

جغرافیا و توسعه شماره ۴۶ بهار ۱۳۹۶

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۱۱

تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۹/۰۳

صفحات: ۱۱۷-۱۳۲

مدل سازی پراکنش گونه‌های گیاهی حفاظتی و با ارزش در منطقه‌ی توریستی پلور با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته (GLM) و مدل جمعی تعمیم یافته (GAM)

دکتر زینب جعفریان^{۱*}، منصوره کارگر^۲

چکیده

مدل‌های پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی از مدل‌ها استاتیک و احتمالی هستند و روابط ریاضی حاکم بر توزیع جغرافیایی یک گونه‌ی معین را با محیط فعلی آنها و عوامل مهم محیطی مؤثر بر پراکنش گونه‌ها مشخص می‌کنند. هدف تحقیق حاضر کارایی مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM) و مدل جمعی تعمیم‌یافته (GAM) و مقایسه‌ی آنها در تعیین روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی در منطقه‌ی توریستی پلور است. نمونه‌برداری با روش طبقه‌بندی-تصادفی مساوی صورت گرفت. پنج گونه‌ی غالب شناسایی شده در منطقه عبارتند از *Astragalus ochrodeucus*، *Ferula gumosa*، *Thymus kotschyanus*، *Onobrychis Cornata* و *Agropyron Sp*. عوامل محیطی مورد مطالعه شامل عوامل خاکی (۱۳ مورد)، عوامل توپوگرافی (۳ مورد) و عوامل اقلیمی (۳ مورد) بودند. همه آنالیزها در بسته Presence-Absence و GRASP در نرم‌افزار R انجام شد. برای بررسی ارزیابی مدل‌ها از روش Ten-fold در بسته caret استفاده گردید. همچنین برای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی مدل از ضرایب آماری AUC، AIC، RMSE و R^2 استفاده شد. نتایج نشان داد که بالاترین R^2 در مدل GLM مربوط به حضور گونه *Agropyron Sp* به میزان ۰/۹۸ بوده است. کمترین RMSE و AIC نیز به ترتیب با میزان ۰/۲۹ و ۱۲ مربوط به گونه *Astragalus ochrodeucus* بود. در مدل GAM نیز بالاترین R^2 به گونه *Thymus kotschyanus* به میزان ۰/۸۸ تعلق داشت. همچنین کمترین RMSE و AIC مربوط به گونه‌های *Astragalus ochrodeucus* و *Ferula gumosa* به میزان ۰/۲۲ و ۱۸/۱۲ بودند. همچنین بالاترین AUC در مدل GLM به گونه *Onobrychis Cornata* و در مدل GAM به گونه *Agropyron Sp* به میزان ۰/۸۶ تعلق داشتند. با توجه به ارزش حفاظتی و با ارزش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه از نتایج این مدل‌ها می‌توان در برنامه‌های حفاظتی و اصلاحی منطقه‌ی توریستی استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: عوامل محیطی، مدل رگرسیون جمعی تعمیم یافته (GAM)، مدل رگرسیون خطی تعمیم یافته (GLM)، منطقه پلور.

مقدمه

بیش از یک قرن است که اکولوژیست‌ها برای یافتن عوامل محیطی کنترل‌کننده‌ی پراکنش و تنوع گونه‌های گیاهی تلاش می‌کنند (Ehleringer & Comstock, 1992: 43-52). به منظور مدیریت صحیح اکوسیستم‌های مرتعی باید ارتباط بین عوامل بوم-شناختی موجود در طبیعت همچون عوامل توپوگرافی، اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و موجودات زنده به خوبی شناخته شود (Jensen et al, 2001: 528-536). وجود رابطه‌ی تنگاتنگ بین عوامل محیطی و پوشش گیاهی موجب می‌شود که استقرار یک جامعه‌ی گیاهی خاص در یک منطقه به وسیله‌ی عوامل محیطی غالب در آن منطقه محدود یا گسترش یابد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۱۸-۱۲۳؛ زارع‌چاهوکی و همکاران، ۱۳۸۶: ۳۴۴). امروزه با به‌کارگیری روش‌های آماری قوی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی، به سرعت در بوم‌شناسی توسعه‌یافته است (آذرنیوند و زارع‌چاهوکی، ۱۳۸۹: ۳۳۸-۳۴۱).

مدل‌های پراکنش گونه‌ای به‌عنوان الگوریتم تحلیلی-آماری تعریف می‌شوند که با توجه به مشاهدات میدانی و نقشه‌های محیطی می‌توانند دامنه‌ی جغرافیایی پراکنش گونه‌های گیاهی را تعیین نمایند (Herae et al, 2004: 73-81).

مدل‌های پراکنش گونه‌ای به دو دسته مدل‌های متمایزکننده‌ی گروه‌ها و مدل‌های پروفیل تقسیم می‌شوند: مدل‌های متمایزکننده‌ی گروه‌ها نیازمند داده‌های حضور و عدم حضور 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 جهانی (پارامتریک) و مدل‌های محلی (غیر پارامتریک) طبقه‌بندی می‌شوند. از جمله مدل‌های

جهانی می‌توان به GLM^1 و از مدل‌های محلی می‌توان به GAM^2 اشاره نمود (Tarkesh & Gotifered, 2012). خصوصیات کمی گونه‌های گیاهی تحت تأثیر روش اندازه‌گیری، عوامل درون گونه‌ای و بین گونه‌ای قرار می‌گیرد، بنابراین برای تعیین رابطه‌ی گونه‌ی گیاهی و عوامل محیطی، بهتر است از حضور و عدم حضور گونه‌های گیاهی استفاده شود. ظهور هرگونه‌ی گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی و روابط بین گونه‌ای است. اگر به‌طریقی بتوان مؤثرترین عوامل را برای هر گونه‌ی گیاهی تعیین کرد و رفتار گونه را با متغیرهای محیطی و گونه‌های همراه بررسی نمود، می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای دست یافت. مؤثرترین عوامل محیطی شامل عوامل اقلیمی (بارندگی، رطوبت نسبی، درجه حرارت و غیره)، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (بافت، ساختمان و غیره) و عوامل توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع) هستند. به منظور بررسی روابط بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی از روش‌های آماری مختلفی نظیر روش‌های مختلف رگرسیون و تحلیل چند متغیره استفاده می‌شود که انتخاب هر کدام از روش‌ها به هدف تحقیق و نوع داده‌ها بستگی دارد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۳۳-۱۱۸).

در روش‌های رسته‌بندی و طبقه‌بندی نمی‌توان رابطه بین همه‌ی گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی را همزمان تجزیه و تحلیل کرد، درحالی که در تجزیه رگرسیون می‌توان هر گونه‌ی گیاهی را به تفکیک بررسی نمود (Abd Alghani & Vafa, 2003: 607-628; Brown, 1994: 641-656).

