تعیین‌کننده خصوصیات رویشگاهی می‌باشند، پراکنش و استقرار گیاهان را به‌خوبی کنترل می‌کنند؛ از طرفی محل رشد و نمو گیاهان دارویی، از لحاظ ارتفاع از سطح دریا، شیب و عرض جغرافیایی و تأثیری که این عوامل بر دما، نور و رطوبت نسبی می‌گذارند، در متابولیسم گیاهان دارویی و تغییرات سنتز مواد مؤثر آنها اهمیت زیادی دارد (Davazdahemami & Majnonhosini, 2008). جمع‌بندی کلی که می‌توان از نتایج این تحقیق داشت؛ این است که، بر مطلوبیت رویشگاه گونه *T. kotschyanus* عوامل فیزیوگرافی ارتفاع، شیب، جهت دامنه و عوامل خاکی اسیدیته، هدایت الکتریکی، آهک و عمق تأثیر مستقیم دارند و این گونه تمایل به زندگی در شرایط رویشگاهی خاص خودش را دارد. همچنین، روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیکی یک روش دقیق و قابل اطمینان در تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه‌های گیاهیست، به‌ویژه در زمانی که فقط اطلاعات مربوط به حضور گونه‌ها در دسترس باشند. بنابراین با استفاده از این روش از عوامل مؤثر بر مطلوبیت رویشگاه گونه‌های گیاهی که به‌عنوان منابع ژنتیکی ارزشمند ملی به‌حساب می‌آیند مطلع می‌شویم. از آنجا که یکی از اهداف مدل‌سازی بررسی فرضیه‌های اکولوژیکی است؛ پیشنهاد می‌شود، در مطالعات آینده ضمن بررسی آشیان اکولوژیک و تعیین مطلوبیت رویشگاه برای گونه‌های آویشن میزان هم‌پوشانی رویشگاه آنها با گون‌زارها یا گونه‌های دیگری که ارزش علوفه‌ای یا حفاظت آب و خاک دارند، تعیین شود؛ تا با بررسی تشابه نیازهای اکولوژیکی زمینه اصلاح مراتع دارای توانمندی رویش این گیاهان با کشت تلفیقی گونه‌ها فراهم گردد، تا همزمان با استحصال گیاهان دارویی و علوفه‌ای از حفاظت خاک مراتع و در نتیجه سلامت مراتع نیز اطمینان حاصل شود.

منابع مورد استفاده

- Babalar, M., Khoshsohkan, F., Fatahi Moghadam, M.R. and Pourmeidani, A., 2013. Evaluation of morphological diversity and essential oils in some populations (Thymus kotschyanus Boiss. & Hohen). Iranian Journal of Horticultural Science, 44(2): 119-128.
- Bednarek, R., Dziadowiec, H., Pokojska, U. and Prusinkiewicz, Z., 2005. Badania Ekologiczno-Gleboznawcze (Soil-Ecological Research). PWN, Warszawa, 105p.
- Brasseur, T., 1983. Etudes botaniques, phytochimiques et pharmacologiques consacrees au Thym. Journal of Pharmacie de Belgique, 38: 261-272.
- Clark, D.B., Palmer, M.W. and Clark, D.A., 1999. Edaphic factors and the landscape scale distribution of tropical rain forest trees. Journal of Ecology, 80(8): 2662-2675.
- Corticchiato, M., Tomi, F., Bernardini, A.F. and Casanova, J., 1998. Composition and infraspecific variability of essential oil from *Thymus herba barona* Lois. Biochemical Systematics and Ecology, 26(8): 915-932.
- Davazdahemami, S. and Majnoonhosini, N., 2008. Cultivation and Production of Certain Herbs and Species. Tehran University Press, Tehran, 300p.
- Essawi, T. and Srour, M., 2000. Screening of some Palestinian medicinal plants for antibacterial activity. Journal of Ethnopharmacology, 70(3): 343-349.
- Gibson, L.A., Wilson, B.A., Cahill, D.M. and Hill, J., 2003. Modeling habitat suitability of the swamp antechinus (*Antechinus minimus maritimus*) in the coastal heathlands of southern Victoria, Australia.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Biological Conservation, 117(2): 143-150.
- Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135: 147-186.
- Habibi, H., Mazaheri, D., Fakhr-Tabatabaee, M. and Bigdeli, M., 2006. Effect of altitude on essential oil and components in wild thyme (*Thymus kotschyanus* Boiss.) Taleghan region. Pajouhesh & Sazandegi, 73: 2-10.
- Hasani Pak, A.A., 1998. Geostatistical. Tehran University Press, Tehran, 180p.
- Hengl, T., Sierdsema, H., Radovi, A. and 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.
- Hirzel, A.H., Helfer, V. and Metral, F., 2001. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. Journal of Ecological Modelling, 145: 111-121.
- Hirzel, A.H. and Guisan, A., 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling?. Journal of Ecological Modelling, 157: 331-341.
- Hirzel, A.H., Hausser, J., Chessel, D. and Perrin, N., 2002. Ecological Niche Factor Analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data?. Journal of 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.
- Jamshidi, A.H., Aminzade, M., Azarnivand, H. and Abedi, M., 2006. Effect of altitude on quality and quantity of essential oil of *Thymus kotschyanus*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 15(18):17-22.
- Mark, A.F., Dickinson, K.J.M. and 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.
- Meister, A., Bernhardt, G., Christoffel, V. and Buschauer, A., 1999. Antispasmodic activity of *Thymus vulgaris* extract on the isolated guinea-pig trachea: discrimination between drug and ethanol effects. Journal of Planta Medica, 65: 512-516.
- Mesdaghi, M., 2007. Range Management in Iran. Imam Reza University Press, Mashhad, 333p.
- Mirdavoodi, H.R. and Zahedi Pour, H., 2005. Determination of suitable species diversity model for Meyghan playa plant association and effect of some ecological factors on diversity change. Pajouhesh & Sazandegi, 18(3):56-65.
- Monsserud, D.M. and Leemans, R., 1992. Comparing Global Vegetation relationships in coastal desert plain of southern Sinai. Journal of Arid Enviroments, 55: 607-628.
- Neeti, N., Vaclavik, T. and Niphadkar, M., 2007. Potential distribution of Japanese knotweed in Massachusets. ESRI Annual User Conference, San Diego, 18-22 June.
- Rechinger, K.H., 1982. Flora Iranika vol. 152: Akademische Ddruck and Varagsanstalt.
- Safaei, M. and Tarkesh Esfehani, M., 2013. Medicinal plant habitat protection *Ferula ovina* Boiss. using habitat modeling potential (suggested model: Ecological niche factor analysis). Journal of Plant Ecosystem Conservation, 1: 122-105.
- Shokri, M., Bahmanyar, M.A. and Tatian, M.R., 2003. An ecological investigation of vegetation cover in Estival Rangelands of Hezarjarib (Behshahr). Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Recources), 56(1-2): 131-149.
- Shokrollahi, SH., Moradi, H. and Dianati Tilaki, Gh.A., 2010. Survey environmental factors affecting the *Thymus kotschyanus* Boiss. habitat in the rangelands of pleur. Journal of Plant and Ecosystem, 30: 69-87.
- Strubbe, D. and Matthysen, E., 2009. Predicting the potential distribution of invasive ring-necked parakeets *Psittacula krameri* in northern Belgium using an ecological niche modelling approach. Biological Invasions, 11(3): 497-513.
- Trail, L.W. and Bigalke, R.C., 2006. A presence habitat suitability model for large grazing African ungulates and its utility for wildlife management. Journal of Ecology, 45: 347-354.
- Trethowan, P.D., Robertson, M.P. and McConnachie, 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.
- Vahabi, M.R., Basiri, M., Moghadam, M.R. and Masoumi, A.A., 2007. Determination of the most effective habitat indices for evaluation of tragacanth sites in Isfahan province. Journal of the Iranian Natural Research, 59(4): 1013-1029.
- Virgilio, N.D., Monti, A. and Venturi, G., 2007. Spatial variability of switchgrass (Panicum virgatum L.) yield as relatead to soil parameters in a small field. Journal of Field Crops Research, 101: 232-239.
- Wolmarans, R., Robertson, M.P. and Van Rensburg, B.J., 2010. Predicting invasive alien plant

