جغرافیا و توسعه شماره ۴۶ بهار ۱۳۹۶
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۰۵/۱۱
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۰۹/۰۳
صفحات : ۱۳۲-۱۱۷

مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی حفاظتی و با ارزش در منطقه‌ی توریستی پلور با استفاده از مدل خطّی 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 خطّی تعمیم‌یافته (GLM) و مدل جمعی تعمیم یافته (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. پنج‌گونه‌ی 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 به‌گونه 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 خطّی تعمیم یافته (GLM)، منطقه پلور.

۱- دانشیار علوم مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری *
Z.Jafarian@sanru.ac.ir
۲- دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
kargar_sahar@yahoo.com

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: ۱۳۳-۱۱۸؛ زارع‌چاهوکی و همکاران،۱۳۸۶: ۳۴۴)*. امروزه با به‌کارگیری روش‌های آماری قوی و سیستم اطلاعات‌جغرافیایی(GIS)،پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی، به سرعت در بوم‌شناسی توسعه‌یافته است *(آذرنیوند و زارع‌چاهوکی، ۱۳۸۹: ۳۳۸-۳۲۱)*.

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 متغیّرها 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 کمّی 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 تعیین‌کرد و رفتار گونه را با متغیّرهای 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 متغیّره استفاده می‌شود که انتخاب هر کدام ازروش‌ها به هدف تحقیق و نوع داده‌ها بستگی دارد *(جعفری و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۳۳-۱۱۸)*.

در روش‌های رسته‌بندی و طبقه‌بندی نمی‌توان رابطه بین همه‌ی گونه‌های‌گیاهی وعوامل‌محیطی 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 خطّی تعمیم‌یافته از چند نظر برتری دارند و هدف از به کاربردن این مدل‌ها به حداکثر رساندن کیفیت پیش‌بینی متغیّر وابسته، کشف روابط غیرخطّی و

1-Generalized Linear Model
2-Generalized Additive Model

غیریکنواخت بین متغیّر پاسخ و مجموعه متغیّرهای 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 سوییس مقایسه شدند تا روش جامعی برای چنین مدل‌سازی‌هایی ارائه شود که در نهایت استفاده از مدل‌هایی چون GLM و GAM و CART[1] در پیش‌بینی رویشگاه گونه‌ها پیشنهاد شدند (*Freeman & Moisen, 2008:1-31*). همچنین پنج تکنیک مدل‌سازی شامل رگرسیون خطّی چند متغیّره (MLR)، درخت رگرسیون و طبقه‌بندی (CART)، درخت رگرسیون‌تقویت شده(BRT[2]) مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته(GAM)وشبکه‌ی عصبی‌مصنوعی[3](ANN) 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[4] (*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: ۵۹-۴۵*)، شبکه‌ی‌عصبی‌مصنوعی(*عباسی و زارع‌چاهوکی، ۱۳۹۳: ۵۷-۴۷*)، مدل جمعی تعمیم‌یافته (*قاضی‌مرادی، ۱۳۹۳: ۴۷-۴۵*) و رگرسیون لجستیک درختی (*ساکی، ۱۳۹۱: ۳۷-۲۷*) انجام شده است. از آنجایی‌که با پردازش داده‌های محیطی و داده‌های حضور و عدم حضور با استفاده از روش‌های مختلف آماری می‌توان احتمال رخداد گونه‌ها را محاسبه کرد و به مدیران منابع طبیعی کمک‌کرد تا با اختصاص زمان و هزینه‌ی کمتر، به شناسایی عوامل تهدیدکننده جمعیّت‌ها (*Cdoun et al, 2006:1750-1763*) و تعیین عوامل مهم در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی، تعیین تأثیر اقلیم بر پراکنش جغرافیای گونه‌های گیاهی و رویشگاه‌های مطلوب‌گونه‌های‌گیاهی و جانوری بپردازند(*قاضی‌مرادی، ۱۳۹۳: ۴۷-۴۵*). به دنبال افزایش جمعیّت و پیامدهای ناشی از زندگی صنعتی نیاز انسان را به‌مناطق تفریحی طبیعت جهت رفع‌خستگی 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 متغیّرهای محیطی آثار بسیاری در تنوع و پوشش گیاهان با ارزش و حفاظتی در این منطقه دارند. از آنجایی‌که برای این منظور مدل‌های مختلفی وجود دارد باید سعی‌گردد 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 باارزش ازجمله Astragalus ochrodeucus وOnobrychis Cornata که در جلوگیری از فرسایش خاک نقش بسزایی دارند، در منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