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

1-Generalized Linear Model

2-Generalized Additive Model

احتمال رخداد گونه‌ها را محاسبه کرد و به مدیران منابع طبیعی کمک کرد تا با اختصاص زمان و هزینه‌ی کمتر، به شناسایی عوامل تهدیدکننده جمعیت‌ها (Cdoun et al, 2006:1750-1763) و تعیین عوامل مهم در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی، تعیین تأثیر اقلیم بر پراکنش جغرافیای گونه‌های گیاهی و رویشگاه‌های مطلوب گونه‌های گیاهی و جانوری بپردازند (قاضی‌مرادی، ۱۳۹۳: ۴۷-۴۵). به دنبال افزایش جمعیت و پیامدهای ناشی از زندگی صنعتی نیاز انسان را به مناطق تفریحی طبیعت جهت رفع خستگی از زندگی ماشینی و آرامش روحی افزایش داده است. لذا جلوگیری از برداشت بی‌رویه و تخریب از گونه‌های گیاهی با ارزش در منطقه‌ی تفریحی پلور می‌تواند در بهبود مدیریت منطقه کمک کند. همچنین متغیرهای محیطی آثار بسیاری در تنوع و پوشش گیاهان با ارزش و حفاظتی در این منطقه دارند. از آنجایی که برای این منظور مدل‌های مختلفی وجود دارد باید سعی گردد تا کارایی آنها در مناطق مهم بررسی و بهترین مدل معرفی گردد. لذا با توجه به اینکه کارایی مدل‌های GLM و GAM در پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی در منابع مختلف تأیید شده و در منطقه‌ی مورد تحقیق نیز تاکنون این مدل‌ها کار نشده‌اند، کارایی این مدل‌ها در تعیین مهمترین عوامل رویشگاهی چند گونه حفاظتی و با ارزش از جمله *Astragalus ochrodeucus* و *Onobrychis Cornata* که در جلوگیری از فرسایش خاک نقش بسزایی دارند، در منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

مناطق پلور در شیب‌های جنوبی کوه دماوند با مختصات جغرافیایی ۳۰° ۵۱' ۳۵" تا ۳۰° ۵۵' ۳۵" شمالی و ۵۲° ۲' تا ۵۲° ۲' شرقی قرار دارد. مساحت

غیریکنواخت بین متغیر پاسخ و مجموعه متغیرهای تبیینی است (Hasti&Tibshirani, 1990: 260-276). روش‌های مدل‌سازی برای رویشگاه بیش از ۲۲۶ گونه گیاهی در ۶ منطقه جهان شامل نیوزیلند، کانادا، آمریکا، ولز، استرالیا و سوئیس مقایسه شدند تا روش جامعی برای چنین مدل‌سازی‌هایی ارائه شود که در نهایت استفاده از مدل‌هایی چون GLM و GAM و CART^۱ در پیش‌بینی رویشگاه گونه‌ها پیشنهاد شدند (Freeman & Moisen, 2008:1-31). همچنین پنج تکنیک مدل‌سازی شامل رگرسیون خطی چند متغیره (MLR)، درخت رگرسیون و طبقه‌بندی (CART)، درخت رگرسیون تقویت شده (BRT^۲) مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته (GAM) و شبکه‌ی عصبی مصنوعی (ANN)^۳ برای پیش‌بینی شاخص رویشگاه گونه‌ها در جنگل‌های کوهستانی آنتالیای ترکیه مقایسه و رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که در بین مدل‌ها، مدل GAM عملکرد بهتری داشت (Asern et al, 2010: 119-1130).

استفاده از مدل‌های GLM و GAM و GBM و RF^۴ (Dubuis, 2013: 267-295) در پیش‌بینی الگوهای مکانی تنوع‌زیستی گونه‌های گیاهی نشان‌دهنده‌ی کارآمدی این مدل‌ها در چنین مطالعاتی بوده است. در داخل کشور نیز مطالعاتی در زمینه‌ی مدل‌سازی پیش‌بینی حضور گونه‌های مرتعی با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک (زارع‌چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۵-۵۹)، شبکه‌ی عصبی مصنوعی (عباسی و زارع‌چاهوکی، ۱۳۹۳: ۴۷-۵۷)، مدل جمعی تعمیم‌یافته (قاضی‌مرادی، ۱۳۹۳: ۴۷-۴۵) و رگرسیون لجستیک درختی (ساکی، ۱۳۹۱: ۲۷-۳۷) انجام شده است. از آنجایی که با پردازش داده‌های محیطی و داده‌های حضور و عدم حضور با استفاده از روش‌های مختلف آماری می‌توان

1-Classification and Regression Tree

2-Boosted Regression Trees

3-Artificial Neural Network

4- RandomForest

منطقه حدود ۲۰۱۷ هکتار بوده و ارتفاعی بین ۲۵۰۰ تا ۳۴۶۰ را تحت پوشش خود دارد. میانگین بارندگی سالانه ۶۵۲ میلی‌متر با حداقل ۳۱۰ و حداکثر ۸۵۶ بارندگی میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۲/۷۹ درجه سانتی‌گراد با حداقل ۱/۵۷- و حداکثر ۱۵/۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتین نیمه خشک سرد است. دوره‌ی آماری ۲۵ ساله بوده است. زمین‌شناسی منطقه از نوع جریان‌های گدازه تراکی آندزیتی بود (جعفریان و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۱-۶۴).

مطالعه در آن حضور داشتند، حدود ۴۲ پلات مستقر شده است. در پلات‌ها حضور و عدم حضور گونه‌ها ثبت گردید. در پلات‌ها جایی که گونه‌ی مورد نظر حضور داشت عدد یک و در صورت عدم حضور گونه عدد صفر ثبت گردید لذا تعداد نقاط حضور و عدم حضور گونه‌ها یکسان نبودند. با شناخت کافی از منطقه‌ی مذکور و با توجه به تحقیقاتی که قبلاً در منطقه انجام شده (جعفریان و کارگر، ۱۳۹۱: ۱۱۸-۱۰۷) نقاط حضور و عدم حضور با پراکنش گونه‌های مورد مطالعه تطابق کامل دارند. در کل برای گونه‌ی *Astragalus ochrodeucus*، ۱۴۳ حضور و ۶۷ عدم حضور، برای گونه‌ی *Agropyron Sp*، ۱۷۲ حضور و ۳۸ عدم حضور، برای گونه‌ی *Onobrychis Cornata*، ۱۱۴ حضور و ۹۶ عدم حضور، برای گونه‌ی *Thymus kotschyanus*، ۱۶۲ حضور و ۴۸ عدم حضور و برای گونه‌ی *Ferula gumosa*، ۷۲ حضور و ۱۳۸ عدم حضور ثبت شد. در ضمن قبل از ورود دام برای چرا نمونه برداری صورت گرفته تا گونه بر اثر چرا از بین نرود. برای جلوگیری از همبستگی بین داده‌ها فاصله‌ی پلات‌ها از هم حداقل ۱۰۰ متر در نتیجه فواصل حضورها حداقل ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد. نمونه‌های خاک بر اساس عمق مؤثر ریشه‌دوانی گونه‌های گیاهی مورد مطالعه و فعالیت‌های بیولوژیک خاک، از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت گردیده (Dubuis et al, 2013:593-606)، شایان ذکر است که به علت عمق کم خاک در مناطق کوهستانی برداشت خاک در عمق بیش از این دشوار است. سپس در هوای آزاد خشک گردیده و در هاون کوبیده شد و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد تا آماده برای آزمایشات مختلف گردد. در آزمایشگاه ویژگی‌های مختلف خاک اندازه‌گیری شد. بافت خاک (درصد شن، رس و سیلت) از روش هیدرومتری بویکس، نیتروژن از روش کجلدال، کربن

