

مقایسه روش‌های مدل‌سازی برای پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌های گیاهی در مراتع..... 342

مقایسه روش‌های مدل‌سازی برای پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌های گیاهی در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: مراتع پشتکوه استان یزد)

محمد علی زارع چاهوکی^۱، محمد جعفری^۲، حسین آذرنیوند^۳ و مرجان شفیعی‌زاده^۴

چکیده

این پژوهش به منظور مقایسه روش‌های مدل‌سازی برای پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌های گیاهی در مراتع پشتکوه استان یزد انجام شد. با توجه به هدف، اطلاعات پوشش گیاهی و عوامل رویشگاهی از قبیل پستی و بلندی، اقلیم، زمین‌شناسی، خاک و شدت چرای دام جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی-سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد 3 تا 5 ترانسکت 300-500 متری انجام شد. سطح پلات‌ها با توجه به نوع گونه‌های موجود به روش سطح حداقل بین 2 تا 100 متر مربع و تعداد آنها با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و روش آماری 30-50 پلات تعیین گردید. در ابتدا و انتهای هر ترانسکت یک پروفیل حفر و از دو عمق 0-30 و 30-80 سانتی‌متر نمونه خاک برداشت شد. 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) اندازه‌گیری گردیدند. برای ارائه مدل پیش‌بینی گونه‌های گیاهی از دو روش CCA و رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه برای گونه‌هایی که دامنه بوم‌شناختی محدودی دارند، بهتر با واقعیت تطابق دارد. بطور کلی CCA اطلاعات کلی از چند گونه گیاهی و عوامل مؤثر در تفکیک آنها را ارائه می‌دهد و مدل بدست آمده گروه‌های گیاهی را تفکیک می‌کند، اما با کاربرد رگرسیون لجستیک مدل ویژه‌تری برای هر گونه گیاهی ایجاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنالیز تطابق کانونیک، رگرسیون لجستیک، زمین‌آمار، عوامل محیطی، مدل پیش‌بینی پوشش گیاهی، مراتع پشتکوه.

1- استادیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (mazare@ut.ac.ir)
2- استادیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
3- استادیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
4- کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

پیشنهادات اصلاحی در برنامه‌های بیولوژیک لازم است که تناسب رویشگاه تشخیص داده شود (30)، بنابراین پیش‌بینی توزیع جغرافیایی پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات رویشگاه‌ها به عنوان یکی از موارد مهم در طرح‌های مبارزه بیولوژیک با فرسایش مطرح است (16، 20 و 40)، زیرا آگاهی از نیازهای بوم‌شناختی گونه‌های گیاهی مختلف نقش مؤثری در طرح‌های اصلاح و احیاء مراتع دارد. با استفاده از چنین مدل‌هایی می‌توان عوامل محیطی معرف هر رویشگاه و روابط بین گونه‌ها را تعیین نمود و از اطلاعات بدست آمده در مناطق با شرایط مشابه به منظور پیشنهاد گونه مناسب برای اصلاح و احیای اراضی استفاده کرد. در این زمینه تحقیقات مختلفی انجام شده که در ادامه به بعضی از آنها اشاره می‌شود.

میلر و فرانکلین¹ (2002) با استفاده از روش‌های مدل عمومی خطی (GLM)² و طبقه‌بندی شاخه درختی، مدل‌های پیش‌بینی حضور چهار گونه گیاهی (*Atriplex*، *Coleogyne ramosissima*، *canescens* و *Pinus monophylla* و *Yucca brevifolia*) بیابان Mojave در کالیفرنیا را ارائه کردند. این محققین متغیرهای دما، بارندگی، ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت، شاخص رطوبت، تشعشع خورشید و موقعیت مکانی در چشم‌انداز را برای هر گونه گیاهی بررسی کردند. سپس مدل پیش‌بینی پراکنش را برای گونه‌های گیاهی ارائه نمودند.

ظهور هر گونه گیاهی تحت تاثیر عوامل محیطی و روابط بین گونه‌ای است و یک یا چند عامل محیطی بیشترین اثر را در استقرار یک گونه گیاهی دارند، اگر به طریقی بتوان این عوامل را تعیین کرد و رفتار آنها با متغیرهای محیطی و گونه‌های همراه بررسی نمود، دستیابی به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای امکان‌پذیر خواهد بود. این مدل‌ها عموماً بر اساس این فرضیه است که عوامل محیطی پراکنش پوشش گیاهی را کنترل می‌کنند. شناخت رابطه بین عوامل محیطی و پراکنش گونه‌های گیاهی نقش مهمی در برنامه‌ریزی طرح‌های زیست‌محیطی و مدیریتی دارد (5 و 18).

کمی‌کردن عوامل محیطی در جوامع گیاهی مختلف که بخش اصلی مدل‌های پیش‌بینی توزیع جغرافیایی گونه‌هاست، می‌تواند اطلاعاتی را در مورد ارزیابی اثرات تغییر کاربری (19)، شناخت وضعیت اقلیمی گذشته (4) و نیز اهداف اصلاحی اکوسیستم (12، 27، 13) ارائه دهد. امروزه با بکارگیری روش‌های آماری قوی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مدل‌های پیش‌بینی توزیع جغرافیایی رویشگاه‌ها به سرعت در بوم‌شناسی توسعه یافته است. اکثر این مدل‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های آماری، توزیع جغرافیایی گونه‌ها و جوامع گیاهی را در ارتباط با عوامل محیطی پیش‌بینی می‌کنند.

مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه، تناسب رویشگاه را برای استقرار گونه‌های گیاهی مشخص می‌نمایند (10، 9). به منظور ارائه

1- Miller & Franklin
2- General Linear Model

مقایسه روش‌های مدل‌سازی برای پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌های گیاهی در مراتع..... 344

پیش‌بینی رویشگاه در انتخاب گونه‌های مناسب برای احیای مراتع در این تحقیق روش‌های مدل‌سازی با استفاده از آنالیز تطابق کانونیک و رگرسیون لجستیک مقایسه می‌شود تا با شناختن محاسن و معایب هر کدام بتوان در دیگر مناطق روش مناسب را انتخاب کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل مراتع پشتکوه استان یزد به مساحت 170000 هکتار بوده که در بین عرض‌های شمالی $31^{\circ} 33' 11''$ الی $31^{\circ} 04' 27''$ و طول‌های شرقی $06''$ الی $53^{\circ} 40' 19''$ قرار گرفته است (شکل 1). حداکثر ارتفاع منطقه از سطح دریا 3990 متر و حداقل آن 1400 متر می‌باشد. متوسط بارندگی از 270 میلی‌متر در ارتفاعات شیرکوه تا 45 میلی‌متر در حاشیه کویر چاه بیکی متغیر است (1). علت انتخاب این منطقه تنوع شرایط محیطی و در نتیجه وجود رویشگاه‌های مختلف گیاهی است که آن را برای ساخت مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه مناسب نموده است.