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

1-Classification and Regression Tree
2-Boosted Regression Trees
3-Artifical Neural Nettwork
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 دومارتن 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).

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 روی‌هم‌گذاری 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 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 درصورت 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 قبلا 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، ۱۷۲حضور و ۳۸ عدم‌حضور، 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*، ۷۲حضور و ۱۳۸ عدم‌حضور 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 ۱۰۰متر در نظر گرفته شد. نمونه‌های خاک بر اساس عمق مؤثر ریشه‌دوانی گونه‌های گیاهی مورد مطالعه و فعالیّت‌های بیولوژیک خاک، از عمق ۳۰-۰ 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 اندازه گیری شد. بافت خاک (درصد شن، رس و سیلت) از روش هیدرومتری بویکس، نیتروژن از روش کجلدال، کربن

آلی از روش اکسیداسیون مرطوب والکی بلک، اسیدیته خاک در گل اشباع، فسفر کل از روش کلریمتری، پتاسیم قابل جذب بعد از استخراج با استات آمونیوم ۸ نرمال با اسیدیته ۷ اندازه‌گیری شدند (*جعفری‌حقیقی، ۱۳۸۲: ۲۳۶-۲۲۱*). با استفاده از GPS موقعیت جغرافیایی محل نمونه‌های خاک برداشت و ثبت گردید.

مدل خطّی تعمیم‌یافته (Generalized Linear Model)

مدل خطّی تعمیم یافته، یک مدل پارامتری بوده و بسط مدل‌های خطّی می‌باشد. در مدل خطّی تعمیم-یافته فرمول ارائه می‌گردد و رابطه‌ی بین متغیّرهای تبیینی و پاسخ به وسیله‌ی پارامتر برآورد شده رگرسیون به اضافه‌ی فواصل اطمینان سنجش می‌شود. مدل‌های خطّی 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 جمعیّت تعمیم‌یافته (Generalized Additive Model)

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 که خود نیز بسط مدل‌های خطّی می‌باشند، است. مدل جمعی تعمیم‌یافته روش بسیار مناسبی را برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی رابطه بین متغیّرهای مستقل و پاسخ ارائه می‌دهد. در مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته برخلاف مدل رگرسیون خطّی اجازه داده می‌شود داده‌هاشکل منحنی پاسخ را تعیین کنند. در مدل جمعی تعمیم‌یافته فرض بر این است که متغیّر پاسخ Y دارای توزیعی از خانواده نمایی با میانگین $\mu=E(Y|X_1,\ldots,X_p)$ می‌باشد که از طریق تابع پیوند (g) به‌متغیّرهای پیشگو (X_j) متصل می‌شود. مدل‌های جمعی تعمیم یافته به صورت زیر بیان می‌شود:
(*Hasti & Tibshirani, 1990:260-276*)