www.SID.ir

Archive of SID

(Semnan rangelands, Iran). Polish Journal of Ecology, 60 (2): 105-117.
- Zheng, J., He, M., Li, X., Chen, Y., Li, X. and Liu, L., 2008. Effect of Salsola Passerine shrab patches on the micro scale heterogeneity of soil in a mountain grassland, China. Journal of Arid Environments, 72: 150-161.
- Zimmermann, F.V., Lukarevsky, S., Beruchashvili, G., Breitenmoser, W. and Breitenmoser, U., 2007. Mapping the vision-potential living space for the leopard in the Caucasus. Cat News (Issue), 2: 28-33.

distributions: how geographical bias in occurrence records influences model performance. Journal of Biogeography, 37(9): 1629-1834.
- Zare Chahouki, M.A., 2006. Modeling of Plant Species Distribution in Arid and Semi-Arid Rangelands. Ph.D. Thesis of Range Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 180p.
- Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L. and Azarnivand, H., 2012. Comparison of three modeling approaches for predicting plant species distribution in mountainous scrub vegetation

www.SID.ir

Archive of SID

Habitat suitability modeling for *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. using ecological-niche factor analysis (case study: rangeland of middle Taleghan)

M.A. Zare Chahouki[1*] and M. Abasi[2]

1*- Corresponding author, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran Iran, Karaj, E-mail: Mazare@ut.ac.ir.
2- MSc. Graduate student, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: November 2014 Revised: October 2015 Accepted: October 2015

Abstract

The purpose of this study was habitat suitability modeling for *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. using ecological-niche factor analysis. This model was implemented in the Biomapper software. The information layers included species presence map, soil map (gravel percentage, pH, electrical conductivity, lime, organic matter, nitrogen, potassium, phosphorus, soil depth, sand, clay and silt percent), and the topography map (slope, aspect and elevation). The accuracy of the model was obtained 89% using Boyce index, indicating the high accuracy of the model. The Kappa coefficient obtained from matching the prediction map with the ground truth map was calculated to be 0.73, which is at a good level. The results showed that *T. kotschyanus* preferred soils with a pH of 7.5-8, an electrical conductivity of 0.20-0.25 dS/m and less than 21.5 percent of lime. The optimal habitat of this species is located at an altitude of over 2000 meters above sea level and in the northern and eastern slopes. Furthermore, the results of this study showed that *T. kotschyanus* is a specialized species in the study area with a relatively narrow ecological niche, tending to live in its own special habitat conditions.

Keywords: Habitat suitability modelling, Ecological Niche Factor Analysis (ENFA), *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen.

www.SID.ir