فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۵، شماره ۳، صفحه ۵۲۳-۵۱۲ (۱۳۹۷)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrdr.2018.117794

مقایسه مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDM) پارامتریک و غیر پارامتریک در تعیین رویشگاه گونه‌های غالب مرتعی (مطالعه موردی: مراتع خط ریز)

منصوره کارگر[1*]، زینب جعفریان[2]، رضا تمرتاش[3] و سید جلیل علوی[4]

۱*- نویسنده مسئول، دکترای علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران، پست الکترونیک: kargar_sahar@ yahoo.com
۲- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۳- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۴- استادیار، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس نور، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۲

چکیده

اکولوژیست‌ها و مدیران محیط‌زیست به طور فزاینده‌ای مدل‌های پیش‌بینی را به‌عنوان وسیله‌ای برای بررسی الگوهای پراکنش گونه‌ای تأکید می‌کنند. هدف این تحقیق بررسی کارآمدی مدل خطی تعمیم یافته (GLM) و مدل جمعی تعمیم یافته (GAM) در تعیین روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی در مراتع خطه ریز است. شاخص‌های محیطی مطالعه شده شامل خصوصیات خاک (۱۵ مورد)، عوامل توپوگرافی (۳ مورد) و عوامل اقلیمی (۳ مورد) بودند. نمونه‌برداری با روش طبقه‌بندی- تصادفی مساوی انجام گردید. سه گونه غالب منطقه *Bromus tomentollus*، *Ferula ovina* و *Agropyron repens* تشخیص داده شدند. نتایج نشان داد در مدل GLM برای گونه *Ferula ovina* متغیرهای فسفر و شیب تأثیرگذار بودند. برای گونه‌های *Bromus tomentollus* و *Agropyron repens* متغیرهای رطوبت سالانه، بارندگی، سیلت و شیب تأثیر داشتند. در مدل GAM نیز در رابطه با گونه *Ferula ovina* رطوبت در دسترس، سیلت و ماده آلی از عوامل تأثیرگذار بر پراکنش این گونه بودند. برای گونه *Bromus tomentollus* سیلت، پتاسیم، اسیدیته و رطوبت سالانه در پراکنش تأثیر داشتند. همچنین متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه *Bromus tomentollus* در مدل GAMشیب و سیلت بودند. ارزیابی مدل با استفاده از ضرایب آماری سطح زیر منحنی (AUC) به‌ترتیب برای مدل‌های GLM و GAM، ۰/۶۳ و ۰/۷۰ بودند که نشان‌دهنده دقت مدل قابل قبول و خوب است.

واژه‌های کلیدی: خاک، گونه‌های غالب مرتعی، مدل خطی تعمیم یافته (GLM)، مدل جمعی تعمیم یافته (GAM).

www.SID.ir

مقدمه

با پردازش داده‌های محیطی و داده‌های حضور و عدم حضور و با استفاده از روش‌های مختلف آماری می‌توان احتمال رخداد گونه‌ها را محاسبه کرد و به مدیران منابع طبیعی کمک نمود تا با اختصاص زمان و هزینه کمتر، به شناسایی عوامل تهدید کننده جمعیت‌ها، فاکتورهای مهم در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و تعیین تأثیر اقلیم بر پراکنش جغرافیای گونه‌های گیاهی بپردازند. همچنین استفاده از این روش‌ها می‌تواند به رویشگاه‌های مطلوب گونه‌های گیاهی و جانوری، ارائه فرضیه‌های جدید در ایجاد الگوهای تنوع زیستی، بررسی سناریوهای تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی، طرح‌های مبارزه بیولوژیک با فرسایش و مناطق با اهمیت حفاظتی کمک کند (Mostafavi *et al.*, 2010؛ Coudon *et al.*, 2006). ظهور هر گونه گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی و روابط بین گونه‌ایست. اگر به طریقی بتوان مؤثرترین عوامل را برای هر گونه گیاهی تعیین کرد و رفتار گونه را با متغیرهای محیطی و گونه‌های همراه بررسی نمود، می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای دست یافت (Saki *et al.*, 2010; Sahragard & Zarechahoki., 2015). به‌منظور بررسی روابط بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی از روش‌های آماری مختلفی مانند روش‌های مختلف رگرسیون و تحلیل چند متغیره استفاده می‌شود که انتخاب هریک از این روش‌ها به هدف تحقیق و نوع داده‌ها بستگی دارد. در روش‌های رسته‌بندی و طبقه‌بندی نمی‌توان رابطه بین همه گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی را همزمان تجزیه‌وتحلیل کرد، درحالی که در تجزیه رگرسیون می‌توان هر گونه گیاهی را به تفکیک بررسی نمود (Jafarian & Kargar, 2012). مدل‌های پراکنش گونه‌ای به دو دسته مدل‌های متمایز کننده گروه‌ها (Discrimination) و مدل‌های پروفیل (Profile) تقسیم می‌شوند. مدل‌های متمایز کننده گروه‌ها نیازمند داده‌های حضور و عدم حضور بوده و بر مبنای همبستگی و ارتباط بین متغیرها هستند و این ارتباطات را به صورت توابع ریاضی نشان می‌دهند و خود به دو گروه مدل‌های پارامتریک و مدل‌های غیر پارامتریک طبقه‌بندی می‌شوند (Tarkesh & Gotiferd, 2012). ازجمله مدل‌های پارامتریک می‌توان به رگرسیون خطی چندمتغیره (MLR: Multiple Linear regression) و مدل خطی تعمیم یافته (GLM: General Linear Model) و از مدل‌های ناپارامتریک می‌توان به مدل جمعی تعمیم یافته (GAM) و درخت رگرسیون و طبقه‌بندی (CART: Classification and Regression Tree) اشاره نمود (Tamura *et al.*, 2004). مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته نسبت به مدل‌های خطی تعمیم‌یافته از چند نظر برتری دارند و هدف از به‌کاربردن این مدل‌ها به حداکثر رساندن کیفیت پیش‌بینی متغیر وابسته، کشف روابط غیرخطی و غیریکنواخت بین متغیر پاسخ و مجموعه متغیرهای تبیینی است (Hastie & Tibshirani, 1990). در مطالعه‌ای رابطه بین متغیرهای توپوگرافی، شیب، نور، برف و توان اشباع خاک با چهار گونه گیاهی در پارکی در شرق گلاسیر پرتغال با استفاده از مدل‌های خطی تعمیم یافته و جمعی تعمیم یافته بررسی شد. نتایج بیانگر این مطلب بود که مؤثرترین عامل بر توزیع گونه‌های مورد مطالعه متغیر توپوگرافی است (Brown,1994). Artsen و همکاران (۲۰۱۰) تکنیک‌های مدل‌سازی مختلف را برای پیش‌بینی شاخص رویشگاه گونه‌ها در جنگل‌های کوهستانی آنتالیا در ترکیه مقایسه و رتبه‌بندی نمودند. در این تحقیق آنان از پنج تکنیک مدلسازی شامل رگرسیون خطی چند متغیره (MLR)، درخت رگرسیون و طبقه‌بندی (CART)، درخت رگرسیون تقویت‌شده (BRT)، مدل‌های جمعی تعمیم یافته (GAM) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در بین مدل‌ها، مدل GAM بهتر از سایر روش‌ها شاخص رویشگاه را برای سه گونه *Pinus brutia* ,*Pinus nigra* و *Cedrus libani* پیش‌بینی نمود. Dubuis (2013) در پیش‌بینی الگوهای مکانی تنوع زیستی گونه‌های گیاهی مرتعی در سوییس با استفاده از چهار مدل خطی تعمیم یافته (GLM)، مدل تقویت‌شده تعمیم یافته (GBM)، مدل جمعی تعمیم یافته (GAM) و مدل جنگل تصادفی (RF) نشان داد