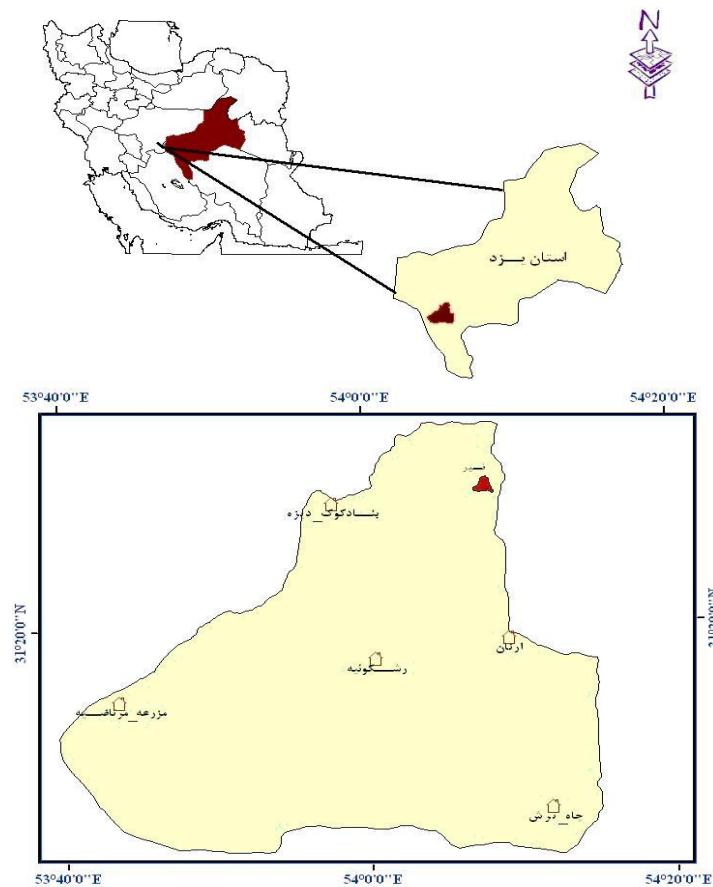
دوبروسکی¹ و همکاران (2006) مدل پراکنش گونه‌های گیاهی منطقه‌ای را در کالیفرنیا با استفاده از روش‌های رگرسیون غیرپارامتری تعیین کردند. متغیرهای پیش‌بینی کننده در این تحقیق ارتفاع، جهت، شیب و پتانسیل سالانه تابش مستقیم خورشید، شاخص رطوبت و فاصله از منابع آب بودند. نتایج نشان داد که استفاده از رگرسیون لجستیک با روش ماکزیمم درست‌نمایی دقت مدل را بهبود می‌بخشد و با این روش می‌توان نقشه پیش‌بینی پوشش گیاهی را تهیه کرد.

ایلیت² و همکاران (2006) در تحقیقی روش‌های مدل‌سازی را برای رویشگاه بیش از 226 گونه گیاهی در 6 منطقه جهان مقایسه کردند تا روشی جامع را ارائه دهند. این محققین بیان کردند که با در نظر گرفتن اطلاعات حضور گونه‌های گیاهی و شناخت عوامل مؤثر در پراکنش گونه‌ها و استفاده از مدل‌هایی نظیر GLM، GAM و شاخه درختی می‌توان مدل پیش‌بینی رویشگاه را ارائه کرد.

با وجود این که تحقیقات متعددی در خارج از کشور در مورد مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه انجام شده است، اما در این زمینه در داخل کشور تحقیقی صورت نگرفته است. اگر بتوان مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه را برای هر گونه گیاهی تعیین کرد، این امکان وجود خواهد داشت تا با دانستن شرایط محیطی، احتمال استقرار یک گونه گیاهی پیشنهاد شده در برنامه‌های اصلاح و احیای مراتع را پیش‌بینی کرد. با توجه به اهمیت استفاده از مدل‌های

1 - Dobrowski

2 - Elith



شکل 1: موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان یزد

برای تعیین سطح پلات‌های نمونه‌برداری با توجه به نوع گونه‌های گیاهی و تراکم پوشش آنها از روش سطح حداقل استفاده شد (جدول 1). تعداد نمونه مورد بررسی با توجه به تغییرات پوشش گیاهی از روش آماری تعیین گردید. بر این اساس در هر واحد نمونه‌برداری در 30 تا 50 پلات در طول 3 تا 5 ترانسکت 300 تا 500 متری که در طول مهمترین گرادیان محیطی مستقر شده بود، نمونه‌برداری انجام شد. در هر پلات نوع و تعداد گونه‌های گیاهی و درصد پوشش آنها تعیین گردید.

به منظور مدل‌سازی پوشش گیاهی عوامل مؤثر در پراکنش پوشش گیاهی نظیر عوامل محیطی و انسانی با استفاده از ابزارهایی از قبیل نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM)، زمین‌شناسی، اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی، تصاویر ماهواره‌ای، مطالعات میدانی و آزمایشگاهی کمی گردیدند. برای انجام مطالعات میدانی، نقشه واحدهای نمونه‌برداری از تلفیق نقشه‌های شکل زمین و زمین‌شناسی تهیه شد. نمونه‌برداری با روش تصادفی سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد ترانسکت انجام شد.

