

## مدل سازی پراکنش گونه های گیاهی بر اساس عوامل خاک و توپوگرافی با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک در مراتع

### شرق سمنان\*

- ❖ محمدعلی زارع چاهوکی\*؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ❖ لیلا خلاصی اهوازی؛ کارشناس ارشد مرتع داری دانشگاه تهران
- ❖ حسین آذرنیوند؛ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

#### چکیده

هدف از این پژوهش ارائه مدل پیش بینی پراکنش گونه های گیاهی مراتع شرق سمنان، با استفاده از مدل رگرسیون لوجستیک، است. بدین منظور، اطلاعات پوشش گیاهی و عوامل رویشگاهی، از قبیل توپوگرافی و خاک، جمع آوری شد. برای تهیه این اطلاعات، علاوه بر نمونه برداری میدانی از آمار و اطلاعات ایستگاه های هواشناسی منطقه، از تصاویر ماهواره ای و نقشه مدل رقومی ارتفاع استفاده شد. برای جمع آوری اطلاعات پوشش گیاهی در هر واحد، نمونه برداری در طول ۳ ترانسکت ۷۵۰ متری انجام شد. در طول هر ترانسکت ۱۵ پلات، با ابعادی که به روش حداقل سطح تعیین گردید، به فاصله ۵۰ متر نصب شد. در هر پلات نوع گونه های موجود و درصد تاج پوشش آنها تعیین شد. همچنین، در ابتدا و انتهای هر ترانسکت از عمق ۲۰-۸۰ و ۰-۲۰ سانتی متر نمونه خاک برداشت شد. برای ارائه مدل پیش بینی گونه های گیاهی از روش رگرسیون لوجستیک استفاده شد. برای ارائه نقشه پیش بینی پوشش گیاهی لازم است نقشه کلیه عوامل موجود در مدل ها تهیه شود، بنابراین، برای تهیه نقشه خصوصیات خاک از روش های زمین آمار استفاده شد. با استفاده از نقشه عوامل موجود در مدل ها، به کمک سیستم GIS، نقشه پیش بینی پراکنش هر گونه گیاهی تهیه شد. برای ارزیابی میزان تطابق مدل پیش بینی با نقشه واقعی تیپ های گیاهی از شاخص کاپا (K) استفاده شد. نقشه های پیش بینی رویشگاه گونه های گیاهی *Astragalus spp.* (ضریب کاپای ۰/۸۶)، *Halocnemum strobilaceum* (ضریب کاپای ۰/۵۱)، *Zygophyllum eurypterum* (ضریب کاپای ۰/۵۸)، و *Seidlitzia rosmarinus* (ضریب کاپای ۰/۶) بهتر از سایر گونه ها با نقشه پوشش گیاهی تطابق دارد. برای گونه *Artemisia sieberi* (ضریب کاپای ۰/۳۳)، به دلیل داشتن دامنه وسیع اکولوژیک، نقشه پیش بینی با واقعیت زمینی تطابق مناسبی نداشت.

واژگان کلیدی: رگرسیون لوجستیک، زمین آمار، شاخص کاپا، مراتع سمنان، نقشه پیش بینی.

\* این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۷۷۳۱۴۸۴۴/۱/۳ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه انجام شده است.

Email: khalasi@alumni.ut.ac.ir

mazare@ut.ac.ir

\* نویسنده مسئول تلفن: ۰۲۶-۳۲۲۴۹۳۱۳ فاکس: ۰۲۶-۳۲۲۴۹۳۱۳

## مقدمه

کواریانس مدل لجستیک و برای کاهش مجموعه داده‌های مؤلفه‌های اصلی بهینه از متغیرهای پیشگوی اصلی استفاده کردند. پس از اجرای مدل رگرسیون لجستیک، مؤلفه‌های اصلی پیشنهادی این مدل با یک مطالعه شبیه‌سازی آنالیز شد تا روش‌های متفاوت انتخاب مؤلفه‌های اصلی بهینه مقایسه شود.

رگرسیون لجستیک، در مقیاس منطقه‌ای، برای تهیه مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ها به جهت استفاده در برنامه‌های حفاظتی به‌سرعت در حال توسعه است [۱۰]. در مطالعه‌ای دیگر، با استفاده از روش رگرسیون لجستیک، مدل تک‌تک گونه‌ها ارزیابی شد [۲۴]. پژوهشگرانی نیز تجزیه و تحلیل همبستگی مکانی در توزیع گونه‌ها را با کاربرد مدل گاسن و لجیت بررسی کردند و نشان دادند که داده‌های اسمی دوسطحی با کاربرد رگرسیون لجستیک و همبستگی مکانی نتایج بهتری ارائه می‌دهند [۷]. همچنین، محققان از روشی مبتنی بر مدل‌سازی پویایی جمعیت‌های متعامل استفاده کرد [۲۹]. مدل لجستیک در این روش، برای مدل‌سازی رویش جوامع تک‌گونه، به مدلی برای تعیین پویایی جوامع بهبود یافت. هنگامی که تعداد متغیرهای مستقل در مدل زیاد باشد، رگرسیون ناپارامتری به‌خوبی اجرا نمی‌شود. پراکندگی داده‌ها در این مجموعه سبب می‌شود برآوردهای واریانس به اندازه غیرقابل‌پذیرش بزرگ شود، مگر آنکه حجم نمونه فوق‌العاده بزرگ باشد. قابلیت تفسیر یکی دیگر از مسائل رگرسیون ناپارامتری است که بر پایه کرنل و هموارسازی برآوردگرهاست. اطلاعات این برآوردگرها شامل رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته است که اغلب درک آن‌ها دشوار است. پژوهشگری، برای برطرف کردن این مشکلات، مدل‌های جمع‌پذیر را پیشنهاد کرد [۲]. این مدل‌ها یک تقریب فزاینده تابع رگرسیون چندمتغیره را

رگرسیون لجستیک، به لحاظ مفهومی، شبیه رگرسیون چندگانه است که در آن از مجموعه‌ای متغیرهای مستقل، توأم، برای پیش‌بینی متغیر وابسته استفاده می‌شود. در این روش، متغیر پیش‌بینی‌کننده در مقیاس کیفی سنجیده می‌شود. پیش‌بینی‌ها می‌توانند هر نوع ترکیبی از متغیرهای مقوله‌ای را شامل شوند. در پژوهشی، مدل پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی در منطقه شمال شرق سمنان تعیین شد [۱۸]. در این تحقیق برای طبقه‌بندی و رسته‌بندی پوشش گیاهی از آنالیز دوطرفه گونه‌های شاخص<sup>۱</sup> و آنالیز تطبیقی نارایب<sup>۲</sup> استفاده شد. برای بررسی و تشریح ساختار مکانی متغیرها تجزیه و تحلیل تغییرنا یا واریوگرام به‌کار برده شد و از طریق درون‌یابی کریجینگ نقشه خصوصیات خاک تهیه شد. در نهایت، با استفاده از ضرائب کانونیک در GIS، نقشه پیش‌بینی رویشگاه ارائه شد. سپس، میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی با ضریب کاپا سنجیده شد. در پژوهشی دیگر نیز، برای پیش‌بینی پتانسیل پوشش گیاهی مکزیکو، روش رگرسیون لجستیک را با بررسی متغیرهای دما و بارندگی به‌کار بردند [۳]. در مراتع مکزیکو نیز، با استفاده از عوامل ارتفاع، تشعشع، رطوبت، و تجمع برف، توزیع پوشش گیاهی منطقه مورد نظر مدل‌سازی شد [۵]. پژوهشگرانی با استفاده از رگرسیون لجستیک و متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت، تشعشع، سطح حوزه با شیب زیاد، و زمین‌شناسی پوشش گیاهی منطقه مکزیکو را مدل‌سازی کردند [۹]. در پژوهشی، محققان کاربرد تجزیه مؤلفه‌های اصلی را برای تخمین رگرسیون لجستیک با داده‌های چندخطی چندبعدی بررسی کردند [۱]. آن‌ها برای کاهش اثر هم‌خطی از