Archive of SID

www.SID.ir

که از بین متغیرهای خاکی، اسیدیته و درصد نیتروژن خاک بیشترین تأثیر را در مدل‌های پراکنش گونه‌ای دارند. همچنین پیش‌بینی‌کننده‌هایی با قدرت تفکیک بالاتر بهتر می‌توانند مدل‌های پراکنش گونه را پیش‌بینی کنند. در داخل کشور نیز محققان زیادی ازجمله Jafarian و همکاران (۲۰۱۲) در تهیه نقشه مکانی گونه‌های گیاهی با استفاده از رگرسیون لجستیک در مراتع رینه به این نتیجه دست یافتند که همبستگی مربوط به مدل گراس چند ساله و *Acantholimon demawendicum* با ضریب یک است و در مرتبه بعدی گونه *Onorychis corunata* با ضریب ۰/۸۷۹ قرار دارد. تاکنون در ایران در زمینه مدل‌های رسته‌بندی و طبقه‌بندی (Jafarian *et al.*, 2010)؛ رگرسیون لجستیک (Jafarian & Kargar, ۲۰۱۲) و تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA) (Safaei *et al.*,2012) مطالعاتی انجام شده است. هدف از این تحقیق تعیین مهمترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر پوشش گیاهی است تا برای صرفه‌جویی در هزینه و زمان در امر اصلاح و احیاء به این عوامل توجه گردد. همچنین نتایج مدلسازی پراکنش گونه‌ها می‌تواند در مکان‌یابی مناطق مستعد برای احیای رویشگاه‌های بالقوه گونه‌های مورد نظر استفاده شود. از آنجایی که کارایی مدل‌های GLM و GAM در پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی تأیید شده اما در داخل کشور کمتر از آنها استفاده شده، ازاین‌رو مطالعه کارآمدی آنها ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مرتع خطه‌ریز بخشی از حوزه آبخیز لاسم در یکصد کیلومتری جنوب‌شرقی آمل بوده و در محدوده طول جغرافیایی ۵۲ درجه، ۱۱ دقیقه و ۱۸ ثانیه تا ۵۲ درجه و ۵ دقیقه و ۲۳ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه و ۳۶ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه و ۴۱ ثانیه واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه حدود ۵۰۰۰ هکتار است. دامنه ارتفاعی آن از ۲۲۵۷ متر تا ۳۹۱۵ متر از سطح دریا می‌باشد. منطقه دارای خاک نسبتا عمیق از نوع رسی، شنی و سیلتی لومی بوده و از نظر تشکیلات زمین‌شناسی بر روی سازندهای مربوط به دوره ائوسن قرار دارد. از نظر اقلیمی، میانگین درجه حرارت در زمستان ۰/۰۳- و در تابستان ۱۹/۲ درجه سانتیگراد و اقلیم منطقه به روش آمبرژه نیمه‌خشک سرد بوده، همچنین میانگین رطوبت نسبی منطقه ۶۲ درصد و میانگین بارندگی سالانه آن ۳۷۷ میلی‌متر می‌باشد (اداره منابع طبیعی شهرستان آمل).