تهیه داده‌های مرتبط با عوامل محیطی و پوشش گیاهی

برای نمونه‌برداری از پوشش گیاهی و خاک از روش نمونه‌برداری تصادفی مساوی استفاده شد که نشان دادند این روش بهترین روش نمونه‌گیری برای مدل‌سازی پوشش گیاهی در رابطه با عوامل محیطی است (Hirzel&Gusian, 2002:331-341). ابتدا با روی هم‌گذاری نقشه‌های ارتفاع، شیب، جهت نقشه واحد شکل زمین در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ تهیه شد تا واحدهای همگن برای نمونه‌برداری در منطقه مشخص شود. ۱۲ واحد همگن در منطقه به دست آمد که در هر کدام ۲ سایت نمونه برداری انتخاب شد. در سه واحد به علت وسعت کم ۱ واحد نمونه برداری وجود داشت. با توجه به روش نمونه‌برداری تصادفی مساوی، در هر سایت ۱۰ پلات ۲ مترمربعی بطور تصادفی مستقر شد و ۴ نمونه خاک، در مجموع ۲۱۰ پلات مستقر و ۸۴ نمونه خاک برداشت شد. مساحت پلات‌ها با توجه به اندازه‌ی گیاهان غالب و تعداد پلات‌ها با توجه به تغییرات پوشش گیاهی تعیین شد که با روش آماری هم کنترل شد و مناسب تشخیص داده شد. در هر تیپ گیاهی که گونه‌های غالب مورد

آلی از روش اکسیداسیون مرطوب والکی بلک، اسیدپتته خاک در گل اشباع، فسفر کل از روش کلریمتری، پتاسیم قابل جذب بعد از استخراج با استات آمونیوم ۸ نرمال با اسیدپتته ۷ اندازه‌گیری شدند (جعفری‌حقیقی، ۱۳۸۲: ۲۳۶-۲۳۱). با استفاده از GPS موقعیت جغرافیایی محل نمونه‌های خاک برداشت و ثبت گردید.

مدل خطی تعمیم‌یافته (Generalized Linear Model) مدل خطی تعمیم یافته، یک مدل پارامتری بوده و بسط مدل‌های خطی می‌باشد. در مدل خطی تعمیم یافته فرمول ارائه می‌گردد و رابطه‌ی بین متغیرهای تبیینی و پاسخ به وسیله‌ی پارامتر برآورد شده رگرسیون به اضافه‌ی فواصل اطمینان سنجش می‌شود. مدل‌های خطی تعمیم یافته برای مواقعی که مشاهدات بطور نرمال توزیع نیافته‌اند و زمانی که سایر روش‌های مدل رگرسیون مناسب نمی‌باشند، ابداع شدند. این مدل، در بین روش‌های مدل‌سازی دارای عملکرد خوبی است (He et al, 2007: 473- 489).

مدل جمعیت تعمیم یافته (Generalized Additive Model)

یکی از روش‌های آماری مهم که در چهل سال گذشته توسعه پیدا کرده است، مدل‌های جمعیت تعمیم یافته می‌باشد. این مدل، یک مدل ناپارامتری بوده و بسط مدل‌های خطی تعمیم یافته که خود نیز بسط مدل‌های خطی می‌باشند، است. مدل جمعیت تعمیم یافته روش بسیار مناسبی را برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی رابطه بین متغیرهای مستقل و پاسخ ارائه می‌دهد. در مدل‌های جمعیت تعمیم یافته برخلاف مدل رگرسیون خطی اجازه داده می‌شود داده‌ها شکل منحنی پاسخ را تعیین کنند. در مدل جمعیت تعمیم یافته فرض بر این است که متغیر پاسخ Y دارای توزیعی از خانواده نمایی با میانگین

$$g(\mu) = \alpha + \sum_{j=1}^p f_j(X_j)$$

در اینجا فرض می‌شود f_j ها توابعی نامعلوم و هموار می‌باشند. بطور خاص f_j از روی داده‌ها و با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته هموارسازی نمودار پراکنش، برآورد می‌شود. تفاوت اساسی مدل‌های جمعیت تعمیم یافته با مدل‌های پارامتری در این است که توابع خطی به وسیله‌ی توابع هموار نامعلوم جانشین می‌شوند که دارا بودن هموارسازها یکی از مزایای مهم مدل جمعیت تعمیم یافته است که آن را از سایر مدل‌ها متمایز می‌سازد. این توابع قابلیت جمع‌پذیری دارند، از آنجاکه اثر هر متغیر به صورت جداگانه بیان می‌شود، بنابراین هر تابع می‌تواند برای آزمون نقش متغیرها در پیشگویی پاسخ به صورت جداگانه بررسی شود. وجود هموارسازها در این مدل باعث توانایی این مدل در شناسایی روابط غیرخطی شده است. مدل‌های جمعیت تعمیم یافته توانایی بالایی در تجزیه و تحلیل داده‌های اکولوژیکی و مشخص کردن رابطه‌ی غیرخطی بین متغیرهای مختلف دارد (Hanspanch et al, 2011: 1-8). بطور کلی مزیت مدل‌های جمعیت تعمیم یافته را می‌توان این گونه بیان کرد که ساختار جمعیت به بیان نتایج قابل تفسیر برای هر کدام از متغیرهای تبیینی که به مدل وارد می‌شود، می‌پردازد. در مدل‌های جمعیت تعمیم یافته به جای پیش فرض‌های پارامتری غیر قابل انعطاف، رابطه‌ی بین متغیرهای پاسخ و تبیینی به هر صورتی که باشد، بیان می‌شود و نکته مهم در مورد این مدل‌ها این است که به جای مدل محوری، داده محور هستند، یعنی نتایج پارامترهای به دست آمده از مدل پیشین

نتایج

یکی از اساسی‌ترین مشکلاتی که محققان با آن روبرو هستند وجود هم خطی بین متغیرهای مستقل می‌باشد. با توجه به این که هم خطی چندگانه یکی از دلایل افزایش خطای استاندارد برآورد ضرایب رگرسیونی و در نتیجه کاهش کارایی مدل است و ممکن است به پیش‌بینی‌های خارج از دامنه‌ی مورد انتظار منجر شود. از این رو پیش از انجام دادن تجزیه رگرسیون این موضوع بررسی شد. به منظور بررسی هم خطی یا هم‌راستایی بین متغیرهای مستقل از عامل تورم واریانس (VIF^2) استفاده گردید که یکی از آماره‌های مهم برای هم خطی بین متغیرهای مستقل در روش‌های رگرسیونی است. متغیرهایی که VIF آنها کمتر از ۱۰ باشد، مشکل هم‌راستایی نخواهند داشت (*Hast & Tibshirani, 1990: 260-276*). بدین منظور ابتدا مقدار VIF برای تمام متغیرهای مستقل محاسبه شد. نتایج نشان داد که مقدار VIF برای متغیرهای آب در دسترس، ظرفیت زراعی مزرعه، وزن مخصوص ظاهری، درصد شن، فسفر، درصد کربن آلی، نقطه‌ی پژمردگی، بارندگی سالانه، شیب و درجه حرارت سالانه بالاتر از ۱۰ می‌باشد، در نتیجه این ده متغیر از تجزیه و تحلیل حذف می‌شوند و مدل‌سازی با استفاده از باقیمانده متغیرها صورت گرفته است. آماره‌های توصیفی مربوط به متغیر اقلیمی، عوامل خاکی و توپوگرافی در محل‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه گردیده است.

