کاربرد روش رگرسیون لوجستیک در تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی (مطالعه موردی: مراتع بخش خلجستان استان قم)

حسین پیری صحراگرد*[۱]، محمدعلی زارع چاهوکی[۲] و حسین آذرنیوند[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۶/۹

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی توانایی روش رگرسیون لوجستیک در مشخص‌کردن شرایط محیطی مؤثر در حضور گونه‌های گیاهی و شناسایی مناطق مناسب برای استقرار این گونه‌ها انجام شد. بعد از مشخص‌کردن واحدهای همگن بوم‌شناختی در هر رویشگاه، با استفاده از نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به‌روش تصادفی - سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد ۴ ترانسکت ۲۰۰ و ۱۰۰۰ متری به صورت عمود بر هم انجام شد. سطح پلات‌ها با توجه به نوع گونه‌های موجود، به‌روش سطح حداقل بین ۲ تا ۲۵ مترمربع و تعداد آن‌ها با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و روش آماری ۶۰ پلات تعیین شد. برای نمونه‌برداری از خاک نیز در هر رویشگاه، هشت پروفیل حفر و از دو عمق ۳۰-۰ و ۸۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه گرفته شد. نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی حاصل و عوامل موجود در آن‌ها تهیه شد. بعد از تعیین آستانه بهینه حضور، میزان تطابق نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده با نقشه‌های واقعی پوشش، با استفاده از ضریب کاپا و آماره واقعی عملکرد اندازه‌گیری شد. بر اساس مدل‌های حاصل، نوع سازند زمین‌شناسی، درصد سنگریزه، بافت خاک، اسیدیته و آهک بیشترین نقش را در پراکنش جوامع گیاهی مورد مطالعه دارند. بر اساس نتایج حاصل، میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از مدل‌ها با نقشه واقعی برای رویشگاه *Amygdalus scoparia*، عالی؛ برای رویشگاه‌های *Stipa barbata -Scariola orientalis* و *Stipa barbata- Pteropyrum olivieri*، خوب و برای رویشگاه *Artemisia aucheri–Astragalus glaucacanthus*، متوسط ارزیابی شد. بر اساس این نتایج، روش گرسیون لوجستیک برای رویشگاه گونه *Amygdalus scoparia* که دارای شرایط رویشگاهی منحصر به فردی است، مدل پیش‌بینی با دقّت بالاتری را ارائه داد. برای سایر رویشگاه‌های مورد بررسی، به‌دلیل دامنه بوم‌شناختی گسترده آنها، دقّت مدل‌های پیش‌بینی به‌دست آمده پایین‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: مدل پیش‌بینی، آستانه بهینه، رگرسیون لوجستیک، روش حساسیّت و اختصاصیّت برابر، ضریب کاپا.

۱- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
*: نویسنده مسئول: hpirys@uoz.ac.ir
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

هدف از برآورد توزیع جغرافیایی گونه‌های مختلف گیاهی، مشخص‌کردن شرایط محیطی مناسب برای وقوع گونه‌ها و شناسایی محیط‌هایی است که می‌توانند نیازهای بوم‌شناختی گونه‌های مختلف را تأمین کنند. با بهره‌گیری از روش‌های آماری و ارتباط‌دادن اطلاعات مربوط به وقوع گونه‌های معرف با متغیرهای محیطی مرتبط، می‌توان شرایط محیطی مناسب برای هر گونه را برآورد کرد و آن را به‌صورت یک مدل پیش‌بینی ارائه نمود. بنابراین ساخت مدل‌های پیش‌بینی دقیق و واضح برای مکان‌های مختلف، به‌منظور مشخص‌کردن پاسخ دقیق گونه‌ها به شرایط محیطی در آن مکان، پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌ها و ارزیابی عدم قطعیّت در نتایج مدل‌سازی ضروری است (۲۷). البته این مهم با این فرض که توزیع فعلی یک گونه اطلاعات ارزشمندی را درباره نیازمندی‌های محیطی آن گونه فراهم می‌آورد، محقق خواهد شد (۳۷). به‌دلیل توانایی مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه در کشف روابط بین وقوع گونه‌ها و شرایط محیطی، این مدل‌ها ابزاری مهم در بوم‌شناسی هستند (۶، ۴۰) و استفاده از نتایج این مدل‌ها در برنامه‌های حفاظتی در مقیاس منطقه‌ای به‌سرعت در حال توسعه است (۱۲ و ۳۴).

از جمله روش‌هایی که به‌طور گسترده‌ای برای مدلسازی پراکنش پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند روش‌های رگرسیونی هستند. مطالعات نشان داده است که موقعی که داده‌های پاسخ به‌صورت دوتایی هستند، روش رگرسیونی مناسب، روش رگرسیون لوجستیک است. بر مبنای این مدل می‌توان ارتباط بین متغیرها را تبیین نمود، اهمیّت نسبی متغیرهای شاخص را برآورد و نقشه احتمالاتی پوشش اراضی را استخراج کرد (۴۵). به‌دلیل ماهیت طبقه‌بندی متغیرهای پاسخ در مدل‌های رگرسیون لوجستیک، برای تبدیل روابط غیرخطی به خطی می‌توان از تبدیل لگاریتمی استفاده نمود که به مدل حاصل، مدل لگاریتم طبیعی یا لجیت گفته می‌شود (۱۹ و ۲۰).

ساکی و همکاران (۲۰۱۲) توانایی مدل آماری رگرسیون لوجستیک درختی را در تهیه نقشه رویشگاه بالقوه گونه گیاهی *Astragalus verus* در فریدون‌شهر اصفهان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که حضور گونه با عوامل محیطی میانگین درجه حرارت، رس، هدایت الکتریکی و کربن آلی بیشترین میزان همبستگی را دارد. ارزیابی مدل با استفاده از مجموعه داده‌های مستقل نشان داد که مدل رگرسیون لوجستیک درختی در تولید نقشه پراکنش گونه مورد مطالعه در مقیاس محلی، روش مناسبی است.

زارع چاهوکی و همکاران و همکاران (۲۰۱۲) نیز توانایی روش‌های رگرسیون لوجستیک، تحلیل تطابق کانونیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی را در پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی در مراتع استان سمنان مورد مقایسه قرار دادند. نتایج این پژوهش نیز قابلیت روش رگرسیون لوجستیک را در پیش‌بینی حدود پراکنش گونه‌هایی با دامنه پراکنش محدود مورد تأکید قرار داد.