جمع‌آوری داده‌ها

برای نمونه‌برداری از پوشش گیاهی و خاک از روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی تصادفی- مساوی استفاده شد (Hirzel & Guisan, 2002). ابتدا منطقه مطالعه بر اساس ارتفاع، شیب، جهت و زمین‌شناسی به تعدادی طبقه یا واحد همگن نمونه‌برداری تقسیم شد. در واقع با طبقه‌بندی منطقه به کمک عوامل مذکور تغییرات عوامل توپوگرافی و با استقرار تصادفی پلات‌ها در واحدهای نمونه‌برداری و پراکنش مناسب این واحدها تغییرات عوامل دیگر در منطقه به‌ویژه عوامل خاکی و پوشش گیاهی در این مطالعه لحاظ گردیدند. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه اسکن و بعد زمین‌مرجع شدند. خطوط میزان ۲۰ متری از روی این نقشه‌ها رقومی شد. سپس این لایه‌های رقومی اصلاح و از آن برای ساخت نقشه مدل رقومی زمین استفاده و با استفاده از نقشه DEM، نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت تهیه گردید. نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت شیب هریک به تفکیک به چند حالت طبقه‌بندی شد تا بهترین طبقه‌بندی قابل اجرا در عرصه انتخاب گردید (Jafarian *et al.*, 2010). در مرحله بعد نقشه‌های طبقات ارتفاع، طبقات جهت و طبقات شیب و زمین‌شناسی روی‌هم‌گذاری شدند تا واحدهای نمونه‌برداری حاصل گردید. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در فصل رویش گیاهی منطقه (خرداد و تیر) انجام شد. در هر واحد نمونه‌برداری تعدادی پلات به طور تصادفی مستقر گردید

Archive of SID
www.SID.ir

و در پلات‌ها لیست گونه‌ها، حضور و عدم حضور آنها یادداشت شد (Dubuis, 2013). همچنین متغیرهای اقلیمی شامل میانگین بارندگی سالیانه و فصل رویش، رطوبت سالانه و فصل رویش، میانگین درجه حرارت سالانه و فصل رویش از اداره کل هواشناسی استان مازندران تهیه شد (Dubuis *et al.*, 2013). موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری با GPS ثبت شد و با روی‌هم‌گذاری نقشه نقطه‌ای این نقاط و نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع، داده‌های فیزیوگرافی مربوط به نقاط نمونه‌برداری به‌دست آمد. در هر واحد نمونه‌برداری ۱۰ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری برداشت شد. نمونه‌های خاک را در هوای آزاد خشک و بعد در هاون کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. در آزمایشگاه ویژگی‌های مختلف خاک شامل بافت خاک (درصد شن، رس و سیلت) با روش هیدرومتری بویکس، نیتروژن به روش کجلدال، کربن آلی با روش اکسیداسیون مرطوب والکی بلک، اسیدیته خاک در گل اشباع، فسفر کل با روش کلری‌متری و پتاسیم قابل جذب بعد از استخراج با استات آمونیوم ۸ نرمال با اسیدیته ۷ اندازه‌گیری شد (Jafari haghighi, 2004). با استفاده از GPS موقعیت جغرافیایی محل نمونه‌های خاک برداشت و ثبت گردید.

مدل جمعی تعمیم‌یافته (GAM)

یکی از روش‌های آماری مهم که در چهل سال گذشته توسعه پیدا کرده است مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته می‌باشد. این مدل، یک مدل ناپارامتری بوده و بسط مدل‌های خطی تعمیم یافته است که خود نیز بسط مدل‌های خطی می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از نسخه 2-9-2 نرم‌افزار آماری R و بسته GRASP که توسط Lehman و همکاران (۲۰۰۲) ارائه شد، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها انجام شده است. همچنین با توجه به ماهیت متغیر پاسخ (۰ و ۱)، توزیع متغیر پاسخ دوجمله‌ای در نظر گرفته شد. برای بررسی ارزیابی مدل‌ها از روش Ten- fold در بسته (Caret) استفاده شد. بدین صورت که داده‌ها به صورت تصادفی به ده قسمت تقسیم شدند. برای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی مدل از ضرایب آماری کاپا (Cohen's Kappa)، سطح زیر منحنی (AUC) و TSS استفاده شد. برای انجام آنالیزها از بسته (Presence-Absence) در نرم‌افزار R (R Development Core Team .2008) نسخه ۳,۱,۱ برای مدل GLM استفاده شد (Freeman & Moisen, 2008).

نتایج

یکی از اساسی‌ترین مشکلاتی که محققان با آن روبرو هستند وجود هم‌خطی بین متغیرهای مستقل می‌باشد. به‌منظور بررسی هم‌خطی یا هم‌راستایی بین متغیرهای مستقل از عامل تورم واریانس (VIF) استفاده گردید (Hererra *et al.*,۲۰۰۴). متغیرهایی که VIF آنها کمتر از ۱۰ باشد مشکل هم‌راستایی نخواهند داشت (Guisan *et al.*, 2002). بدین‌منظور ابتدا مقدار VIF برای تمام متغیرهای مستقل محاسبه شد؛ آنگاه نتایج نشان داد که مقدار VIF برای متغیرهای درصد رس، درصد شن، درصد کربن آلی، نقطه پژمردگی و درجه حرارت بالاتر از ۱۰ می‌باشد. در نتیجه این پنج متغیر از تجزیه‌وتحلیل حذف شدند و مدل سازی با استفاده از باقیمانده متغیرها انجام شد. آماره‌های توصیفی مربوط به متغیر اقلیمی، عوامل خاکی و توپوگرافی در جدول ۱ ارائه گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف استاندارد برای متغیرهای پاسخ و تبیینی