1. twinspan  
2. Detrended Correspondence Analysis (DCA)

لجستیک و CCA برای مدل‌سازی پوشش گیاهی رویشگاه‌ها به چنین نتایجی رسیدند [۱۳، ۱۸، ۳۴]. هدف از این پژوهش تعیین رابطه بین متغیرها و شناسایی متغیرهای اثرگذار بر پراکنش پوشش گیاهی مراتع شرق سمنان است. روش مناسب برای مدل‌سازی و تحلیل داده‌های اکولوژیک بسیار حائز اهمیت است. مرور منابع صورت گرفته نشان داد که رگرسیون لجستیک یکی از کاربردی‌ترین مدل‌های خطی تعمیم‌یافته است که برای تحلیل رابطه یک یا چند متغیر مستقل بر متغیر پاسخ رسته‌ای به کار می‌رود و استفاده از آن در طول دهه گذشته در بررسی‌های بوم‌شناسی رشد چشمگیری داشته است.

### روش شناسی

#### معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی در شمال شرقی شهرستان سمنان به مساحت ۷۴۰۰۰ هکتار در مرکز ایران واقع است (۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی تا ۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی). بیشترین ارتفاع منطقه ۲۲۶۰ متر و کمترین آن ۱۱۲۹ متر است. بر اساس آمار به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های هواشناسی، میانگین بارندگی سالانه ۲۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. از نظر اقلیمی نیز، بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی دومارتن، دارای اقلیم فراخشک سرد در قسمتی از شهرستان دامغان و اقلیم خشک سرد در ناحیه سمنان است.

### روش تحقیق

به منظور مدل‌سازی پوشش گیاهی، عوامل مؤثر در پراکنش پوشش گیاهی، عوامل محیطی با استفاده از ابزارهایی از قبیل نقشه مدل رقومی ارتفاع<sup>۱</sup> (DEM)، تصاویر ماهواره‌ای، مطالعات میدانی و آزمایشگاهی کمی گردیدند.

برآورد می‌کند. مزایای یک تقریب فزاینده حداقل دو مورد است: ۱. اینکه هر کدام از اصطلاحات جمع‌پذیر با استفاده از یک صافی یک متغیری منحصر به فرد تخمین زده می‌شوند؛ ۲. اینکه ضوابط منحصر به فرد توضیح می‌دهند که چگونه متغیر وابسته با وجود متغیرهای مستقل برآورد می‌شود. همچنین، در مطالعه‌ای، منحنی پاسخ گونه‌ها در برابر عوامل محیطی با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بررسی شد و نتایج نشان داد که مدل رگرسیون لجستیک نتایج قابل قبول‌تری نسبت به سایر روش‌ها دارد [۲۸]. همچنین، در مطالعه‌ای، با کاربرد مدل‌های CCA و لجستیک، پراکنش پوشش گیاهی مراتع پشت‌کوه یزد را با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS پیش‌بینی کردند [۳۵، ۳۶]. این پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که آهک، سنگریزه، رطوبت اشباع، گچ، و هدایت الکتریکی در تفکیک تیپ‌های رویشی منطقه مورد مطالعه اهمیت بسیار زیادی دارند. در پژوهشی دیگر، مدل پیش‌بینی استقرار گونه مهاجم *Rhododendrom ponticum* با کاربرد رگرسیون لجستیک همراه با خودهمبستگی مکانی در ارتباط با عوامل نوع و عمق لایه زمین‌شناسی، نوع و درصد تاج پوشش، عرض جغرافیایی، شیب، جهت، و فاصله نزدیک‌ترین منبع تأمین بذر بررسی شد [۳۰]. همچنین، در مطالعه‌ای، از مدل‌سازی لجستیک و روش طبقه‌بندی برای پیش‌بینی حضور و عدم حضور گونه‌های درختی در شمال غرب ایالات متحده آمریکا استفاده شد [۹].

کاربرد رگرسیون لجستیک مدل ویژه بهتری را برای هر گونه گیاهی ایجاد می‌کند، به طوری که با استفاده از مدل به‌دست‌آمده در تحلیل رگرسیون لجستیک برای یک گونه و اعمال آن بر روی لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر در سیستم GIS امکان تهیه نقشه پیش‌بینی برای آن گونه گیاهی وجود دارد. بسیاری از پژوهشگران با مقایسه دو روش رگرسیون

1. Digital Elevation Model

جدول ۱. سطح مناسب پلات نمونه‌برداری در تیپ‌های گیاهی منطقه شمال شرق سمنان

ردیف	تیپ گیاهی	سطح پلات نمونه‌برداری (متر مربع)
۱	<i>Artemisia aucheri-Astragalus.spp-Bromus tomentellus</i>	۲
۲	<i>Artemisia sieberi-Eurotia ceratoides</i>	۲
۳	<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	۱۶
۴	<i>Artemisia sieberi-Zygophyllum eurypterum</i>	۶
۵	<i>Zygophyllum eurypterum- Artemisia sieberi</i>	۶
۶	<i>Halocnemum strobilaceum</i>	۱۶

پوشش گیاهی، برای تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه لازم است تا نقشه آن عوامل با استفاده از روش‌های زمین‌آمار تهیه شود. در زمین‌آمار با استفاده از داده‌های یک کمیت یا متغیر (برای مثال EC) در یک نقطه معین با مختصات معلوم (برای مثال پروفیل خاک) مقدار همان کمیت را می‌توان در نقطه‌ای با مختصات معلوم واقع در درون دامنه‌ای که ساختار فضایی حاکم است تخمین زد [۱۵]. در این تحقیق، برای بررسی و تشریح ارتباط و ساختار مکانی، از تجزیه و تحلیل تغییرنا یا واریوگرام<sup>۱</sup> با استفاده از روش کریجینگ در نرم‌افزار GS<sup>+</sup> نسخه ۵ استفاده شد [۲۶]. پس از تهیه نقشه‌های عوامل محیطی مؤثر در حضور گونه‌ها، با اعمال رابطه‌های رگرسیون لوجستیک بر روی لایه‌های عوامل محیطی در نرم‌افزار ArcMap، نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه تهیه شد. در این پژوهش تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی با استفاده از آماره کاپا ارزیابی شد. بهترین روش اندازه‌گیری توافق بین فراوانی مشاهده شده (تیپ‌های گیاهی واقعی) و فراوانی مورد انتظار (نقشه پیش‌بینی) استفاده از آماره کاپاست [۸، ۱۷، ۲۱، ۲۲، ۲۶].