اوستین و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته[1] و تعمیم‌یافته تجمعی[2] پراکنش گونه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که دو مدل خطی و تجمعی‌تعمیم‌یافته منحنی پاسخ گؤسی گونه‌ها را به گرادیان‌های مستقیم نشان می‌دهد. همچنین مدل‌های تجمعی تعمیم‌یافته بهتر از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته می‌تواند پاسخ گونه‌ها را به گرادیان‌های غیرمستقیم نشان دهد. این محققّین بیان داشتند که دانش بوم‌شناسی و مهارت‌های آماری از نوع روش‌های مورد استفاده مهم‌تر هستند. همچنین انگلر و همکاران (۲۰۰۴) نیز نتیجه گرفتند که روش مدل‌های خطی تعمیم‌یافته، در مقایسه با روش تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی، مدل پیش‌بینی با دقّت بالاتری را برای گونه‌های کمیاب ارائه می‌دهد. علاوه بر مطالعات فوق، محققین دیگری نیز از رگرسیون لوجستیک جهت تهیه مدل‌های پیش‌بینی و تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه‌های گیاهی استفاده کرده‌اند و به نتایج تقریباً یکسانی در مورد توانایی این روش در تهیه نقشه پوشش گیاهی دست یافته‌اند (۹، ۲۲، ۲۶ و ۴۲).

نکته مهم دیگر در اندازه‌گیری دقّت طبقه‌بندی مدل‌های پیش‌بینی حضور و عدم‌حضور، انتخاب حدآستانه

[1] . Generalized Linear Models
[2] . Generalized Additive Models

Archive of SID

www.SID.ir

بهینه حضور است که انتخاب آن سلیقه‌ای بوده و می‌تواند بر اساس اهمیّت نسبی حساسیّت در مقابل اختصاصیّت و فراوانی متغیر پاسخ در نمونه بهینه‌سازی شوند. همچنین حدود آستانه موقعی که عملکرد مدل‌های مختلف با استفاده از شاخص‌های به‌دست آمده از ماتریس خطا[1] مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، مورد نیاز خواهد بود (۲۹). علاوه بر این مطالعات نشان داده است که اندازه‌گیری آستانه بهینه حضور تفسیر نتایج مدلسازی را نیز تسهیل می‌کند (۲۸).

یکی از روش‌های رایج در تعیین حد آستانه، تهیه نقشه‌های احتمال حضور گونه‌ها در سطوح صفر تا ۰/۹، مقایسه این نقشه‌ها با نقشه‌های واقعی پوشش، اندازه‌گیری شاخص‌های حساسیت[2]، اختصاصیت[3] و صحّت کلی[4] و استفاده از این شاخص‌ها برای تعیین آستانه بهینه حضور برای هر گونه گیاهی است (۱۷، ۳۰).

پیری صحراگرد و همکاران (۲۰۱۴) قابلیت روش رگرسیون لوجستیک را در تهیه نقشه پیش‌بینی گونه‌های گیاهی در مراتع حوض‌سلطان استان قم مورد بررسی قرار دادند و پس از تعیین حد آستانه بهینه به روش ترکیبی حساسیّت و اختصاصیّت برابر و حداکثر کاپا نتیجه گرفتند که اگر متغیرهای پیش‌بینی‌کننده مناسب، انتخاب گردند، این روش می‌تواند حدود جغرافیایی پراکنش گونه‌های منفرد را به‌خوبی برآورد کند. همچنین با تعیین آستانه بهینه حضور، می‌توان نتایج حاصل را با اطمینان بیشتری مورد استفاده قرار داد.

برای تهیه و ارائه نقشه‌های پیش‌بینی مربوط به هر رویشگاه لازم است بعد از تعیین مهم‌ترین عوامل و ارتباط آن با پوشش گیاهی، نقشه عوامل مهم و دارای تأثیر بیشتر با استفاده از روش‌های زمین‌آمار تهیه شود. روش کریجینگ یکی از روش‌های درون‌یابی با دقّت بالاست که بهترین تخمین ناریب و با کمترین مقدار واریانس را فراهم می‌کند (۲۳). یکی از مزیت‌های این روش این است که کریجینگ همراه هر تخمین، مقدار خطای آن را محاسبه می‌کند و با استفاده از آن می‌توان در مواردی که خطا بالاست، برای کاهش خطا، داده‌های بیشتری را اندازه‌گیری کرد (۴۴). با توجه به متفاوت بودن قابلیت‌ها و همچنین دقّت روش‌های مختلف مدلسازی، لازم است که توانایی این روش‌ها در برآورد حدود جغرافیایی پراکنش گونه‌های گیاهی مورد بررسی قرار گیرد و روشهای دقیق‌تر و قابل اعتمادتر برای کاربران معرفی گردد. به‌همین منظور، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی توانایی روش رگرسیون لوجستیک در ارائه مدل های پراکنش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه، شناخت متغیرهای دارای تأثیر بیشتر، تهیه نقشه پیش‌بینی حضور گونه‌های گیاهی و همچنین مقایسه میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی حاصل با نقشه‌ها واقعی انجام شد.