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

در اینجا فرض می‌شود f_jها توابعی نامعلوم و هموار می‌باشند. بطورخاص f_j از روی داده‌ها و با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته هموارساز نمودار پراکنش، برآورد می‌شود. تفاوت اساسی مدل‌های جمعی 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 جمعی تعمیم‌یافته است که آن‌را ازسایر مدل‌ها متمایزمی‌سازد. این توابع قابلیت جمع‌پذیری دارند، از آنجاکه اثر هر متغیّر به صورت جداگانه بیان می‌شود، بنابراین هر تابع می‌تواند برای آزمون نقش متغیّرها در پیشگویی پاسخ به‌صورت جداگانه بررسی‌شود. وجود هموارسازها در این مدل باعث توانایی این مدل در شناسایی روابط غیرخطّی شده است. مدل‌های جمعی تعمیم یافته توانایی بالایی در تجزیه و تحلیل داده‌های اکولوژیکی و مشخص کردن رابطه‌ی غیرخطّی بین متغیّرهای مختلف دارد (*Hanspanch et al, 2011: 1-8*). بطور کلی مزیّت مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته را می‌توان این گونه بیان کرد که ساختار جمعی به بیان نتایج قابل تفسیر برای هر کدام از متغیّرهای تبیینی که به مدل وارد می‌شود، می‌پردازد.در مدل‌های‌جمعی تعمیم‌یافته به‌جای پیش فرض‌های پارامتری غیر قابل انعطاف، رابطه‌ی بین متغیّرهای 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

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, و بسته GRASP Generalized Regression) Analysis and Spatial Prediction) که توسط (*Lehmann et al, 2002:189-207*) ارائه شد، تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام گردیده است. همچنین با توجه به ماهیّت متغیّر پاسخ (۰ و ۱)، توزیع متغیّر پاسخ دوجمله‌ای در نظر گرفته شد برای ارزیابی مدل‌ها روشTen-foldدر بسته (Caret)به‌کار برده شد. برای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی مدل از ضرایب آماری AIC[1]، RMSE وR^2 استفاده شد (رابطه‌های ۱،۲ و۳) (*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 مشاهده ها و p تعداد متغیّرهای مدل است. در رابطه ۳ و ۲، n تعداد مشاهده‌ها، Qi مقدار مشاهده شده، Ôi مقدار برازش یافته و R^2 ضریب تبیین مدل است.

رابطه ۱: $AIC= n \ln(RMSE)\rho$

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

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

نتایج

یکی از اساسی‌ترین مشکلاتی که محققان با آن روبرو هستند وجود هم خطّی بین متغیّرهای مستقل می‌باشد. با توجه به این که هم خطّی 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 هم‌خطّی یا همراستایی بین متغیّرهای مستقل از عامل تورم واریانس (VIF[2]) استفاده گردید که یکی از آماره‌های مهم برای هم خطّی بین متغیّرهای مستقل در روش‌های رگرسیونی است. متغیّرهایی که VIF آنها کمتر از ۱۰ باشد، مشکل هم‌راستایی نخواهند داشت (*Hast & Tibshirani, 1990: 260-276*).بدین منظور ابتدا مقدار VIF برای تمام متغیّرهای مستقل محاسبه شد. نتایج نشان داد که مقدار VIF برای متغیّرهای 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 متغیّر از تجزیه و تحلیل حذف می‌شوند و مدل‌سازی با استفاده از باقیمانده متغیّرها صورت گرفته است. آماره‌های توصیفی مربوط به متغیّر اقلیمی، عوامل خاکی و توپوگرافی در محل‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه گردیده است.

1- Akaike information criteria

2- Variance Inflation Factor

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

خصوصیات	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	عامل‌تورم 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
رطوبت‌نسبی	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

نتایج بیانگر این مطلب است که در مدل GLM برای گونه *Astragalus ochrodeucus* متغیّرهای اسیدیته، آهک، جهت، سیلت و بارندگی متغیّرهای تأثیرگذار بودند. برای گونه‌های *Agropyron Sp* و *Onobrychis Cornata* به ترتیب متغیّرهای جهت و اسیدیته تأثیر داشتند. در رابطه با گونه *Thymus kotschyanus* درصد آهک و رطوبت نسبی و متغیّر نیتروژن نیز در گونه *Ferula gumosa* اثر داشته است. در مدل GAM نیز در رابطه باگونه *Astragalus aegobromus* اسیدیته، آهک، جهت، سیلت و ارتفاع از عوامل تأثیرگذار بر پراکنش این گونه بودند. برای گونه *Agropyron Sp* نیز رس، نیتروژن و سیلت در پراکنش تأثیر داشتند. همچنین متغیّرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه *Onobrychis cornata* در مدل GAM جهت، آهک، رس،ارتفاع،سیلت، رطوبت‌نسبی بوده است. در پراکنش گونه *Thymus kotschyanus* آهک،رس،ارتفاع، نیتروژن، اسیدیته، رطوبت نسبی تأثیر داشتند. متغیّرهای تأثیرگذار در پراکنش گونه *Ferula gumosa* جهت، آهک، ارتفاع، نیتروژن بوده است (جدول۲).

