فصلنامه علمی – پژوهشی گیاه و زیست بوم
سال ۹، شماره ۳۶، تابستان ۱۳۹۲

تهیه منحنی‌های پاسخ گونه‌ی گون زرد (*Astragalus verus* Olivier) نسبت به شیب تغییرات محیطی با استفاده از روش None Parametric Multiplicative Regression در منطقه فریدون‌شهر استان اصفهان

مژده صفائی[۱]*، مصطفی ترکش[۲]، مهدی بصیری[۲]

چکیده

این مطالعه با هدف ترسیم منحنی پاسخ گونه گون زرد (*Astragalus verus* Olivier) نسبت به شیب تغییرات محیطی با استفاده از روش None Parametric Multiplicative Regression (NPMR) انجام گردید. بدین‌منظور ابتدا مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گون زرد با استفاده از روش رگرسیون لجستیک (LR) و تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA) در مراتع فریدون‌شهر استان اصفهان انجام شد و این دو مدل با استفاده از ۳۱ متغیر محیطی (متغیرهای خاک، اقلیم و فیزیوگرافی) به‌صورت نقشه تهیه شدند. سپس به کمک این دو نقشه و نقشه‌های متغیرهای محیطی مهم، روش NPMR برای ترسیم منحنی‌های پاسخ گونه استفاده گردید. مدل‌های NPMR مدل‌های پیش‌بینی‌کننده‌ای هستند که می‌توانند بدون هیچ پیش‌فرضی در مورد شکل منحنی پاسخ گونه‌ها نسبت به متغیرهای اکولوژیکی، بحث نمایند و حد بردباری گونه‌ها را تعیین کنند. نتایج به‌دست‌آمده براساس نقشه‌های رویشگاه بالقوه (LR و ENFA) و منحنی‌های عکس‌العمل گونه، رویشگاه مناسب گون زرد در منطقه مطالعاتی، مناطقی با بافت متوسط تا به‌نسبه سنگین (۴۴ تا ۴۸ درصد رس)، شیب متوسط (۱۰ تا ۲۰ درصد)، خاک‌هایی با شوری کم (کمتر از ۰/۳ درصد)، رطوبت اشباع خاک بین ۴۵ تا ۴۷ درصد و اسیدیته حدود ۷/۵ است. نتایج مدل‌سازی پراکنش بالقوه این گونه و سایرگونه‌های گیاهی مهم می‌تواند در مکان‌یابی مناطق مستعد جهت احیای رویشگاه‌های بالقوه گونه‌های موردنظر استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی، گون زرد، تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک، رگرسیون‌لجستیک، رگرسیون غیرپارمتریک مضربی

۱- دانشگاه صنعتی اصفهان، گروه مرتعداری، اصفهان، ایران
۲- دانشگاه صنعتی اصفهان، گروه مرتع و آبخیزداری، اصفهان، ایران
* مکاتبه‌کننده: (safaei.mojdeh@gmail.com)

تاریخ دریافت: پاییز ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: پاییز ۱۳۹۱

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

توصیف پاسخ‌گونه به متغیرهای محیطی از مسائل پایه برای توسعه و آزمون تئوری‌های اکولوژیکی، اصلاح روش‌های آنالیز جامعه گیاهی، تعیین گونه‌های شاخص در ارزیابی زیست‌محیطی، پیش‌بینی جغرافیایی و پراکنش محیطی گونه‌ها در ارزیابی‌ها و پیش‌بینی تغییر اقلیم بر پوشش گیاهی مفید و کاربردی است (Austin, 1989). گونه‌هایی که در یک مکان رشد می‌کنند احتمالاً دارای نیازهای مشابه ازنظر عوامل محیطی هستند. با رسم عملکرد یک گونه (وفور، فراوانی تولید و. .) در امتداد شیب تغییرات محیطی منحنی‌هایی به‌دست می‌آید که از آنها به‌عنوان منحنی‌های پاسخ‌گونه نام می‌برند. اگر چند گونه باهم در یک جامعه گیاهی رشد کنند اغلب فرض می‌شود که منحنی‌های پاسخ آنها شبیه به‌هم می‌باشد. لیکن مطالعه عکس‌العمل واقعی گونه‌ها به شرایط محیطی منحنی‌های پاسخ متفاوتی را موجب می‌شود. پاسخ‌گونه‌ها به متغیرهای محیطی به‌وسیله اشکال و منحنی‌های متفاوتی نمایش داده شده‌است که آنها را می‌توان به دو گروه مدل‌های پاسخ غیرخطی و خطی تقسیم‌بندی کرد. در مدل‌های پاسخ غیرخطی فرض این است که کل محدوده متغیر محیطی نمونه‌برداری شده است و فرض می‌شود که پاسخ‌گونه به شیب تغییرات محیطی پاسخی زنگوله‌ای شکل است (طهماسبی، ۱۳۸۹).