مواد و روش‌ها

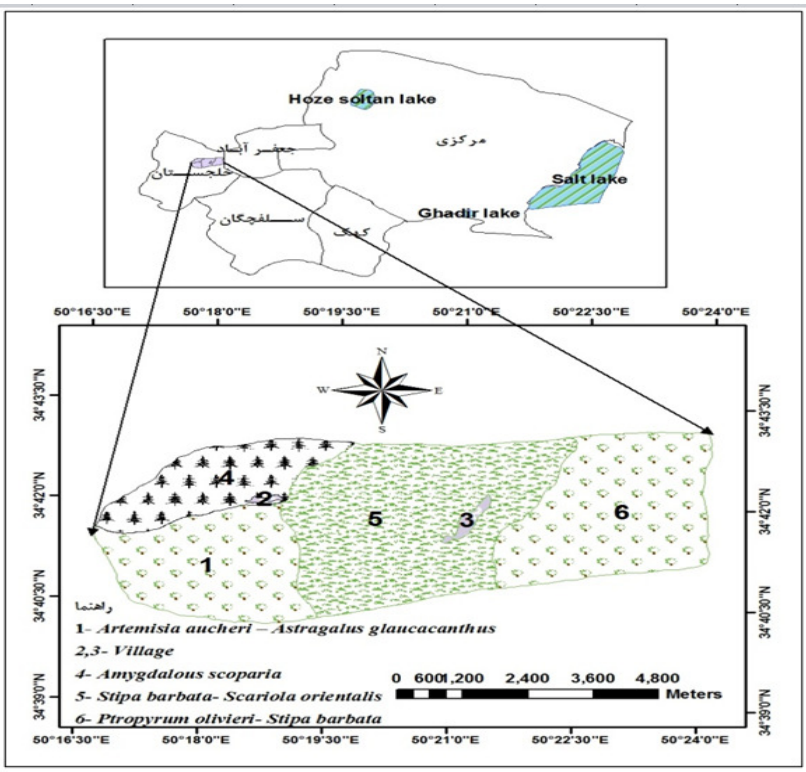
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در قسمت غرب شهرستان قم در بخش خلجستان و در دو طرف جاده ساوه-سلفچگان و حدود جغرافیایی″۰ '۱۷ °۵۰ تا ″۰ '۲۴ °۵۰ طول شرقی و ″۳۰ '۴۰ °۳۴ تا ″۳۰ ' ۴۳ °۳۴ عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۱۴۰۰۰ هکتار است. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را در استان قم نشان می‌دهد. منطقهٔ مورد مطالعه عرصه‌ای دشتی-کوهستانی است. مرتفع‌ترین نقطه منطقهٔ مورد مطالعه با ارتفاع ۱۶۵۶ متر از سطح دریا در غرب شهرستان قم واقع شده است.

[1]. Confusion matrix
[2]. Sensitivity
[3]. Specificity
[4] .Total accuracy

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان قم

جمع‌آوری اطلاعات

به‌منظور شناخت عوامل محیطی مؤثر در پراکنش گونه‌های گیاهی و ارائه مدل های پیش‌بینی پراکنش، عوامل محیطی با استفاده از ابزارهایی از قبیل نقشه مدل رقومی ارتفاع[1] و نقشه زمین‌شناسی، با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، مطالعات میدانی و آزمایشگاهی کمّی شد. برای انجام مطالعات میدانی، واحدهای همگن بوم‌شناختی از تلفیق نقشه‌های شکل زمین و زمین‌شناسی تهیه شد. نمونه‌برداری با روش تصادفی- سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد ۴ ترانسکت عمود بر هم که در امتداد مهمترین گرادیان محیطی مستقر شد، انجام گرفت. سطح پلات‌ها با توجه به نوع گونه‌های موجود، به روش سطح حداقل[2] بین ۲ تا ۲۵ متر مربع و تعداد آنها با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و روش آماری ۶۰ پلات تعیین شد (جدول۱). در هر پلات نوع و تعداد گونه‌های گیاهی و درصد پوشش آنها ثبت شد.

در هر رویشگاه برای نمونه‌برداری از خاک، هشت پروفیل حفر و با در نظر گرفتن محدوده فعالیت ریشه گیاهان مرتعی از دو عمق ۳۰-۰ و ۸۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه گرفته شد. به‌دلیل اینکه برای تهیه نقشه خصوصیات خاک لازم است که پروفیل‌ها پراکنش مناسبی داشته باشند، نمونه‌برداری در نقاط دیگر از واحدها و در عمق‌های مشابه انجام شد (۱۰). در آزمایشگاه خصوصیات خاک شامل سنگریزه، بافت، رطوبت اشباع، رطوبت قابل دسترس، آهک، گچ، ماده آلی، اسیدیته، هدایت الکتریکی و املاح محلول (سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلر، کربنات، بی‌کربنات و سولفات) با روش های معمول اندازه‌گیری شد.

[1].DEM
[2] .Minimal area

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های تیپ‌های گیاهی و سطح پلات نمونه‌برداری مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

ردیف	عنوان تیپ گیاهی	نشانه روی نقشه	تاج پوشش (درصد)	شیب (درصد)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	اقلیم	سطح پلات نمونه‌برداری (متر مربع)
۱	*Pteropyrum olivieri- Stipa barbata*	*Pt.ol-St.ba*	۳۰-۴۰	۵-۱۵	۱۱۰۰-۱۳۰۰	نیمه‌خشک	۴
۲	*Stipa Scariola orientalis barbata-*	*St.ba-Sc.or*	۲۵-۳۰	۱۰-۱۵	۱۴۰۰-۱۵۰۰	نیمه‌خشک	۲
۳	*Artemisia aucheri – Astragalus glaucacanthus*	*Ar.au-As.gl*	۴۰-۵۰	۴۰-۶۰	۱۴۰۰-۱۶۰۰	نیمه‌خشک	۲
۴	*Amygdalus scoparia*	*Am.sc*	۳۵-۴۰	۶۰	۱۵۰۰-۱۷۰۰	نیمه‌خشک	۲۵

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش به‌منظور شناسایی عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه‌ها و ارائه مدل پیش‌بینی خاص هر گونهٔ گیاهی از مدل پارامتریک رگرسیون لوجستیک استفاده شد. با استفاده از این روش می‌توان رابطه بین تک‌تک گونه‌ها را با عوامل محیطی بررسی کرد. مدل رگرسیون لوجستیک به صورت کلی زیر تعریف می‌شود:

رابطه (۱)

$$P = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

رابطه (۲)

$$Z = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \cdots + B_nX_n$$

در رابطه‌های فوق Z معادله‌ی چندمتغیرهٔ خطی حاصل‌شده از تابع لوجیت است که همان متغیر وابسته یا پاسخ می‌باشد، Bi بیانگر ضرایب مدل رگرسیونی و Xi متغیرهای مستقل محیطی است. قبل از انجام رگرسیون لوجستیک عدم وجود هم‌خطی چندگانه بین متغیرها از طریق محاسبه عامل تورم واریانس مورد بررسی قرار گرفت و متغیرهایی با VIF[1] بیشتر از ده از تحلیل حذف شدند. برای بررسی معنی‌داری هر یک از این مدل‌ها از ضرایب تشخیص و آزمون هوسمر و لمشاو استفاده شد. آماره هوسمر و لمشاو برای آزمون تطابق تعداد موارد مشاهده‌ای و پیش‌بینی به‌کار می‌رود و بالابودن مقادیر آن نشان‌دهنده تطابق بیشتر است. بعد از تولید مدل‌های پراکنش گونه‌های گیاهی، به‌دلیل اینکه برای تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه تهیه نقشه تمام عوامل موجود در مدل ضروری است، بنابراین نقشه ارتفاع از سطح دریا و شیب از نقشه رقومی ارتفاع و نقشه خصوصیات خاک هم با استفاده از روش زمین‌آمار تهیه شد. به‌منظور تهیه نقشه‌های خصوصیات خاک، در ابتدا وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها مشخص شد. در صورت وجود ساختار مکانی، تحلیل داده‌ها با استفاده از اجزای مدل‌های تغییرنما (واریوگرام) حاصل از روش کریجینگ انجام شد. این اجزا شامل نوع مدل تغییرنما، اثر قطعه‌ای، آستانه، شعاع تأثیر، فاصله گام و ضریب همبستگی است. در انتخاب واریوگرام بهترین مدل با در نظر گرفتن کمترین میزان خطا و بالاترین ضریب همبستگی انتخاب شد.