استنباط نمی‌شود بلکه ساختار داده‌ها مورد آزمون قرار می‌گیرد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۸-۴) در مطالعه‌ی حاضر با استفاده از نسخه ۲,۹,۲ نرم‌افزار آماری R (Development Core Team) R (2.9.2, GRASP Generalized Regression) Analysis بسته (and Spatial Prediction) که توسط (Lehmann et al, 2002:189-207) ارائه شد، تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام گردیده است. همچنین با توجه به ماهیت متغیر پاسخ (۰ و ۱)، توزیع متغیر پاسخ دوجمله‌ای در نظر گرفته شد برای ارزیابی مدل‌ها روش Ten-fold در بسته (Caret) به کار برده شد. برای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی مدل از ضرایب آماری AIC^1 ، $RMSE$ و R^2 استفاده شد (رابطه‌های ۱، ۲ و ۳) (*Astern et al, 2010:1119-1130*) برای انجام آنالیزهای مدل GLM از بسته Presence-Absence) در نرم‌افزار R نسخه ۳,۱,۱ استفاده شد (*Dubuis, 2013 :45-46*).

در رابطه‌ی (۱) $RMSE$ مجذور میانگین مربعات خطا، n تعداد مشاهده‌ها و p تعداد متغیرهای مدل است. در رابطه ۲ و ۳، n تعداد مشاهده‌ها، Q_i مقدار مشاهده شده، \hat{O}_i مقدار برازش یافته و R^2 ضریب تبیین مدل است.

رابطه ۱: $AIC = n \ln(RMSE) \rho$

رابطه ۲: $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{n}}$ $0 < RMSE$

رابطه ۳: $R^2 = \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})(\hat{Q}_i - \bar{Q})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}} \right]^2}{1}$ $0 < R^2 < 1$

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

خصوصیات	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	عامل تورم واریانس
اسیدیته	۵/۳۴	۷	۶/۲۸	۶/۳۱	۹/۳۲
آهک	۱/۴۶	۲/۹۲	۱/۸۴	۱/۷۳	۹/۰۶
نیتروژن	۰/۰۱۱	۰/۲۷۱	۰/۰۶۲	۰/۰۵۸	۵/۶۷
پتاسیم	۲۲۶	۷۸۳	۴۴۴	۴۲۶	۷/۱۲
سیلت	۲۸/۳۶	۵۱/۶۴	۳۷/۸۴	۳۷/۰۹	۹/۵۱
رس	۱۹/۰۸	۴۶/۰۸	۳۴/۵۹	۳۳/۴۴	۷/۶۶
رطوبت نسبی	۱/۲۰	۱۵/۸۸	۷/۶۵	۷/۲۹	۶/۳۰
جهت	۴۵	۳۵۵	۱۹۱/۲	۱۷۸/۵	۹/۲۷
ارتفاع	۲۵۹۱	۳۲۰۴	۲۷۷۴	۲۶۴۵	۴/۱۳

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

پراکنش این گونه بودند. برای گونه *Agropyron Sp* نیز رس، نیتروژن و سیلت در پراکنش تأثیر داشتند. همچنین متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه *Onobrychis cornata* در مدل GAM جهت، آهک، رس، ارتفاع، سیلت، رطوبت نسبی بوده است. در پراکنش گونه *Thymus kotschyanus* آهک، رس، ارتفاع، نیتروژن، اسیدیته، رطوبت نسبی تأثیر داشتند. متغیرهای تأثیرگذار در پراکنش گونه *Ferula gumosa* جهت، آهک، ارتفاع، نیتروژن بوده است (جدول ۲).

نتایج بیانگر این مطلب است که در مدل GLM برای گونه *Astragalus ochrodeucus* متغیرهای اسیدیته، آهک، جهت، سیلت و بارندگی متغیرهای تأثیرگذار بودند. برای گونه‌های *Agropyron Sp* و *Onobrychis cornata* به ترتیب متغیرهای جهت و اسیدیته تأثیر داشتند. در رابطه با گونه *Thymus kotschyanus* درصد آهک و رطوبت نسبی و متغیر نیتروژن نیز در گونه *Ferula gumosa* اثر داشته است. در مدل GAM نیز در رابطه با گونه *Astragalus aegobromus* اسیدیته، آهک، جهت، سیلت و ارتفاع از عوامل تأثیرگذار بر

جدول ۲: متغیرهای پیش‌بینی گر انتخاب شده در مدل با استفاده از GLM و GAM

متغیرهای انتخاب شده توسط مدل	تکنیک مدل‌سازی	گونه‌ی مورد مطالعه
اسیدیته، آهک، جهت، سیلت، ارتفاع	GLM	Astragalus ochrodeucus
اسیدیته، آهک	GAM	
جهت	GLM	Agropyron Sp
رس، نیتروژن، سیلت	GAM	
اسیدیته	GLM	Onobrychis Cornata
جهت، آهک، ارتفاع، سیلت، رطوبت نسبی	GAM	
آهک، رطوبت نسبی	GLM	Thymus kotschyanus
آهک، رس، ارتفاع، نیتروژن، اسیدیته، رطوبت نسبی	GAM	
نیتروژن	GLM	Ferula gumosa
جهت، آهک، ارتفاع، نیتروژن	GAM	

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

(۱) داشتند. همچنین نیتروژن و ارتفاع با *Thymus kotschyanus* رابطه غیرخطی (درجه آزادی ۲) داشتند. متغیرهای آهک، نیتروژن، جهت و ارتفاع با *Thymus kotschyanus* رابطه خطی (درجه آزادی ۱) داشتند. همان طوری که ملاحظه می‌گردد آهک، نیتروژن و ارتفاع مهمترین متغیرها در تغییرات پراکنش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه بودند. در جدول ۳ اهمیت نسبی هر یک از متغیرهای اثرگذار ارائه گردیده است.

گزینش متغیرها با استفاده از روش گام به گام و معیار AIC در مدل GAM نشان می‌دهد که جهت، ارتفاع، رس، سیلت، نیتروژن، اسیدیته، رطوبت نسبی و آهک متغیرهای مؤثر بر پراکنش گونه‌های غالب مرتعی منطقه پلور می‌باشند. بر اساس نتایج حاصل از این روش و استفاده از مقادیر درجه آزادی به دست آمده در جدول ۳ می‌توان گفت که اسیدیته و آهک با *Astragalus ochrodeucus* (درجه آزادی

جدول ۳: نتایج برازش (اهمیت نسبی و درجه آزادی) مدل جمعی تعمیم‌یافته گونه‌های غالب مرتعی پلور