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

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

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

گزینش متغیّرها 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 متغیّرهای 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* رابطه خطّی (درجه آزادی ۱) داشتند. همچنین نیتروژن و ارتفاع با *Thymus kotschyanuS* رابطه غیرخطّی (درجه آزادی۲) داشتند. متغیّرهای آهک، نیتروژن، جهت و ارتفاع با *Thymus kotschyanus* رابطه خطّی (درجه آزادی ۱) داشتند. همان‌طوری‌که ملاحظه می‌گردد آهک، نیتروژن و ارتفاع مهمترین‌متغیّرها در تغییرات پراکنش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه بودند. در جدول ۳ اهمیت نسبی هر یک از متغیّرهای اثرگذار ارائه گردیده است.

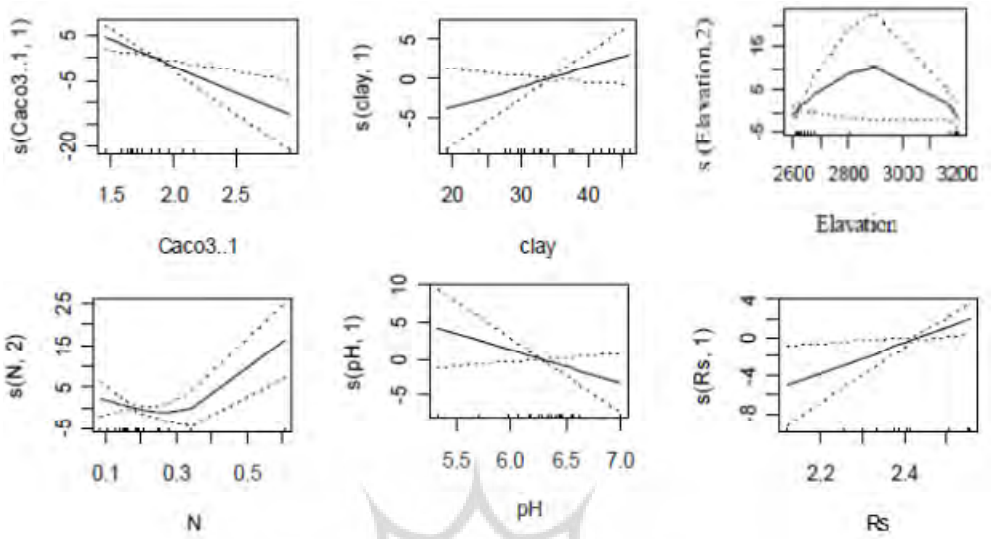
جدول ۳: نتایج برازش (اهمیّت نسبی و درجه آزادی) مدل جمعی تعمیم‌یافته گونه‌های غالب مرتعی پلور با متغیّرهای معنی‌دار مورد بررسی

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

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

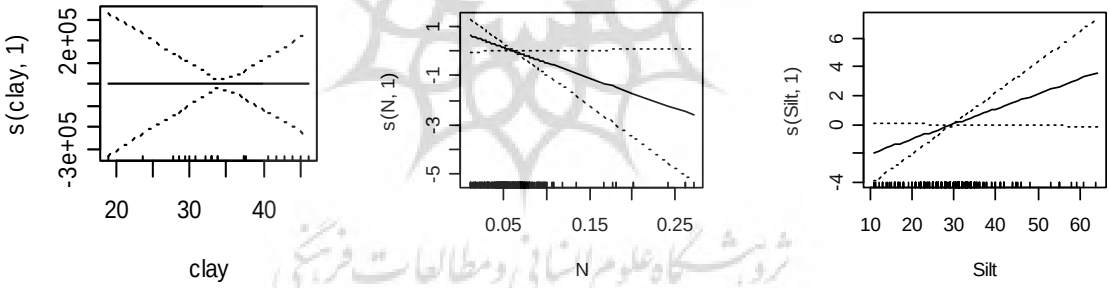
در شکل‌های زیر نمودار مؤلفه‌های هموارسازی برای متغیّرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌های غالب مرتعی در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود رس و رطوبت نسبی دارای رابطه‌ی خطّی افزایشی با حضور گونه می‌باشد. نیتروژن با حضور گونه روند افزایشی دارد. ارتفاع نیز با حضور گونه ابتدا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