درگذشته اکولوژیست‌ها در نمایش منحنی پاسخ‌گونه معمولاً از مدل‌های آماری ساده استفاده می‌کردند که نمی‌توانست ارتباط غیرخطی چند فاکتوری گونه‌ها را در رویشگاه بررسی کند. این مدل‌ها معمولاً فاقد آثار متقابل هستند و شکل منحنی پاسخ به‌صورت پیش فرض خطی (رگرسیون چندگانه خطی) و یا سیگموئیدی (مانند رگرسیون لجستیک) در نظر می‌گیرد. هنوز هم اکثر اکولوژیست‌ها بر این باورند که شکل منحنی پاسخ‌گونه نسبت به گرادیان‌های محیطی زنگوله‌ای است. علاوه بر این شکل منحنی به عوامل دیگری بستگی دارد و باید آثار متقابل متغیرها در مدل‌ها وارد شود. مدل‌های خطی، ممکن است در برخی موارد مانند منحنی پاسخ‌گونه‌ها به گرادیان متغیرهای محیطی در یک دوره کوتاه، به‌صورت خطی مناسب باشند و یا گاهی منحنی‌های پاسخ‌گونه به‌صورت لجستیکی، مانند ارتباط سیگموئیدی بین احتمال رخداد گونه و گرادیان‌های متوالی محیطی مناسب هستند. منحنی زنگوله‌ای شکل غیرمتقارن توسط ویتاکر ارائه شد (شکل ۱ و ۲) و در مدل‌های تئوری به‌طور کاملاً وسیعی موردقبول واقع شده‌اند (McCune, 2009). نکته قابل‌توجه این است که تمام مدل‌های فوق تنها یک تقریبی از منحنی پاسخ‌گونه را در طول شیب تغییرات نشان می‌دهند. برای مثال مطالعات تجربی نشان داده است که اگرچه پاسخ‌گونه‌ها غیرخطی است ولی تقارن کامل در پاسخ مشاهده نمی‌شود (جعفریان جلودار، ۱۳۸۷).

مدل‌های آماری در برابر منحنی‌های پاسخ‌گونه دو دسته پارامتریک و غیرپارامتریک هستند. در مدل‌های پارامتریک « فرض درمورد منحنی‌های پاسخ‌گونه نسبت به متغیرهای محیطی، به‌عنوان هسته مرکزی مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای می‌باشد. NPMR[1]، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده‌ای هستند که می‌توانند بدون هیچ پیش‌فرضی درمورد

۱- Nonparametric Multiplicative Regression

Archive of SID

www.SID.ir

شکل منحنی پاسخ‌گونه‌ها به متغیرهای اکولوژیکی بحث نمایند (McCune, 2009).