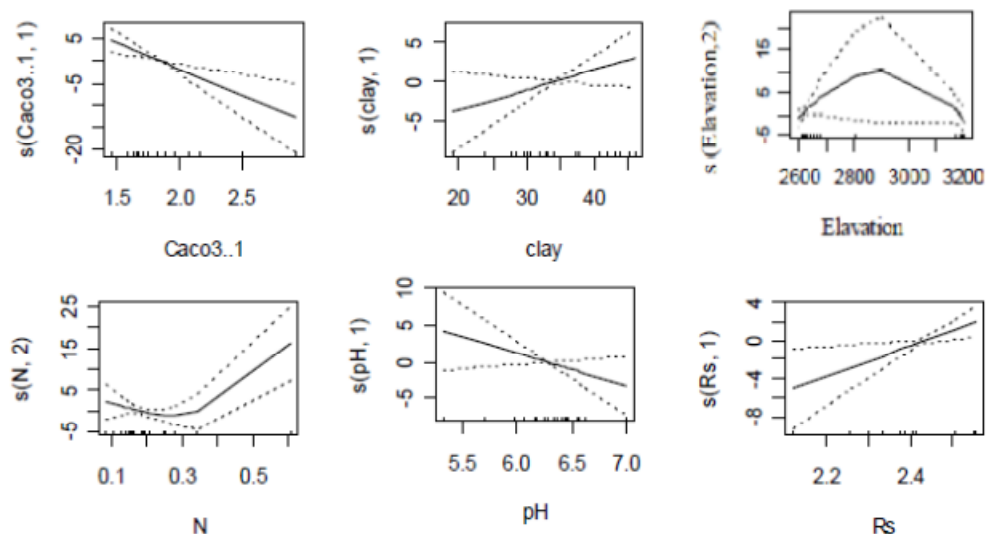
با متغیرهای معنی‌دار مورد بررسی

ارتفاع	جهت	رطوبت نسبی	نیتروژن	رس	سیلت	آهک	اسیدیته	
-	-	-	-	-	-	۲۲/۳۹(۱)	۱۲/۸۳(۱)	<i>Astragalus ochrodeucus</i>
-	-	-	۱۵/۳۲(۱)	۶/۷۹(۱)	۵/۶۸(۱)	-	-	<i>Agropyron Sp</i>
۵/۲۳(۲)	۶/۷۶(۱)	۰/۷۴(۱)	-	-	۳/۱۱(۱)	۱/۶۶(۱)	-	<i>Onobrychis Cornata</i>
۴/۱۳(۲)	-	۰/۵۸(۱)	۵/۶۹(۲)	۱/۷۲(۱)	-	۴/۱۸(۱)	۰/۷۹(۱)	<i>Thymus kotschyanus</i>
-	۰/۶۳(۱)	-	۱/۷۳(۲)	-	-	۰/۰۰۹(۱)	-	<i>Ferula gumosa</i>

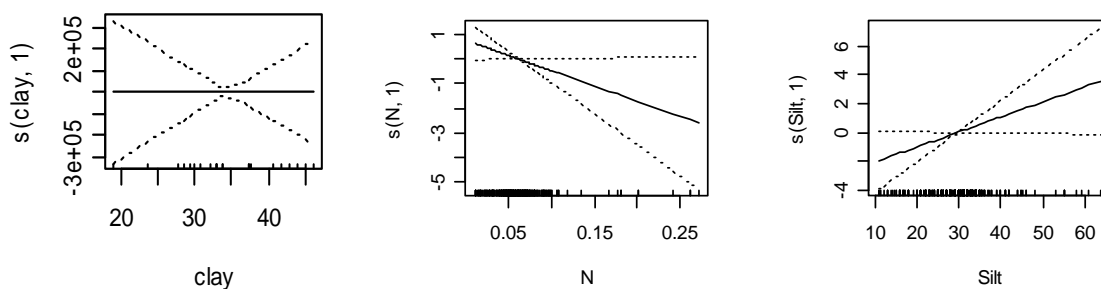
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

آهک دارای رابطه خطی کاهشی با حضور این گونه دارد (شکل ۱). در رابطه با حضور گونه *Agropyron Sp* نیز سیلت و رس و نیتروژن رابطه‌ی خطی یکنواختی با حضور این گونه داشتند (شکل ۲). همچنین همه‌ی متغیرهای تأثیرگذار رابطه خطی با حضور گونه‌های *Astragalus* و *Ferula gumosa*، *Onobrychis Cornata* و *ochrodeucus* داشتند (شکل ۳، ۴ و ۵).

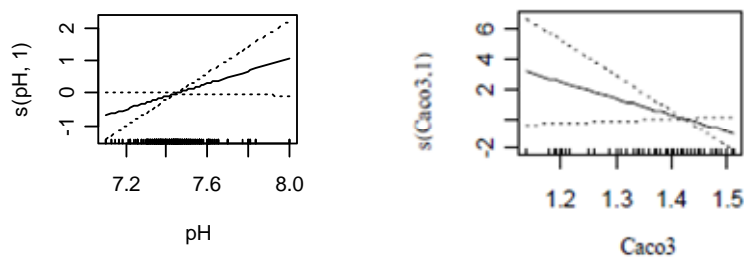
در شکل‌های زیر نمودار مؤلفه‌های هموارسازی برای متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های غالب مرتعی در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود رس و رطوبت نسبی دارای رابطه‌ی خطی افزایشی با حضور گونه می‌باشد. نیتروژن با حضور گونه روند افزایشی دارد. ارتفاع نیز با حضور گونه ابتدا افزایش و سپس روند کاهشی دارد.



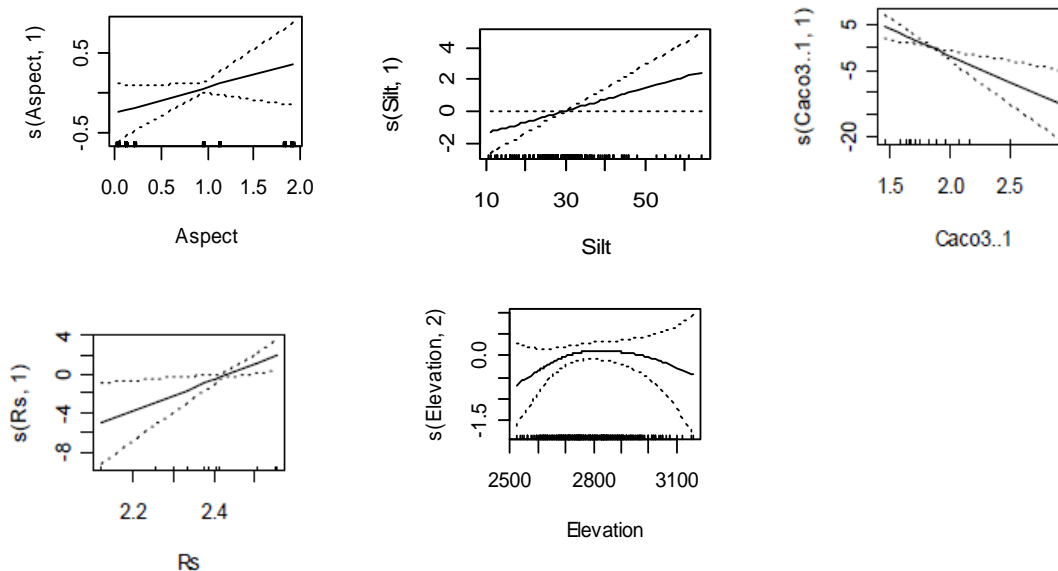
شکل ۱: رابطه‌ی متغیرهای محیطی معنی‌دار در مدل GAM با حضور گونه‌ی مرتعی *Thymus kotschyanus* تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۲: رابطه‌ی متغیرهای محیطی معنی‌دار در مدل GAM با حضور گونه‌ی مرتعی *Agropyron Sp* تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