جدول 1: سطح مناسب پلات نمونه‌برداری در تیپ‌های گیاهی مراتع پشتکوه

ردیف	تیپ گیاهی	سطح پلات نمونه‌برداری (متر مربع)
1	<i>Artemisia aucheri</i>	2
2	<i>Scariola orientalis-Astragalus albispinus.</i>	2
3	<i>Scariola orientalis-Artemisia sieberi</i>	2
4	<i>Artemisia sieberi-Scariola orientalis</i>	2
5	<i>Artemisia sieberi</i>	4
6	<i>Artemisia sieberi-Zygophyllum eurypterum</i>	16
7	<i>Artemisia sieberi-Ephedra strobilacea</i>	16
8	<i>Ephedra strobilacea-Zygophyllum eurypterum</i>	16
9	<i>Rheum ribes-Artemisia sieberi</i>	6
10	<i>Cornulaca monacantha</i>	12
11	<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	16
12	<i>Tamarix ramosissima</i>	100

الکتریکی و املاح محلول (سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلر، کربنات، بی‌کربنات و سولفات) اندازه‌گیری گردیدند.

همچنین از آنجا که شدت چرای دام نیز بر پراکنش پوشش گیاهی مؤثر است، بنابراین در هر واحد نمونه‌برداری این عامل بر اساس میزان دام استفاده‌کننده از مراتع در مقایسه با ظرفیت، فصل چرا و دوره بهره‌برداری و همچنین آثار چرای دام در سه کلاس کم، متوسط و شدید ارزیابی شد (3 و 6).

به منظور تعیین عوامل مؤثر بر پراکنش پوشش گیاهی منطقه و ارائه مدل پیش‌بینی آن از روش‌های CCA¹ و رگرسیون لجستیک استفاده شد. سپس با کمک روش‌های زمین آمار و درون‌یابی کریجینگ نقشه عوامل موجود در مدل‌ها تهیه گردید. بعد از تهیه نقشه عوامل مورد نظر با بهره‌گیری از مدل‌های بدست آمده در سیستم GIS نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی تهیه گردید و برای ارزیابی میزان تطابق مدل پیش‌بینی با نقشه واقعی تیپ‌های گیاهی از شاخص کاپا (κ) استفاده شد. از این شاخص در اکثر مطالعات مدل‌سازی پیش‌بینی گونه‌های گیاهی از قبیل

برای نمونه‌برداری از خاک، در پلات‌های مستقر شده در ابتدا و انتهای هر ترانسکت یک پروفیل حفر شد. عمق پروفیل‌ها با توجه به عمق مؤثر ریشه‌دوانی گونه‌های مورد مطالعه بطور متوسط 80 سانتی‌متر انتخاب گردید. از آنجا که ریشه گیاهان مرتعی بیشترین فعالیتشان در عمق 0-30 سانتی‌متری است (7)، بنابراین این لایه بعنوان عمق اول و لایه 30-80 سانتی‌متری بعنوان عمق دوم انتخاب گردید و از این دو عمق نمونه خاک برداشت شد. در تحقیقی عبد-الغنی و آمر¹ (2003) عمق نمونه‌برداری از خاک را در منطقه‌ای بیابانی 50 سانتی‌متر انتخاب کردند. علاوه بر حفر پروفیل در ابتدا و انتهای ترانسکت‌ها از آنجا که برای تهیه نقشه خصوصیات خاک لازم است که نمونه‌برداری از خاک طوری انجام شود تا داده‌ها دارای ساختار مکانی مناسب باشند، بنابراین در واحدهای نمونه‌برداری تعداد بیشتری پروفیل حفر شد تا بتوان از اطلاعات آن برای تهیه نقشه استفاده کرد. در آزمایشگاه خصوصیات خاک شامل سنگریزه، بافت، رطوبت اشباع، رطوبت قابل دسترس، آهک، گچ، ماده آلی، اسیدیته، هدایت

1- Canonical Correspondence Analysis

1- Abd El-Ghani & Amer

مقیاس 1:50000 تهیه گردید. همچنین با استفاده از روش‌های زمین آمار نقشه خصوصیات خاک تهیه شد. بدین منظور ابتدا برای هر یک از خصوصیات ساختار مکانی داده‌ها بررسی گردید و اجزای مدل‌های تغییرنمای (واریوگرام) آنها تعیین شد (جدول 3). بعد از تعیین اجزای تغییرنما در نرم‌افزار Arc GIS نسخه 9 از طریق روش درون‌یابی کریجینگ، نقشه خصوصیات خاک شامل سنگریزه، رس، رطوبت قابل دسترس، ماده آلی، آهک، گچ، اسیدیتنه و هدایت الکتریکی برای دو عمق خاک در مقیاس 1:50000 تهیه شد.

گویسان¹ و همکاران (1999، 2002)، مانل² و همکاران (1999)، هیلبرت و اوستندرف³ و (2001)، لاک⁴ (2002)، موپسن و فرسکینو⁵ (2002)، ربرتسون⁶ و همکاران (2003) و لیو⁷ و همکاران (2005) برای ارزیابی اعتبار مدل استفاده شده است.

نتایج

رابطه 1 مدل پیش‌بینی پوشش گیاهی به روش CCA را نشان می‌دهد. با استفاده از این روش، عوامل مؤثر بر پراکنش پوشش گیاهی تعیین می‌شود و مدل پیش‌بینی رویشگاه بصورت کلی ارائه می‌گردد، اما با کمک رگرسیون لجستیک می‌توان رابطه بین حضور تک تک گونه‌ها را با عوامل محیطی بررسی کرد که در رابطه‌های 2 تا 12 آمده است.

جدول 2 بعضی از آماره‌های مربوط به رگرسیون لجستیک را نشان می‌دهد. با توجه به ضرایب تشخیص و نتایج آزمون هوسمر و لمشاو، روابط بدست آمده در سطح 5 درصد معنی‌دار هستند. در جداول 2 و 3 علائم اختصاری رابطه‌ها آورده شده است.