بعد از تهیه نقشه عوامل مورد نظر، با بهره‌گیری از مدل‌های بدست آمده و اعمال ضرایب مربوط به هر متغیر بر لایه اطلاعاتی مربوطه در سیستم GIS، نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی تهیه شد. در مرحله بعد برای تعیین آستانه بهینه حضور گونه‌های گیاهی از روش پیشنهادی میلر (۲۰۰۵) استفاده شد. بر اساس این روش، در مرحله اول نقشه احتمال حضور در سطوح احتمال ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ و ۱ تهیه شد و سپس تطابق این نقشه‌ها با نقشه واقعی مورد مقایسه قرار گرفت و با استفاده از نسبت‌های حاصل برای هر کدام از پارامترهای مربوط به حساسیّت، اختصاصیّت و صحّت کلی مدل نموداری تهیه می‌شود که بر اساس این نمودار، آستانه اپتیمم حضور برای هر گونه نقطه‌ای است که در آن نقطه، این سه خط همدیگر را قطع می‌کنند (۳۰). بعد از تعیین آستانه بهینه، نقشه حضور و عدم‌حضور گونه‌ها بر اساس این آستانه بهینه طبقه‌بندی شد و میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی تیپ‌های گیاهی با استفاده از شاخص کاپا (K) انجام شد (رابطه ۴). این شاخص بهترین و مشهورترین شاخص برای ارزیابی کارایی مدلهای پیش‌بینی است (۲۸).

[1].Variance Inflation Factor

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه (۴)

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

به‌منظور برطرف‌کردن کمبودها و محدودیت‌های ضریب کاپا، ارزیابی نقشه‌های پیش‌بینی تولیدشده به وسیله مدل‌ها، با استفاده از آماره واقعی عملکرد[1] نیز انجام شد (رابطه ۵). دامنه این آماره از ۱+ تا ۱- تغییر می‌کند. مقدار ۱+ نشان‌دهنده توافق عالی و مقدار صفر و کمتر از آن هم نشان‌دهنده عملکردی است که از حالت تصادفی بهتر نیست (۳۶).

رابطه (۵)

$$TSS = \frac{ad-bc}{(a+c)(b+d)} = Sensitivity + Specificity - 1$$

نتایج

بررسی رابطه بین حضور گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی و تهیه نقشه پیش‌بینی گونه‌های گیاهی

رابطه‌های رگرسیونی مربوط به رویشگاه‌های مورد بررسی، در رابطه‌های ۱ تا ۴ ارائه شده است. با توجه به ضرایب تشخیص و نتایج آزمون هوسمر و لمشاو، رابطه‌های به‌دست آمده در سطح یک درصد معنی‌دار هستند. بر اساس این معادله‌ها، در رویشگاه *Amygdalus scoparia* نوع سازند زمین‌شناسی و مقدار سنگریزه عمق اول خاک دارای بیشترین تأثیر در پراکنش رویشگاه این گونه هستند. در مدل پیش‌بینی مربوط به رویشگاه *Scariola orientalis* – *Stipa barbata* دو عامل ارتفاع از سطح دریا و مقدار سنگریزه عمق اول به عنوان متغیرهای دارای تأثیر بیشتر وارد شده‌اند. این در حالی است که در رویشگاه *Artemisia aucheri* – *Astragalus glaucacanthus* عوامل شیب، اسیدیته و میزان سیلت خاک به عنوان متغیرهای مهمتر شناخته شدند. در رویشگاه *Pteropyrum olivieri- Stipa barbata* نیز عوامل سنگریزه و آهک عمق دوم و مقدار شن عمق اول به عنوان مهمترین متغیرها هستند و وارد مدل رگرسیونی مربوط به این رویشگاه شده‌اند. در جدول (۳) نیز اجزای مربوط به تغییرنمای (واریوگرام) خصوصیات خاک انتخاب شده برای تولید نقشه آمده است. بعد از تعیین بهترین نوع تغییرنما و اجزای آن برای هر یک از خصوصیات خاک، با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS 9.3 و درون‌یابی به روش کریجینگ، نقشه مربوط به خصوصیات هر یک از متغیرهای واردشده در مدل‌های پراکنش توزیع گونه‌ها، در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شد. در مرحله بعد با اعمال ضرایب هر یک از متغیرها در نقشه مربوط به آن متغیر در رابطه مربوط به هر گونه، نقشه پیش‌بینی گونه مورد نظر تهیه شد (شکل ۲).

رابطه(۱)

$$P(Am.sc) = \frac{Exp(\text{۰/۸۱gso} + \text{۰/۲۲Gravel1} - \text{۱۵/۸۴})}{1+Exp(\text{۰/۸۱gso} + \text{۰/۲۲Gravel1} - \text{۱۵/۸۴})}$$

رابطه(۲)

$$P(Ar.au - As.gl) = \frac{Exp(\text{۰/۰۸۴Abs} - \text{۰/۴۵Gravel1} - \text{۹۹/۵۸})}{1+Exp(\text{۰/۰۸۴Abs} - \text{۰/۴۵Gravel1} - \text{۹۹/۵۸})}$$

رابطه(۳)

$$P(St.ba - Sc.or) = \frac{Exp(\text{۰/۲۲Slope} + \text{۱۰/۱۱pH2} + \text{۰/۴۵ Silt1} - \text{۱۱۰/۲۱})}{1+Exp(\text{۰/۲۲Slope} + \text{۱۰/۱۱pH2} + \text{۰/۴۵ Silt1} - \text{۱۱۰/۲۱})}$$