این شاخص برای اندازه‌گیری میزان توافق بین پیش‌بینی حضور/عدم حضور گونه‌های گیاهی و واقعیت موجود به کار می‌رود و از طریق معادله ۱ محاسبه می‌شود. ذکر این نکته لازم است که مقادیر a،

برای اجرای مطالعات میدانی، نمونه‌برداری در ۶ سایت با روش تصادفی - سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد ترانسکت‌ها انجام شد. در هر سایت، در طول ۳ ترانسکت ۷۵۰ متری نمونه‌برداری انجام شد. در طول هر ترانسکت ۱۵ پلات، با ابعادی که به روش حداقل سطح تعیین گردید (جدول ۱)، به فاصله ۵۰ متر نصب شد. در هر پلات نوع گونه‌های موجود و درصد تاج پوشش آن‌ها تعیین شد. برای نمونه‌برداری از خاک در ابتدا و انتهای هر ترانسکت پروفیل حفر شد و از عمق‌های ۰-۲۰ و ۲۰-۶۰ سانتی‌متر در مجموع ۷۲ نمونه خاک جمع‌آوری شد. سپس، نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و، با توجه به وزن نمونه، قبل از الک‌کردن و وزن خاک عبورکرده از الک، درصد سنگریزه خاک تعیین شد. سپس، از آن بر روی ذرات کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر آزمایش‌های فیزیکی تعیین ذرات نسبی خاک - شامل رس، سیلت، و ماسه - به روش هیدرومتری بایکاس انجام شد. در بررسی‌های تجزیه شیمیایی خاک میزان اسیدیته خاک در pH متر اندازه‌گیری شد. برای بررسی وضعیت شوری خاک، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با هدایت‌سنج الکتریکی تعیین گردید. درصد آهک خاک به روش کلسیمتری، درصد گچ به روش استون، و درصد رطوبت قابل دسترس به روش وزنی اندازه‌گیری شد [۴]. پس از تعیین عوامل مهم و ارتباط آن‌ها با

1. variogram



سمت مناطق پایین دست، میزان رس و گچ افزایش می‌یابد و گونه *Zygophyllum eurypterum* ظاهر می‌شود که شاخص خاک‌های گچی است. این گونه گیاهی، با توجه به معادله ۷، با درصد گچ و رس رابطه مستقیم دارد. سپس، با شور شدن، اراضی گونه *Halocnemum strobilaceum* مشاهده می‌شود که همرا با گونه‌هایی از جنس *Anabasis* دیده می‌شود. این گونه گیاهی، با توجه به معادله ۸، با هدایت الکتریکی رابطه مستقیم دارد.

رویشگاه بعدی، گونه *Artemisia aucheri* حذف شده و گونه *Artemisia sieberi* ظاهر می‌شود که، با توجه به معادله ۵، با درصد آهک رابطه عکس و با درصد رطوبت قابل دسترس عمق دوم رابطه مستقیم دارد. همراه با این گونه، گونه *Eurotia ceratoides* نیز گونه غالب این تیپ است و، با توجه به معادله ۶، این گونه با شیب رابطه عکس دارد. در کنار این رویشگاه، رویشگاه *Seidlitzia rosmarinus* دیده می‌شود که، با توجه به معادله ۹، با ارتفاع رابطه مستقیم و با شیب رابطه عکس دارد. با حرکت به

$$P(\text{Ar.au}) = \frac{\text{Exp}(4.881\text{clay1} - 13.369\text{lim1} + 7.759\text{A.W1} - 42.688)}{1 + (4.881\text{clay1} - 13.369\text{lim1} + 7.759\text{A.W1} - 42.688)} \quad \text{معادله ۲}$$

$$P(\text{Br.to}) = \frac{\text{Exp}(4.881\text{clay1} - 13.369\text{lim1} + 7.759\text{A.W1} - 42.688)}{1 + (4.881\text{clay1} - 13.369\text{lim1} + 7.759\text{A.W1} - 42.688)} \quad \text{معادله ۳}$$

$$P(\text{As.spp}) = \frac{\text{Exp}(37.659\text{slop} + 1.253\text{elevation} + 66.024\text{AW2} - 3138.027)}{1 + (37.659\text{slop} + 1.253\text{elevation} + 66.024\text{AW2} - 3138.027)} \quad \text{معادله ۴}$$

$$P(\text{Ar.si}) = \frac{\text{Exp}(36.641\text{lim1} - 86.576\text{A.W2} + 83.14)}{1 + (36.641\text{lim1} - 18.287\text{A.w2} + 83.14)} \quad \text{معادله ۵}$$

$$P(\text{Eu.ce}) = \frac{\text{Exp}(0.118\text{slope} - 2.864)}{1 + (0.118\text{slope} - 2.864)} \quad \text{معادله ۶}$$

$$P(\text{Zy.eu}) = \frac{\text{Exp}(-0.854\text{clay1} - 18.287\text{gyp1} + 16.97)}{1 + (0.854\text{clay1} - 18.287\text{gyp1} + 16.97)} \quad \text{معادله ۷}$$

$$P(\text{Ho.st}) = \frac{\text{Exp}(9.85\text{EC1} - 23.631)}{1 + (9.85\text{EC1} - 23.631)} \quad \text{معادله ۸}$$

$$P(\text{Se.ro}) = \frac{\text{Exp}(0.211\text{elevation} - 12.194\text{slop} - 242.79)}{1 + (0.211\text{elevation} - 12.194\text{slop} - 242.79)} \quad \text{معادله ۹}$$

\* در جدول ۵ اندیس‌های مربوط به معادله‌ها تعریف شده‌اند.

توجه به معنی دار بودن این آماره برای همه مدل‌های به دست آمده نتیجه می‌شود مدل لوجستیک تطابق خوبی به داده‌ها دارد و معنی دار است. در جدول ۵ نیز اندیس‌های مربوط به معادله‌ها تعریف شده‌اند.

با توجه به جدول ۴، بالابودن مقدار آماره هوسمر و لمشاو<sup>۱</sup> (HL) نشان‌دهنده تطابق بیشتر است. با

۱. آزمون Hosmer و Lemshow (۱۹۸۹) مانند آزمون مربع کای است. این آزمون تطابق بین تعداد موارد مشاهده شده و مورد انتظار را برای دو گروه متغیر وابسته و مستقل نشان می‌دهد. بالابودن مقدار HL نشان‌دهنده تطابق بیشتر است.