برای ارائه نقشه پیش‌بینی هر رویشگاه لازم است که نقشه هر یک از عوامل موجود در مدل‌ها تهیه شود. نقشه ارتفاع از سطح دریا از نقشه DEM و نقشه زمین‌شناسی نیز با استفاده از نقشه زمین‌شناسی 1:100000، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرائی در

2- Guisan
3- Manel
4- Hilbert & Ostendorf
5- Luck
6 - Moisen & Frescino
7 - Liu

$$Z = -0.57geo + 0.26abs + 0.88slope + 0.29gravel_1 + 0.22gravel_2 - 0.42clay_1 - 0.39clay_2 - 0.23lim_e_1 - 0.17lim_e_2 + 0.88OM_1 + 0.92OM_2 - 0.65AW_1 - 0.63AW_2 - 0.5gyps_1 - 0.69gyps_2 - 3/72EC_1 - 2/88EC_2 - 1/10PH_1 - 0/16PH_2 \quad (1) \text{ رابطه}$$

$$P(Ar.au) = \frac{1}{1 + e^{-(15.013gravel_1 - 347.009)}} \quad (2) \text{ رابطه}$$

$$P(Sc.or - As.al) = \frac{1}{1 + e^{-(0.015abs + 0.659clay_1 - 46.672)}} \quad (3) \text{ رابطه}$$

$$P(Sc.or - Ar.si) = \frac{1}{1 + e^{-(0.690abs - 25.035gravel_1 - 146.011OM_1 - 1250.033)}} \quad (4) \text{ رابطه}$$

$$P(Ar.si) = \frac{1}{1 + e^{-(0.610abs + 8.018gravel_2 - 9.46clay_2 - 231.892OM_2 + 1638.810)}} \quad (5) \text{ رابطه}$$

$$P(Ar.si - Sc.or) = \frac{1}{1 + e^{-(0.844clay_2 - 4.514AW_1 - 4.818)}} \quad (6) \text{ رابطه}$$

$$P(Ar.si - Zy.eu) = \frac{1}{1 + e^{-(0.781gravel_1 + 0.592gravel_2 - 0.734lim_2 + 0.483AW_1 + 5.452pH_2 - 40.798)}} \quad (7) \text{ رابطه}$$

$$P(Ep.st - Zy.eu) = \frac{1}{1 + e^{-(1.880gyps_2 - 47.277)}} \quad (8) \text{ رابطه}$$

$$P(Rh.ri - Ar.si) = \frac{1}{1 + e^{-(4.041clay_1 + 12.577OM_1 + 27.653)}} \quad (9) \text{ رابطه}$$

$$P(Co.mo) = \frac{1}{1 + e^{-(0.115abs + 6.548gravel_1 - 6.229gyps_1 + 94.378)}} \quad (10) \text{ رابطه}$$

(11) رابطه

$$P(Se.ro) = \frac{1}{1 + e^{-(2.362lime_1 - 70.517)}} \quad (12) \text{ رابطه}$$

$$P(Ta.ra) = \frac{1}{1 + e^{-(1.218EQ - 24.408)}}$$

رویشگاه‌هایی را که از نظر عوامل محیطی اختلاف قابل ملاحظه‌ای با هم دارند، بخوبی تفکیک کند. به کمک این روش رویشگاه‌های *R. ribes-A. aucheri* *C. E.strobilacea-Z.eurypterum.sieberi* *T. S. rosmarinus monacantha* *gramosissima* و اراضی بدون پوشش کاملاً از هم تفکیک شدند، اما پوشش گیاهی در درمنه‌زارها تفکیک نشده است. علاوه بر مدل‌سازی پوشش گیاهی با روش CCA برای مدل‌سازی پیش‌بینی

با اعمال رابطه 1 حاصل از روش CCA بر روی نقشه‌ها متغیرهای موجود در آن، نقشه پیش‌بینی پوشش گیاهی شکل 2 تهیه شد. دقت نقشه از طریق محاسبه ضریب کاپا ارزیابی گردید. بدین منظور در 100 نقطه میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی تیپ گیاهی با کمک ضریب مذکور تعیین شد. نتایج نشان می‌دهد که ضریب کاپا 0/58 است، بنابراین تطابق نقشه پیش‌بینی با واقعیت زمینی خوب ارزیابی می‌شود. با توجه به شکل 2 روش CCA قادر است

نقشه واقعی ضریب کاپا محاسبه گردید که مقادیر آن در جدول 4 آمده است. با توجه به جدول مذکور میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با واقعی در رویشگاه‌های *S. A. aucheri*، *R. ribes-A. orientalis-As. albispinus*، *A. sieberi-Z. eurypterum* و *E. strobilacea-Z.* متوسط، در تیپ‌های *T. S. rosmarinus, eurypterum* و *C. ramosissima* خوب و در تیپ *monacantha* عالی ارزیابی می‌شود.

رویشگاه تک تک گونه‌های گیاهی از رگرسیون لجستیک نیز استفاده شد. بعد از اعمال رابطه‌های 2 تا 12 بر روی لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر در سیستم GIS نقشه پیش‌بینی برای هر یک از رویشگاه‌ها تهیه گردید که به عنوان نمونه در شکل 3 برای یکی از رویشگاه‌ها ارائه شده است. در شکل مذکور علاوه بر نقشه پیش‌بینی، نقشه واقعی پوشش گیاهی نیز برای مقایسه وجود دارد. برای تعیین میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با

جدول 2- آماره‌های مربوط به رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی حضور گونه‌های گیاهی

مقدار HL^*	R^2	رویشگاه
1	1	<i>Artemisia aucheri (Ar.au)</i>
0/95	0/75	<i>Scariola orientalis-Astragalus albispinus (Sc.or-As.al)</i>
0/76	0/59	<i>S. orientalis-Artemisia sieberi (Sc.or-Ar.si)</i>
0/98	0/67	<i>A. sieberi-S. orientalis (Ar.si-Sc.or)</i>
1	1	<i>A. sieberi (Ar.si)</i>
1	1	<i>A. sieberi-Zygophyllum eurypterum (Ar.si-Zy.eu)</i>
1	1	<i>Rheum ribes-A. sieberi (Rh.ri-Ar.si)</i>
1	1	<i>Ephedra strobilacea-Z. eurypterum (Ep.st-Zy.eu)</i>
1	1	<i>Cornulaca monacantha (Co.mo)</i>
1	1	<i>Seidlitzia rosmarinus (Se.ro)</i>
1	1	<i>Tamarix ramosissima (Ta.ra)</i>