رابطه(۴)

$$P(Pe.ol - St.ba) = \frac{Exp(\text{۰/۴۴Gravel2} + \text{۰/۵۲Lime2} + \text{۰/۴۱Sand1} - \text{۳۲/۸۱})}{1+Exp(\text{۰/۴۴Gravel2} + \text{۰/۵۲Lime2} + \text{۰/۴۱Sand1} - \text{۳۲/۸۱})}$$

[1]- True Skill static

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- آماره‌های مربوط به رگرسیون لوجستیک برای پیش‌بینی حضور گونه‌های گیاهی

رویشگاه	R^2	مقدارHL
Pt.ol-St.ba	۰/۸۶	۱
St.ba-Sc.or	۰/۷۰	۰/۹۹
Ar.au-As.gl	۰/۸۷	۱
Am.sc	۰/۷۷	۱

جدول ۳- اجزای مربوط به تغییر نمای (واریوگرام) خصوصیات خاک انتخاب شده برای تولید نقشه

ردیف	خصوصیت	مدل تغییر نما Variogram	اثر قطعه‌ای (C_0)	آستانه (C_0+ C)	شعاع تأثیر (متر)	فاصله گام (متر)	ضریب تبیین
۱	سیلت۱* ($silt_1$)	کروی	۵/۷	۷۶/۵۶	۱۵۲۸	۷۰۰	/۹۲۱
۲	سنگریزه۱ ($gravel_1$)	کروی	۹۸/۷	۳۹۸/۳۰	۲۶۰۱۰	۷۰۹/۷۶	/۷۶۰
۳	سنگریزه۲ ($gravel_2$)	کروی	۷۱	۲۴۰	۱۴۶۴۰	۷۰۹/۷۶	/۴۸۹
۴	شن۱ ($clay_2$)	کروی	۱۰۴	۲۹۴	۱۹۳۵	۶۹۹/۹۹	/۹۵۴
۵	اسیدیته ۲ (pH_2)	کروی	۰/۰۰۱	۰/۰۵۸۰	۱۴۴۶۰	۷۰۹/۷۶	/۹۱۶
۶	آهک ۲ ($lime_2$)	کروی	۹/۳۳	۳۸/۶۵	۹۵۵۰	۷۰۹/۷۶	/۶۵۵

*کد ۱ نشان‌دهنده عمق اول (۳۰-۰ سانتی‌متری) و کد ۲ نشان‌دهنده عمق دوم (۸۰- ۳۰ سانتی‌متری) خاک است.

ارزیابی مدل‌ها و نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از روش‌های مورد استفاده

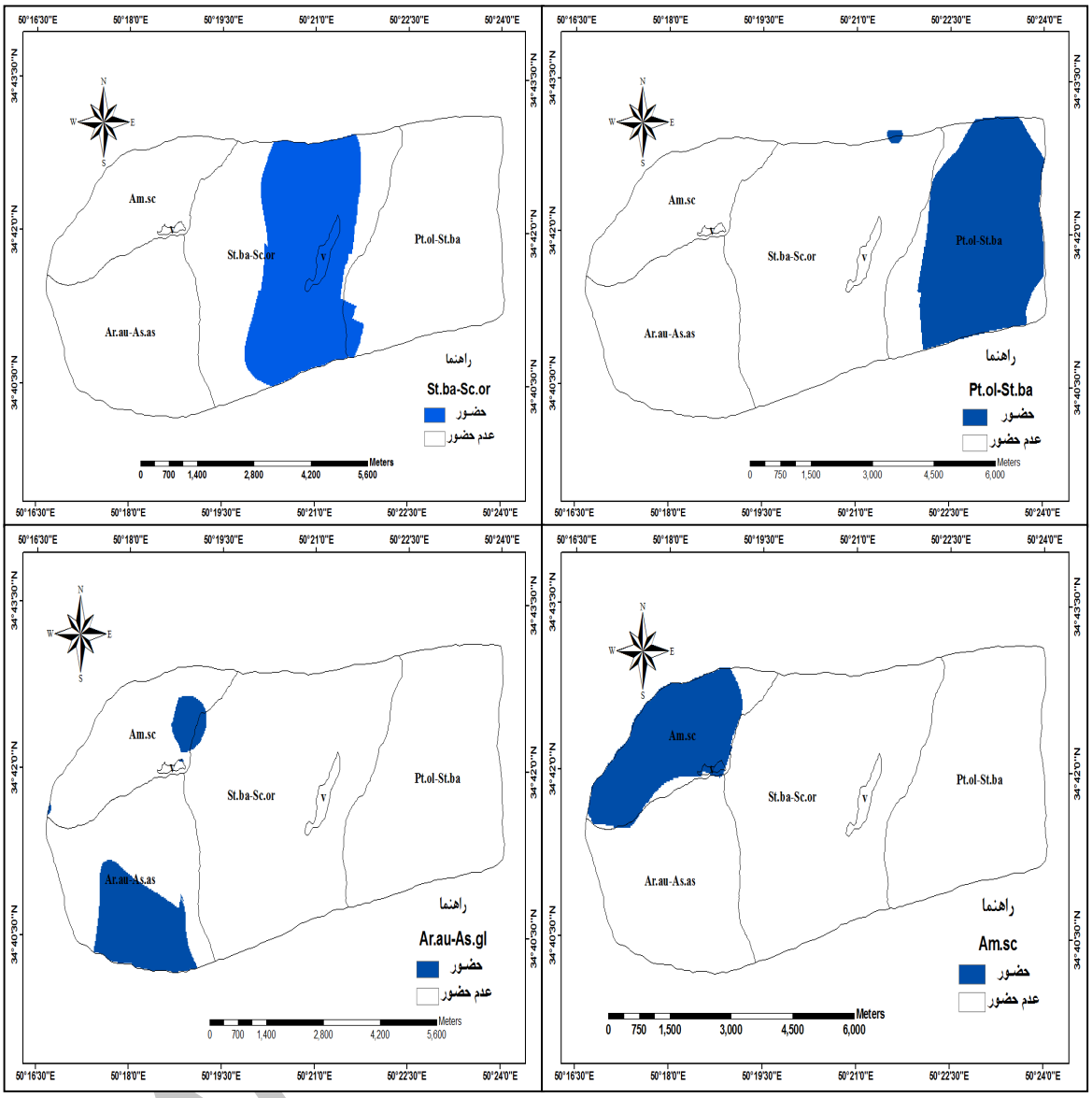
نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های پیش‌بینی به‌دست آمده با نقشه‌های واقعی پوشش نشان می‌دهد که میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی حاصل با نقشه واقعی برای رویشگاه *Amygdalus scoparia*، عالی؛ برای رویشگاه‌های *Stipa barbata -Scariola orientalis* و *Pteropyrum olivieri- Stipa barbata*، خوب و برای رویشگاه *Artemisia aucheri–Astragalus glaucacanthus*، متوسط است (جدول ۴).

جدول۴- تعیین آستانه بهینه حضور و میزان توافق بین نقشه‌های پیش‌بینی و واقعی با استفاده از ضریب کاپا و آماره واقعی عملکرد

ردیف	تیپ گیاهی	آستانه بهینه حضور	ضریب کاپا	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی	TSS
۱	*Pt.ol-St.ba*	۰/۵	۰/۶۲	خوب	۰/۵۶
۲	*St.ba-Sc.or*	۰/۳	۰/۵۸	خوب	۰/۳۴
۳	*Ar.au-As.gl*	۰/۳	۰/۴۲	متوسط	۰/۱۶
۴	*Am.sc*	۰/۳	۰/۹۱	عالی	۰/۵۱

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- نقشه واقعی و پیش‌بینی رویشگاه‌های منطقه مورد مطالعه (نقشه پیش‌بینی با رنگ تیره‌تر نشان داده شده است).

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی معنی‌داری مدل‌های حاصل نشان‌دهنده معنی‌داری این مدل‌ها در سطح یک درصد است. با توجه به عوامل واردشده به مدل‌های رگرسیون لوجستیک مربوط به گونه‌های مختلف گیاهی، می‌توان نتیجه گرفت که عوامل بافت، میزان سنگریزه، اسیدیته، زمین‌شناسی، ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب منطقه، بیشترین نقش را در توجیه تغییرات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه بر عهده دارند و با توجه به موقعیت مکانی هر یک از رویشگاه‌ها، یک یا چند عامل در مدل پیش‌بینی مربوط به هر گونه وارد شده است. همچنین نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های پیش‌بینی به‌دست آمده از این مدل‌ها، با نقشه‌های واقعی پوشش نشان می‌دهد که میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی حاصل با نقشه واقعی برای رویشگاه *Amygdalus scoparia* عالی؛ برای رویشگاه‌های *Stipa barbata -Scariola orientalis*

www.SID.ir

و *Pteropyrum olivieri- Stipa barbata*، خوب و برای رویشگاه *Artemisia aucheri–Astragalus glaucacanthus*، متوسط است (جدول ۴).

بر اساس مدل رگرسیونی حاصل برای رویشگاه *Amygdalus scoparia*، مهم‌ترین متغیرها در پراکنش این رویشگاه، متغیرهای سنگریزه عمق اول و همچنین نوع سازند زمین‌شناسی است. با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه، سازند زمین‌شناسی مربوط به رویشگاه این گونه، سازند آذرین از نوع بازالتی است. علاوه بر این، افزایش مقدار سنگریزه نیز عاملی است که تناسب رویشگاه را برای این گونه افزایش می‌دهد. نقش نوع سازند زمین‌شناسی در پراکنش و استقرار این گونه در مطالعات دیگری نیز مورد تأکید قرار گرفته است (۳۹ و ۴۱). همچنین گزارش شده است که این گونهٔ گیاهی در سازندهای آتشفشانی استقرار می‌یابد (۲). این نتایج با یافته تحقیق حاضر همخوانی دارد. نتایج گویای آن است که ویژگی‌های فیزیکی خاک از عوامل مهم دیگر در استقرار این گونه است و این گونه در خاک‌هایی با بافت متوسط تا سبک و میزان سنگریزه فراوان استقرار می‌یابد.

بافت خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات خاک تأثیر زیادی در کنترل مقدار رطوبت و مواد غذایی در دسترس برای گیاهان دارد و خاک‌های با بافت سبک، آب قابل دسترس را به‌راحتی و به مقدار مناسب در اختیار گیاه قرار می‌دهند و بستر را برای رشد گیاه فراهم می‌کنند (۱۸). پراکنش این گونه در مناطقی با خاک سطحی و کم‌عمق و وجود سنگریزه فراوان (خاک‌هایی با بافت سبک) در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (۳).

بر اساس مدل رگرسیونی حاصل، پراکنش رویشگاه *Artemisia aucheri–Astragalus glaucacanthus* با ارتفاع از سطح دریا و همچنین میزان سنگریزه عمق اول رابطه دارد. خصوصیات توپوگرافیک از قبیل ارتفاع، می‌تواند در خصوصیات خاک از قبیل عمق خاک، رطوبت و مقدار ماده آلی خاک کاملاً تأثیرگذار باشد و از این طریق پراکنش گیاهان را کنترل کند (۴ و ۸). محتشم‌نیا و همکاران (۲۰۱۱) عامل ارتفاع را به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر پراکنش رویشگاه‌های درمنه- گون گزارش کرده‌اند و بیان داشتند که مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار در رخداد رویشگاه درمنه کوهی- گون عوامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، میزان آهک و همچنین میزان شن خاک هستند. پژوهش‌های انجام‌شده در رویشگاه‌های مشابه حاکی از نقش مهم ارتفاع، بافت سبک و سنگریزه‌دار در پراکنش این رویشگاه می‌باشد (۲۱ و ۴۳). این یافته‌ها با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد.

بر اساس مدل‌های پیش‌بینی حاصل، در رویشگاه *Stipa barbata–Scariola orientalis* نیز عوامل شیب، اسیدیته و مقدار سیلت خاک در استقرار این رویشگاه نقش معنی‌داری دارند و به مدل رگرسیونی مربوط به این رویشگاه وارد شده‌اند. تأثیر عامل شیب در پراکنش و تفکیک جوامع گیاهی در مطالعات مانیشی و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است. همچنین خصوصیات شیمیایی خاک از قبیل اسیدیته نیز می‌تواند ترکیب گونه‌ای را در مناطق مختلف تحت تأثیر قرار دهد. این یافته‌ها می‌تواند نتایج این تحقیق را تأیید نمایند. مطالعات انجام‌شده در مورد بررسی آت اکولوژی گونه *Stipa barbata* نشان‌دهنده تأثیر بافت و اسیدیته خاک در رخداد این گونه است (۱ و ۱۵)؛ که این یافته‌ها نتایج این پژوهش را مورد تأیید قرار می‌دهد.