خصوصیات	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد
اسیدیته	۷/۱۰	۸	۷/۴۴	۰/۳۸
فسفر	۳/۸۰	۲۶	۱۲/۵۹	۲/۳۱
ماده آلی	۰/۰۴۱	۱/۶۶	۰/۷۰۸	۰/۰۲۹
نیتروژن	۰/۰۱۱	۰/۲۷۱	۰/۰۶۲	۰/۰۱۰
رطوبت	۶۲/۱۴	۶۳/۱۷	۶۲/۷۲	۹/۱۳
پتاسیم	۱۰۸	۳۶۴	۲۵۶/۱	۴۷/۹۸
سیلت	۱۱	۶۴	۲۹/۵۶	۴/۱۲
ظرفیت زراعی	۱۳	۵۰	۳۰/۸۶	۹/۴۳
نسبت کربن به نیتروژن	۱/۲۰	۱۵/۸۸	۷/۶۵	۱/۳۹
وزن مخصوص	۱/۱۴	۱/۵۱	۱/۴۲	۱/۰۳
رطوبت در دسترس	۶	۱۹	۱۲/۴۱	۴/۸۱
جهت	۰/۰۵	۱/۹۱	۰/۸۲۱	۰/۰۷
شیب	۳	۲۲	۱۰/۴۱	۲/۵۵
ارتفاع	۲۵۲۴	۳۱۶۱	۲۷۹۰	۱۸۲۱
بارندگی	۵۱۱/۷	۵۲۰/۲	۵۱۸/۲	۲۹۳/۱۲

نتایج حاصل از جدول ۲ بیانگر این مطلب است که در مدل GLM متغیرهای فسفر، اسیدیته، شیب، بارندگی و رطوبت نسبی سالیانه در پراکنش گونه‌های مورد مطالعه تأثیرگذار بودند. همچنین در مدل GAM نیز ماده آلی، اسیدیته، درصد سیلت، درصد پتاسیم و رطوبت در دسترس در پراکنش گونه‌ها تأثیر داشتند.

جدول ۲- متغیرهای پیش‌بینی‌گر انتخاب شده در مدل با استفاده GLM و GAM

گونه مورد مطالعه	تکنیک مدلسازی	متغیرهای انتخاب شده توسط مدل
Ferula ovina	GLM	درصد فسفر، شیب
	GAM	ماده آلی، درصد سیلت، رطوبت در دسترس
Bromus tomentollus	GLM	رطوبت سالیانه، بارندگی سالیانه، اسیدیته
	GAM	درصد سیلت، درصد پتاسیم، رطوبت در دسترس، اسیدیته
Agropyron repens	GLM	شیب، بارندگی سالیانه، رطوبت نسبی سالیانه
	GAM	درصد سیلت، شیب

www.SID.ir

گزینش متغیرها با استفاده از روش گام به گام و معیار AIC در مدل GAM نشان می‌دهد که شیب، ماده آلی، سیلت، اسیدیته، پتاسیم و رطوبت در دسترس متغیرهای مؤثر بر پراکنش گونه‌های غالب مرتعی منطقه خطه ریز هستند. بر اساس نتایج حاصل از این روش و استفاده از مقادیر درجه آزادی به‌دست آمده در جدول ۳ می‌توان گفت که متغیرهای سیلت و رطوبت در دسترس در *Ferula ovina* رابطه خطی (درجه آزادی ۱) با متغیر پاسخ دارند و درصد ماده آلی رفتاری غیرخطی را نشان می‌دهند. سیلت، اسیدیته، رطوبت در دسترس و پتاسیم در *Bromus tomentollus* و متغیر شیب در *Agropyron repens* رابطه خطی (درجه آزادی ۱) با متغیر پاسخ دارند. در جدول ۳ اهمیت نسبی هریک از متغیرهای اثرگذار ارائه گردیده است. با مراجعه به این جدول ملاحظه می‌گردد که سیلت، اسیدیته و رطوبت در دسترس مهمترین متغیر در تغییرات پراکنش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه هستند.

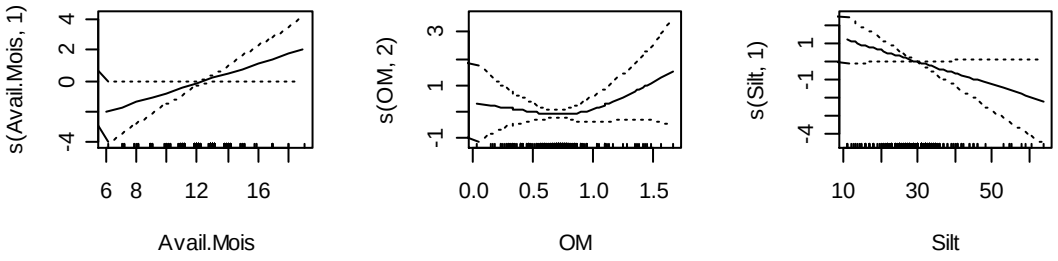
جدول ۳- نتایج برازش مدل جمعی تعمیم‌یافته گونه‌های غالب مرتعی خطه ریز با متغیرهای معنی‌دار مورد بررسی

	Ferula ovina		*Bromus tomentollus*		*Agropyron repens*	
متغیر	درجه آزادی	اهمیت نسبی	درجه آزادی	اهمیت نسبی	درجه آزادی	اهمیت نسبی
شیب	–	–	–	–	۱	۲/۹۳
ماده آلی	۲	۱/۶۱	–	–	–	–
سیلت	۱	۳/۳۸	۱	۳/۷۵	۲	۳/۴۷
اسیدیته	–	۷/۸۳	۱	۱/۷۸	–	–
پتاسیم	–	–	۱	۱/۱۴	–	
رطوبت در دسترس	۱	۴/۰۶	۱	۵/۱۲	–	–