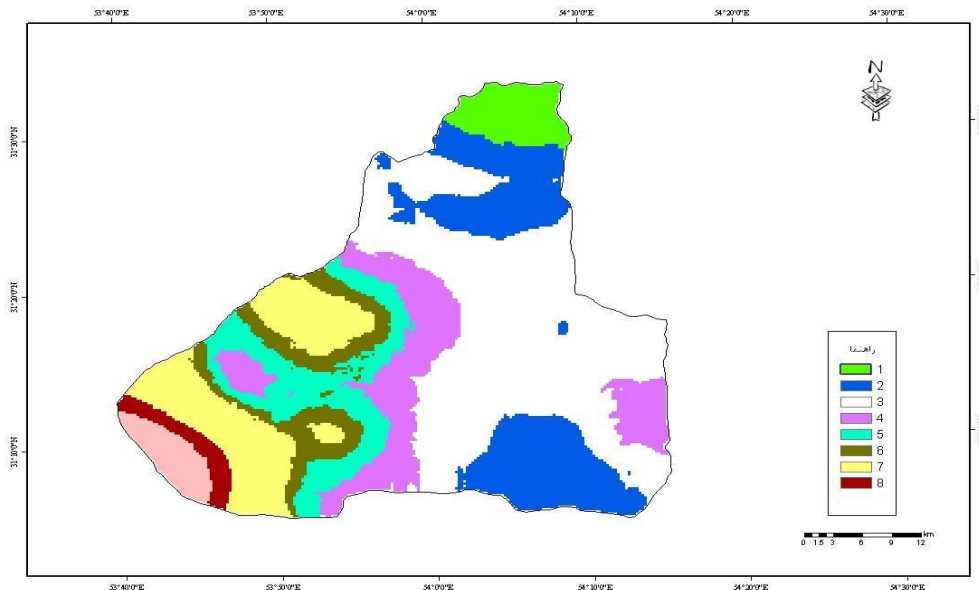
*: آماره هوسمر و لمشاو (Hosmer و Lemshow) که برای آزمون تطابق تعداد موارد مشاهده‌ای و پیش‌بینی بکار می‌رود و بالا بودن مقادیر آن نشان‌دهنده تطابق بیشتر است. در رابطه‌های 1 تا 12 geo نشان‌دهنده عامل زمین‌شناسی، abs بیانگر ارتفاع از سطح دریا و slope نشان‌دهنده عامل شیب است. بقیه علائم اختصاری نیز در جدول 3 ارائه گردیده است.

جدول 3- اجزای مربوط به تغییرنمای (واریوگرام) خصوصیات خاک انتخاب شده برای تولید نقشه

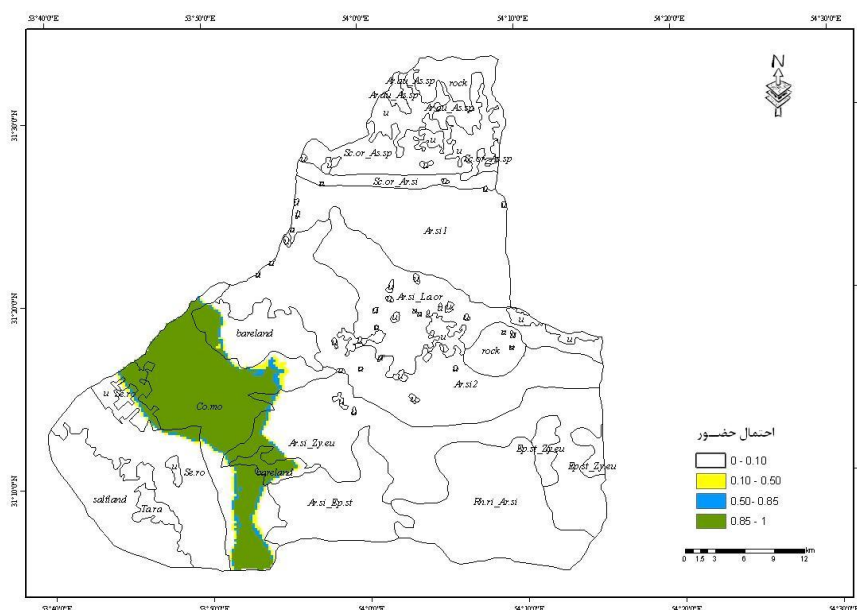
ردیف	خصوصیت	مدل تغییرنما	اثر قطعه‌ای (درصد)	استانه (درصد)	شعاع تأثیر (متر)	فاصله گام (متر)	ضریب همبستگی
1	سنگریزه 1 (gravel ₁)	کروی	0/00287	0/94532	19740	4590/52	0/89
2	سنگریزه 2 (gravel ₂)	کروی	0/0444	0/95820	15640	4590/52	0/81
3	رس 1 (clay ₁)	کروی	0/00276	1/03634	23680	4590/52	0/95
4	رس 2 (clay ₂)	کروی	0/10491	0/97463	16880	4590/52	0/84
5	رطوبت قابل دسترس 1 (AW ₁)	نمایی	0/32999	42999/10	18990	4590/52	0/78
6	رطوبت قابل دسترس 2 (AW ₂)	کروی	0/17000	8/72000	15720	4590/52	0/79
7	ماده الی 1 (OM ₁)	کروی	0/00850	3/79235	91710	4590/52	0/96
8	ماده الی 2 (OM ₂)	کروی	0/00215	3/91989	91710	4590/52	0/97
9	اهک 1 (lime ₁)	کروی	0/26279	2/16991	101100	4590/52	0/73
10	اهک 2 (lime ₂)	کروی	0/34209	1/94708	101100	4590/52	0/69
11	گچ 1 (gyps ₁)	کروی	0/003754	2/12352	85290	4590/52	0/90
12	گچ 2 (gyps ₂)	کروی	0/24988	2/23559	81740	4590/52	0/78
13	اسیدیته 1 (pH ₁)	کروی	0/13731	2/60071	101100	4590/52	0/97
14	اسیدیته 2 (pH ₂)	کروی	0/66694	1/49709	92480	4590/52	0/93
15	هدایت الکتریکی 1 (EC ₁)	کروی	0/32951	1/64325	93530	4590/52	0/82
16	هدایت الکتریکی 2 (EC ₂)	کروی	0/36977	1/71377	97030	4590/52	0/88

جدول 4- تعیین توافقی بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی برای نقشه‌های پیش‌بینی با استفاده از ضریب کاپا