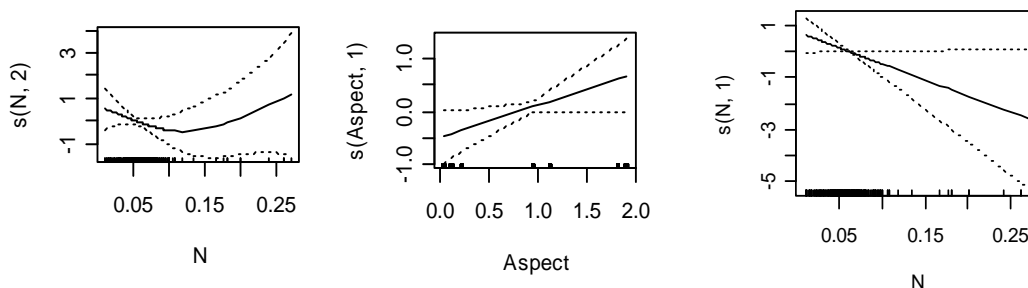


شکل ۳: رابطه‌ی متغیرهای محیطی معنی‌دار در مدل GAM با حضور گونه‌ی مرتعی *Astragalus ochrodeucus* تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۴: رابطه‌ی متغیرهای محیطی معنی‌دار در مدل GAM با حضور گونه‌ی مرتعی *Onobrychis Cornata*

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۵: رابطه‌ی متغیرهای محیطی معنی‌دار در مدل GAM با حضور گونه‌ی مرتعی *Ferula gumosa*

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

مدل GLM به میزان ۰/۸۶ به گونه‌ی *Onobrychis Cornata* و در مدل GAM به میزان ۰/۸۶ به گونه *Agropyron Sp* تعلق داشت. بهترین حد آستانه در مدل GLM مربوط به گونه *Astragalus ochrodeucus* به صورت حضور و عدم حضور ۰/۷۴ و در مدل GAM به میزان ۰/۷۶ مربوط به گونه *Agropyron Sp* می‌باشد. بر اساس سطح زیر منحنی (AUC) عملکرد مدل GLM برای گونه‌های *Onobrychis Cornata* و *Ferula gumosa* از دقت بالایی برخوردار

نتایج حاصل از عملکرد مدل‌های GLM و GAM نشان داد که بالاترین R^2 در مدل GLM مربوط به حضور گونه *Agropyron Sp* به میزان ۰/۹۸ بوده است. کمترین RMSE و AIC نیز به ترتیب با میزان ۰/۲۹ و ۱۲ مربوط به گونه *Astragalus ochrodeucus* بود. در مدل GAM نیز بالاترین R^2 به گونه *Thymus kotschyanus* بود. همچنین کمترین RMSE و AIC مربوط به گونه‌های *Astragalus ochrodeucus* و *Ferula gumosa* بودند (جدول ۴). همچنین بالاترین AUC در

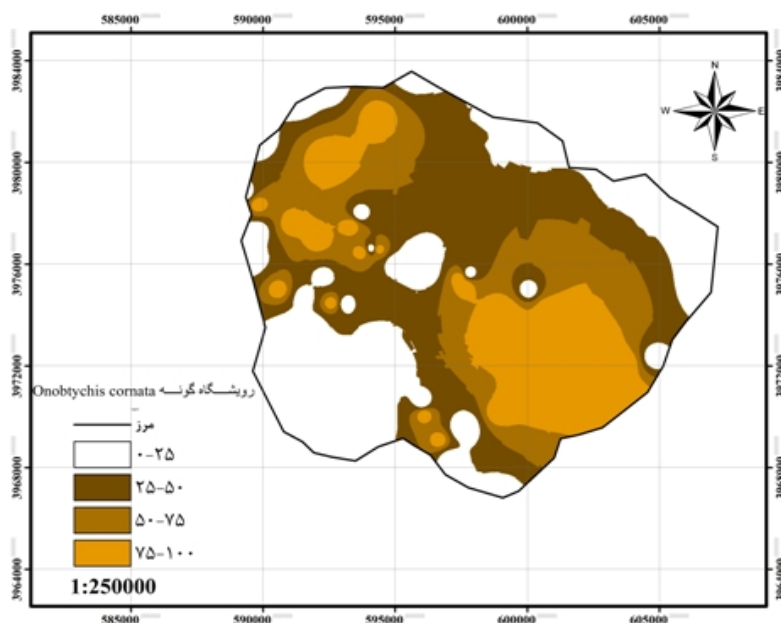
تولید *Onobrychis Cornata* با استفاده از مدل GAM در چهار کلاس (۲۵-۵۰؛ رویشگاه نامناسب، ۵۰-۷۵؛ مناسب و ۷۵-۱۰۰؛ تناسب عالی) طبقه‌بندی گردید (شکل ۶).

بود. همچنین در مدل GAM نیز گونه‌های *Astragalus ochrodeucus*، *Agropyron Sp* و *Thymus kotschyanus* از عملکرد بالایی برخوردار بودند. همچنین نقشه‌ی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی

جدول ۴: عملکرد مدل‌های GAM و GLM برای گونه‌های گیاهی منطقه پلور

GAM	GLM	شاخص آماری
		<i>Astragalus ochrodeucus</i>
۰/۶۸	۰/۶۲	R ²
۰/۲۲	۰/۲۹	RMSE
۳۱/۲۸	۱۲	AIC
۰/۷۹	۰/۶۱	AUC
۰/۳۹	۰/۷۴	Threshold
		<i>Agropyron Sp</i>
۰/۸۶	۰/۹۸	R ²
۰/۳۰	۰/۴۷	RMSE
۲۶	۲۹/۸۸	AIC
۰/۸۸	۰/۷۳	AUC
۰/۷۶	۰/۶۲	Threshold
		<i>Onobrychis Cornata</i>
۰/۷۸	۰/۹۶	R ²
۰/۴۲	۰/۳۱	RMSE
۲۴/۰۳	۲۱/۰۹	AIC
۰/۸۷	۰/۸۶	AUC
۰/۵۳	۰/۶۰	Threshold
		<i>Thymus kotschyanus</i>
۰/۸۸	۰/۹۰	R ²
۰/۳۵	۰/۴۷	RMSE
۳۶/۴۲	۳۱/۲۰	AIC
۰/۸۲	۰/۶۳	AUC
۰/۶۲	۰/۶۰	Threshold
		<i>Ferula gumosa</i>
۰/۸۲	۰/۷۱	R ²
۰/۵۱	۰/۴۰	RMSE
۱۸/۱۲	۲۵/۹۷	AIC
۰/۶۴	۰/۸۲	AUC
۰/۵۰	۰/۵۱	Threshold

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۶: نقشه‌ی پیش‌بینی رویشگاه گونه‌ی گیاهی *Onobrychis Cornata* در مدل GAM

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

تحقیق ما نیز مطابقت دارد (Jensen et al, 2001: 528-536).
 Hengel et al, 2009: 3133-3222. 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 چرخه‌ی مواد بین گیاهان و خاک وجود رطوبت کافی است (صفای و همکاران، ۱۳۹۱: ۸-۱).