آهک دارای رابطه خطّی کاهشی با حضور این گونه دارد (شکل۱). در رابطه با حضور گونه *Agropyron Sp* نیز سیلت و رس و نیتروژن رابطه‌ی خطّی یکنواختی با حضور این گونه داشتند (شکل ۲). همچنین همه‌ی متغیّرهای تأثیر گذار رابطه خطّی با حضور گونه‌های *Onobrychis Cornata*، *Ferula gumosa* و *Astragalus ochrodeucus* داشتند (شکل ۳، ۴ و ۵).



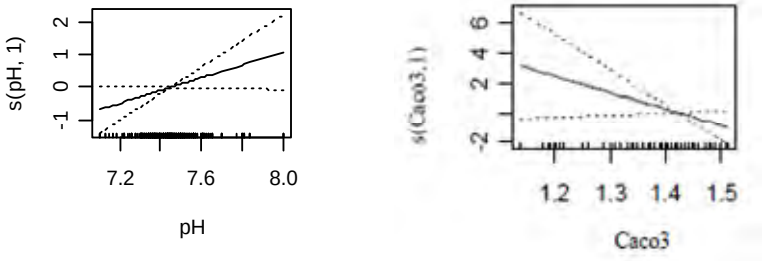
شکل ۱: رابطه‌ی متغیّرهای محیطی معنی‌دار در مدل GAM با حضور گونه‌ی مرتعی Thymus kotschyanus

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



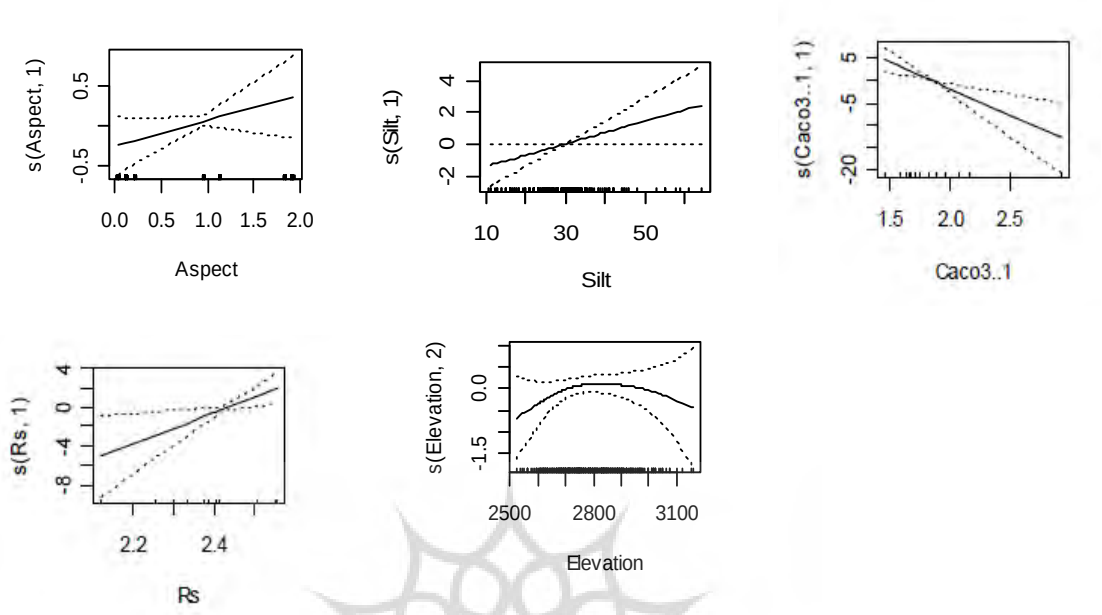
شکل ۲: رابطه‌ی متغیّرهای محیطی معنی‌دار در مدل GAM با حضور گونه‌ی مرتعی Agropyron Sp