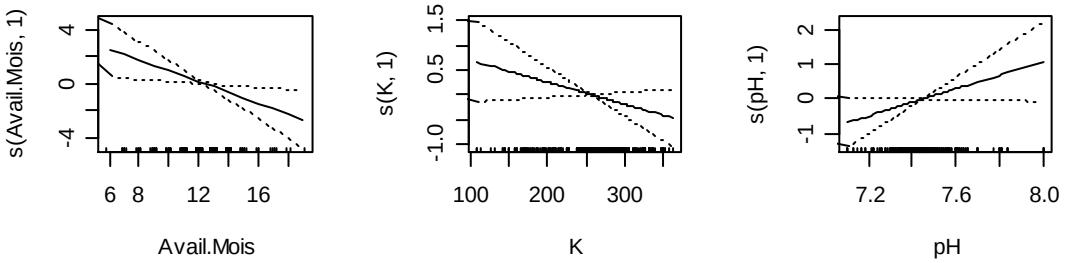
در شکل‌های زیر نمودار مؤلفه‌های هموارسازی برای متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های غالب مرتعی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود سیلت رابطه خطی کاهشی، ماده آلی رابطه کاهنده درجه آزادی ۲ و رطوبت در دسترس دارای رابطه خطی افزایشی با حضور گونه *Ferula ovina* می‌باشد (شکل۱). اسیدیته و سیلت دارای رابطه خطی افزایشی و با درجه آزادی ۱ است که در آن با افزایش اسیدیته و درصد سیلت خاک حضور گونه *Bromus tomentollus* افزایش می‌یابد. رطوبت در دسترس و پتاسیم نیز از نوع کاهنده درجه ۱ است و با افزایش رطوبت در دسترس و پتاسیم حضور گونه *Bromus tomentollus* کاهش می‌یابد (شکل۲). حضور گونه *Agropyron repens* با شیب رابطه خطی افزایشی دارد. رابطه سیلت نیز با حضور گونه از نوع افزایشی درجه ۲ است (شکل۳).

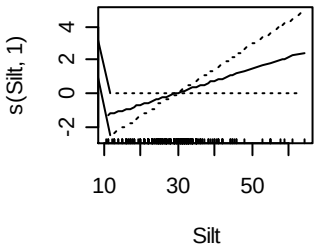
نتایج حاصل از عملکرد مدل‌های GLM و GAM نشان داد که بالاترین AUC در مدل GLM مربوط به حضور گونه *Ferula ovina* به میزان ۰/۶۷ بوده است. بالاترین TSS و کاپا نیز به‌ترتیب با میزان ۰/۱۸ و ۰/۲۳ مربوط به گونه *Bromus tomentollus* می‌باشد. در مدل GAM نیز بالاترین AUC به گونه *Bromus tomentollus* تعلق دارد. همچنین بالاترین TSS و کاپا مربوط به گونه‌های *Agropyron repens* و *Bromus tomentollus* هستند (جدول۴). همچنین نمونه‌ای از هیستوگرام و پلات ROC گونه *Bromus tomentollus* آورده شده است (شکل۴).

www.SID.ir

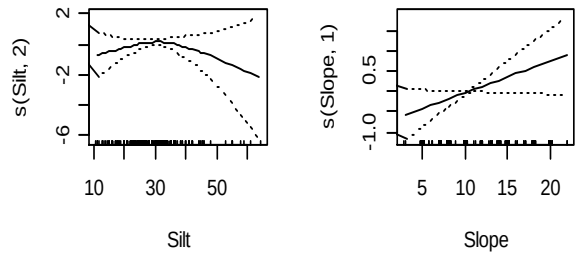


شکل ۱- رابطه متغیرهای محیطی معنی‌دار در مدل **GAM** با حضور گونه مرتعی ***Ferula ovina***





شکل ۲- رابطه متغیرهای محیطی معنی‌دار در مدل **GAM** با حضور گونه مرتعی ***Bromus tomentollus***