جدول ۴. آزمون‌های مربوط به میزان تطابق کل معادله‌ها با داده‌های مشاهده‌شده

آزمون هوسمر و لمشاو		
معنی‌داری	درجه آزادی	کای اسکور
۱,۰۰۰	۲۱	۶,۶۲

جدول ۵. تعریف اندیس خصوصیات موجود در رابطه‌های ۲ تا ۹ به همراه واحد اندازه‌گیری آن‌ها

خصوصیت	اندیس	واحد اندازه‌گیری
رس عمق ۰-۲۰	Clay1	درصد
آهک عمق ۰-۲۰	Lim1	درصد
رطوبت قابل دسترس عمق ۰-۲۰	AW1	درصد
رطوبت قابل دسترس عمق ۲۰-۸۰	AW2	درصد
گچ عمق ۰-۲۰	Gyp1	درصد
هدایت الکتریکی عمق ۰-۲۰	EC1	ds/s
شیب	slope	متر
ارتفاع	elevation	متر

گچ، هدایت الکتریکی، رس، آهک، سیلت، و رطوبت قابل دسترس عمق اول روش کریجینگ بهترین روش انتخاب شد و فقط در مورد سنگریزه و رطوبت قابل دسترس عمق دوم روش میانگین متحرک وزن‌دار بهترین روش انتخاب شد [۴۰]. جدول ۷ نتایج حاصل از نیم‌تغییرنمای متغیرهای ارزیابی شده در روش کریجینگ را نشان می‌دهد.

### تهیه نقشه عوامل مؤثر بر پراکنش پوشش گیاهی

برای تهیه نقشه‌هایی با دقت بالا از روش تقاطعی به جهت ارزیابی بهترین روش زمین‌آمار استفاده شد [۲۵]- که جدول ۶ نتایج آن را نشان می‌دهد. بر این اساس، روشی که دارای کمترین خطا و انحراف باشد روش دقیق‌تر انتخاب شد، به طوری که در مقادیر

جدول ۶. ارزیابی متغیرهای خاک با روش‌های مختلف زمین‌آمار به وسیله روش تقاطعی

روش آمار مکانی				خصوصیات خاک	
NDW	IDW	Point kriging	Block kriging		
۲,۸۹۵,۰۲۹	۱,۷۴۳,۷۰۶	۱,۷۰۰,۸۵۳	۱,۷۰۰,۸۲۴	MAE	۰-۲۰
-۰,۹۵۵,۶۱۸	-۰,۲۴۲,۸۲۴	۰,۰۰۷,۳۳۲	۰,۰۰۷,۵۵۳	MBE	
۲,۳۹۸,۲۳۵	۱,۲۰۴,۱۴۷	۱,۵۲۵,۸۸۲	۱,۵۲۵,۸۸۲	MAE	۲۰-۸۰
-۰,۸۵۸,۷۶۵	-۰,۱۹۶,۷۹۴	۰,۲۴۳,۷۱۱	۰,۲۴۳,۷۱۱	MBE	(%) رطوبت قابل دسترس
۲,۴۴۳,۴۱۲	-۱,۱۱۱,۹۱۲	۲,۵۸۷,۱۴۷	۲,۵۸۷,۰۵۹	MAE	۰-۲۰
۰,۴۴۷,۹۱۲	-۰,۲۲۶	-۰,۰۰۳,۰۲۹	-۰,۰۰۲,۹۴۱	MBE	
۴,۵۶۶,۶۱۸	۳,۳۰۶,۳۵۳	۳,۴۶۰,۳۲۴	۳,۴۶۰,۲۹۴	MAE	۲۰-۸۰
-۱,۳۴۲,۶۱۸	-۰,۴۲۶,۴۷۱	-۰,۲۲۲,۹۷۱	-۰,۲۲۳	MBE	(%) رس
۵,۹۷۷,۴۱۲	۳,۹۸۷,۴۷۱	۷,۵۷۰,۶۱۸	۷,۵۶۸,۳۵۲	MAE	۰-۲۰
۲,۵۷۵,۲۹	۰,۶۰۷	۰,۶۲۳,۳۳۲	۰,۶۰۱,۴۷	MBE	
۹,۴۱۷,۸۲۴	۵,۶۹۸,۷۹۴	۶,۳۱۴,۸۲۴	۶,۳۱۴,۶۷۶	MAE	۲۰-۸۰
۴,۴۶۸,۷۶	۰,۵۸۳,۷۹	-۰,۱۳۳,۱۱۸	-۰,۱۳۳,۹۷۱	MBE	(%) سنگریزه

جدول ۶. ارزیابی متغیرهای خاک با روش‌های مختلف زمین‌آمار به وسیله روش تقاطعی (ادامه)

روش آمار مکانی				خصوصیات خاک	
NDW	IDW	Point kriging	Block kriging		
۰٫۷۲۲۵۲۲۹	۰٫۱۹۵۷۰۶	۰٫۲۰۱۵۲۹	۰٫۲۰۱۵۵۹	MAE	۰-۲۰
-۰٫۵۶۶۸۸۲	-۰٫۰۸۴۴۷۱	-۰٫۰۰۰۲	-۰٫۰۱۹۷۱	MBE	
۰٫۹۳۲۴۴۱	۰٫۲۹۷۶۱۸	۰٫۳۴۳۷۰۶	۰٫۳۴۳۶۷۶	MAE	۲۰-۸۰
-۰٫۶۵۵۰۸۸	-۰٫۰۹۹۵	۰٫۰۳۲۴۷	۰٫۰۳۲۴۴	MBE	هدایت الکتریکی (ds/m)
۱٫۹۷۲۲۹۴	۱٫۲۲۲۴۴۱	۱٫۱۱۲۳۲۴	۱٫۱۱۳۰۸۸	MAE	۰-۲۰
-۱٫۷۶۳	-۰٫۲۳۱۳۲۴	-۰٫۰۰۶۴۴۱	-۰٫۰۰۶۸۵۳	MBE	
۱٫۷۲۰۳۲۴	۰٫۷۱۹۱۱۸	۰٫۷۲۸۷۳۵	۰٫۷۱۹۱۱۸	MAE	۲۰-۸۰
-۱٫۴۴۳۶۱۸	-۰٫۱۱۶۴۱۲	۰٫۰۸۸۳۲	۰٫۰۸۸۳۸	MBE	گج (%)
۳٫۵۹۴۵۲۹	۱٫۱۲۹۲۰۶	۰٫۹۱۲	۱٫۵۰۳۳۵۳	MAE	۰-۲۰
-۰٫۱۱	-۰٫۰۶۰۴۴۱	-۰٫۰۵۲۴۷۱	۰٫۰۱۵۲۴	MBE	
۲٫۷۱۴۵	۱٫۴۱۵۷۹۴	۱٫۵۰۳۷۶۵	۱٫۵۰۳۳۵۳	MAE	۲۰-۸۰
-۰٫۲۳۶۰۲۹	۰٫۰۱۴۰۹	۰٫۰۱۵۵۳	۰٫۰۱۵۲۴	MBE	آهک (%)
۶٫۶۴۲۴۷۱	۵٫۰۲۳۳۵۳	۶٫۱۷۰۸۲۴	۶٫۱۷۰۶۱۸	MAE	۰-۲۰
۲٫۷۸۶۸۲۴	۰٫۷۳۸۱۱۸	۰٫۶۴۷۷۶۵	۰٫۶۴۸۱۴۷	MBE	
۸٫۴۳۵۰۲۹	۶٫۲۳۷۰۲۹	۶٫۳۱۷۲۰۶	۶٫۳۱۷۲۳۵	MAE	۲۰-۸۰
۳٫۲۸۰۸۵۳	۰٫۵۰۱۵۵۹	-۰٫۰۹۲۹۱	-۰٫۰۹۳	MBE	شن (%)
۵٫۷۳۲	۳٫۳۵۳	۳٫۴۳۲۵	۳٫۴۳۲۴	MAE	۰-۲۰
-۰٫۰۴۹۲	-۰٫۵۱۲	-۰٫۰۲۵۵	۰٫۰۲۵۶	MBE	
۴٫۷۸۶۱۱۸	۴٫۲۲۴۵۲۹	۴٫۳۳۰۹۴۱	۴٫۳۳۰۸۸۲	MAE	۲۰-۸۰
-۲٫۰۳۰۹۴	-۰٫۲۹۶	-۰٫۰۰۶۴۱	-۰٫۰۰۶۴۷۱	MBE	سیلت (%)