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



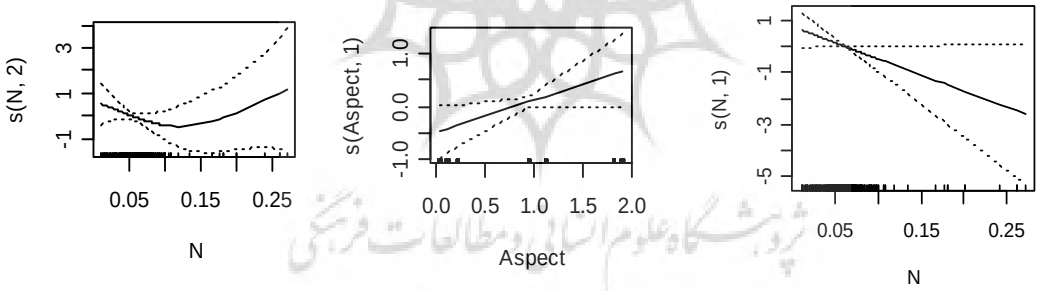
شکل ۳: رابطه‌ی متغیّرهای محیطی معنی‌دار در مدل GAM با حضور گونهی مرتعیAstragalus ochrodeucus

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



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

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل۵: رابطه‌ی متغیّرهای محیطی معنی‌دار در مدل GAM با حضور گونه‌ی مرتعی Ferula gumosa

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

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 به‌گونه‌های *Astragalus ochrodeucus* و *Ferula gumosa* بودند (جدول۴). همچنین بالاترین AUC در 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 به‌گونه *Agropyron Sp* می‌باشد.

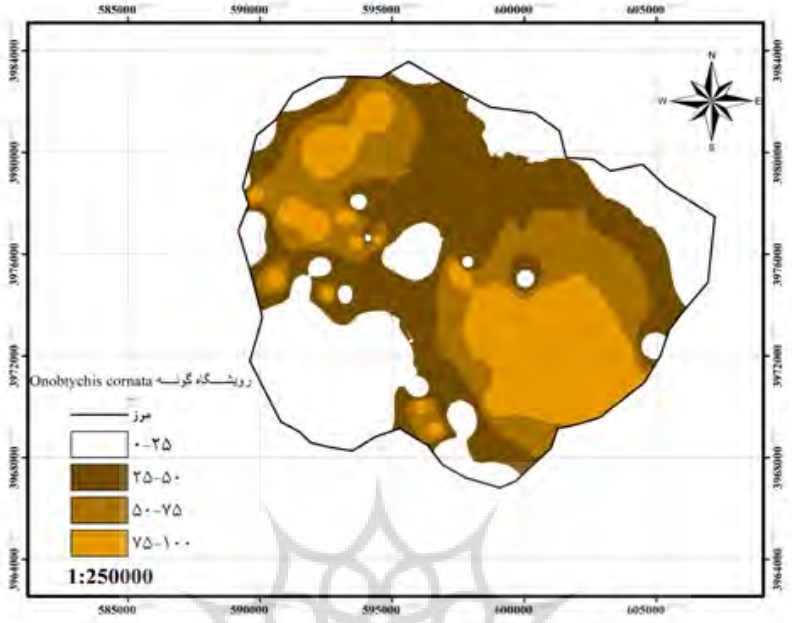
بر اساس سطح زیر منحنی (AUC) عملکرد مدل GLM برای گونه‌های *Agropyron Sp*، *Onobrychis Cornata* و*Ferula gumosa* از دقت بالایی برخوردار

بود. همچنین در مدل GAM نیز گونه‌های *Astragalus ochrodeucus*، *Agropyron Sp*، *Onobrychis Cornata* و Thymus kotschyanus از عملکرد بالایی برخوردار بودند. همچنین نقشه‌ی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ی Onobrychis Cornata با استفاده از مدل GAM تولید و در چهار کلاس (۲۵-۰؛ رویشگاه نامناسب، ۵۰-۲۵؛ تناسب کم، ۷۵-۵۰؛ مناسب و ۱۰۰-۷۵؛ تناسب عالی) طبقه‌بندی گردید (شکل ۶).