ردیف	تپ گیاهی	ضریب کاپا	توافقی بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی
1	<i>A. aucheri</i>	0/47	متوسط
2	<i>S. orientalis-As. albispinus</i>	0/50	متوسط
3	<i>R. ribes-A. sieberi</i>	0/51	متوسط
4	<i>A. sieberi-Z. eurypterum</i>	0/42	متوسط
5	<i>E. strobilacea-Z. eurypterum</i>	0/58	خوب
6	<i>C. monacnatha</i>	0/90	عالی
7	<i>S. rosmarinus</i>	0/60	خوب
8	<i>T. ramosissima</i>	0/56	خوب



شکل 2: نقشه پیش‌بینی پوشش گیاهی مراتع پشتکوه با روش CCA (اعداد راهنمای نقشه گروه‌های تفکیک شده پوشش گیاهی هستند)



شکل 3: نقشه پیش‌بینی رویشگاه *Cornulaca monacnatha* (که بر نقشه پوشش گیاهی مراتع منطقه منطبق شده است)

بحث و نتیجه گیری

از بین روش‌های مختلف مدل‌سازی پیش‌بینی گونه‌های گیاهی، روش‌های CCA و رگرسیون لجستیک با توجه به طبیعت داده‌های بوم‌شناختی مناسب‌ترین هستند (17، 24، 26). این روش‌ها در اکثر تحقیقات مدل‌سازی پوشش گیاهی استفاده شده‌اند. هر کدام از این روش‌ها یک سری ویژگی‌ها دارند که در تجزیه و تحلیل باید مدنظر قرار گیرد. مقایسه نتایج مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی با روش‌های مذکور نشان می‌دهد که کاربرد هر کدام از این روش‌ها دارای یک سری محاسن و معایب است. در CCA مشکل همخطی بین متغیرهای پیش‌بینی (عوامل محیطی) به واسطه محاسبه مؤلفه‌های متعامد که واریانس را حداقل می‌کند، حل شده است. در حالی که در روش رگرسیون لجستیک باید در صورت وجود همخطی بین داده‌ها آن را بر طرف کرد (23). در رگرسیون لجستیک احتمال حضور گونه‌های گیاهی پیش‌بینی می‌شود، در حالی که در CCA مبنای تعیین ارتباط گونه و عوامل محیطی انحراف معیار داده‌هاست. در رگرسیون لجستیک اگر از روش گام به گام استفاده شود، می‌توان آشیان بوم‌شناختی ویژه هر گونه گیاهی را با دقت بالایی پیش‌بینی کرد. در صورتی که تعداد نمونه‌ها کم باشد دیگر نمی‌توان از این روش استفاده کرد و به نظر می‌رسد که CCA برای مدل‌سازی توزیع مکانی گونه‌های گیاهی مناسب‌تر است.

در مجموع CCA اطلاعات کلی از چند گونه گیاهی و عوامل مؤثر در تفکیک آنها را همزمان ارائه می‌دهد، اما با کاربرد رگرسیون لجستیک مدل ویژه بهتری برای هر گونه گیاهی ایجاد می‌شود، به طوری که با استفاده از مدل بدست آمده و اعمال آن بر روی لایه اطلاعاتی مورد نظر در سیستم GIS امکان تهیه نقشه پیش‌بینی برای آن گونه گیاهی وجود دارد. گویسان¹ و همکاران (1999) نیز با مقایسه دو روش CCA و رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی به چنین نتایجی دست یافتند.

بررسی نتایج مدل‌سازی با CCA و رگرسیون لجستیک نشان می‌دهد که در گونه‌های گیاهی با آشیان بوم‌شناختی محدود که رویشگاه‌های ویژه‌ای را می‌پسندند، یک عامل معرف رویشگاه آنهاست. نتایج هر دو روش این موضوع را تایید می‌کند. به عنوان مثال شوری زیاد خاک و بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی در رویشگاه گونه *T. ramosissima*، افزایش آهک خاک در *S. rosmarinus*، شنی بودن خاک در *C. monacantha* و گچی بودن خاک در *Eurypterum strobilacea-Z.* از عوامل معرف هر کدام از رویشگاه‌های مذکور است.

مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی رویشگاه‌هایی که شرایط ویژه‌ای دارند، بهتر تطابق می‌کند (39). در این پژوهش نیز کاربرد مدل‌های بدست آمده برای تهیه نقشه‌های

(2006)، لاسوئر^۷ و همکاران (2006) و ایلیت^۸ و همکاران (2006) در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی استفاده شده و جزئیات آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این روش با تعیین حضور یا عدم حضور گونه گیاهی، رابطه آن با عوامل محیطی مشخص می‌شود و می‌توان در مناطق دیگر در صورت دانستن عوامل محیطی، احتمال حضور گونه‌های گیاهی را پیش‌بینی کرد. مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه دارای کاربردهای متعددی هستند که از عمده‌ترین آنها در مدیریت مراتع دو مورد زیر است.

اول اینکه با مشخص شدن عوامل معرف گونه‌های گیاهی برای بررسی تغییرات درون رویشگاهی می‌توان مطالعه را بر روی آن عوامل متمرکز کرد و از صرف هزینه و زمان برای مطالعه کل عوامل جلوگیری نمود. به عنوان مثال بعد از دانستن اینکه عامل حضور گونه A، شوری خاک است، برای بررسی تغییرات درون رویشگاهی، اندازه‌گیری‌ها بر تغییرات شوری و نوع املاح متمرکز می‌شود.

دوم اینکه اگر مدل‌های پیش‌بینی در مناطق دیگر که گونه‌های موجود در این تحقیق در آنها وجود دارند، نیز استفاده و واسنجی شوند، می‌توان از مدل‌ها در تهیه نقشه پیش‌بینی گونه‌های گیاهی برای برنامه‌های اصلاح مراتع و همچنین مدیریت گیاهان نادر، دارویی و صنعتی استفاده کرد.

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان با روش CCA نقشه تفکیکی پوشش گیاهی

پیش‌بینی در رویشگاه‌های *S. A. aucheri*، *Rheum ribes-orientalis-As. albispinus*، *E. C. monacantha*، *A. sieberi*، *Z. Strobilacea*، *eurypterum* که *T. ramosissima* و *S. rosmarinus* شرایط رویشگاهی منحصر بفردی نسبت به هم دارند، بهتر با واقعیت تطابق دارد. از آنجا که گونه *A. sieberi* دامنه بوم‌شناختی وسیعی دارد و در مراتع پشتکوه نیز در سطح وسیعی مشاهده می‌شود، بنابراین مدل رگرسیون لجستیک قادر نیست تا نقشه پیش‌بینی را که با واقعیت منطقه تطابق داشته باشد، ارائه دهد. برای تجزیه و تحلیل رابطه بین حضور هر گونه گیاهی با عوامل محیطی مناسب‌ترین روش استفاده از رگرسیون لجستیک است. در این روش متغیر کیفی حضور یا عدم حضور^۱ گونه گیاهی بعنوان متغیر وابسته انتخاب می‌شود که رابطه آن با متغیرهای محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجا که شکل این تابع، منحنی سیگموئیدی بوده و بر اساس تحقیقات اکثر محققین رابطه بین گونه‌ها با عوامل محیطی بصورت غیرخطی و به شکل منحنی‌های سیگموئیدی یا گوسی است، بنابراین استفاده از این مدل متناسب با این نوع تحقیقات می‌باشد (34). از رگرسیون لجستیک توسط محققین دیگر نظیر وو و هوفر^۲ (1997)؛ بایو^۳ و همکاران (2002)؛ میلر و فرانکلین^۴ (2002)؛ میلر (2005)؛ لتیمار^۵ و همکاران (2005)؛ کارتر^۶ و همکاران

1 - Presence-Absence

2 - Wu & Huffer

3 - Bio

4 - Miller & Franklin

5 - Latimar

6 - Carter

7 - Lassueur

8 - Elith

انتخاب متغیرها همچنین به شرایط منطقه، مقیاس، دقت و هدف مطالعه نیز بستگی دارد. در صورت آزمودن مدل‌های به دست آمده برای هر گونه گیاهی در دیگر رویشگاه‌های طبیعی آن می‌توان مدل‌های پیش‌بینی با دقت مناسبی را بر هر گونه گیاهی ارائه کرد. با استفاده از این مدل‌ها امکان تعیین احتمال استقرار گونه‌های گیاهی در صورت دانستن عوامل محیطی وجود دارد. این قابلیت کاربرد زیادی برای پیشنهاد گونه مناسب در طرح‌های اصلاح و احیای مراتع دارد.

منطقه و با استفاده از رگرسیون لوجستیک احتمال حضور گونه‌های گیاهی را پیش‌بینی کرد. برای دستیابی به نتایج مطلوب در انتخاب عوامل مؤثر بر پراکنش گونه‌های گیاهی باید سعی کرد تا حد امکان با روش‌های تجزیه و تحلیل مناسب تعداد متغیرها را کاهش داد و آنهایی را انتخاب کرد که بیشترین تاثیر را بر پراکنش پوشش گیاهی دارند. بعلاوه نباید بین متغیرها همخطی وجود داشته باشد، زیرا نتایج بدست آمده را غیر واقعی و مبهم می‌سازند.

منابع

- 1- زارع چاهوکی محمدعلی، 1385. مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک. رساله دکتری مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، 180 صفحه.
- 2- Abd El-Ghani M.M. & W.M. Amer, 2003. Soil-vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. *Journal of Arid Environments* 55: 607-628.
- 3- Alard D. J.F. Bance & P.N. Frileux, 1994. Grassland vegetation as an indicator of the main agro-ecological factors in a rural landscape: consequences for biodiversity and wildlife conservation in central Normandy. *Journal of Environmental Management*, 42: 91-109.
- 4- Arundel S.T., 2005. Using spatial models to establish climatic limiters of plant species' distributions. *Ecological Modelling*, 182: 159-181.
- 5- Austin M.P., 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modeling. *Ecol. Model.*, 157: 101-118.
- 6- Barbaro L., T. Dutoit, F. Anthelme & E. Corcket, 2004. Respective influence of habitat conditions and management regimes in prealpine calcareous grasslands. *Journal of Environmental Management*, 72: 261-275.
- 7- Bednarek, R., Dziadowiec, H., Pokojaska, U., Prusinkiewicz, Z., 2005. *Badania ekologiczno-gleboznawcze (Soil-Ecological Research)*. PWN, Warszawa.
- 8- Bio A.M.F., P.D. Becker, E.D. Bie, W. Huybrechts & M. Wassen, 2002. Prediction of plant species distribution in lowland river valleys in Belgium: modeling species response of site conditions. *Journal of Biodiversity and Conservation*, 11: 2189-2216.
- 9- Boncz B., Z. Vekerdy & I. Szabó, 2005. Modelling vegetation patterns in a European wetland area using hydrological parameters, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 07203, 2005 SRef ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-07203.
- 10- Cabeza M., M.B. Araujo, R.J. Wilson, C.D. Thomas, M.J.R. Cowley & A. Moilanen, 2004. Combining probabilities of occurrence with spatial reserve design. *Ecology* 41, 252-262.