مدل‌های به‌دست آمده برای رویشگاه *Pteropyrum olivieri-Stipa barbata* نیز نشان داد که عوامل سنگریزه و آهک عمق دوم و همچنین میزان شن در وقوع این رویشگاه دارای نقش مهم‌تری هستند. بر اساس مدل حاصل می‌توان گفت که افزایش در مقادیر این متغیرها شرایط رویشگاه را برای استقرار این تیپ رویشی فراهم می‌کند. تأثیر بافت خاک به‌عنوان یک عامل مهم در پراکنش این رویشگاه در مطالعات نشان داده شده است. بر اساس پژوهش‌های انجام شده، گونه *Pteropyrum olivieri* عمدتاً در آبراهه‌ها و مسیل‌ها و آبرفت‌های بادبزنی که عمدتاً دارای خاک‌های کم عمق با سنگریزه و شن درشت هستند استقرار می‌یابد (۲۵ و ۳۳). این یافته‌ها مؤید نتایج پژوهش انجام شده است.

از برتری‌های روش رگرسیون لوجستیک در مدلسازی پراکنش پوشش گیاهی می‌توان به این موارد اشاره کرد که این روش در مقایسه با سایر روش‌های رگرسیونی فرضیه‌های

Archive of SID

www.SID.ir

کمتری نیاز دارد و ضرایب مدل را با درست‌نمایی حداکثر[1] به‌دست می‌آورد و نیازمند وجود توزیع نرمال بین متغیرها نیست (۵،۱۱). علاوه بر این موارد، با توجه به غیرخطی بودن رابطهٔ بین گونه‌ها با عوامل محیطی و مستقل‌بودن خطای هر مشاهده از سایر مشاهدات، استفاده از این مدل با این نوع تحقیقات متناسب است (۱۳ و ۴۲).

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش برای برخی از گونه‌های مورد بررسی مانند *Amygdalus scoparia* نقشه پیش‌بینی دقیقی با استفاده از مدل رگرسیون لوجستیک حاصل شد. نتایج گویای این نکته است که این گونه رویشگاه منحصر به‌فردی دارد که عامل سازند زمین‌شناسی (سازند آذرین بازالتی) و مقادیر بالای سنگریزه از عوامل معرف رویشگاه این گونه هستند. از سوی دیگر، برای دیگر رویشگاه‌های مورد مطالعه مانند رویشگاه‌های *Artemisia aucheri -Astragalus glaucacanthus* و *Pteropyrum olivieri-Stipa barbata* به‌دلیل گستردگی محدوده پراکنش آنها، مدل‌هایی با دقّت کمتر تولید شد. با توجه به این نتایج، می‌توان بیان داشت که گستردگی آشیان تأثیر منفی بر روی دقّت مدل‌های حاصل از روش رگرسیون لوجستیک دارد. بر این اساس، گونه‌هایی که در یک دامنه محدود از شرایط آب و هوایی غلبه بیشتری دارند، نسبت به گونه‌هایی با دامنه محیطی گسترده، با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک مدل‌های با دقّت بالاتری را تولید می‌کنند (۲۴).

نکته مهم در استفاده از مدل‌های پیش‌بینی این است که این مدل‌ها برای همین گونه‌ها یا گونه‌های مشابه در یک منطقه جدید و با استفاده از داده‌های مستقل مورد ارزیابی قرار گیرند و مدل‌های عمومی با یک فاصله اطمینان مشخص به‌منظور پیشنهاد گونه‌های اصلاحی مناسب برای استفاده در برنامه‌های اصلاح مراتع ارائه گردد. علاوه بر این موارد، تعیین آستانه بهینه حضور گونه‌های گیاهی بر اساس هدف مطالعه و کیفیت مدل پیش‌بینی هم می‌تواند دقّت نقشه‌های پیش‌بینی حاصل از این مدل‌ها و در نتیجه اعتبار نتایج حاصل را افزایش دهد که این امر، اعتبار نتایج مدل‌سازی و در نتیجه افزایش تأثیر این مدلها را در عرصه تصمیم‌سازیهای مدیریتی در مراتع به همراه خواهد داشت.

[1]- Maximum likelihood

Archive of SID

www.SID.ir

References

1. Abdullahi, J., H. Naderi, M. R. Mir Jalali & M. A. Tabatabai, 2013. The effect of some environmental factors on the growth characteristics of *Stipa barbata* species in the Nadusahan rangelands of Yazd. Research Quarterly of Rangeland and desert. 20 (1): 144-130. (In Persian)
2. Alberghina, O., 1978.The wild Almond, *Amygdalus webii*, of south west Sicily, Tecnicaagricola, 30(6): 385-393.
3. Alvani nejad., S, 1999. Study of effective factors on Distribution of *Amygdalous scoparia* in two different regions of the Markazi Province. Msc thesis, University of Tarbiat Madras, 144p. (In Persian)
4. Ashcroft, M.B., 2006. A method for improving landscape scale temperature predictions and the implications for vegetation modeling. Ecological Modelling, 197: 394-404.
5. Aspinall. J.R., 2002. Use of logistic regression for validation of maps of the spatial distribution of vegetation species derived from high spatial resolution hyperspectral remotely sensed data. Ecological Modelling. 157: 301-312.
6. Austin, M. P., 2007. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. Ecological Modelling 200:1-19.
7. Austin, M.P., L. Belbinb, J.A. Meyers, M.D. Dohertya, & M. Luotoc, 2006. Evaluation of statistical models used for predicting plant species distributions: Role of artificial data and theory. Ecological Modelling 199(2):197-216.
8. Biglouei, M.H., A. Akbarzadeh & K.Yousefi, 2008. Effect of composted wood barks (CWBs) on some soil physical and hydraulic properties. International Journal of Applied Agricultural Research, 4(1): 1-14.
9. Carl, J. & I. Ku hn, 2007. Analyzing spatial autocorrelation in species distributions using Gaussian and logit models. Ecological Modelling, 207: 159-170.
10. Carter, G.M., E.D. Stolen & D.R. Breininger, 2006. A rapid approach to modeling species–habitat relationships. Biological conservation. 127: 237 -244.
11. Chao, K.T., Y.F. Tang & R.H.C. Wong, 2004. GIS Based Rock Fall Hazard Map for Hong Kong, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 41p, 846-851.
12. Davis, F.W. S & A.Goetz, 1990. Modeling vegetation pattern using digital terrain data. Landscape Ecology, 4: 69-80.
13. Eastman, J.R., 2002. Idrisi for windows, user's guide version 32. Clark labs for cartography technology and geographic analysis, Worcester, Clark University. Ecol. Appl. 16:33–50.
14. Engler, R., A.Guisan & L.Rechsteiner, 2004. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. Journal of Applied Ecology, 41: 263–274.
15. Farahani, A., A. Shahmoradi, S. Zare Kia & S.Ajir, 2008. An Autecological study of *Stipa barbata* as rangeland species in Tehran province. Research Quarterly of Rangeland and Desert. 15 (1): 94-86. (In Persian)
16. Ferrier, S., G. Watson, J. Pearce & M. Drielsma, 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. Species-level modelling. Biodivers. Conserv, 11: 2275-2307.
17. Fielding A.H. & J.F. Bell, 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation 24: 38–49.
18. Goudarzi, Gh., 1999. Final Report of the Research Project of *Amygdalus* Site demands in the Central Province. Research Institute of Forests and Rangelands, 91p. (In Persian)
19. Guisan, A. & N.E. Zimmermann, 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecol. Modell. 135, 147-186.
20. Hosmer, D.W & S. Lemeshow, 2000. Applied Logistic Regression. Wiley, New York, 307 pp.
21. Hosseini, S. Z., M. Kappas, M. A. Zare Chahouki, G. Gerold, S. Erasmi & A. Rafiei Emam, 2013. Modelling potential habitats for *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* in Poshtkouh area, central Iran using the maximum entropy model and geostatistics, Ecological Informatics 18: 61-68.
22. Jafarian, G., H. Arzani, M. Jafari & H. Azarnivand, 2011. Preparation Spatial prediction map of species using logistic regression.Natural Geography Research, 79: (1-18).
23. Jianbing, W.U, A. Boucher & T. Zhang, 2008. A SGeMS code for pattern simulation of continuous and categorical variables: FILTERSIM. Computers & Geosciences, 4(12): 1863-1876.
24. Kadmon, R., O. Farber & A. Danin, 2003. A systematic analysis of factors affecting the performance of climatic envelope models. Ecological Applications 13, 853-67.

Archive of SID

www.SID.ir

25. Khajeddine, S. J. & H. Yeganeh, 2012. The flora, life form and endangered species of karkas hunting prohibited region, Isfahan, iran. Biology Journal of Iran. Vol 25(1): 8-20.
26. Khalasi Ahvazi, L., M.A. Zare Chahouki & F. Ghorbannezhad, 2012. Comparing Discriminant Analysis, Ecological Niche Factor Analysis and Logistic Regression Methods for Geographic Distribution Modelling of Eurotia ceratoides (L.) C. A. Mey. Journal of Rangeland Science, 3(1): 45-57.
27. Latimer, A.M., S.S. Wu, A.E. Gelfand & J.A. Silander, 2006. Building statistical models to analyze species distributions. Ecological Applications, 16: 33-50.
28. Liu, C., P. M. Berry, T. P. Dawson & R.G. Pearson, 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions, ECOGRAPHY, 28:385-393.
29. Manel, S., H.C. Williams & S.J. Ormerod, 2001. Evaluating presences-absence models in ecology: the need to account for prevalence. Journal of Applied Ecology 38: 921-931.
30. Miller J., 2005. Incorporating spatial dependence in predictive vegetation models: Residual Interpolation Methods, The Professional Geographer, 57(2): 169 -184.
31. Mohtashamnia, S., Gh. Zahedi & H. Arzani, 2011. Multivariate Analysis of Rangeland Vegetation in Relation to Edaphical and Physiographical Factors. Procedia Environmental Sciences, 7: 305–310.
32. Munishi, P.K.T., R.P.C. Temu, & G. Soka, 2011. Plant communities and tree species associations in a Miombo ecosystem in the Lake Rukwa basin, Southern Tanzania: Implications for conservation. Journal of Ecology and the Natural Environment. 3(2): 63-71.
33. Moslemi, M. R., 1997. Evaluation of soil and vegetation relationships using Ordination method In the Kolah'ghazy National Park, MSc Thesis, University of Isfahan, 137 Pp. (In Persian)
34. Pearce, J. & S. Ferrier, 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. Ecol. Model. 133:225-45.
35. Piri sahragard, H., M.A. Zare Chahouki & H. Azarnivand, 2014. Modelling of plant species distribution in the Hoze sultan west rangelands of by Logistic regression analysis. Journal of range management of Gorgan University. 1(1): 15-25. (In Persian)
36. 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, 157p. (In Persian)
37. Raxworthy, C.J., E. Martinez-Meyer, N, R.A. Horning, G.E. Schneider, M.A. Ortega-Huerta & A.T. Peterson, 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. Nature, 426: 837–841.
38. Saki, M., M. Tarkesh, M. Basiri & M.R. Vahabi, 2012. Using logistic regression to determine the potential habitat of *Astragalus* species (*Astragalus verus*). Journal of Applied Ecology, 1(2): 27-37. (In Persian)
39. Salarian, E., A. Metaji & Y. Iranmanesh, 1999. Study of habitat requirement of *Amygdalus scoparia* Species in the Zagros Forests: Case study of Kareh bas habitat of Chahr mahal and bakhtiari province. Quarterly Scientific - Research of Iranian Forest and Populus Research, 4 (16): 528- 542. (In Persian)
40. Segurado, P. & M. Araújo, 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. Journal of Biogeography 31: 1555–69.
41. Tavakoli Nekou, H., A. Poormeydani, S. M. Adnani & Kh.Sagheb talebi, 2011. Habitat survey of *Amygdalus scoparia Spach* in Qom province to achieve the main ecological factors in their emergence. Quarterly Scientific - Research of Iranian Forest and Poplar Research, 19 (4): 523-542. (In Persian)
42. Zare Chahouki. M.A, 2006. Modeling of plant species distribution in arid and semi- arid rangelands, PhD thesis of range management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 180p. (In Persian)
43. Zare Chahouki, M. A. ,L. Khalasi Ahvazi, H. Azarnivand, 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.
44. Zare Chahouki, M.A., L. Khalasi Ahvazi & H.Azarnivand, 2010. Environmental factors affecting distribution of vegetation communities in Iranian Rangelands.VEGETOS Journal, 23(2): 1-15.
45. Zare Garizi, A., V, Bardi Sheikh, A, Saaddin & Salman Mahini, 2011. Modelling the spatial pattern of the land cover change probability using logistic regression, (Case Study: Chehl chai Watershed of Golestan Province), Quarterly Journal of geographical environment. Islamic Azad University of Ahar, 12 (37): 68-55.

Archive of SID

www.SID.ir