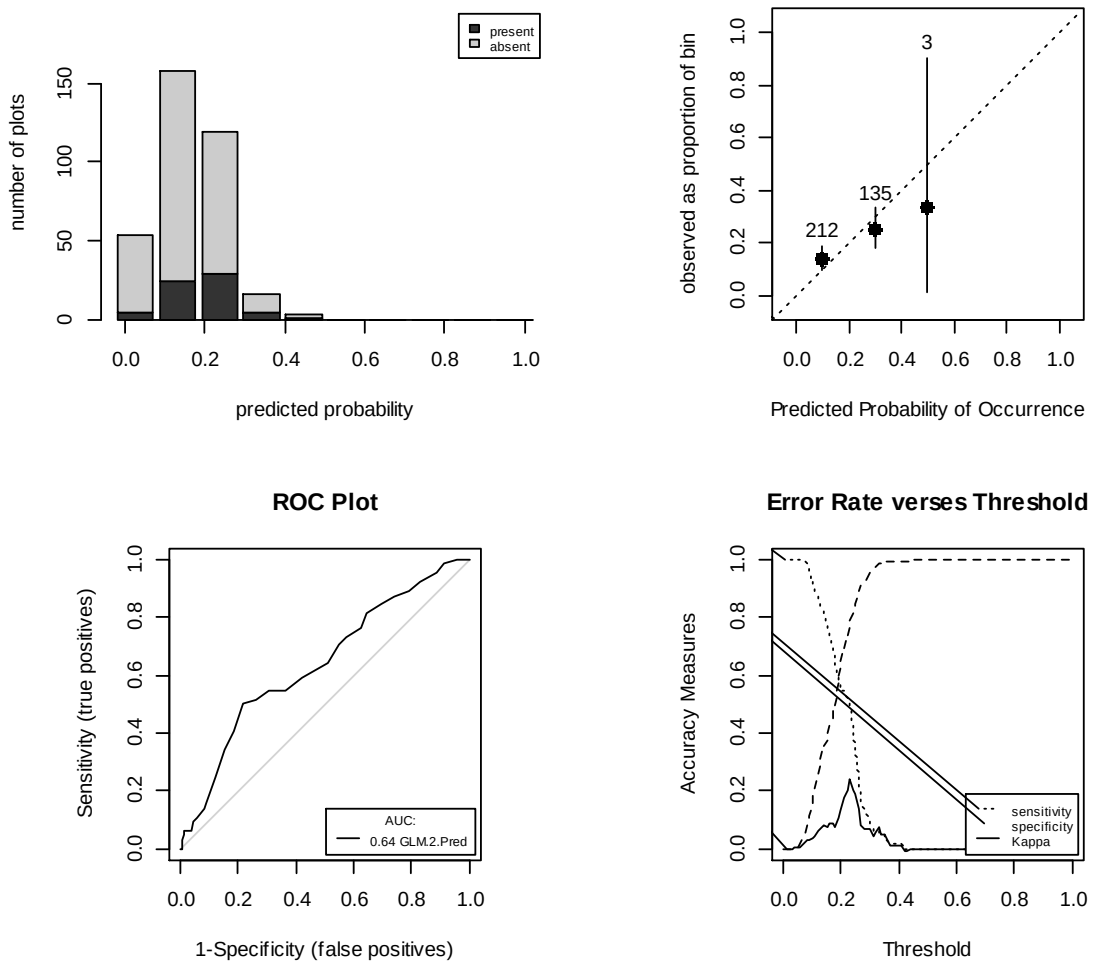


شکل ۳- رابطه متغیرهای محیطی معنی‌دار در مدل **GAM** با حضور گونه مرتعی ***Agropyron repens***

www.SID.ir

جدول ۴- عملکرد مدل‌های **GLM** و **GAM** برای سه گونه غالب مرتعی مراتع خطه ریز

شاخص آماری	GLM	GAM
Ferula ovina		
AUC	۰/۶۷	۰/۷۰
Kappa	۰/۱۰	۰/۱۸
TSS	۰/۰۸	۰/۱۲
Bromus tomentollus		
AUC	۰/۶۳	۰/۷۲
Kappa	۰/۲۳	۰/۳۵
TSS	۰/۲۸	۰/۱۰
Agropyron repens		
AUC	۰/۶۱	۰/۶۳
Kappa	۰/۱۹	۰/۱۲
TSS	۰/۱۸	۰/۱۵



شکل ۴- هیستوگرام، آستانه، اندازه‌گیری صحت و پلات **ROC** در مدل **GLM** برای گونه مرتعی ***Bromus tomentollus***

www.SID.ir

بحث

نتایج نشان داد که مهمترین عوامل تأثیرگذار بر پوشش گیاهی منطقه هم عوامل اقلیمی، هم عوامل خاکی و عوامل توپوگرافی بودند که نشان می‌دهد هر سه عامل بر پوشش منطقه تأثیرگذار بودند که با نتایج Jafarian و Kargar (۲۰۱۲) مطابقت دارد. درصد سیلت خاک به‌عنوان جزیی از بافت خاک از عوامل تعیین‌کننده پراکنش گونه‌های غالب مرتعی منطقه مورد مطالعه بود. در یک منطقه آب و هوایی مشخص، بافت خاک در مقایسه با حاصلخیزی شیمیایی تأثیر بیشتری روی رشد و تجدید حیات موفقیت‌آمیز گیاهان دارد (Abd Ghani &Vafa, 2003). محققان یکی از عوامل مهم در رشد و استقرار گونه‌های گیاهی را بافت خاک می‌دانند که با نتایج تحقیق ما نیز مطابقت دارد (Jensen *et al.*,2001). رطوبت نسبی نیز از دیگر عوامل تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های منطقه بوده است. انتقال مواد غذایی در یک سیستم با جریان رطوبت تطابق دارد. در حقیقت شرط اصلی چرخه مواد بین گیاهان و خاک وجود رطوبت کافی است (Sor *et al.*, 2017; Safaei *et al.*,۲۰۱۲). در مطالعه پراکنش گونه *Bromus tomentollus* محققان بیان کردند که مهمترین عوامل اکولوژیکی بر پراکنش این گونه اسیدیته و شیب می‌باشد که با نتایج ما مطابقت دارد (Jafarian ۲۰۰۹ *et al.*,). ازجمله عوامل مؤثری که در گونه *Agropyron sp* اثر داشته درصد سیلت است که با نتایج Abbasi و Zarechahoki (۲۰۱۴) مطابقت دارد. این عامل باعث بوجود آمدن ساختمان مناسب و ایجاد تغییراتی در اسیدیته خاک می‌شود، ولی اگر مقدار آن بیش از حد افزایش یابد با ایجاد سخت لایه و افزایش میزان اسیدیته و املاح در محدوده ریشه مشکلاتی را برای گیاهان بوجود می‌آورد. بنابراین می‌توان آن را از عوامل محدود کننده ریشه و انتشار گیاهان به حساب آورد (Dubuis, 2013). همچنین یکی از عوامل تأثیرگذار بر پراکنش گونه کما (*Ferula gumosa*) در مدل GAM فسفر بوده است که با نتایج Ghazimoradi و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. نتایج تحقیق نشان داد که گونه‌های مطالعه شده در این تحقیق با رطوبت نسبی ارتباط معنی‌داری داشتند. محققان زیادی رطوبت نسبی را مورد مطالعه قرار داده‌اند (Pinke *et al., 2010*). نتایج نشان داد که عامل شیب در بین متغیرها دارای اهمیت است که برای رطوبت در دسترس گیاهان نیز عامل مهمی به‌شمار می‌رود. شیب تنها عامل غیر خاکی است که با ترکیب گونه‌ها همبستگی متوسطی دارد که این نتایج با یافته‌های Aertsena و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. از گروه عوامل اقلیمی، رطوبت سالانه و از عوامل توپوگرافی، ارتفاع به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های گیاهی شناخته شدند که با نتایج همخوانی Jafarian و Kargar (۲۰۱۲) دارد. از بین عوامل تأثیرگذار بر حضور گونه *Bromus tomentollus* پتاسیم و اسیدیته بودند که با نتایج Aertsena و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. مواد آلی از ازت غنی هستند و به‌دلیل داشتن صفات جذب سطحی در حد قابل توجهی در نگه‌داری عناصر تبادلی و در اختیار گذاشتن عناصر نقش مهمی ایفا می‌کنند. ارتباط وزن مخصوص ظاهری و حقیقی، درصد شن، سیلت و رس (Hengel *et al.*, 2009) و عناصر حاصلخیز کننده خاک مانند نیتروژن (Dubuis, 2013) با پوشش گیاهی قبلا نیز ثابت شده است. از مزیت‌های دیگر این مدل‌های ناپارامتریک استفاده از داده‌های حضور و غیاب برای مدل‌سازی است که بر خلاف سایر ویژگی‌های گیاهی (تراکم، تاج پوشش و تولید) اندازه‌گیری آن ساده‌تر است (Safaie *et al.*, 2012). مدل‌های خطی تعمیم یافته نیاز به پیش‌فرض روابط تابعی بین متغیر پاسخ و متغیرهای پیشگو (عوامل محیطی) دارند. انتخاب نادرست فرض تابعی بودن شکل رابطه، روابط صحیح را می‌پوشاند و برآوردهای با دقت کم ارائه می‌دهد و باعث اشتباه در نتیجه‌گیری می‌شود. از آن جایی که مدل جمعی تعمیم یافته داده‌محور هستند، سعی می‌نماید مشکل فوق را مرتفع سازد و رابطه واقعی بین متغیر پاسخ و متغیرهای پیشگو را آشکارسازی نماید. مدل جمعی تعمیم یافته به دلیل انعطاف‌پذیری در تعیین نوع و درجه ارتباط و تفسیرپذیری مناسب، به یک

Archive of SID
www.SID.ir

مدل محبوب تبدیل شده است و از آن می‌توان بـرای طیـف وسـیعی از داده‌هـا اسـتفاده نمـود (Hasti & Tibshirani, 1990). در این تحقیق نیز مدل GAM عملکرد بهتری داشته است. در هر پژوهشی که از مدل‌های خطی تعمیم یافته برای تعیین روابط بین متغیرها استفاده مـی‌شـود، مـی‌تـوان مـدل جمعی تعمیم یافته را نیز به‌کار برد. بـه ایـن ترتیـب، کیفیـت پیش‌بینی متغیر پاسخ را به حداکثر رسانده و روابط غیرخطی و غیریکنواخت را بین متغیـر پاسـخ و مجموعـه متغیرهـای پیشگو کشف کرد. مدل‌های پیش‌بینـی پـراکنش جغرافیـایی گونه‌های گیاهی از مدل‌هـا اسـتاتیک و احتمـالی هسـتند و روابط ریاضی حاکم بر توزیع جغرافیایی یک گونـه معـین را با محیط فعلی آنها مشـخص و عوامـل مهـم محیطـی را در پراکنش گونه‌ها تعیین می‌کنند. برای توصیه گونه‌های مناسب در مراتع آگاهی از ویژگی‌های محیطـی رویشـگاه آن گونـه امری ضروریست، چون یک ارتباط متقابل بین این عوامل و پراکنش گیاهان وجود دارد و در مدیریت مراتـع و حفاظـت آب و خاک نقش مهمی ایفا می‌کنند. با استفاده از روش‌های مدل‌سازی و تعیـین رویشـگاه بـالقوه گونـه‌هـای بـا ارزش می‌توان اصلاح و احیای مراتع، منـاطق بـا ارزش از لحـاظ حفاظتی و همچنین اثر تغییـر اقلـیم را بـر پـراکنش مکـانی گونه‌های گیاهی مطالعه کرد. لازم اسـت یـادآوری شـود بـا مشخص شدن عوامل اصلی تأثیرگذار بر پراکنش گونـه‌هـا و مطالعه بر روی این عوامل به جای مطالعـه بـر کلیـه عوامـل محیطی منطقه از صرف وقت و هزینه زیاد جلوگیری شـده و مطالعات مقرون به صرفه می‌گردد. کـاربرد دیگـر مدلسـازی پیش‌بینی پوشـش گیـاهی در ارزیـابی سـلامت و وضـعیت اکوسیستم است (Jafarian *et al*., 2012).

منابع مورد استفاده

-Aertsena, W., Kinta, V., Orshovena, J., Özkanb K. and Muysa, B., 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. Ecological Modeling, 221:1119–1130.

-Abbasi,M. and Zarechahoki, M. A., 2014. Modeling the spatial distribution of *Stipa barbata* and Agropyron intermedium using artificial neural network in the middle of Taleghan rangelands. Renewable Natural Resources Research ,5 (2):47-57.

-Abd El-Ghani, A. and Wafa M. A., 2003. Soil – vegetation relationships in coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. Journal of Arid Environment, 55: 607-628.

-Brown, G.,1994. Predicting Vegetation types at tree line using topography and biophysical disturbance variables. Journal of Vegetation Science, 5: 641-656.

-Coudun C., Gegout, J. C., Piedallu, C. and Rameau, J. C., 2006. Soil nutritional factors improve models of plant species distribution: an illustration with *Acer campestre* (L.) in France. Journal of Biogeography, 33: 1750–1763.

-Dubuis, A., 2013. Predicting spatial patterns of plant biodiversity: from species to communities. Thesis of Ph.D. 295p.

-Dubuis A., Giovanettina S., Pellisier L., Pottier, J., Vittoz, P. and Gusian, A., 2013. A Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topo-climatic variable. Journal of Vegetation Science, 24: 593-606.

-Elith, J., Graham, C. H. and Anderson, R. P., 2006. Novel methods improve prediction of species‟ distributions from occurrence data. Ecography, 135:213-222.

- Freeman, E. A. and Moisen, G., 2008. Presence absence: an R package for presence absence analysis. Journal of Statistical Software, 23 (11): 1-31.

-Ghazi Moradi, M., Tarkesh. M., Bashari, H. and Vahabbi, M. R., 2016. Modeling potential habitat of coma using two models Baverbeizin network (BBN) and generalized additive models (GAM) in Isfahan, Iran Fereydoon. Range Management and eatershed, 69(3): 677-689.

-Guisan, A., Edwards, T. C. and Hastie, T. J., 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. Ecological Modeling, 157(2): 89-100.

- Hastie, T. and Tibshirani, R., 1990. Non-parametric logistic and proportional odds regression. Applied statistics, 260-276.

- Hengl T., Sierdsema, H., Radovi, A. and Dilo, A., 2009. Spatial prediction of species distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. Ecological Modeling, 220: 3133-3222.

-Herreraa B. J., J. Camposa, B, Finegana and Alvarado, A., 2004. Factors affecting site productivity of a Costa Rican secondary rain forest in relation to

www.SID.ir

Natural Resources, Science and Technology, 2:111-121.
- Pinke G., Pal, R. and Botta–Dukat, Z., 2010. Effect of environmental factors on weed species composition of cereal and stubble fields in western Hungary. Journal of Biology, 5(2): 283-292.
-Safai, M.,Tarkesh, M., and Bashari, H., 2012. Modeling the impact of climate on habitat use in determining the geographical distribution of plant species. Third Conference on Climate Change and dendrochronology. University of Sari, 23-25 Augest, 31-39.
-Sahragard, H. P. and Zare chahoki, M. A., 2015. An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze soltan rangelands of Qom province. Ecological Modelling. 309, 64-71.
-Saki, M., Tarkesh, M., Basiri, M. and Vahabi, M., 2012. Determine potential habitat for (*Astragalous verus*) using logistic regression tree (LRT). Journal of Applied Ecology, 1(2): 27-37.
-Sor, R., Park, Y. S., Boets, P., Goethals, L. M. and Sovan, L., 2017. Effects of species prevalence on the performance of predictive models. Ecological Modelling, 354, 11-19.
-Tamura N., Miamoto A., Sugimura, K. and Yamada, F., 2004. Predicting habitat distribution of the alien formosan squirrel using logistic regression model. Global Environmental Research, 8: 13-21.
-Tarkesh, M. and Gottfried, J., 2012. Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. Environmental Ecolology Statistics, 437-457.
Vochysia ferruginea, a commercially valuable canopy tree species. Forest Ecology and Management, 118 (1): 73-81.
-Hirzel A. & Guisan, A., 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling? Ecological Modeling, 157: 331-341.
-Jafarian, Z., Arzani, H., Jafari, M., Zahedi, Gh. and Zahedi, H., 2009. Analysis of the relationship between the distribution of plant communities and climatic factors and using methods developed for classification and ordination. Journal of Range Journal of Range,2(2):125-140.
-Jafarian, Z., Arzani, H. Jafari, M., Zahedi, Gh. and Azarnivand, H., 2012.Spatial maps of plant species in pastures Rineh using logistic regression. Natural geographic research, 79:1-18.
-Jafarian,z. and Kargar, M., 2012. Environmental factors affecting the ecological species groups using logistic regression pastures pleural. Environmental Science, 10(2):107-118.
-Jensen, M., P. Jeff, A., Barber, J. and Patric, S., 2001. Spatial Modeling of Rangeland Potential Vegetation Environments. Journal of Range Management, 54(5): 528-536.
-Lehmann, A., Overton, J. M. C. and Leathwick, J. R., 2002. GRASP: generalized regression analysis and spatial prediction. Ecological modeling, 157(2): 189-207.
-Mahdavi, M., 2005. Applied hydrology, Tehran University Publication, Iran, 346p.
-Mostafivi, M.,Alizadeh,A. and Kaboli, M., 2010. Pazanan species habitat suitability map for the spring and summer in Lar National Park. Journal of

Archive

www.SID.ir

Comparison of non-parametric and parametric species distribution models (SDM) in determining the habitat of dominant rangeland species (Case study: Khetteh Riz Rangelands)

M. Kargar[1*], Z. Jafarian[2], R. Tamartash[3] and S. J. Alavi[4]

1* - Corresponding author, Ph.D. Student in Rangeland Sciences, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Iran, Email: kargar_sahar@yahoo.com
2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Iran
3- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Iran
4- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received:3/11/2017 Accepted:9/13/2017

Abstract

Ecologists and environmental managers emphasize the use of predictive models to examine the species distribution patterns. The purpose of the present study was to investigate the efficiency of the generalized linear model (GLM) and generalized additive model (GAM) in determining the relationship between vegetation and environmental factors in Khetteh Riz Rangelands. Environmental factors studied included soil characteristics, topographic factors and climatic factors. A classified-random sampling was performed and three dominant species, *Bromus* tomentollus, *Ferula ovina*, and *Agropyron repens*, were identified. The results showed that in the GLM model for *Ferula ovina* species, the variables of phosphorus content and slope were effective. For species *Bromus tomentollus* and *Agropyron repens*, the variables of annual moisture, rainfall, silt, and slope were effective. In the GAM model, the available moisture, silt and organic matter were the factors affecting the distribution of *Ferula ovina*. The silt, potassium, pH, and annual moisture content were the factors affecting the distribution of Agropyron repens. In addition, slope and silt were the variables affecting the distribution of *Bromus tomentollus* in the GAM model. The values of AUC, calculated for the GLM (0.63) and GAM (0.70), indicate the accuracy of the model to be acceptable.

Keywords: Soil, dominant range species, Generalized Linear Models (GLM), Generalized Additive Model (GAM).

Archive of SID

www.SID.ir