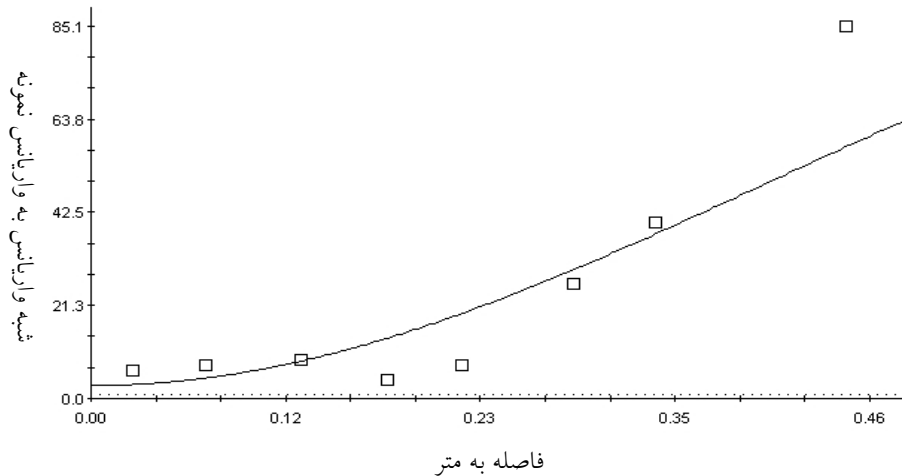
جدول ۷. اجزای مربوط به تغییرنمای (واریوگرام) خصوصیات خاک ارزیابی شده

ردیف	خصوصیت	مدل تغییرنما	اثر قطعه‌ای (درصد)	آستانه (درصد)	شعاع تأثیر (متر)	فاصله گام (متر)	ضریب همبستگی
۱	رس ۱	گاسن	۱٫۲	۲۰٫۳۳	۰٫۷۷۰۸	۰٫۴۵	۰٫۸۱
۲	رس ۲	کروی	۵۹٫۲	۱۵۹٫۳۹۹	۰٫۵۴۹	۰٫۳۵	۰٫۱۵
۳	شن ۱	گاسن	۱	۴۷۳٫۱	۰٫۵۱۱۴	۰٫۴۶	۰٫۶۴
۴	شن ۲	گاسن	۳۸	۷۸۶٫۹	۰٫۵۷۸۵	۰٫۴۶	۰٫۸۱
۵	سیلت ۱	گاسن	۲٫۲	۳۱۵٫۳	۰٫۷۱۰۱	۰٫۴۶	۰٫۸۷
۶	سیلت ۲	گاسن	۲	۴۱۴٫۹	۰٫۶۱۱۴	۰٫۴۶	۰٫۷۸
۹	رطوبت قابل دسترس ۱	گاسن	۰٫۱	۹۱٫۲	۰٫۴۱۴۰	۰٫۴۶	۰٫۸۴
۱۱	گج ۱	کروی	۰٫۱	۶۳٫۷	۰٫۴۰۷۰	۰٫۴۶	۰٫۲۳
۱۲	گج ۲	گاسن	۰٫۱	۲۰۱٫۱	۰٫۸۵۷۴	۰٫۴۵	۰٫۷۵
۱۳	EC1	گاسن	۰٫۰۱	۲۱۰٫۱	۰٫۴۱۵۰	۰٫۵۱	۰٫۸۳
۱۴	EC2	گاسن	۰٫۱	۵۱٫۲	۰٫۴۶۰۰	۰٫۵۱	۰٫۸۱
۱۵	آهک ۱	تجربی	۲٫۹	۵۶٫۶۴	۱٫۲۹۹	۰٫۴۶	۰٫۴
۱۶	آهک ۲	کروی	۴٫۵	۵۰	۰٫۹۹۳	۰٫۴۷	۰٫۵۲

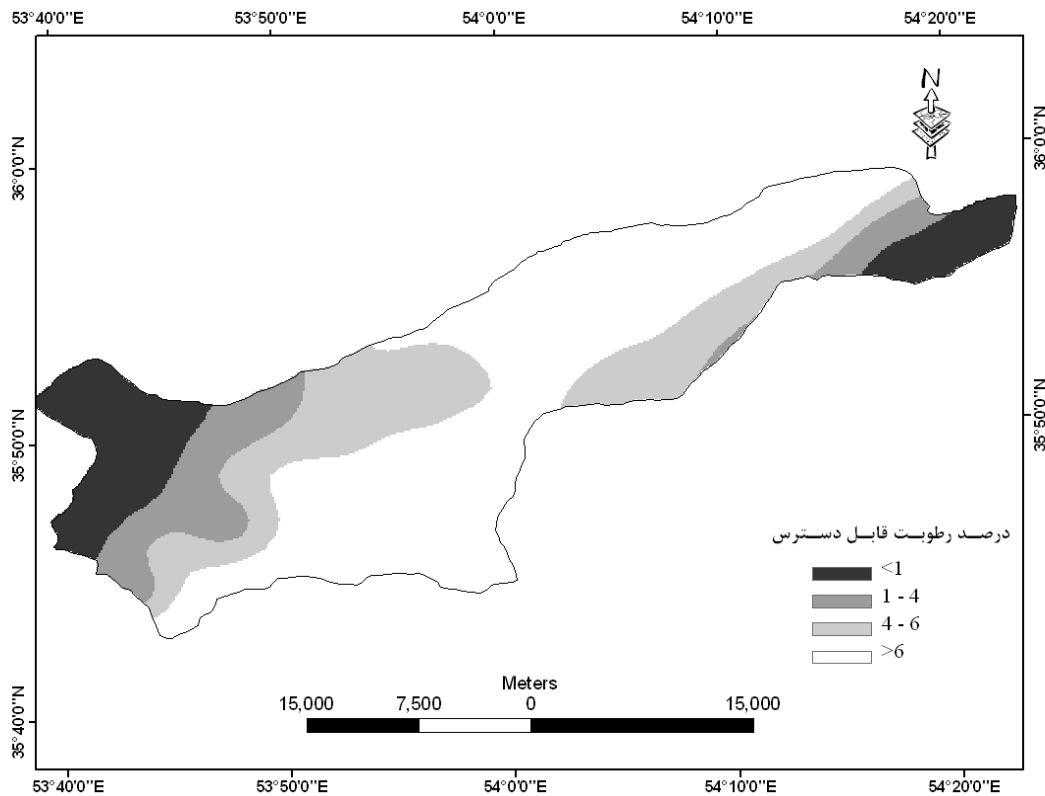


نقشه‌های پراکنش خصوصیات خاک بر اساس روش کریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار در محیط GIS تهیه شد. شکل ۲، به عنوان نمونه، نقشه رطوبت قابل دسترس عمق اول خاک را نشان می‌دهد.

واریوگرام‌های خصوصیات خاک در مراحل بعدی با استفاده از روش کریجینگ تهیه شد. شکل ۱ نیم‌تغییرنمای درصد رطوبت قابل دسترس عمق اول خاک را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مدل تغییرنمای (خط) برازش داده‌شده بر مدل تغییرنمای تجربی (نقطه) برای رطوبت قابل دسترس عمق اول در خاک‌های مراتع شمال شرق سمنان



شکل ۲. نقشه رطوبت قابل دسترس عمق اول خاک‌های شمال شرق سمنان

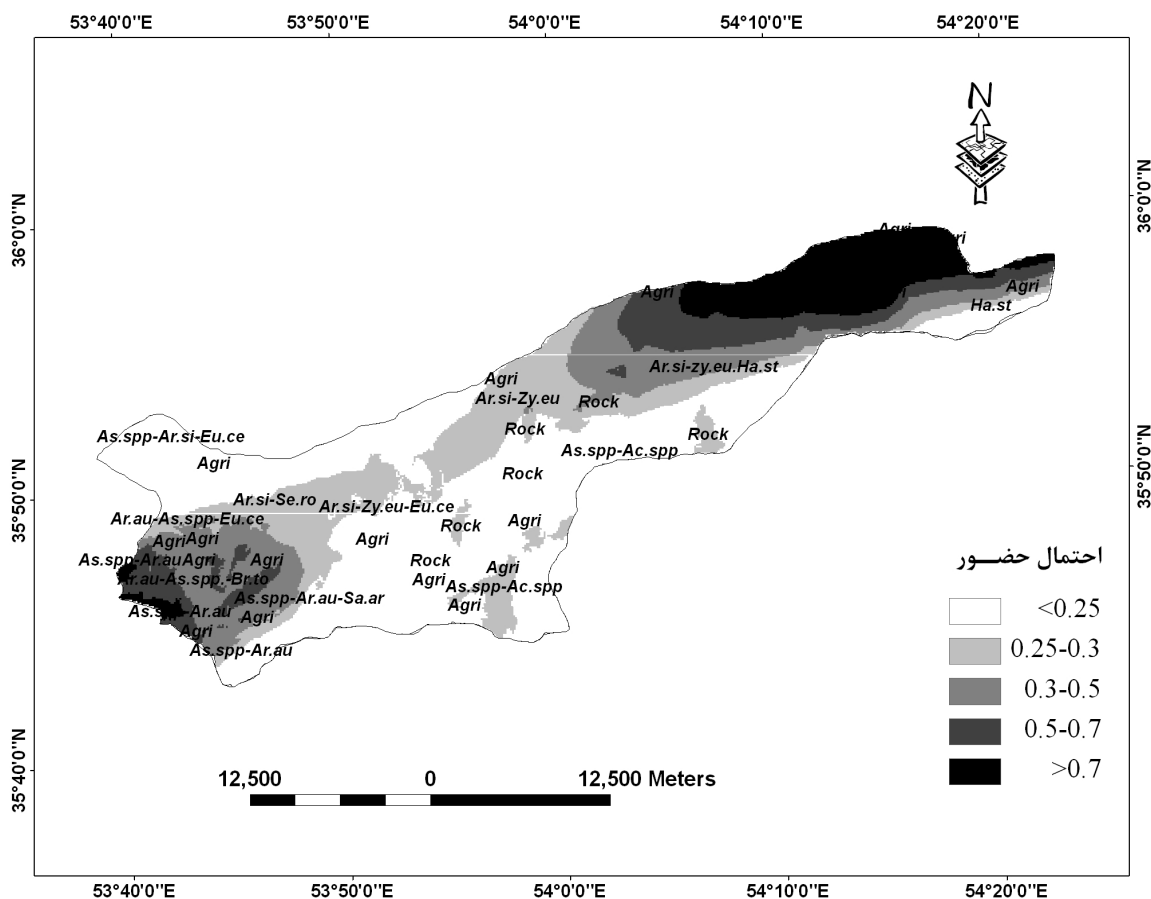
## ارائه نقشه پیش‌بینی پوشش گیاهی

پس از تهیه نقشه عوامل مورد نظر، با بهره‌گیری از مدل‌های به‌دست‌آمده در سیستم GIS، نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی تهیه شد. برای ارزیابی میزان تطابق مدل پیش‌بینی با نقشه واقعی تیپ‌های گیاهی از شاخص کاپا ( $K$ ) استفاده شد.

برای مدل‌سازی رویشگاه تک‌تک گونه‌های گیاهی از رگرسیون لجستیک استفاده شد که در معادله‌های مربوط به رگرسیون لجستیک در بخش قبل آورده شده است. در این بخش، مدل‌های مذکور با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر در سیستم GIS اعمال شد و نقشه پیش‌بینی هر یک از گونه‌های

گیاهی رویشگاه‌ها تهیه شد. شکل ۳ نقشه رویشگاه گونه *Astragalus spp.* را نشان می‌دهد. نقشه پیش‌بینی و نقشه واقعی پوشش گیاهی برای مقایسه به صورت یکجا آورده شده است.

میزان تطابق نقشه تهیه‌شده با نقشه واقعی پوشش گیاهی با استفاده از ضریب کاپا محاسبه شد که جدول ۸ نتایج آن را نشان می‌دهد. نتایج ضریب کاپا نشان داد که رویشگاه‌های گونه‌های *Artemisia sieberi* و *Astragalus spp.* به ترتیب دارای کمترین (۰/۳۳) و بیشترین میزان توافق (۰/۸۶) با نقشه واقعی پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه هستند.



شکل ۳. نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه *Astragalus spp.* (نقاط تیره حضور گونه را نشان می‌دهد که با نقشه واقعی که در شکل آمده است تطابق خوبی را نشان می‌دهد)

جدول ۸. تعیین توافقی بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی برای نقشه‌های پیش‌بینی با استفاده از ضریب کاپا

ردیف	رویشگاه	ضریب کاپا	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و مقادیر واقعی
۱	<i>Artemisia aucheri- Bormous tomentellus</i>	۰٫۴۳	متوسط
۲	<i>Astragalus spp.</i>	۰٫۸۶	عالی
۳	<i>Eurotia ceratoides</i>	۰٫۵۶	خوب
۴	<i>Artemisia sieberi</i>	۰٫۳۳	ضعیف
۵	<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	۰٫۰۶	خوب
۶	<i>Zygophyllum eurypterum</i>	۰٫۵۸	خوب
۷	<i>Halocnemum strobilaceum</i>	۰٫۵۱	خوب

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که ویژگی‌های خاک و توپوگرافی اهمیت زیادی در تفکیک تیپ‌های رویشی مراتع شرق سمنان دارد، به طوری که هدایت الکتریکی، رطوبت قابل دسترس، آهک، گچ، و رس عمق اول از مؤثرترین خصوصیات خاک‌اند و شیب و ارتفاع از عوامل مؤثر توپوگرافی در توزیع جغرافیایی گونه‌های گیاهی مورد مطالعه‌اند.

در این پژوهش، روش رگرسیون لجستیک برای تعیین مدل پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی انتخاب شد. بسیاری از محققان در تهیه مدل‌های پیش‌بینی از مدل لجستیک استفاده کرده‌اند [۱، ۶، ۷، ۱۴، ۱۶]. در پژوهشی، ۸ روش مدل‌سازی (شبکه‌های عصبی مصنوعی، آنالیز شاخه درختی، مدل‌های تجمعی، مدل‌های افزایشنده، رگرسیون لجستیک، آنالیز تشخیص، رگرسیون چندمتغیره، و روش جنگل‌های تصادفی<sup>۱</sup>) را با هم مقایسه کردند. این پژوهشگران نشان دادند که مدل رگرسیون لجستیک دقت بیشتری دارد [۲۳، ۳۱].

نتایج روش رگرسیون لجستیک نشان داد که هر گونه گیاهی آشیان بوم‌شناختی ویژه‌ای دارد و یک عامل محیطی معرف آن رویشگاه است. بر اساس نتایج این پژوهش، می‌توان شوری و املاح گچ زیاد را عامل معرف رویشگاه *H. strobilaceum* دانست، آهک را عامل معرف رویشگاه *A. sieberi-Z.*

*eurypterum* و سنگریزه را عامل معرف رویشگاه *A. aucheri-A. spp.-B. tomentellus* دانست. همچنین، در این تحقیق ارتفاع از سطح دریا و شیب نیز عامل مؤثر در توزیع رویشگاه گونه‌های *Astragalus spp.* و *S. rosmarinus* است [۳۸]. محققانی نیز به این نتیجه رسیدند که ارتفاع و بارندگی سالیانه از مهم‌ترین عوامل در پیش‌بینی توزیع جغرافیایی رویشگاه گونه‌های گیاهی است [۲۰]. بررسی ارتباط بین عوامل محیطی و پوشش گیاهی در شمال شرق سمنان با استفاده از روش‌هایی همچون مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، مدل تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA)، آنالیز تشخیص نیز نتایج مشابهی با این تحقیق در بر داشت [۱۹، ۳۷، ۳۹].

در این پژوهش، از ضریب کاپا برای ارزیابی صحت مدل استفاده شد [۱۱، ۱۲، ۱۸، ۲۷، ۳۲، ۳۵]. با توجه به مقدار ضریب کاپا، کاربرد مدل رگرسیون لجستیک در رویشگاه گونه‌های *Astragalus spp.* و *H. strobilaceum* نتایج بهتری را نشان دادند. دلایل این موضوع را می‌توان به داشتن شرایط ویژه این رویشگاه‌ها نسبت داد. گونه *A. sieberi* دامنه بوم‌شناختی وسیعی دارد و در مراتع شرق سمنان در بیشتر رویشگاه‌ها مشاهده می‌شود، بنابراین، مدل رگرسیون لجستیک توانایی ارائه نقشه‌ای را که با نقشه واقعی پوشش گیاهی این گونه گیاهی تطابق داشته باشد ندارد. این یافته با نتایج محققان دیگر نیز

1. random forests

رویشگاهی منحصربه‌فردی نسبت به بقیه دارند و، در واقع، دارای خصوصیات متفاوت از نظر عوامل خاک و توپوگرافی‌اند، بهتر با واقعیت تطابق دارد، زیرا عوامل منحصربه‌فرد به‌راحتی می‌تواند رویشگاه‌های این گونه‌ها را از هم تفکیک کند.

ذکر این نکته لازم است که مدل ارائه‌شده برای هر گونه گیاهی فقط در محدوده شرایط رویشگاهی منطقه تحت مطالعه صادق است و برای تعمیم به مناطق دیگر باید آن را در چند منطقه با گونه گیاهی مشابه آزمون کرد تا بتوان میزان تبعیت مدل را سنجید. سپس، با استفاده از مدل‌ها می‌توان نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی را در مقیاس وسیع تهیه کرد. در صورتی که مدل‌های پیش‌بینی دارای دقت مناسب باشند، از آن‌ها می‌توان در برنامه‌های اصلاحی و مدیریت مرتع برای پیشنهاد گونه‌های سازگار با شرایط منطقه بهره برد.

مطابقت دارد [۳۵]. در روش رگرسیون لوجستیک، همانند نتایج محققان دیگر، از روش گام‌به‌گام استفاده شد تا آشیان بوم‌شناختی ویژه هر گونه گیاهی با دقت بالایی پیش‌بینی شود [۱۴، ۱۸، ۳۶]. داشتن نقشه‌های دقیق عوامل محیطی نیز می‌تواند در اجرای مدل‌سازی با صحت بالا نقش عمده‌ای ایفا کند، از این رو، برای تهیه نقشه‌هایی با دقت بالا از روش تقاطعی به منظور ارزیابی بهترین روش زمین‌آمار استفاده شد [۲۵].

هدف نهایی این پژوهش دستیابی به مدل‌های توزیع جغرافیایی برای گونه‌های تحت مطالعه است، به طوری که حضور و نبود گونه متغیر وابسته است که به بعضی عوامل محیطی و رفتار گونه‌های همراه بستگی دارد. بر اساس نظر محققان دیگر و نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، مدل رگرسیون لوجستیک برای پیش‌بینی رویشگاه‌هایی که شرایط ویژه‌ای دارند با نقشه واقعی بهتر تطبیق دارد [۳۳، ۳۶]. در این مطالعه نیز تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه‌های گونه‌های *Z. eurypterum*، *A. aucheri* و *Astragalus spp.* که شرایط

Archive of SID

## References

- [1] Aguilera, A.M., Escabias, M. and Valderrama, M.J. (2006). Using principal components for estimating logistic regression with high-dimensional multicollinear data. *Computational Statistics & Data Analysis*, 50: 1905-1924.
- [2] Austin, M.P. (1985). Continuum concept, ordination methods, and niche theory. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 16: 39-61.
- [3] Austin, M.P., Nicholls, A.O., Doherty, M.D. and Meyers, J.A. (1994). Determining species response functions to an environmental gradient by means of a beta-function. *J. Veg. Sci.*, 5: 215-228.
- [4] Black, C.A. (1979). Methods of soil analysis. *American Society of Agronomy*, 2, 771-1572.
- [5] Brown, D.G. (1994). Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables. *J. Veg. Sci.*, 5: 641-656.
- [6] Buhk C., Retzer, V., Beierkuhnlein, C. and Jentsch, A. (2007). Predicting plant species richness and vegetation patterns in cultural landscapes using disturbance parameters. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122: 446-452.
- [7] Carl, J. and Kuhn, I. (2007). Analyzing spatial autocorrelation in species distributions using Gaussian and logit models. *Ecological Modelling*, 207: 159-170.
- [8] Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement of Nominal Scales. *Educ. Psychol. Measur.*, 20: 37-46.
- [9] Coops, N.C., Waring, R.H. and Schroeder, T.A. (2009). Combining a generic process-based productivity model and a statistical classification method to predict the presence and absence of tree species in the Pacific Northwest, U.S.A. *Ecological Modelling*, 220: 1787-1796.
- [10] Davis, F.W. and Goetz, S. (1990). Modeling vegetation pattern using digital terrain data. *Landscape Ecology*, 4: 69-80.
- [11] Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudk, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.Mc C., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti Pereira, R., Schapire, R.E., Soberón J., Williams, S., Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E. (2006). Novel Methods to Improve Prediction of Species' Distributions from Occurrence Data, *Ecography*, 29: 129-151.
- [12] Ferrier, S., Watson, G., Pearce, J. and Drielsma, M. (2002). Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. 1. Species-level modelling. *Biodivers. Conserv.*, 11: 2275-2307.
- [13] Guisan, A., Weiss, S.B. and Weiss, A.D. (1999). GLM versus CCA Spatial Modeling of Plant Species Distribution, *Plant Ecology*, 143: 107-122.
- [14] Hashimoto, H., Natuhara, Y. and Morimoto, Y. (2005). A habitat model for *Parus major* minor using a logistic regression model for the urban area of Osaka, Japan. *Landscape and Urban Planning*, 70: 245-250.
- [15] Hassani Pak, A. (1998). *Geostatistical*. Tehran University Press, 314 p.
- [16] Hawkins, R.J., Bénichou, O., Piel, M. and Voituriez, R. (2009). Rebuilding cytoskeleton roads: Active-transport-induced polarization of cells. *Phys. Rev. E* 80, 040903(R), 50; 115-127.
- [17] Fielding, A.H. and Bell, J. (1997). A Review of Methods for the Assessment of Prediction Errors in Conservation Presence/Absence Models, *Environ. Conserv.*, 24; 38-49.
- [18] Khalasi Ahvazi, L. (2010). Modeling the distribution of rangeland plants (Case study: Semnan rangelands northeast). Ph.D. thesis. 180 P. (In Persian).

- [19] Khalasi Ahvazi, L., Zare Chahouki, M.A. and Ghorbannezhad, F. (2013). Comparing discriminate analysis, Ecological Niche Factor Analysis and Logistic regression for Geographic distribution modeling of *Eurotia ceratoides* (L.) C.A.M. *Journal of Rangeland Science*, 3(1): 45-57.
- [20] Leng, W., He, H.S., Bu, R., Dai, L., Hu, Y. and Wang, X. (2008). Predicting the distributions of suitable habitat for three larch species under climate warming in Northeastern China. *Forest Ecology and Management*, 25(4): 420-428.
- [21] Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P. and Pearson, R.G. (2005). Selecting Thresholds of Occurrence in the Prediction of Species Distributions, *Ecography*, 28: 385-393.
- [22] Monserud, R.A. and Leemans, R. (1992). Comparing Global Vegetation Maps with the Kappa Statistic, *Ecol. Model*, 62; 275-293.
- [23] Parviainen, M., Luoto, M. and Heikkinen, R.K. (2009). The role of local and landscape level measures of greenness in modelling boreal plant species richness. *Ecological Modelling*, 220; 2690-2701.
- [24] Pearce, J. and Ferrier, S. (2000). An evaluation of alternative algorithms for fitting species distribution models using logistic regression. *Ecological Modelling*, 128, 127-147.
- [25] Razack, M. and Lasm, T. (2006). Geostatistical estimation of the transmissivity in a highly fractured metamorphic and crystalline aquifer (Man-Danane Region, Western Ivory Coast). *Journal of Hydrology*, 325; 164-178.
- [26] Robertson, M.P., Caithness, N. and Villet, M.H. (2000). A PCA-based modelling technique for predicting environmental suitability for organisms from presence records. *Div. Distrib*, 7; 15-27.
- [27] Rushton, S.P., Ormerod, S.J. and Kerby, G. (2004). New paradigms for modelling species distributions? *J. Appl. Ecol.*, 41;193-200.
- [28] Santika, T, Hutchinson, M.F. (2009). The effect of species response form on species distribution model prediction and inference. *Ecological Modelling*, 220: 2365-2379.
- [29] Sakanoue, S. (2009). A resource-based approach to modelling the dynamics of interacting populations. *Ecological Modelling*, 220: 1383-1394.
- [30] Stephenson, C., MacKenzie, M., Edwards, C. and Travis, J. (2006). Modelling establishment probabilities of an exotic plant, *Rhododendron ponticum*, invading a heterogeneous, woodland landscape using logistic regression with spatial autocorrelation. *Ecol. Model*, 193 (3-4): 747-758.
- [31] Thomaes, A., Kervynb, T., Maes, D. (2008). Applying species distribution modelling for the conservation of the threatened saproxylic Stag Beetle (*Lucanus cervus*). *Biological Conservation*, 141: 1400-1410.
- [32] Thuiller, W. (2003). Biomod-optimising predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biol.*, 9: 1353-1362.
- [33] Wisser, S., Peet, R.K., and White, P.S. (1998). Prediction of rare-plant occurrence: a southern Appalachian example. *Ecol., Appl.*, 8: 909-920.
- [34] Zare Chahouki, M.A. (2006). Modelling the spatial pattern of plant species in arid and semi-arid rangelands (Case study: Poshtkouh region of Yazd province), Ph.D. thesis. 180 P. (In Persian)
- [35] Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H., Jafari, M. and Tavili, A. (2010). Multivariate Statistical Methods as a Tool for Model-Based Prediction of Vegetation Types, *Russian Journal of Ecology*, 41(1): 84-94.
- [36] Zare Chahouki, M.A., Jafari, M., Azarnivand, H., Moghaddam, M.R., Farahpour, M. and Shafizadeh NasrAbadi, M. (2008). Application of logistic regression to study the relationship between presence of plant species and environmental factors. *Iranian Journal Pajouhesh & Sazandegi*, 76: 136-143. (In Persian)

- [37] Zare Chahouki, M.A. and Khalasi Ahvazi, L. (2012). Predicting potential distributions of *Zygophyllum eurypterum* by three modeling techniques (ENFA, ANN and logistic) in North East of Semnan, Iran. *Range Management & Agroforestry*, 33 (2): 123-128.
- [38] Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L. and Azarnivand, H. (2010). Environmental factors affecting distribution of vegetation communities in Iranian Rangelands. *VEGETOS Journal*, 23 (2): 1-15.
- [39] Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L. and Soltani Gardfaramarzi, M. (2012). Modelling the potential habitat of *Eurotia ceratoides* in North East of Semnan, using Ecological Niche Factor Analysis. *Rangeland Journal*, 5 (4): 373-362. (In Persian).
- [40] Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L., Azarnivand, H. and Zare Chahouki, M.A. (2014). Preparing the Spatial distribution of soil factors by Interpolation methods in east rangeland of Semnan. *Journal of Range and Watershed Management*, 3: 387-399. (In Persian).

Archive of SID