در مطالعه‌ی پراکنش گونه *Astragalous sp* محققان بیان داشتند که مهم‌ترین عوامل اکولوژیکی بر پراکنش این گونه آهک و جهت می‌باشد که با نتایج ما مطابقت دارد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۱۸-۱۱۳؛ جعفریان و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۱-۶۴). از جمله عوامل مؤثری که در گونه *Agropyron sp* اثر داشته درصد آهک است که با برخی نتایج محققان هم‌خوانی دارد (جعفریان و کارگر، ۱۳۹۱: ۱۱۸-۱۰۷؛ عباسی و زارع چاهوکی، ۱۳۹۳: ۵۷-۴۷). این عامل باعث به وجود آمدن ساختمان مناسب و ایجاد تغییراتی در اسیدیته خاک می‌شود، ولی اگر مقدار آن بیش از حد افزایش

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 منطقه‌ی تأثیرگذار بودند. بررسی ارتباط عوامل محیطی و پوشش گیاهی در پلور با روش رگرسیون لجستیک نیز نتایج مشابهی با این تحقیق در برداشت (جعفریان و کارگر، ۱۳۹۱: ۱۱۸-۱۰۷). درصد رس خاک به‌عنوان جزئی از بافت خاک از عوامل تعیین‌کننده‌ی پراکنش گونه‌های غالب مرتعی منطقه‌ی مورد مطالعه بود. در یک منطقه‌ی آب و هوایی مشخص، بافت خاک در مقایسه با حاصل‌خیزی شیمیایی تأثیر بیشتری روی رشد و تجدید حیات موفقیت‌آمیز گیاهان دارد (Abde El-Ghani & Vafa, 2003: 607-628)

(Dubuis et al, 2013: 593-606)

محققان یکی از عوامل مهم در رشد و استقرار گونه‌های گیاهی را بافت خاک می‌دانند که با نتایج

زمینه هم‌خوانی دارد (صفایی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸-۱). نتایج به دست آمده از مقایسه عملکرد مدل‌های به دست آمده نشان می‌دهد که سطح زیرمنحنی (AUC) از سطح ضعیف (۰/۶۳) تا خیلی خوب (۰/۸۸) نوسان دارد. این نتایج بیانگر متفاوت بودن کیفیت مدل‌های پیش‌بینی مربوط به هر گونه است. دلایل این موضوع را می‌توان به داشتن شرایط ویژه این رویشگاه‌ها نسبت داد که برخی محققان نیز به چنین نتایج مشابهی دست یافتند (زراع‌چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۹-۴۵). از مزیت‌های مدل به کار رفته در تحقیق حاضر نسبت به مدل‌های پارامتریک این است که نیازی به نرمال بودن داده‌ها نبوده و قادر است ارتباط بین متغیر پاسخ و متغیرهای پیش‌بینی-کننده را بدون هیچ پیش‌فرضی (خطی بودن، گوسی بودن...) استخراج نماید. از جمله مزیت‌های دیگر این مدل استفاده از داده‌های حضور و غیاب جهت مدل‌سازی است که برخلاف سایر ویژگی‌های گیاهی (تراکم، تاج پوشش و تولید) اندازه‌گیری آن ساده‌تر است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴-۱۸).

مدل‌های خطی تعمیم یافته نیاز به پیش فرض روابط تابعی بین متغیر پاسخ و متغیرهای پیشگو 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 داده محور می‌باشد، سعی می‌نماید مشکل فوق را مرتفع سازد و رابطه واقعی بین متغیر پاسخ و متغیرهای پیشگو را آشکارسازی نماید. مدل جمعی تعمیم یافته به خاطر انعطاف‌پذیری در تعیین نوع و درجه ارتباط و تفسیرپذیری مناسب، به یک مدل محبوب تبدیل شده است و از آن می‌توان برای طیف وسیعی از داده‌ها استفاده نمود (Hasti&Tibshirani, 1990: 260-276).

یابد با ایجاد سخت لایه و افزایش میزان اسیدیته و املاح در محدوده ریشه مشکلاتی را برای گیاهان به وجود می‌آورد. بنابراین می‌توان آن را از عوامل محدود کننده ریشه و انتشار گیاهان به حساب آورد (عباسی و زارع چاهوکی، ۱۳۹۳: ۵۷-۴۷). هم‌چنین یکی از عوامل تأثیر گذار بر پراکنش گونه کما (*Ferula gumosa*) در مدل GAM آهک بوده است که با برخی نتایج مطابقت دارد (قاضی مرادی، ۱۳۹۳: ۴۵-۴۷). نتایج تحقیق نشان داد که گونه *Onobrychis radiata* با رطوبت نسبی ارتباط معنی‌داری نداشت. دلیل وجود چنین استثناهایی را می‌توان به فرار گرفتن این گونه در کنار یک‌گونه تقریباً ناسازگار با محیط وابسته به ارتفاع مانند *Astragalus aegobromus* دانست. محققان زیادی رطوبت نسبی را مورد مطالعه قرار داده‌اند (Pinkeetal, 2010: 282-292).

از گروه عوامل اقلیمی، رطوبت سالانه و از عوامل توپوگرافی، ارتفاع به عنوان عوامل تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های گیاهی شناخته شدند (جعفریان و کارگر، ۱۳۹۱: ۱۱۸-۱۰۷). از بین عوامل تأثیرگذار بر حضور گونه *Astragalus aegobromus* نیتروژن و اسیدیته بودند که با برخی نتایج مطابقت دارد (Astern et al, 2010: 119-1130).

مواد آلی از ازت غنی هستند و به دلیل داشتن صفات جذب سطحی در حد قابل توجهی در نگهداری عناصر تبدالی و در اختیار گذاشتن عناصر نقش مهمی ایفا می‌کنند. ارتباط وزن مخصوص ظاهری و حقیقی، درصد شن، سیلت و رس (Hengel et al, 2009: 3133-3222) و عناصر حاصلخیزکننده‌ی خاک مانند نیتروژن (Dubuis, 2013: 256-278) با پوشش گیاهی قبلا نیز ثابت شده است. در این پژوهش از ضریب AUC برای ارزیابی صحت مدل استفاده شد. با توجه به مقدار AUC کاربرد مدل در رویشگاه گونه‌های مورد مطالعه نتایج بهتری را نشان دادند که با نتایج مشابهی در این

رویش گونه‌های گیاهی در صورت دانستن عوامل محیطی اثرگذار وجود دارد. هم‌چنین این مدل‌ها می‌توانند، خود ایجاد فرضیه‌های اکولوژیکی جدیدی کنند که به تحقیقات بیشتری نیاز دارد. برای مثال چرا در مناطقی که از لحاظ شرایط محیطی مستعد رویشگاه گونه کمای بیلاقی در منطقه توریستی پلور است گونه مورد نظر حضور ندارد؟ آیا تغییر کاربری یا عوامل مدیریتی و زیستی باعث غیاب گونه مذکور شده است.