- 11- Carter G. M., E.D. Stolen & D.R. Breininger, 2006. A rapid approach to modeling species–habitat relationships. *Journal of Biological Conservation*, 127: 237 –244.
- 12- Chuanyan Z., N. Zhongren & C. Guodong, 2005. Methods for modelling of temporal and spatial distribution of air temperature at landscape scale in the southern Qilian mountains, China. *Ecol. Modell.* 189 (1–2), 209–220.
- 13- Dirnbock T. & S. Dullinger, 2004. Habitat distribution models, spatial autocorrelation, functional traits and dispersal capacity of alpine plant species. *Journal of Vegetation Science*, 15: 77-84.
- 14- Dobrowski S.Z., J.A. Greenberg, C.M. Ramirez & S.L. Ustin, 2006. Improving image derived vegetation maps with regression based distribution modeling. *Ecological modeling*, 192: 126-142.
- 15- Elith J., C. H. Graham, R.P. Anderson, M. Dudi'k, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J.R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L.G. Lohmann, B.A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. T. Peterson, S.J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R.E. Schapire, J. Sobero'n, S. Williams, M.S. Wisz & N.E. Zimmermann, 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.
- 16- Elith, J. and Burgman, M. A. 2002. Predictions and their validation: rare plants in the Central Highlands, Victoria, Australia. In: Scott, J. M. et al. (eds), *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*. Island Press, pp. 303-314.
- 17- Evans N.V., 2000. The vegetation potential of natural rangelands in the Mid-Fish river valley, Eastern Cape, South Africa: Towards a sustainable and acceptable management system. PhD Thesis, Rhodes University, 100 pp.
- 18- Ferrier S., G. Watson, J. Pearce & M. Drielsma, 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. I. Species-level modelling. *Biodivers. Conserv.* 11, 2275–2307.
- 19- Guisan A., & N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- 20- Guisan A., J.P. Theurillat & F. Kienast, 1998. Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environment. *J. Veg Sci.*, 9: 65-74.
- 21- Guisan A., S. B. Weiss & A. D. Weiss, 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution (abstract-GEOBASE). *Plant Ecology*, 143(1): 107-122.
- 22- Guisan A., T. C. J. Edwards, & T. Hastie. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157:89-100.
- 23- Heikkinen R.K., 1996. Predicting patterns of vascular plant species richness with composite variables: a meso-scale study in Finnish Lapland. *Vegetatio*, 126: 151-165.
- 24- Hettrich A. & S. Rosenzweig, 2003. Multivariate statistics as a tool for model-based prediction of floodplain vegetation and fauna. *Ecological Modelling*, 169: 73–87.
- 25- Hilbert D. W. & B. Ostendorf, 2001. The utility of artificial neural networks for modeling the distribution of vegetation in past, present and future climates. *Ecol. Modell.* 146: 311-327.
- 26- Hosmer, D.W. & S. Lemeshow, 2000. *Applied Logistic Regression*. Wiley, New York, 307 pp.
- 27- Jelaska S. D., O. Antoni, T. Nikoli, V. Hršak, M. Plazibat & Josip Križan, 2003. Estimating plant species occurrence in MTB/64 quadrants as a function of DEM-based variables—a case study for Medvednica Nature Park, Croatia, *Ecological Modelling*, 170: 333 343.

- 28- Lassueur T., S. Joost & C. F. Randin, (in press). Very high resolution digital elevation models: Do they improve models of plant species distribution?. *Journal of Ecological Modelling*.
- 29- Latimer A.M., Wu. Shanshan, A.E. Gelfand & J.A. Silander, 2005. Building statistical models to analyze species distributions. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, 52 pp.
- 30- Lauver C.L., W.H. Busby & J.L. Whistler, 2002. Testing a GIS model of habitat suitability for a declining grassland species. *Environmental Management*, 30: 88–97.
- 31- 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.
- 32- Luck G. W., 2002. The habitat requirements of the rufous treecreeper (*Climacteris rufa*). 2. Validating predictive habitat models. *Biol. Conserv.* 105: 395-403.
- 33- Manel S., J. M. Dias & S. J. Ormerod, 1999. Comparing discriminate analysis, neural networks and logistic regression for predicting species distributions: a case study with a Himalayan river bird. *Ecol. Modell.* 120: 337-347.
- 34- McCune B., 2004. Nonparametric multiplicative for habitat modeling. Oregon state university, USA, 43 pp. www.pcord.com.
- 35- Miller J., & J. Franklin, 2002. Modeling the distribution of four vegetation alliances using generalized linear models and classification trees with spatial dependence. *Journal of Ecological Modelling*, 157(2-3): 227-247.
- 36- Miller J., 2005. Incorporating Spatial Dependence in Predictive Vegetation Models: Residual Interpolation Methods, *The Professional Geographer*, 57(2): 169-184.
- 37- Moisen G.G. & T. S. Frescino, 2002. Comparing five modeling techniques for predicting forest characteristics. *Ecol. Modell.* 157: 209-225.
- 38- Robertson M. P., C. I. Peter, M. H. Villet & B.S. Ripley, 2003. Comparing models for predicting species' potential distributions: a case study using correlative and mechanistic predictive modeling techniques, *Ecological Modelling* 164: 153–167.
- 39- Wiser S. K., K. P. Robert & S. W. Peter, 1998. Prediction of rare-plant occurrence: A southern Appalachian example, *Ecological Applications*, 8 (4): 909–920.
- 40- Wu H. & F. W. Huffer, 1997. Modeling the distribution of plant species using the autologistic regression model. *Journal of Ecological Statistics*, 4: 49-64

Comparison of modelling techniques for predicting the probability of species presence in arid and semi-arid rangelands (Case study: Poshtkouh region of Yazd province)

M.A. Zare Chahouki¹, M. Jafari², H. Azarnivand³ & M. Shafizadeh⁴

Abstract

The current research was carried out to compare modeling methods for providing their predictive habitat models. For this purpose, study was conducted in Poshtkouh rangelands of Yazd province. For modeling, vegetation data in addition to site condition information including topography, climate, geology, soil and grazing intensity were prepared. Sampling was done in homogeneous units, which these units resulted from overlaying of hypsometry, aspect, slope, geology and vegetation maps. Within each unit 3-5 parallel transects with 300-500 m length, each containing 30-50 quadrates (according to vegetation variations) were established. Sampling method was randomized–systematic. Quadrate size was determined for each vegetation type using the minimal area; hence suitable quadrate size for different species ranged from 1*2m to 10*10m (2-100 m²). Soli samples were taken from 0-30 and 30-80 cm in starting and ending points of each transect. Measured soil properties included gravel, texture, available moisture, saturation moisture, organic matter, lime, gypsum, pH, electrical conductivity and soluble ions (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻ and SO₄²⁻). CCA and Logistic Regression (LR) techniques were implemented for plant species predictive modeling. To plants predictive mapping, it is necessary to prepare the maps of all affective factors of models. To mapping soil characteristics, geostatistical method including variogram analysis and Kriging interpolation were used. Based on obtained predictive models for each species (through LR method) and for whole species (through CCA method) related predictive maps were prepared in GIS. The accuracy of predictive maps were tested with actual vegetation maps. Vegetation modeling results with CCA indicates that predictive map of vegetation corresponds with actual map (with high accuracy). Predictive maps of species, which have narrow amplitude, is as the same of actual vegetation map prepared for the study area. In general, LR will provide better specific-model, but CCA will provide a broader overview of multiple species.

Keywords: Canonical Correspondence Analysis, Environmental factors, Geostatistical methods, Logistic Regression, Poshtkouh rangelands, Predictive vegetation modeling

1 and 3- Assistant Professors, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, University of Tehran.

2 - Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, University of Tehran

4- MSc. of De-desertification, Natural Resources College, University of Tehran