جدول۴: عملکرد مدل‌های GLM و GAM برای گونه‌های گیاهی منطقه پلور

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

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴



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

تهیه و ترسیم : نگارندگان، ۱۳۹۴

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 تحقیق‌دربرداشت *(جعفریان و کارگر، ۱۳۹۱: ۱۱۸-۱۰۷)*. درصد رس خاک به‌عنوان جزیی از بافت‌خاک از عوامل تعیین‌کننده‌ی پراکنش گونه‌های غالب‌مرتعی منطقه‌ی موردمطالعه بود. در یک‌منطقه‌ی آب‌و هوایی مشخص، بافت‌خاک در مقایسه با حاصل‌خیزی شیمیایی تأثیر بیشتری روی رشد و تجدیدحیات 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 تحقیق ما نیز مطابقت‌دارد *(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

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 قرار 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 حدّ قابل توجهی در نگه‌داری عناصر تبادلی و در اختیار گذاشتن عناصر نقش مهمی ایفا می‌کنند.ارتباط وزن مخصوص‌ظاهری 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 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 خیلی‌خوب (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 (*زارع‌چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۹-۴۵*). از مزیّت‌های 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 متغیّر پاسخ و متغیّرهای پیش‌بینی- کننده را بدون هیچ پیش‌فرضی (خطّی 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 خطّی تعمیم یافته نیاز به پیش فرض روابط تابعی بین متغیّر پاسخ و متغیّرهای 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 می-باشند، سعی می‌نماید مشکل فوق را مرتفع سازد و رابطه واقعی بین متغیّر پاسخ و متغیّرهای پیشگو را آشکارسازی نماید.مدل جمعی تعمیم‌یافته 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*).

در تحقیق حاضر نیز مدل GAM عملکرد بهتری داشته است. در هر پژوهشی که از مدل‌های خطّی تعمیم یافته برای تعیین روابط بین متغیّرها استفاده می‌شود، می‌توان مدل جمعی تعمیم‌یافته را نیز به کار برد. به این ترتیب، کیفیت پیش‌بینی متغیّر پاسخ را به حداکثر رسانده و روابط غیرخطّی و غیر یکنواخت بین متغیّر پاسخ و مجموعه متغیّرهای 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 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 ییلاقی 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 آذرنیوند (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 طویلی (۱۳۸۵). بررسی ارتباط بین خصوصیات خاک و پراکنش گونه‌های گیاهی در مراتع قم، نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی ۱۱. صفحات ۱۳۳-۱۱۸.
- جعفری‌حقیقی، 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 آذرنیوند؛ مژگان شفیع‌زاده (۱۳۸۶). مقایسه تکنیک‌های مدل‌سازی برای پیش‌بینی گونه‌های گیاهی در مراتع خشک و نیمه خشک، مجله مرتع. ۴.صفحات ۳۵۶-۳۴۲.

- زارع چاهوکی، محمد علی؛ لیلا خلاصی اهـوازی؛ حسـین آذرنیوند (۱۳۹۳). مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی بر اسـاس فاکتورهـای خـاک و توپـوگرافی بـا اسـتفاده از رگرسیون لجستیک در مراتع شرق سمنان، مجله مرتـع 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 ازمدل رگرسیون‌لجستیک درختی(LRT)،مجله اکولوژی کاربردی.۱.صفحات۳۷-۲۷.
- عباسی، محبوبه؛ محمد علی زارع چاهوکی (۱۳۹۳). مدل‌سازی پراکنش مکانی Stipa barbata و Agropyron intermedium با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی د ر 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 BBN و GAM 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.
- 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.

- 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 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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی