

تعیین آستانه بهینه حضور در مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی (مطالعه موردی: مراتع منطقه نیر استان یزد)

محمدعلی زارع‌چاهاوکی^{*}، حسین پیری صحراگرد^۲، محسن نقیلو^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۳۱

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تعیین آستانه بهینه حضور در مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی در مراتع منطقه نیر استان یزد انجام شد. بدین منظور، بعد از تعیین واحدهای همگن نمونه‌برداری با استفاده از نقشه رقوم ارتفاع و نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی-سیستماتیک از طریق پلات گذاری در امتداد ۳ تا ۵ ترانسکت ۳۰۰-۵۰۰ متری انجام شد. برای نمونه‌برداری از خاک نیز در هر رویشگاه هشت پروفیل حفر و از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۸۰ سانتی‌متری نمونه گرفته شد و خصوصیات خاک شامل سنگریزه، بافت، رطوبت اشباع، رطوبت قابل‌دسترس، آهک، گچ، ماده آلی، اسیدیته، هدایت الکتریکی و املاح محلول مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی با استفاده از روش‌های رگرسیون لجستیک، آنتروپی حداکثر و شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شد. بعد از تهیه نقشه‌های پیش‌بینی هر گونه گیاهی، آستانه بهینه حضور گونه‌های گیاهی با استفاده از رویکرد ترکیبی حساسیت و اختصاصیت برابر و رویکرد حداکثرسازی کاپا تعیین و میزان انطباق نقشه‌های واقعی و پیش‌بینی با اندازه‌گیری ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج، دقت نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از روش‌های مختلف مدل‌سازی متفاوت است. بیشترین میزان تطابق در بین نقشه‌های حاصل از روش رگرسیون لجستیک، آنتروپی حداکثر و روش شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب به رویشگاه‌های *C. monacantha* ($K=0/9$)، *R. ribes-A. sieberi* ($K=0/93$) و *S. rosmarinus* ($K=0/86$) تعلق دارد. این نتایج گویای آن است که آستانه بهینه حضور در مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی با توجه به توانایی متفاوت مدل‌های پیش‌بینی در تمایز حضور و عدم حضور گونه‌ها متفاوت است، بنابراین ضروری است در تعیین آستانه بهینه حضور، علاوه بر هدف پژوهش و فراوانی گونه‌های مورد مطالعه، کیفیت مدل‌های پیش‌بینی نیز مدنظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: آستانه بهینه حضور، رویکرد حساسیت و اختصاصیت برابر، رویکرد حداکثرسازی کاپا، مراتع نیر، مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها.

۱. استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، نویسنده مسئول / Email: mazare@ut.ac.ir

۲. استادیار دانشکده آب و خاک، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه زابل

۳. دانش آموخته کارشناس ارشد مرتعداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

بنابراین انتخاب حد آستانه بهینه صحیح بسیار مهم است و می تواند علاوه بر تأثیر روی دقت پیش بینی مدل ها، با تسهیل تفسیر نتایج مدل سازی منجر به اتخاذ تصمیمات صحیح مدیریتی در ارتباط با بهره برداری، اصلاح و احیای پوشش گیاهی شود.

روش های تعیین حد آستانه به دو دسته روش های سلیقه ای^۷ (مثل روش حد آستانه ثابت) و عینی^۸ تقسیم می شود. روش حد آستانه ثابت رایج ترین روشی است که به طور گسترده ای در بوم شناسی مورد استفاده قرار گرفته است (مانل و همکاران، ۲۰۰۱؛ استوک ول و پترسون^۹، ۲۰۰۲). از روش های غیر سلیقه ای نیز می توان به روش های مبتنی بر یک شاخص منفرد مثل حداکثر سازی ضریب کاپا و رویکرد فراوانی گونه^{۱۰} اشاره کرد. در بین روش هایی که برای انتخاب حدود آستانه حضور مورد استفاده قرار گرفته اند، ساده ترین روش استفاده از یک مقدار دلخواه است، اما این روش نیز سلیقه ای و ذهنی بوده و فاقد استدلال بوم شناختی است (لیو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۵).

لیو و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی بعد از انجام مدل سازی پراکنش گونه ها، ۱۲ روش تعیین حد آستانه بهینه را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دادند. این محققان با درک لزوم تعیین حدود آستانه بهینه برای تعیین حضور و عدم حضور گونه ها، با استفاده از چهار شاخص، حساسیت، اختصاصیت، کل پیش بینی موفق و آماره کاپا، ۱۲ روش را برای تعیین حدود آستانه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روش مبتنی بر فراوانی گونه ها، روش میانگین احتمال پیش بینی شده و روش های ترکیبی حساسیت و اختصاصیت از روش های مناسب برای تعیین حد آستانه بهینه هستند. همچنین روش اختیار کردن یک حد آستانه ثابت به عنوان بدترین روش شناخته شد. آن ها در این پژوهش نشان دادند که تعیین حدود بهینه آستانه تحت تأثیر سطوح مختلف غلبه گونه ها و همچنین هدف از مدل سازی قرار می گیرد. همچنین فریمن^{۱۲} و مویسن (۲۰۰۸) تأثیر ۱۱ روش انتخاب حدود آستانه را روی میزان پراکنش پیش بینی شده، دقت مدل ها و نقشه های پیش بینی مربوط به ۱۳

در سال های اخیر استفاده از مدل های پیش بینی پراکنش گونه ها به دلیل اهمیت آن ها در ارزیابی منابع، مدیریت و حفظ تنوع زیست محیطی و پیش بینی تناسب رویشگاه ها برای گونه های خاص گسترش یافته است (فلدینگ و بل^۱، ۱۹۹۷؛ مانل^۲ و همکاران، ۱۹۹۹؛ دیهیگره^۳ و همکاران، ۲۰۰۳؛ زارع چاهوکی و همکاران، ۲۰۱۲؛ پیری صحراگرد و زارع چاهوکی، ۲۰۱۵؛ زارع چاهوکی و اسفنجانی، ۲۰۱۵). برای این منظور روش های مختلف مدل سازی مانند روش های رگرسیون خطی، روش های طبقه بندی، روش تجزیه مؤلفه های اصلی و روش شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفته اند. نکته مهم در استفاده از روش های مختلف مدل سازی این است که اغلب این روش ها، پیش بینی ها را به صورت سطوح احتمالاتی پیوسته از حضور گونه ها تولید می کنند که برای استفاده بهتر از نتایج این مدل ها ضروری است که این نقشه های پیوسته حضور به نقشه های طبقه بندی شده حضور و عدم حضور گونه ها تبدیل شوند، زیرا نقشه ای که به عنوان نقشه حضور یا عدم حضور یک گونه ارائه می شود، از نقشه ای که احتمال حضور یا احتمال تناسب را پیش بینی می کند، بسیار مفیدتر و کاربردی تر است و می تواند برای اهداف مدیریتی و کاربردی مورد استفاده قرار گیرد (آراخو^۴ و همکاران، ۲۰۰۲؛ ویلسون^۵ و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر این موارد، این حدود آستانه موقعی که عملکرد مدل های مختلف با استفاده از شاخص های به دست آمده از ماتریس خطا^۶ مورد ارزیابی قرار می گیرد، مورد نیاز خواهد بود (مانل و همکاران، ۱۹۹۹).

با توجه به نکات ذکر شده، لازم است بعد از تهیه نقشه های پیوسته احتمال حضور، یک حد آستانه در نظر گرفته شود که بالاتر از آن حد آستانه به عنوان حضور گونه و پایین تر از آن به عنوان عدم حضور گونه در نظر گرفته شود و به این ترتیب نقشه های پیوسته احتمال حضور به نقشه های دوتایی صفر و یک تبدیل شود.

7. Subjective
8. Objective
9. Stockwell & Peterson
10. Prevalence approach
11. Liu
12. Freeman

1. Fielding and Bell
2. Manel
3. D'heygere
4. Araujo
5. Wilson
6. Error matrix

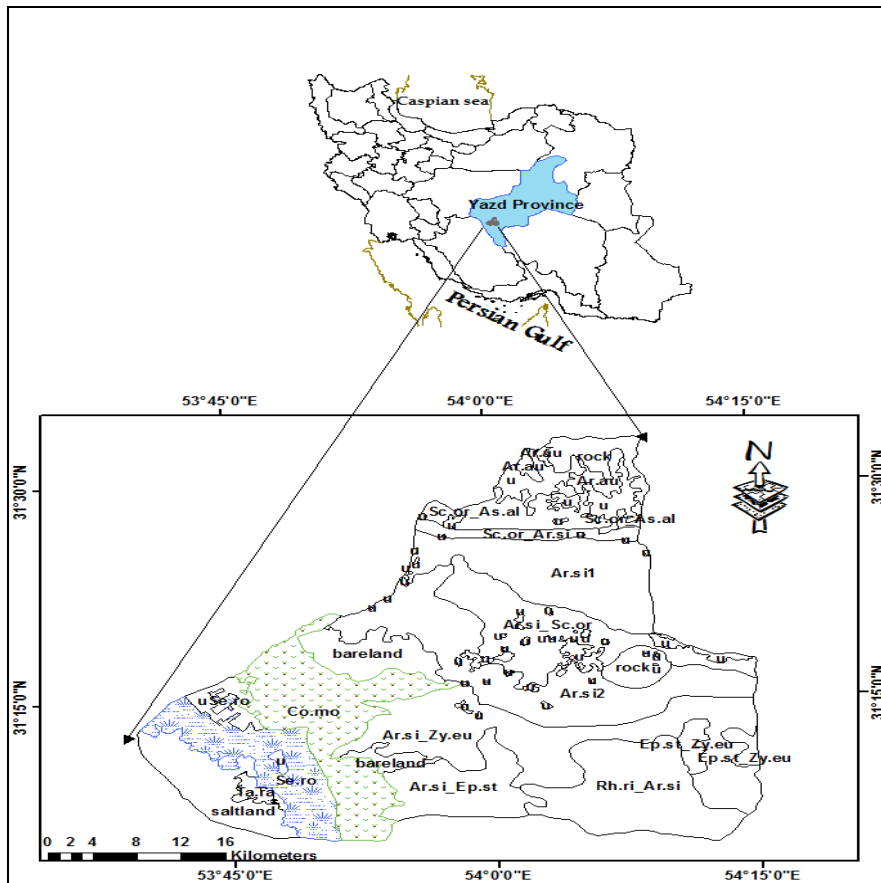
مدل)، مشخص کردن آستانه بهینه حضور با استفاده از این شاخص‌ها و بررسی میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه‌های واقعی در مراتع نیر استان یزد انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل مراتع منطقه نیر استان یزد به مساحت ۱۷۰۰۰۰ هکتار بود که در بین عرض‌های شمالی $31^{\circ}33'11''$ تا $31^{\circ}04'27''$ و طول‌های شرقی $53^{\circ}40'06''$ تا $54^{\circ}15'19''$ قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع منطقه از سطح دریا ۳۹۹۰ متر و حداقل آن ۱۴۰۰ متر است. متوسط بارندگی از ۲۷۰ میلی‌متر در ارتفاعات شیرکوه تا ۴۵ میلی‌متر در حاشیه کویر چاه‌بیک می‌تغیر است (زارع‌چاهوکی و همکاران، ۲۰۱۰).

گونه درخت در یوتا مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که گونه‌هایی با کیفیت مدل پایین یا میزان فراوانی کم، بیشتر به انتخاب مقادیر حدود آستانه حساس است و برای این گونه‌ها در نظر گرفتن مقدار حد آستانه ۰/۵ غیرقابل اعتماد است. علاوه بر این موارد، پیری صحرارگرد و زارع‌چاهوکی (۲۰۱۵) مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های گونه‌های گیاهی را با استفاده از روش‌های رگرسیون لوجستیک، آنتروپی حداکثر و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام دادند. این محققان بیان کردند که ضروری است که آستانه بهینه حضور گونه‌های گیاهی با استفاده از روش‌های غیرسلیقه‌ای و بر مبنای کیفیت مدل‌های پیش‌بینی مربوط به هریک از گونه‌های گیاهی تعیین گردد. با در نظر داشتن این نکات مهم، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی مقادیر شاخص‌های مؤثر در کیفیت مدل (حساسیت و اختصاصیت



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان یزد

شیب، جهت و ارتفاع (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) و تعیین واحدهای همگن، به روش تصادفی - سیستماتیک از طریق پلات گذاری در امتداد ۳ تا ۵ ترانسکت ۳۰۰ تا ۵۰۰ متری انجام شد. سطح پلات‌ها

جمع‌آوری اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی و خاک

نمونه‌برداری صحرایی از پوشش گیاهی بعد از تلفیق نقشه‌های

روابط استخراج شد. برای آزمون مدل‌های به‌دست‌آمده از آماره هوسمر و لمشاو^۴ (۲۰۰۲) استفاده شد. برای ساخت مدل آنتروپی حداکثر نیز پس از آماده‌سازی لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی با فرمت ENVI یا CSV، لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی با فرمت ASCII و با فایللی که به نام asc ختم می‌شود، آماده شد. پس از آماده‌سازی لایه‌ها، از نرم‌افزار MaxEnt Version 3.3.3e برای انجام مدل‌سازی استفاده شد. ارزیابی مدل‌های حاصل از روش آنتروپی حداکثر با استفاده از آماره سطح زیر منحنی^۵ انجام شد. همچنین در روش شبکه عصبی مصنوعی، پیش‌پردازش‌های لازم شامل نرمال‌سازی داده‌ها بین صفر و یک و تقسیم تصادفی داده‌های در دسترس به سه مجموعه آموزش، آزمون و اعتبارسنجی انجام شد. بعد از تعیین تعداد نرون لایه میانی با استفاده از روش آزمون و خطا، شبکه بهینه با استفاده از آماره میانگین مربعات خطا انتخاب شد و شبیه‌سازی با شبکه بهینه صورت گرفت.

تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی

برای تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش پوشش گیاهی نقشه متغیرهای محیطی تأثیرگذار در پراکنش گونه نیاز است، بنابراین در روش رگرسیون لجستیک بعد از تولید مدل پیش‌بینی پوشش گیاهی از طریق عوامل محیطی و تهیه نقشه متغیرهای محیطی وارد شده در هریک از معادله‌ها، با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی و اعمال ضرایب مربوط به هریک از متغیرهای محیطی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 9.3، نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی تهیه شد. در روش آنتروپی حداکثر نیز بعد از انجام تنظیمات لازم در نرم‌افزار و با استفاده از نقشه متغیرهای محیطی، نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌ها تهیه شد. همچنین در روش شبکه عصبی مصنوعی بعد از انجام شبیه‌سازی با بهترین شبکه (شبکه‌ای دارای حداقل خطا بود) و اعتبارسنجی نتایج به‌دست‌آمده، شبیه‌سازی احتمال حضور و عدم حضور گونه‌ها در مناطقی از رویشگاه که نمونه‌برداری صورت نگرفته بود انجام شد. در مرحله بعد با استفاده از مقادیر شبیه‌سازی شده توسط شبکه در این نقاط و مقادیر موجود، با استفاده از

با توجه به نوع گونه‌های موجود و تراکم پوشش آن‌ها، به روش سطح حداقل بین ۲ تا ۱۰۰ مترمربع و تعداد آن‌ها با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و با استفاده از روش آماری بین ۳۰ تا ۵۰ پلات تعیین و نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در آن‌ها انجام شد. برای اندازه‌گیری خصوصیات خاک نیز در طول هر ترانسکت یک پروفیل حفر و از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۸۰ سانتی‌متر نمونه خاک برداشت شد. به دلیل اینکه برای تهیه نقشه خصوصیات خاک لازم است که پروفیل‌ها پراکنش مناسبی داشته باشد، نمونه‌برداری در نقاط دیگر از واحدهای نمونه‌برداری و در عمق‌های مشابه انجام شد (کارت^۱، ۲۰۰۶). در آزمایشگاه خصوصیات خاک شامل سنگریزه، بافت، رطوبت اشباع، رطوبت قابل‌دسترس، آهک، گچ، ماده آلی، اسیدیته، هدایت الکتریکی و املاح محلول (سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلر، کربنات، بیکربنات و سولفات) اندازه‌گیری شد. سپس نقشه مربوط به متغیرهای محیطی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ و زمین‌آمار^۳ با وضوح مکانی یکسان (اندازه پیکسل ۳۰×۳۰ متر) تهیه و در محیط GIS ذخیره شد. برای تهیه نقشه خصوصیات خاک از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 و GS+ نسخه ۵/۱ استفاده شد.

پیش‌پرازش داده‌ها و مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی

بعد از جمع‌آوری داده‌ها و تهیه نقشه مربوط به متغیرهای محیطی مهم با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و زمین‌آمار، مدل‌سازی پراکنش پوشش گیاهی با استفاده از رگرسیون لجستیک، آنتروپی حداکثر و روش پرسپترون چند لایه از گروه شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شد. برای انجام مدل‌سازی به روش رگرسیون لجستیک، ابتدا هم‌خطی چندگانه بین متغیرها بررسی و متغیرهایی که در فاکتور تورم واریانس^۴ آن‌ها بیشتر از ۵ بود از تحلیل کنار گذاشته شدند (فیلدینگ و هاورث^۵، ۱۹۹۵؛ کاوسی^۶ و همکاران، ۲۰۰۲). سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS

1. Carter
2. Geographical information system
3. Geostatistic
4. Variation inflation factor
5. Fielding & Haworth
6. Cawsey

4. Hosmer & Lemeshow
5. Area under curve

قطع می‌کنند (حساسیت و اختصاصیت با هم برابر هستند) به‌عنوان حد آستانه بهینه در نظر گرفته می‌شود. همچنین در مواردی که دو نمودار همدیگر را قطع نمی‌کنند، با توجه به هدف این پژوهش که شناسایی تمامی مناطق حضور گونه بود و در نظر داشتن این نکته که معمولاً در تهیه نقشه‌های پیش‌بینی پوشش گیاهی درصد حضور رهایی که به‌درستی پیش‌بینی شده است مهم‌تر است از درصد عدم‌حضورهایی که به‌درستی پیش‌بینی شده است. ضریب کاپا در بین تمام آستانه‌های ممکن محاسبه شد و حدود آستانه‌ای انتخاب شد که آماره کاپا در آن حداکثر شده است (میلر و فرانکلین، ۲۰۰۲؛ لیو و همکاران، ۲۰۰۵؛ پیری‌صحراگرد و همکاران، ۲۰۱۵b).

نتایج

ارزیابی کلی مدل‌های پیش‌بینی حاصل از روش‌های مورد استفاده

به‌منظور ارزیابی کلی مدل‌های پیش‌بینی حاصل از روش‌های مورد استفاده، از شاخص‌های آماری هوسمر و لمشاو، سطح زیرمنحنی و میانگین مربعات خطا استفاده شد. با توجه به ضرایب تشخیص و نتایج آزمون هوسمر و لمشاو رابطه‌های به‌دست‌آمده در سطح یک درصد معنی‌دار هستند. ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی با استفاده از سطح زیر منحنی نیز نشان می‌دهد که به جز رویشگاه *A. sieberi* دقت مدل‌های پیش‌بینی برای دیگر رویشگاه‌های مورد بررسی در سطح خوب و قابل قبول قرار می‌گیرد. علاوه بر این، با توجه به مقادیر میانگین مربعات خطا عملکرد مدل‌های پرسپترون چندلایه مربوط به رویشگاه‌های مورد بررسی قابل قبول ارزیابی می‌گردد (جدول ۱).

نرم‌افزار Arc GIS نقشه پیوسته احتمال حضور و عدم‌حضور گونه‌ها در هر رویشگاه تهیه شد (پیری‌صحراگرد، ۲۰۱۴).

ارزیابی توانایی تمایز مدل‌ها و نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از روش‌های مورد استفاده

دقت مدل‌ها و نقشه‌های پیش‌بینی با استفاده از ماتریس خطا^۱ انجام شد. این ماتریس از چهار جزء تشکیل شده است که توانایی مدل را در تشخیص حضور و عدم‌حضور گونه‌ها نشان می‌دهد و می‌تواند برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها مورد استفاده قرار گیرد. از جمله معیارهای حاصل از این ماتریس می‌توان به حساسیت^۲ (بخشی از حضورهای حقیقی که به‌درستی پیش‌بینی شده‌اند) و اختصاصیت^۳ (بخشی از عدم حضورهای حقیقی که به‌درستی پیش‌بینی شده‌اند) اشاره کرد (میلر و فرانکلین، ۲۰۰۲). براساس این معیارها، دو نوع خطا شامل برآورد بیشتر از حد واقعی و برآورد کمتر از حد واقعی در پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی رخ می‌دهد. علاوه بر این موارد و با در نظر داشتن این نکته که در ارزیابی کیفیت یک مدل باید علاوه بر توانایی تمایز مدل، دقت احتمالات پیش‌بینی شده نیز مورد بررسی قرار گیرد، واسنجی مدل از طریق مقایسه نقشه واقعی مربوط به هر رویشگاه با نقشه پیش‌بینی صورت گرفت و میزان انطباق این نقشه‌ها از طریق محاسبه ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت.

تعیین آستانه بهینه حضور

بعد از تهیه نقشه‌های پیوسته پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها، به‌منظور تهیه نقشه‌های حضور و عدم‌حضور گونه‌ها، با توجه به هدف پژوهش، حد آستانه بهینه در هر یک از نقشه‌های پیوسته پیش‌بینی با استفاده از دو رویکرد ترکیبی حساسیت و همچنین رویکرد حداکثرسازی کاپا تعیین شد (مانل و همکاران، ۲۰۰۱). در رویکرد ترکیبی حساسیت و اختصاصیت برابر، حساسیت و اختصاصیت در حدود آستانه صفر تا یک مورد محاسبه قرار می‌گیرد (برای مثال ۰، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳ ... ۰/۹۹، ۱)؛ در مرحله بعد با رسم تغییرات این دو شاخص در مقابل هم، محلی که این دو نمودار همدیگر را

1. Confusion matrix
2. Sensitivity
3. Specificity
4. Miller & Franklin

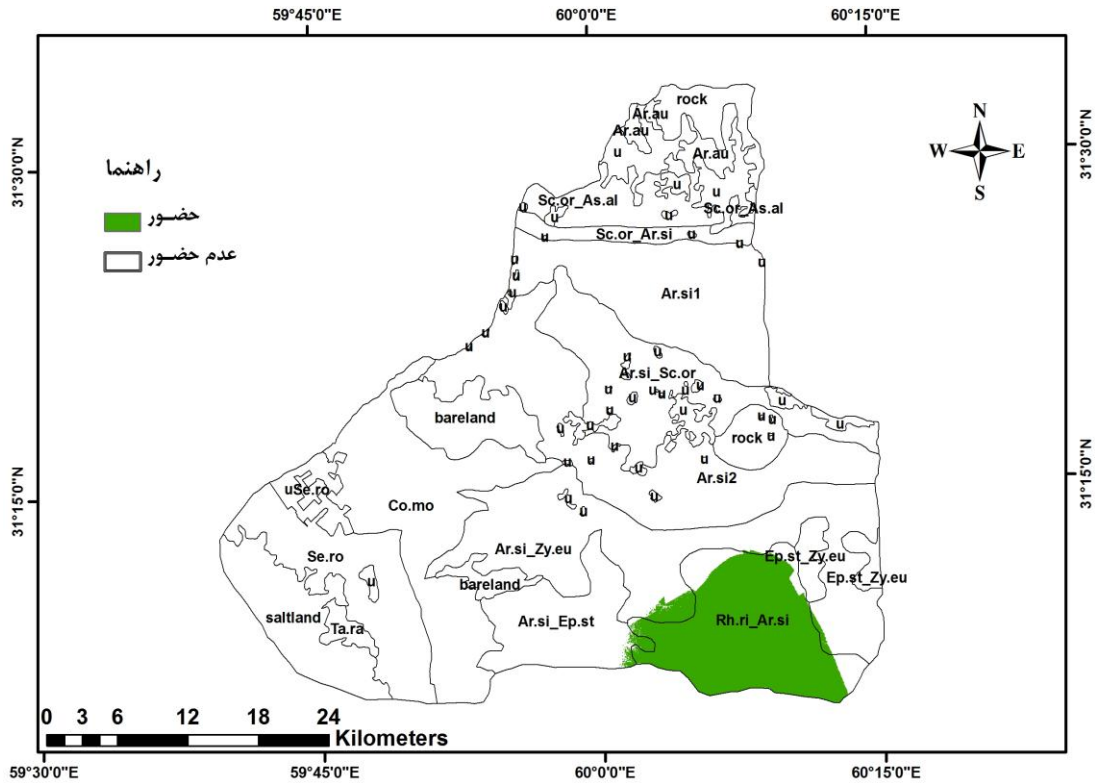
جدول (۱): آماره‌های مربوط به دقت مدل‌های پیش‌بینی مربوط به رویشگاه‌های مورد بررسی حاصل از روش‌های رگرسیون لجستیک، آنتروپی حداکثر و پرسپترون چندلایه

روش مدل‌سازی	رگرسیون لجستیک	آنتروپی حداکثر	پرسپترون چندلایه
تیپ گیاهی / آماره مورد استفاده	هوسمر و لمشاو	سطح زیر منحنی	میانگین مربعات خطا
<i>A. aucheri</i>	۱	۰/۹۷	۰/۰۰۱۷
<i>S. orientalis-A. sieberi</i>	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۰۰۵۴
<i>S. orientalis-As. Albispinus</i>	۰/۹۵	۰/۸	۰/۰۰۸۶
<i>A. sieberi₁</i>	۱	۰/۹۷	۰/۰۰۱۷
<i>A. sieberi₂</i>	۰/۹۵	۰/۶۳	۰/۰۰۲۱
<i>A.sieberi- S.orientalis</i>	۰/۹۸	۰/۷۱	۰/۰۱۶
<i>A. sieberi-Z. eurypterum</i>	۱	۰/۸۳	۰/۰۳۶
<i>R. ribes-A. sieberi</i>	۱	۰/۹۴	۰/۰۰۰۶۷
<i>E. strobilacea- Z.eurypterum</i>	۱	۰/۹۷	۰/۰۰۲۹
<i>C. monacantha</i>	۱	۰/۷۸	۰/۰۰۰۵۷
<i>S. rosmarinus</i>	۱	۰/۹۸	۰/۰۰۰۲۴
<i>T. ramosissima</i>	۱	۰/۹۹	۰/۰۰۲۸۸

ارزیابی قابلیت تمایز مدل‌ها و نقشه‌های پیش‌بینی در رویشگاه‌های مورد بررسی

حضور و عدم حضور گونه از ۰/۴۲ فراتر نرفته است. در این روش بهترین مدل مربوط به رویشگاه *A. sieberi₁* با حساسیت ۰/۶۸ و آستانه بهینه ۰/۴ است. در مدل‌های حاصل از روش شبکه عصبی مصنوعی نیز ضعیف‌ترین مدل با قدرت تشخیص ۰/۴ درصد مربوط به رویشگاه *T. ramosissima* و قوی‌ترین مدل با قدرت تشخیص ۰/۹۵ مربوط به رویشگاه *A. sieberi₁* است (جدول ۲). براساس مقادیر ضریب کاپای محاسبه‌شده دقت نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از هر یک از مدل‌ها متفاوت بوده و بالاترین میزان تطابق در نقشه‌های حاصل از روش آنتروپی حداکثر متعلق به رویشگاه *R. ribes-A. sieberi* بود (شکل ۲). علاوه بر این، بیشترین ضریب کاپای در بین نقشه‌های حاصل از روش رگرسیون لجستیک و روش شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب به رویشگاه‌های *C. monacantha* و *S. rosmarinus* تعلق داشت. در جدول (۳) بهترین روش مدل‌سازی، میزان ضریب کاپای محاسبه‌شده و درجه توافقی نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه‌های واقعی مربوط به هر رویشگاه ارائه شده است.

توانایی مدل‌های حاصل از روش‌های مورد استفاده، به‌منظور پیش‌بینی صحیح حضور و عدم حضور با استفاده از خطاهای پیش‌بینی (حساسیت و اختصاصیت) انجام شد. براساس نتایج، در بین مدل‌های رگرسیون لجستیک، مدل ارائه‌شده برای رویشگاه‌های *C. monacantha* و *S. rosmarinus* کمترین توانایی را در تمایز حضور و عدم حضور گونه‌ها دارد، زیرا در این مدل‌ها مقادیر حساسیت از ۰/۳ تجاوز نکرده است. این در حالی است که مدل‌های ارائه‌شده برای رویشگاه‌های *Artemisia sieberi₁* و *A. sieberi-Z. eurypterum* با مقادیر حساسیت ۰/۸۵ و ۰/۷۹ دقیق‌ترین مدل‌ها در طبقه‌بندی حضور و عدم حضور گونه‌ها در این رویشگاه‌ها هستند. در بین مدل‌های حاصل از روش آنتروپی حداکثر نیز مدل ارائه‌شده برای رویشگاه *C. monacantha* ضعیف‌ترین مدل در تشخیص حضور و عدم حضور گونه‌هاست، زیرا با لحاظ کردن حد آستانه بهینه ۰/۲ توانایی مدل در تشخیص



شکل (۲): نقشه واقعی و پیش‌بینی رویشگاه *R. ribes-A. sieberi* حاصل از مدل آنتروپی حداکثر (نقشه پیش‌بینی با رنگ روشن نشان داده شده است).

جدول (۲): آستانه بهینه به دست آمده برای هر تپ گیاهی و حساسیت و اختصاصیت مدل‌های مورد استفاده

مدل نام رویشگاه	رگرسیون لجستیک		آنتروپی حداکثر		شبکه عصبی مصنوعی	
	آستانه بهینه	حساسیت	اختصاصیت	حساسیت	آستانه بهینه	حساسیت
<i>A. aucheri</i>	۰/۳	۰/۴۵	۰/۸۳	۰/۵	۰/۵	۰/۶۵
<i>S. orientalis-A. sieberi</i>	۰/۴	۰/۵	۰/۹	۰/۳	۰/۵۳	۰/۵۸
<i>S. orientalis-As. Albispinus</i>	۰/۳	۰/۴۳	۰/۸۷	۰/۲	۰/۵۷	۰/۴۶
<i>A. sieberi₁</i>	۰/۳	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۴	۰/۶۸	۰/۸۲
<i>A. sieberi₂</i>	۰/۳	۰/۴۶	۰/۷۵	۰/۶	۰/۵۸	۰/۷۲
<i>A. sieberi- S.orientalis</i>	۰/۳	۰/۵۵	۰/۹۱	۰/۲	۰/۵۶	۰/۷۴
<i>A. sieberi-Z. eurypterum</i>	۰/۵	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۲	۰/۵۷	۰/۷۵
<i>R. ribes-A. sieberi</i>	۰/۶	۰/۶۸	۰/۸۳	۰/۴	۰/۶۴	۰/۴۵
<i>E. strobilacea- Z.eurypterum</i>	۰/۷	۰/۵	۰/۸۴	۰/۴	۰/۵۵	۰/۵
<i>C. monacantha</i>	۰/۲	۰/۳	۰/۸۹	۰/۲	۰/۴۲	۰/۴۸
<i>S. rosmarinus</i>	۰/۵	۰/۳۳	۰/۸۱	۰/۷	۰/۴۳	۰/۶۴
<i>T. ramosissima</i>	۰/۶	۰/۵۵	۰/۸۶	۰/۳	۰/۴۵	۰/۴

جدول (۳): روش بهینه تهیه نقشه پیش‌بینی، ضریب کاپای محاسبه‌شده و میزان توافق بین نقشه‌های واقعی و پیش‌بینی برای هریک از رویشگاه‌ها

ردیف	رویشگاه	روش مدل‌سازی بهینه	ضریب کاپا	درجه توافق
۱	<i>A. aucheri</i>	رگرسیون لجستیک	۰/۴۷	متوسط
۲	<i>S. orientalis-A. sieberi</i>	پرسپترون چندلایه	۰/۴۰	متوسط
۳	<i>S. orientalis-As. Albispinus</i>	پرسپترون چندلایه	۰/۵۷	خوب
۴	<i>A. sieberi₁</i>	آنروپی حداکثر	۰/۷۴	خیلی خوب
۵	<i>A. sieberi₂</i>	پرسپترون چندلایه	۰/۶	خوب
۶	<i>A. sieberi- S.orientalis</i>	آنروپی حداکثر	۰/۵۸	خوب
۷	<i>A. sieberi-Z. eurypterum</i>	آنروپی حداکثر	۰/۴۷	متوسط
۸	<i>R. ribes-A. sieberi</i>	آنروپی حداکثر	۰/۹۳	عالی
۹	<i>E. strobilacea- Z.eurypterum</i>	پرسپترون چندلایه	۰/۶۸	خوب
۱۰	<i>C. monacantha</i>	رگرسیون لجستیک	۰/۹۰	عالی
۱۱	<i>S. rosmarinus</i>	پرسپترون چندلایه	۰/۸۶	عالی
۱۲	<i>T. ramosissima</i>	رگرسیون لجستیک	۰/۵۶	خوب

بحث و نتیجه‌گیری

را در تمایز حضور و عدم حضور گونه‌ها دارد (حساسیت=۰/۳)، در صورتی که مدل‌های ارائه‌شده برای رویشگاه‌های *Artemisia sieberi₁* و *A. sieberi-Z. eurypterum* با مقادیر حساسیت ۰/۸۵ و ۰/۷۹ بیشترین قابلیت را در طبقه‌بندی حضور و عدم حضور گونه‌ها دارا هستند. در بین مدل‌های حاصل از روش آنروپی حداکثر نیز مدل ارائه‌شده برای رویشگاه *C. monacantha* ضعیف‌ترین مدل در تشخیص حضور و عدم حضور گونه‌هاست، زیرا با لحاظ کردن حد آستانه بهینه ۰/۲ توانایی مدل در تشخیص حضور و عدم حضور گونه از ۰/۴۲ فراتر نرفته است. در این روش بهترین مدل مربوط به رویشگاه *A. Sieberi₁* با حساسیت ۰/۶۸ و آستانه بهینه ۰/۴ است. در مدل‌های حاصل از روش شبکه عصبی مصنوعی، ضعیف‌ترین مدل با قابلیت تشخیص ۰/۴ مربوط به رویشگاه *T. ramosissima* و قوی‌ترین مدل با قدرت تشخیص ۰/۹۵ مربوط به رویشگاه *A. sieberi₁* است.

علاوه بر این موارد و با در نظر داشتن این نکته که در ارزیابی کیفیت یک مدل باید علاوه بر توانایی تمایز مدل، دقت احتمالات پیش‌بینی شده نیز باید مورد بررسی قرار گیرد، از این رو واسنجی مدل از طریق مقایسه نقشه واقعی مربوط به هر رویشگاه با نقشه پیش‌بینی انجام شد و میزان انطباق این نقشه‌ها از طریق محاسبه ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس مقادیر ضریب کاپای محاسبه‌شده، دقت نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از مدل‌های

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که میزان انطباق نقشه‌های واقعی و پیش‌بینی برای رویشگاه‌های مختلف از یکدیگر متفاوت است. برای نمونه، مدل‌های حاصل از روش رگرسیون لجستیک برای گونه‌هایی با دامنه آشیان بوم‌شناختی محدود (مانند *A. aucheri*، *C. monacantha* و *T. ramosissima*) دارای عملکرد پیش‌بینی بالایی است، در حالی که مدل‌های غیرپارامتری مانند روش آنروپی حداکثر و شبکه عصبی مصنوعی برای گونه‌هایی با دامنه آشیان بوم‌شناختی گسترده مانند *Rh.ri-Ar.si* و *Ar.si₁* دارای عملکرد پیش‌بینی بهتری هستند که این امر علاوه بر ماهیت روش مورد استفاده و الگوریتم مدل‌سازی، تحت تأثیر خصوصیات مربوط به گونه‌ها مانند دامنه جغرافیایی پراکنش و دامنه تحمل گونه‌های گیاهی به شرایط محیطی نیز قرار می‌گیرد. این یافته‌ها در پژوهش متعددی مورد تأیید قرار گرفته است (سگورادو و آراخو، ۲۰۰۴؛ لیوتو و هجورت^۲، ۲۰۰۵؛ زارع چاهوکی و همکاران، ۲۰۱۰، پیری صحراگرد و زارع چاهوکی، ۲۰۱۵).

درباره ارزیابی قابلیت تمایز مدل‌های پیش‌بینی بیانگر آن است که در بین مدل‌های رگرسیون لجستیک، مدل‌های ارائه‌شده برای رویشگاه‌های *C. monacantha* و *S. rosmarinus* کمترین توانایی

1. Segurado & Araújo
2. Luoto & Hjort

متفاوت است. از این رو نمی‌توان از یک روش واحد برای تعیین حدود آستانه بهینه استفاده کرد. به بیان دیگر، از یک سو قابلیت تمایز مدل‌های پیش‌بینی حاصل از روش‌های مختلف در تشخیص حضور و عدم حضور گونه‌ها (شاخص حساسیت) با یکدیگر تفاوت قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد و از سوی دیگر دقت احتمالات پیش‌بینی شده توسط مدل‌های حاصل از روش‌های مختلف از همدیگر متفاوت است. نتیجه تفاوت در دقت مدل‌های پیش‌بینی مختلف در میزان انطباق نقشه‌های پیش‌بینی و واقعی رویشگاه‌های مورد بررسی نمایان می‌شود.

علاوه بر موارد ذکر شده، با توجه به وجود روش‌های مختلف تعیین حدود آستانه بهینه، دقت پیش‌بینی مدل‌ها یا عملکرد پیش‌بینی مدل‌ها تحت تأثیر روش مورد استفاده برای تعیین حدود آستانه بهینه قرار می‌گیرد و بخشی از خطاها و عدم قطعیت‌ها در مدل‌های پیش‌بینی ناشی از رویکرد مورد استفاده جهت تعیین حدود آستانه بهینه است. برای نمونه، گونه‌هایی با مدل با کیفیت پایین بیشتر به تعیین مقدار حد آستانه حساس هستند و برای این گونه‌ها انتخاب حد آستانه ۰/۵ قابل قبول نیست، زیرا اختیار کردن حد آستانه ۰/۵ باعث می‌شود که بیشتر نقاط رویشگاه به عنوان عدم حضور شناسایی شوند. این یافته با نتایج پژوهش کومینگ^۱ (۲۰۰۰)، لیو و همکاران (۲۰۰۵) و فریمن و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. به عبارت دیگر، این گونه‌ها به انتخاب مقادیر آستانه حساس‌اند و برای این گونه‌ها در نظر گرفتن مقدار حد آستانه ۰/۵ غیر قابل اعتماد است، بنابراین در خصوص این گونه‌ها حالت ایدئال آن است که حداکثر حساسیت مدل به عنوان آستانه بهینه حضور در نظر گرفته شود.

همچنین با توجه پایین بودن فراوانی گونه (تکرار در وقوع گونه‌ها) در بعضی از رویشگاه‌های مورد بررسی مانند *C. ramosissima* و *S. rosmarinus monacantha* حساسیت مدل برای این رویشگاه‌ها پایین بود. بنابراین در این رویشگاه‌ها با توجه به هدف پژوهش که تعیین تمامی رویشگاه‌های مناسب برای هر گونه بود، حداکثر حساسیت به عنوان حد آستانه بهینه در نظر گرفته شد. در راستای یافته این پژوهش، گزارش شده است در

مختلف متفاوت بود. براساس این نتایج بالاترین میزان تطابق در نقشه‌های حاصل از روش آنروپی حداکثر متعلق به رویشگاه *R. ribes-A. sieberi* است. علاوه بر این بیشترین ضریب کاپا در بین نقشه‌های حاصل از روش رگرسیون لجستیک و روش شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب به رویشگاه‌های *C. monacantha* و *S. rosmarinus* تعلق دارد (جدول ۳). نتایج حاصل نشان می‌دهد که نمی‌توان تنها بر مبنای قابلیت تمایز مدل درباره کیفیت یک مدل اظهار نظر کرد، بلکه ضروری است در ارزیابی کیفیت یک مدل، علاوه بر قابلیت تمایز مدل در مورد حضور و عدم حضور گونه‌ها، دقت احتمالات پیش‌بینی شده در مدل پیش‌بینی مورد نظر و اسنجی شود، سپس در مورد کیفیت یک مدل پیش‌بینی نتیجه‌گیری صورت گیرد. به عبارت دیگر موقعی که یک سطح پیوسته احتمالاتی به نقشه‌های طبقه‌بندی شده حضور و عدم حضور گونه‌ها تبدیل می‌شود، فقط این امکان وجود دارد که قابلیت مدل در تمایز حضور و عدم حضور مورد ارزیابی قرار گیرد و تصمیم‌گیری در خصوص کیفیت مدل تنها بر مبنای این قابلیت، درک درست از کیفیت مدل را برای کاربران محدود کرده و منجر به نتیجه‌گیری‌های نادرست خواهد شد. این واقعیت به وسیله فریمن و مویسن (۲۰۰۸) هم مورد اشاره قرار گرفته است و نتایج پژوهش حاضر نیز آن را تأیید می‌کند. علاوه بر این هوسمر و لمشاو (۲۰۰۰) گزارش کردند که ممکن است یک مدل با درجه برازش پایین (تخمین بیش از حد یا کمتر) قدرت تشخیص خوبی داشته باشد، برعکس، یک مدل با برازش خوب قدرت تشخیص پایینی داشته باشد.

نکته مهم دیگر حاصل از این پژوهش این است که در نقشه‌هایی با مقادیر اختصاصیت بالا و حساسیت کم می‌توان با اطمینان بالایی بیان داشت که هر مکانی که در آن حضور گونه پیش‌بینی شده است، در نقشه واقعی هم دقیقاً در آن مکان گونه حضور دارد، هر چند درباره مناطقی که به عنوان مناطق عدم حضور گونه پیش‌بینی شده است، نمی‌توان با اطمینان زیاد نتیجه گرفت که گونه واقعاً در آن مناطق حضور ندارد. این یافته نیز در راستای پژوهش میلر و فرانکلین (۲۰۰۲) و فریمن و مویسن (۲۰۰۸) می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت که کیفیت مدل‌های پیش‌بینی برای رویشگاه‌های مختلف، از همدیگر

حد آستانه بهینه این نکته نیز مهم است که با توجه به هدف مطالعه کدام نوع خطا برای ما دارای اهمیت بیشتری است. برای نمونه با توجه به اینکه در مطالعات مرتبط با شناسایی سایت‌های حضور و عدم حضور، نسبت حضورهایی که به اشتباه پیش‌بینی شده باید حداقل شوند، از این رو حساسیت بالای مدل از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و در مواردی که دو منحنی همدیگر را قطع نمی‌کنند، سطحی از احتمال که حداکثر حساسیت را دارد، به‌عنوان حد آستانه در نظر گرفته می‌شود (فیلدینگ و بل، ۱۹۹۷؛ میلر و فرانکلین، ۲۰۰۲؛ لیو و همکاران، ۲۰۰۵؛ فریمن و مویسن، ۲۰۰۸؛ پیری صحراگرد و همکاران، ۲۰۱۵؛ پیری صحراگرد و زارع چاهوکی، ۲۰۱۵b). در مجموع می‌توان گفت که هرچند انتخاب حد آستانه، اطلاعات در دسترس را برای کاربران کاهش می‌دهد، تعیین آستانه بهینه حضور گونه‌های گیاهی می‌تواند دقت نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از این مدل‌ها و در نتیجه اعتبار نتایج را افزایش دهد و کمک کند تا نتایج حاصل با اطمینان بیشتری مورد تفسیر و استفاده قرار گیرد (فریمن و مویسن، ۲۰۰۸؛ پیری صحراگرد و همکاران، ۲۰۱۵b).

در مجموع می‌توان بیان کرد که بعد از مدل‌سازی پیش‌بینی و تهیه نقشه پیش‌بینی پیوسته پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی ضروری است که حدود بهینه آستانه با استفاده از روش‌های عینی (غیرسلیقه‌ای) تعیین شود و پیش‌بینی حضور و عدم حضور براساس روش‌های عینی، مبنای تصمیم‌گیری قرار گیرد. اما از سوی دیگر به دلیل کاربردهای چندگانه و گسترده نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی، یکی از گزینه‌های پیش رو در این زمینه هم تهیه نقشه‌های پیش‌بینی به صورت سطوح احتمال پیوسته است تا به کاربران اجازه داده شود متناسب با استفاده مورد انتظار از نقشه‌ها، برای نقشه‌ها حد آستانه تعیین کنند. به عبارت دیگر امکان انتخاب حدود آستانه برای هر نقشه براساس استفاده مورد انتظار از آن نقشه فراهم باشد. علاوه بر این، تولید سطوح احتمال پیوسته به کاربران اجازه می‌دهد تا واسنجی مدل را که با استفاده از نقشه‌های طبقه‌بندی شده امکان‌پذیر نیست، راحت‌تر انجام دهند. این موضوع به‌ویژه در مورد گونه‌هایی با فراوانی کم یا کیفیت پایین مدل و توانایی تشخیص پایین از اهمیت بیشتری برخوردار است.

موقعی که هدف از مدل‌سازی، پیش‌بینی نقاط پراکنش یک گونه است، انتخاب حساسیت براساس نظر کاربر بهترین رویکرد است، از این رو لازم است که نقشه‌ای با حساسیت ۹۹ درصد تهیه شود. به عبارت دیگر نقطه‌ای به‌عنوان سطح آستانه در نظر گرفته شود که در آن، حساسیت مدل حداکثر است. این یافته‌ها در راستای نتایج مطالعات محققان متعددی است (فلدینگ و بل، ۱۹۹۷؛ میلر و فرانکلین، ۲۰۰۲؛ لیو و همکاران، ۲۰۰۵؛ فریمن و مویسن، ۲۰۰۸؛ پیری صحراگرد و همکاران، ۲۰۱۵؛ پیری صحراگرد و زارع چاهوکی، ۲۰۱۵b). در مجموع می‌توان گفت که هرچند انتخاب حد آستانه، اطلاعات در دسترس را برای کاربران کاهش می‌دهد، تعیین آستانه بهینه حضور گونه‌های گیاهی می‌تواند دقت نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از این مدل‌ها و در نتیجه اعتبار نتایج را افزایش دهد و کمک کند تا نتایج حاصل با اطمینان بیشتری مورد تفسیر و استفاده قرار گیرد (فریمن و مویسن، ۲۰۰۸؛ پیری صحراگرد و همکاران، ۲۰۱۵b).

براساس نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که در تعیین آستانه بهینه حضور مجموعه‌ای از عوامل شامل هدف مدل‌سازی، غلبه گونه‌ها و کیفیت مدل مورد توجه قرار گیرد و کاربر با در نظر گرفتن این عوامل باید درباره انتخاب آستانه بهینه تصمیم‌گیری کند. این یافته با نتایج مطالعات فلدینگ و بل (۱۹۹۷)، میلر (۲۰۰۵) و فریمن و مویسن (۲۰۰۸) و پیری صحراگرد و زارع چاهوکی (۲۰۱۵b) همخوانی دارد.

با توجه به نتایج حاصل و اهمیت مقادیر کاپا مربوط به میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه‌های واقعی حاصل از مدل‌های مختلف و اهمیت این موارد در اتخاذ تصمیمات صحیح مدیریتی مرتبط با عملیات اصلاح و احیای پوشش گیاهی در مراتع، ضروری است انتخاب حدود آستانه بهینه براساس استفاده مورد انتظار از نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی صورت گیرد، به عبارت دیگر، میزان خطای قابل قبول برای هریک از نقشه‌ها، به این مهم بستگی دارد که مدل برای چه منظوری مورد استفاده قرار خواهد گرفت (لویزلا^۱ و همکاران، ۲۰۰۳؛ راندینین^۲ و همکاران، ۲۰۰۶؛ فریمن و مویسن، ۲۰۰۸). بنابراین در تعیین

منابع

1. Araujo, M.B., Williams, P.H., Fuller, R.J., 2002. "Dynamics of extinction and the selection of nature reserves. Proceedings of the Royal Society London" - Biological Series B269, 1971-1980.
2. Carter, G.M., Stolen, E.D., Breininger, D.R., 2006. A rapid approach to modeling species-habitat relationships. *Biological conservation* 127, 237 - 244.
3. Cumming, G.S., 2000. Using habitat models to map diversity: pan-African species richness of ticks (*Acri:lxodida*). *Journal of biogeography* 27, 425- 440.
4. D'heygere, T., Gorthals, P. L. M., De Pauw, N., 2003. Use of genetic algorithms to select input variables in decision tree models for the prediction of benthic macro invertebrates. *Ecological modeling* 160, 291- 300.
5. Cawsey, E.M., Austin, M.P., Baker, B.L., 2002. Regional vegetation mapping in Australia: a case study in the practical use of statistical modelling. *Biodiversity and Conservation* 11 (22), 39-74.
6. Fielding, A.H., Haworth, P.F., 1995. Testing the generality of bird-habitat models. *conservation biology* 9, 1446-1481.
7. Fielding, A.H., Bell, J.F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence- absence models. *Environmental Conservation* 24, 38-49.
8. Freeman, E.A., Moisen, G.G., 2008. A comparison of the performance of threshold criteria for binary classification in terms of predicted prevalence and kappa. *Ecological modeling* 217, 48-58.
9. Hosmer, D.W. Lemeshow, S., 2000. *Applied Logistic Regression*. Wiley, New York, 307 pp.
10. Liu, C., Berry, P. M., Dawson, T. P., Pearson, R.G., 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions, *Ecography* 28, 385-393.
11. Luoto, M., Hjort, J., 2005. Downscaling of coarse-grained geomorphological data. *Earth Surf. Process. Landf* 33, 75-89.
12. Loiselle, B.A., Howell, C.A., Graham, C.H., Goerck, J., Brooks, T., Smith, K.G., Williams, P.H., 2003. Avoiding pitfalls of distribution models, *Ecological Modelling* 148, 1-13.
13. Manel, S., Dias, J.M., Buckton, S.T., Ormerod, S.J., 1999. Alternative methods for predicting species distributions: an illustration with Himalayan river birds. *Journal of Applied Ecology* 36, 734-747.
14. Manel, S., Williams, H.C., Ormerod, S.J., 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology* 38, 921-931.
15. Miller, J., Franklin, J., 2002. Modeling the distribution of four vegetation alliances using generalized linear models and classification trees with spatial dependence. *Ecological Modelling* 157(2-3), 227-247.
17. Piri sahragard, H., 2014. Evaluation of statistical models efficiency to predict the distribution of plant Species, (Case study: Qum Province Rangelands), PhD thesis of range management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 157 pp.
18. Piri sahragard, H., Zare Chahouki, M.A. Gholami, H., 2015a. Predictive distribution models for determination of optimal threshold of plant species in central Iran. *Range Management & Agroforestry* 36 (2), 146-150.
19. Piri sahragard, H., Zare Chahouki, M.A., 2015b. An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze soltan rangelands of Qom province. *Ecological Modelling* 309-310, 64-71.
20. Rondinini, C., Wilson, K.A., Boitani, L., Grantham, H., Possingham, P., 2006. Tradeoffs of different types of species occurrence data for use in systematic conservation planning. *Ecology Letters* 9, 1136-1145.
21. Segurado, P., Araújo, M., 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. *Journal of biogeography* 31, 1555-1569.
22. Stockwell, D.R.B., Peterson, A.T., 2002. Effects of sample size on accuracy of species using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology* 17 (6), 1591-1600.
23. Wilson, K.A., Westphal, M.I., Possingham, H.P., Elith, J., 2005. Sensitivity of conservation planning to different approaches to using predicted species distribution data. *Biological Conservation* 122, 99-112.
24. Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H., Jafari, M., Tavili, A., 2010. Multivariate Statistical Methods as a Tool for Model-Based Prediction of Vegetation Types, *Russian Journal of Ecology*, 41(1), 84-94.
25. Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L., Azarnivand, H., 2012. Comparison of three modeling approaches for predicting plant species distribution in mountainous scrub vegetation

(Semnan rangelands, Iran), Polish Journal of ecology 60 (2), 105-117.
26. Zare Chahouki, M.A. and J. Esfanjani, 2015. Predicting potential distribution of plant species by

modeling techniques in southern rangelands of Golestan, Iran. Range Management and Agroforestry 36(1): 66-71.

Determination of Occurrence Optimal Thresholds in the Predictive Models of Plant Species Distribution (Case study: Rangelands of Nir region of Yazd province)

Mohamad Ali Zare Chahouki¹ Hosein Piry Sahragard², Mohsen Naghilou³

Received: 25/2/2016

Accepted: 19/4/2016

Abstract

The current study addresses determination of occurrence optimal thresholds of predictive models of plant species distribution in Nir rangelands of Yazd province. Accordingly, after determination of homogeneous units using digital elevation model and geology maps with scale 1:25000, vegetation sampling was carried out using random systematic method via plots which establishment across 3-5 transects with 300-500 m lengths. In order to sample the soil at each habitat, eight holes was drilled and samples were taken from 0-30 and 30-80 cm depths. Measured soil properties included gravel, texture, available moisture, saturation moisture, organic matter, lime, gypsum, pH, electrical conductivity and soluble ions. Plant distribution modeling was conducted using LR, the MaxEnt and ANN. After preparation of predictive maps of plant species habitat, an occurrence optimal threshold was determined using sensitivity-specificity equality approach and Kappa maximization approach for each plant species. Then, the compliance of classified maps with real maps cover was measured using the kappa coefficient. Based on obtained results, accuracy of predictive maps derived from different methods is different from each other. Among derived maps from LR, MaxEnt and ANN methods, the highest compliance belonged to the *C. monacantha* ($\kappa= 0.9$), *R. ribes-A. sieberi* ($\kappa= 0.93$) and *S. rosmarinus* ($\kappa= 0.93$), respectively. These results indicate that due to differences in the discriminatory ability of the model to classification of the presence or absence, occurrence optimal thresholds of plant species is different in various species, therefore, in order to determination of occurrence optimal thresholds, quality of predictive models should be considered in addition to the research objective and abundance of studied species.

Keywords: Occurrence optimal thresholds, Sensitivity-specificity equality approach, Kappa maximization approach, Rangelands of Nir, Plant distribution modeling.

1. Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran

2. Range and Watershed Department, University of Zabol

3. M.sc student of range management, Natural Resources Faculty, University of Tehran