منابع

- آذرنوینوند، حسین؛ محمدعلی زارع چاهوکی (۱۳۸۹). بوم‌شناسی مرتع، انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۳۴۵.
- جعفریان، زینب؛ منصوره کارگر (۱۳۹۱). تعیین عوامل محیطی مؤثر بر گروه گونه‌های اکولوژیک با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مراتع پلور، نشریه علوم محیطی. ۱۰. صفحات ۱۱۸-۱۰۷.
- جعفریان، زینب؛ حسین ارزانی؛ قوام‌الدین زاهدی؛ حسین آذرنوینوند (۱۳۸۹). کاربرد آنالیز تشخیص برای تعیین ارتباط بین عوامل محیطی و پراکنش گونه‌های گیاهی در مراتع پلور با کمک تصاویر ماهواره‌ای، پژوهش‌های آبخیزداری. ۲۳ (۳). صفحات ۷۱-۶۴.
- جعفری، محمد؛ محمد علی زارع چاهوکی؛ علی طوبلی (۱۳۸۵). بررسی ارتباط بین خصوصیات خاک و پراکنش گونه‌های گیاهی در مراتع قم، نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی ۱۱. صفحات ۱۳۳-۱۱۸.
- جعفری حقیقی، محمد (۱۳۸۲). روش‌های تجزیه و تحلیل فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک (با تأکید بر نظریه و کاربرد)، انتشارات ضحی. صفحه ۲۳۶.
- زارع چاهوکی، محمدعلی؛ محمد جعفری؛ حسین آذرنوینوند؛ مژگان شفیع‌زاده (۱۳۸۶). مقایسه تکنیک‌های مدل‌سازی برای پیش‌بینی گونه‌های گیاهی در مراتع خشک و نیمه خشک، مجله مرتع. ۴. صفحات ۳۵۶-۳۴۲.

در تحقیق حاضر نیز مدل GAM عملکرد بهتری داشته است. در هر پژوهشی که از مدل‌های خطی تعمیم یافته برای تعیین روابط بین متغیرها استفاده می‌شود، می‌توان مدل جمعی تعمیم‌یافته را نیز به کار برد. به این ترتیب، کیفیت پیش‌بینی متغیر پاسخ را به حداکثر رسانده و روابط غیرخطی و غیر یکنواخت بین متغیر پاسخ و مجموعه متغیرهای پیشگو را کشف کرد. مدل‌های پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی از مدل‌ها استاتیک و احتمالی هستند و روابط ریاضی حاکم بر توزیع جغرافیایی یک گونه‌ی معین را با محیط فعلی آنها مشخص و عوامل مهم محیطی در پراکنش گونه‌ها را تعیین می‌کنند. برای توصیه گونه‌های مناسب در مراتع آگاهی از ویژگی‌های محیطی رویشگاه آن گونه امری ضروریست و چون یک ارتباط متقابل بین این عوامل و پراکنش گیاهان وجود دارد، در مدیریت مراتع و حفاظت آب و خاک نقش مهمی ایفا می‌کنند. با استفاده از روش‌های مدل‌سازی و تعیین رویشگاه بالقوه گونه‌های با ارزش می‌توان اصلاح و احیای مراتع، مناطق با ارزش از لحاظ حفاظتی و همچنین اثر تغییر اقلیم بر پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی را مطالعه کرد. شایان ذکر است که با مشخص شدن عوامل اصلی تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌ها و مطالعه بر روی این عوامل به جای مطالعه بر کلیه عوامل محیطی منطقه از صرف وقت و هزینه زیاد جلوگیری شده و مطالعات مقرون به صرفه می‌گردد. کاربرد دیگر مدل‌سازی پیش‌بینی پوشش گیاهی در ارزیابی سلامت و وضعیت اکوسیستم است (جعفریان و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۱-۶۴).

نتیجه

بر اساس نتایج این تحقیق، مدل‌های مطالعه شده در یک مقیاس کوچک به خوبی جواب داده و با استفاده از این نتایج، امکان تعیین مناطق مستعد

- Abd El-Ghani 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.
- Comstock, J. P. and Ehleringer, J. R. (1992). Plant adaptation in the Great Basin and Colorado Plateau. *Naturalist* 21:43-52.
- 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 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.
- Freeman, E. A. and Moisen, G (2008). Presence Absence: An R Package for Presence Absence Analysis. *Journal of Statistical Software*. 23(11), 1-31.
- Guisan, A., and Zimmermann, R. E (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*. 135, 147-186.
- Hastie, T. and Tibshirani, R (1990). Non-parametric logistic and proportional odds regression. *Applied statistics*. 260-276.
- Hanspach J., Kuhn I., Pompe S., and Klotz, S (2011). Predictive performance of plant species distribution models depends on species traits. *Perspectives in plant ecology, Evaluation and Systematic*. 1-8.
- He. M.Z., J.G. Zheng, X.R. Li and Qian, Y.L (2007). Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa Plateau, China. *Journal of Arid Environment*. 69, 473-489.
- 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.
- زارع چاهوکی، محمد علی؛ لیلا خلاصی اهوازی؛ حسین آذرنیوند (۱۳۹۳). مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی بر اساس فاکتورهای خاک و توپوگرافی با استفاده از رگرسیون لجستیک در مراتع شرق سمنان، مجله مرتع و آبخیزداری. ۶۷(۱). ۴۵-۵۹.
- ساکی، مژگان؛ مصطفی ترکش؛ مهدی بصیری؛ محمدرضا وهابی (۱۳۹۱). تعیین رویشگاه بالقوه گونه گیاهی گون‌زرد (*Astragalus verus*) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک درختی (LRT)، مجله اکولوژی کاربردی. ۱. صفحات ۳۷-۲۷.
- عباسی، محبوبه؛ محمد علی زارع چاهوکی (۱۳۹۳). مدل‌سازی پراکنش مکانی *Stipa barbata* و *Agropyron intermedium* با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در مراتع میانی طالقان، مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۵، صفحات ۵۷-۴۷.
- قاضی‌مرادی، مژگان (۱۳۹۳). مدل‌سازی رویشگاه بالقوه کمای ییلاقی با استفاده از مدل‌های GAM و BBN در منطقه فریدون شهر اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۱۲۱.
- صالحی، مسعود؛ حبیبه وزیری نسب؛ معصومه خوشگام؛ نسرین رفعتی (۱۳۹۱). بکارگیری مدل جمعی تعمیم‌یافته در تعیین نوع ارتباط عوامل خطر رتینوپاتی در بیماران دیابتی شهر تهران. ۱۱۹، صفحات ۲۱-۱۱.
- صفایی، مژده (۱۳۹۱). مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گونه گیاهی گون‌زرد با استفاده از دو روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA) و رگرسیون لجستیک (LR) در منطقه فریدون شهر استان اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتع‌داری. دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۱۰۷.
- 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.

-
- Herrera B. J., J. Camposa, B. Finegana and Alvarado, A (2004). Factors affecting site productivity of a Costa Rican secondary rain forest in relation to *Vochysia ferruginea*, a commercially valuable canopy tree species. *Forest Ecology and Management*. 118(1), 73-81.
 - Hirzel A. and Guisan, A (2002). Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling? *Ecological Modeling*. 157, 331-341.
 - Jensen, M., P. Jeff, A. James, Barber 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.
 - Pinke G., R. Pal 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.
 - R Development Core Team (2007). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
 - Tarkesh, M. and Gottfried, J (2012). Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. *Environ Ecol Stat*.
 - Villers-Ruiz, L., I. Trejo-Vazquez and Lipez-Blanco, J (2003). Dry vegetation in relation to the physical environment in the Baja California Peninsula, Mexico. *Journal of Vegetation Science*. 14, 517-524.