در این مطالعه از روش رگرسیون غیرپارامتریک NPMR برای ترسیم منحنی‌های پاسخ‌گونه گون زرد به متغیرهای محیطی استفاده شد. این روش اولین‌بار توسط McCune (2009) ارئه گردید که براساس آشیان اکولوژیک هاتچینسون[1] بیان شده است. انتخاب روش مناسب فقط بستگی به متدهای آماری ندارد، برخی مدل‌ها راهکار مناسب را براساس شکل و منحنی پاسخ‌گونه و درک از آشیان اکولوژیک آنها ارائه می‌دهند (Guisan, 2000). تئوری آشیان اکولوژیک هاتچینسون (شکل ۳) نظریه تجربی و ساده‌ای برای فهم آشیان اکولوژیک و پراکنش گونه‌های گیاهی است. در شکل ۳ دو متغیر محیطی مستقل X1 و X2 نشان داده شده است، مقادیر حداقل و حداکثر متغیرهای زیست‌محیطیX1 و X2 در شکل نشان داده شده است، که تشکیل یک منطقه مستطیلی شکل را داده که گونه S1 قادر به‌حضور در آن است. ممکن است متغیرهای بیشتری از X1....Xn به‌عنوان فاکتورهای اکولوژیکی موثر بر حضور گونه S1 شناخته شوند، بنابراین آشیان اکولوژیک به‌صورت ناحیه‌ای n بعدی در فضا تعریف می‌شود که هر بعد یک متغیر زیست محیطی را دربرمی‌گیرد که اجازه حضور گونه S1 را می‌دهد.

لازم به ذکر است این روش تاکنون در هیچ یک از مطالعات داخل کشور دیده نشده است و برای اولین‌بار در روش‌های مدل‌سازی رویشگاه گون زرد (۱۳۹۱) در استان اصفهان انجام شده است (صفائی و همکاران، ۱۳۹۲). از مطالعات خارج از کشور می‌توان به بررسی Tarkesh & Gottfried (2012) اشاره کرد، وی به مقایسه کارایی شش مدل پیش‌بینی‌کننده پوشش گیاهی از مدل‌های متمایز کننده گروهی و مدل‌های پروفیل، پرداخت. وی عملکرد سه مدل BIOCLIM، GARP[2] و MaxEnt[3] را با سه مدل غیرپارامتری MARS[4]، NPMR و LRT[5] مقایسه کرد. داده‌های ورودی هر شش مدل یکسان بود و رویشگاه بالقوه گونه *Teucrio-Seslerietum* را در منطقه مطالعاتی در شرق آلمان را تعیین نمود. دقت مدل‌ها با استفاده از ضرایب آماری کاپا و سطح زیر منحنی پلات‌های ROC محاسبه شد و نتایج نشان داد از گروه اول مدل Max Ent و از گروه دوم مدل MARS بالاترین دقت را دارا بودند، وی همچنین منحنی‌های پاسخ‌گونه‌ای را از این مدل‌ها استخراج کرد و شیب تغییرات گونه مطالعاتی را نسبت به تغیرات محیطی تعیین نمود و بیان نمود هر سه مدل MARS، NPMR و LRT قابلیت مناسبی ازلحاظ تفسیر اکولوژیکی و تولید منحنی‌های عکس‌العمل گونه دارا هستند (Tarkesh, 2012).

این مطالعه با هدف استخراج منحنی‌های پاسخ گون زرد به تغیرات محیطی با استفاده از روش NPMR از دو مدل پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی (تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک ENFA[6] و رگرسیون

۱- Hutchinson

۲- Genetic Algorithm for Rule Set Production

۳- Maximum entropy

۴- Multivariate Adaptive Regression Splines

۵- Logistic Regression Tree

۶- Ecological Niche Factor Analysis

Archive of SID

www.SID.ir

لجستیک LR[1] در منطقه فریدون‌شهر استان اصفهان انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

درشهرستان فریدون‌شهر و در فاصله ۱۴۰ کیلومتری مرکز شهرستان اصفهان قرار دارد. ازنظر موقعیت جغرافیایی، این منطقه بین°۵۰ ′۲۶ ″۱۷ تا °۴۹ ′۴۰ ″۳۵ طول شرقی و°۳۲ ′۴۱ ″۴۶ تا °۳۳ ′۰۷ ″۰۴ عرض شمالی واقع شده است. وسعت محدوده مطالعاتی حدوداً ۱۰۰۰ کیلومتر مربع و متوسط ارتفاع برابر با ۲۶۶۲ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارش منطقه ۴۵۰ میلی‌متر برآورد شده است. شیب غالب منطقه در کلاس ۱۲-۲۵ درصد قرار دارد. مراتع محدوده موردمطالعه به‌صورت مراتع ییلاقی مورداستفاده قرار می‌گیرد و میانگین درجه حرارت سالیانه در آن ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد است. حداکثر ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه ۳۹۸۷ و حداقل آن ۱۷۷۰متر از سطح دریا می‌باشد. اقلیم منطقه مطالعاتی برآیند اثر عناصر مختلف و به‌طور عمده متأثر از توپوگرافی است. چون بارندگی‌های بخش‌های شرقی، شمالی، غرب و جنوب غربی منطقه دارای الگوهای یکسانی نمی‌باشد، اثر ارتفاع و ترازهای ارتفاعی در این مناطق مشابه نیستند. بنابراین می‌توان گفت که ایجاد خاک در یک منطقه و حفظ و گسترش پوشش گیاهی بر روی خاک به عوامل متعددی از جمله عوامل آب‌وهوایی که از اساسی‌ترین عوامل تشکیل و تکامل خاک و استقرار گیاه می‌باشد بستگی دارد. اقلیم این منطقه جزء نیمه‌معتدل کوهستانی طبقه‌بندی می‌شود.

اطلاعات محیطی مورد استفاده

به‌منظور مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گون زرد در منطقه فریدون‌شهر، به بررسی عوامل محیطی مؤثر در انتشار جغرافیایی گونه و تعیین علل ظهور گونه‌های گیاهی پرداخته شد و برای این کار از ابزارهایی مانند نرم‌افزارهای GIS و زمین آمار برای تولید نقشه‌ی متغیرهای محیطی و نرم‌افزارهای آماری استفاده گردید. در این مطالعه، نقشه‌ی رقومی ۳۱ متغیر محیطی (جدول۱) شامل متغیرهای خاک، اقلیم و فیزیوگرافی در محیط نرم‌افزار ARC GIS 9.3 و Ilwis3.0 با اندازه پیکسل ۹۰×۹۰ متر تولید شد. برای مدل‌سازی رویشگاه گونه گون زرد نقشه‌های مورد استفاده باید دارای زمین مرجع[2] و سیستم مختصات[3] یکسان باشند. نقشه‌های متغیرهای محیطی تولید شده برای استفاده در پروسه‌ی مدلسازی باید قابلیت هم‌خوانی و هم‌پوشانی داشته باشد، بنابراین نقشه‌ها در یک فریم تولید شده و در پایان برش داده شدند. مدل‌های فوق از مدل‌های پیش‌بینی‌کننده توزیع جغرافیایی گونه‌های گیاهی هستند که براساس روش‌های آماری مختلف و سیستم اطلاعات جغرافیایی و براساس تحلیلی‌های اکولوژیکی پراکنش گونه‌های گیاهی را مدل‌سازی می‌کنند.

۱- Logistic Regression

۲- Georefrence

۳- Coordinate system

Archive of SID

www.SID.ir

با بررسی همبستگی متغیرهای فوق تنها ۱۰ فاکتور از بین ۳۱ متغیر فوق قابلیت ورود به فرایند مدل‌سازی را داشتند که نقشه‌های متغیرهای محیطی، با روش‌های GIS تولید گردید و دو مدل ENFA و LR (صفائی و همکاران، ۱۳۹۲) به‌منظور پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گون زرد در منطقه فریدون‌شهر تهیه شدند با استفاده از این دو مدل نهایی و نقشه‌های اولیه متغیرهای محیطی منحنی‌های پاسخ گون زرد به عوامل محیطی با استفاده از دو روش NPMR در نرم‌افزار Hyperniche تولید گردید.

رگرسیون غیرپارامتریک (NPMR)

مدل‌های جهانی (Global model) ارتباط بین متغیر پاسخ و متغیر پیشگو را در سرتاسر فضای نمونه نشان می‌دهند. مدل‌های ناحیه‌ای (Local model) در یک ناحیه خاصی از فضا بر روی داده‌ها برازش می‌شود که با نواحی دیگر فضای نمونه متفاوت است. در رگرسیون ساده خطی، مدل جهانی یک خط مستقیم است که کل فضای نمونه را دربرمی‌گیرد (شکل ۴). در حقیقت مدل در یک زمان برای کل داده‌ها (فضای نمونه) برازش می‌شود، بنابراین مدل ناحیه‌ای نیست و در آنالیز هر نقطه وزن برابری می‌گیرد. رگرسیون لجستیک یک مدل جهانی است و تابع وزن‌دهی آن مسطح است. اما مدل مذکور متفاوت از رگرسیون ساده خطی است و منحنی احتمالی آن در ارتباط با متغیرهای پیشگو یک منحنی سیگموئیدی است. رگرسیون لجستیک گوسی[1] شبیه به رگرسیون لجستیک معمولی است با این تفاوت که منحنی پاسخ آن در ارتباط با متغیرها شکل کوژی به‌خود می‌گیرد (شکل ۴).

در مدل‌های ناحیه‌ای، برازش مدل بر روی نقاط بر اساس وزن‌دهی نسبت به فاصله از نقطه هدف انجام می‌شود و تابع وزن‌دهی به‌عنوان Kernel function شناخته می‌شود. در ساده‌ترین شکل مدل وزن‌دهی تابع وزن‌دهی همچون یک مستطیل درنظر گرفته می‌شود که نقاط درون چهارچوب مستطیل از وزن (۱) و نقاط خارج از آن وزن (۰) می‌پذیرند و میانگین ارزش مشاهدات درون چارچوب بدون هیچ پیش‌فرضی بیانگر مقدار برآورد نقاط می‌باشد.

از توابع وزن‌دهی دیگر می‌توان به تابع گوسی (زنگوله‌ای شکل) اشاره نمود که بیشترین وزن را به نقاط موجود در رأس منحنی داده و سایر نقاط نسبت به فاصله از رأس از وزن کمتری برخوردار می‌گردند. مدل‌های ناحیه‌ای می‌توانند مسطح (LM-NPMR) و یا دارای گرایش (LLR-NPMR یا LLogR-NPMR) باشند (شکل ۵).

مطالب فوق عملکرد دقیق روش NPMR را نشان می‌دهد و به بیان ساده با وزن‌دهی نقاط نمونه‌برداری و بررسی حضور و عدم‌حضور گونه نسبت تحت آن شرایط محیطی منحنی‌های پاسخ گونه را ترسیم می‌کند. این روش در قالب نرم‌افزار Hypernich ver1.19 انجام شد.

نتایج

باتوجه به اهمیت تعیین دامنه بردباری و تعیین منحنی پاسخ گونه به شرایط محیطی، در این مطالعه با استفاده از روش NMPR منحنی پاسخ گون زرد به عوامل محیطی استخراج شد که منحنی‌های برخی از متغیرها در نمودار ۱ تا ۵ آمده است.

۱- Gaussian logistic regression

Archive of SID
www.SID.ir

همچنین با تلفیق دو متغیر محیطی منحنی پاسخ‌گونه را نسبت به آن دو متغیر در سه بعد می‌توان به‌دست آورد که در شکل ۶ احتمال حضور و عدم‌حضور گون زرد با تلفیق دو متغیر رس (۲) و هدایت الکتریکی (۳) قابل‌مشاهده است. در نمودارهای فوق محور افقی نشان‌دهنده شیب تغییرات محیطی حضور گون نسبت به متغیرهای محیطی و محور عمودی نشان دهنده حضور یا عدم‌حضور گون زرد می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی و استقرار آنها در عرصه‌های طبیعی براساس دامنه بردباریشان به عوامل مختلف محیطی و ویژگی‌های اکولوژیکی آنها صورت می‌پذیرد. بنابراین شناخت عوامل تأثیرگذار بر پراکنش جغرافیایی می‌تواند در شناسایی مکان مرتعی بالقوه گونه‌هایی که ارزش حفاظتی آب و خاک را دارند، کارآمد باشد و همچنین به مدیریت، احیاء و توسعه اکوسیستم‌های مرتعی تخریب‌شده کمک کند. مدل‌های پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی مطالعاتی هستند که با داشتن داده‌های با قابلیت اطمینان بالا می‌توانند از صرف وقت و هزینه زیاد جلوگیری کرده و انجام تحقیقات اکولوژیکی را مقرون به‌صرفه می‌کند (جعفریان، ۱۳۸۷) مدیریت بر پایه اصول اکولوژیکی و درک فرایندهای اکولوژیکی پیش‌شرط اصلی مدیریت است (مصداقی، ۱۳۸۶).

نتایج به‌دست آمده از روش رگرسیون غیرپارامتریک NMPR نشان می‌دهد مطابق شکل ۶-۳ منحنی عکس العمل گون زرد نسبت به مقادیر هدایت الکتریکی خاک، مشاهده می‌شود بیشترین احتمال حضور گون زرد در Ec ۰/۲ درصد می‌باشد و بعد از آن دارای روند نمایی منفی است. شکل ۶-۱ مربوط به عامل کلسیم کربنات نیز مشابه هدایت الکتریکی (۳) دارای روند نمایی منفی است که بعد از ۲ درصد ایجاد می‌شود. شکل ۶- ۲و ۴ منحنی عکس‌العمل گون زرد نسبت به مقادیر درصد رس و رطوبت اشباع خاک می‌باشد که دارای یک روند گوسی شکل است. بیشترین احتمال حضور گون زرد در میزان رس حدود ۴۵-۴۷ درصد و رطوبت اشباع ۴۲ تا ۴۴ درصد نشان می‌دهد.

نتایج (جدول ۲) در تعیین دامنه بردباری گون زرد نشان می‌دهد، برای متغیر متوسط دمای سالانه بیشترین حضور گونه بیش از ۱۱/۳ درجه سانتی‌گراد بوده است. بهترین شیب برای حضور گون زرد بین ۱۰ تا ۲۰ درصد بوده است. در مورد درصد آهک خاک بین ۱/۶ تا ۲/۶ بیشترین حضور را دارد و هدایت الکتریکی کمتر از ۰/۳تا حداکثر ۰/۷را تحمل می‌کند و در بالاتر از آن حضور گونه کمرنگ می‌شود. طبق نتایج، بهینه درصد رس خاک که گونه قادر به رشد در آن است بین ۴۴ تا ۴۸ درصد، درصد بهینه سیلت ۳۴ تا ۳۷ درصد، رطوبت اشباع خاک بین ۴۵ تا ۴۷ درصد و در pH بین ۷/۳تا ۷/۸ می‌باشد. این نتایج با مطالعه سایر محققین تا حدود زیادی همخوانی دارد. وهابی (۱۳۸۴) اظهار داشت گون زرد از گونه‌های مقاوم به خشکی و از گیاهان گلیکوفیت[1] است که با شرایط ادافیکی متنوع

۱- Glycophytes

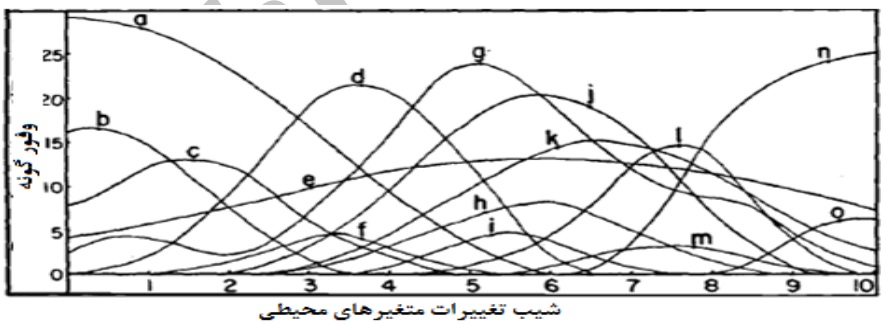
گلیکوفیت‌ها که گیاهانی حساس به نمک هستند. این گیاهان قادر نیستند به مدت زیادی در معرض نمک قرار بگیرند. برای دفع سمیت سدیم، بیشتر گلیکوفیت‌ها بر محدودکردن جذب سدیم تکیه می‌کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

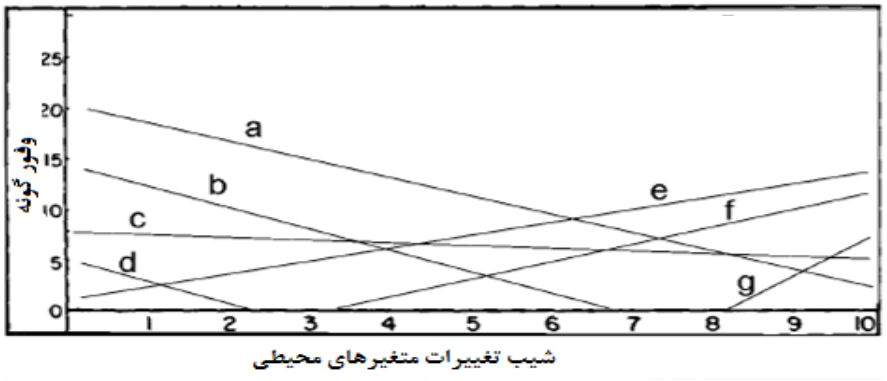
خاک‌های تکامل‌نیافته تا تکامل‌یافته، کم‌عمق تا عمیق، بافت سبک تا خیلی سنگین، نفوذپذیری کند یا تند، اسیدیته خنثی تا کمی قلیایی (۷/۵ تا pH= ۷/۸) و خاک‌های غیرشور تا کمی شور (Ec<2 ds/m) سازگاری دارد که با نتایج این تحقیق سازگاری دارد. همچنین اسدیان (۱۳۷۵) آت‌کولوژی و شیوه بهره‌برداری از دو گونه گون سفید و گون زرد را در منطقه الوند همدان بررسی‌کرد و به این نتیجه رسید که گونه‌های موردمطالعه گیاهان مقاومی‌اند که در شرایط محیطی متنوع با بارندگی ۱۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالانه ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد، در خاک‌هایی با تکامل پروفیلی و بدون تکامل پروفیلی، در اراضی پرشیب و در بین دو حد ارتفاعی ۱۱۰۰ تا ۴۰۰۰ متر از سطح دریا به‌خوبی رشد می‌کنند و استقرار می‌یابند (اسدیان، ۱۳۷۵). Daubenmire (1947) بیان کرد عوامل اقلیم، خاک و فیزیوگرافی مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و حیات یک گیاه هستند؛ در نتیجه کاشت گیاهان مرتعی نیازمند درک دامنه تحمل و بردباری هر گونه نسبت به این عوامل است (Daubenmire, 1947).

در زمینه علوم اکولوژی گیاهی و جانوری انجام مطالعات و تحقیقات در زمینه تعیین حدود بردباری و دامنه تحمل گونه‌ها مشکل و هزینه‌بر می‌باشد و اغلب موارد با سختی‌های فراوانی همراه است. استفاده از روش‌های آماری بر پایه علوم اکولوژی و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند تا حدودی این موانع را رفع کند. روش‌های نوین مانند NPMR به متخصصان منابع طبیعی به‌خصوص در زمینه اکولوژی گیاهی کمک می‌کند تا با دید منطقی و علمی به تفسیر منحنی‌های پاسخ گونه‌ی گیاهی بپردازند و با تعیین نیاز های اکولوژیکی هر گونه، طرح‌های احیایی و اصلاحی مفید و کاربردی ارائه دهند و گونه‌های مناسب هر منطقه را باتوجه به شرایط محیطی و دامنه اپتیمم گونه توصیه کنند.

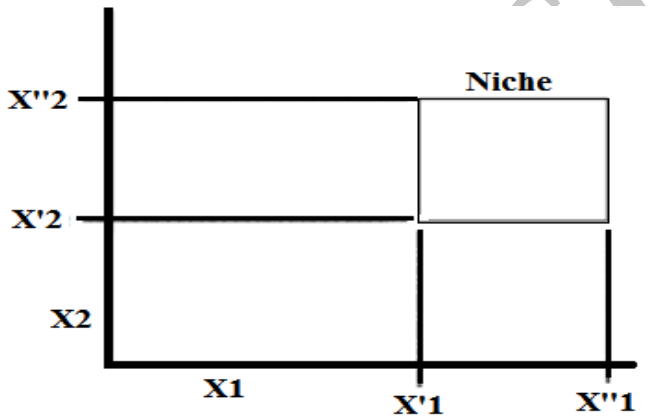


شکل ۱- منحنی پاسخ زنگوله‌ای گونه‌های گیاهی به شیب تغییرات محیطی (McCune, 2009)

www.SID.ir



شکل ۲- منحنی پاسخ خطی گونه‌های گیاهی به شیب تغییرات محیطی (McCune, 2009)

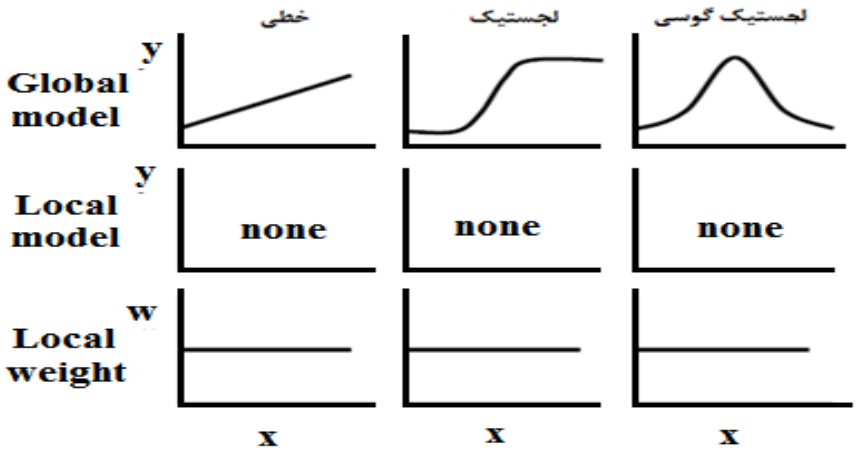


شکل ۳- آشیان اکولوژیک هاتچینسون X1 و X2 متغیرهای محیطی در فضای دو بعدی (McCune, 2009)

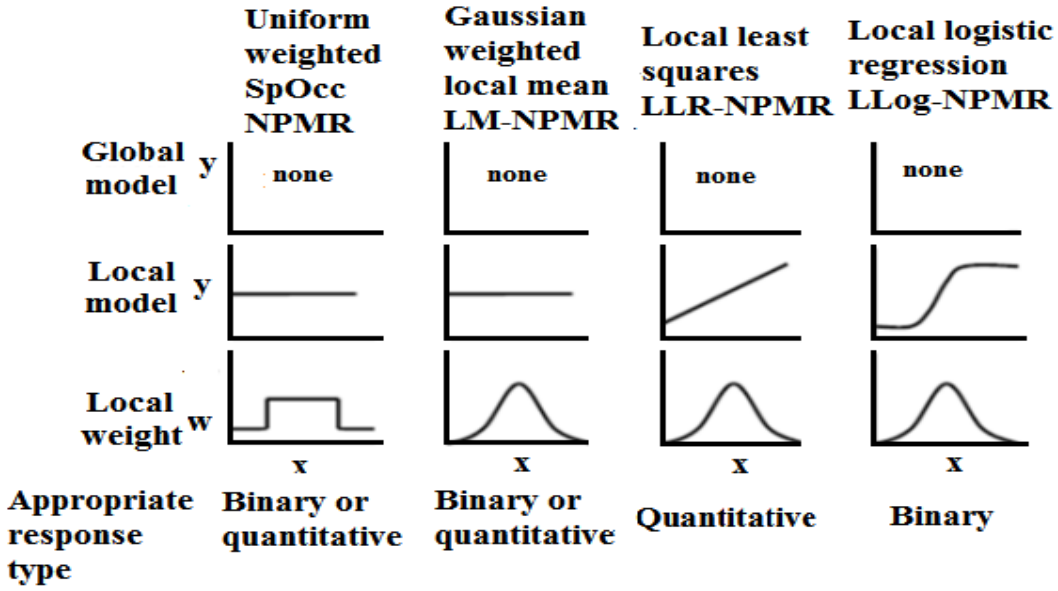
جدول ۱- متغیرهای محیطی استفاده‌شده در فرایند مدل‌سازی رگرسیون لجستیک (LR) و تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA)

عوامل خاکی: رطوبت اشباع خاک، درصد رس خاک، درصد سیلت خاک، درصد شن خاک، میزان اسیدیته خاک، مواد آلی خاک، کربن آلی خاک، هدایت الکتریکی خاک، درصد کربنات کلسیم
عوامل فیزیوگرافی: درصد شیب، مدل رقومی ارتفاع، جهت شیب
عوامل اقلیمی: میانگین بارش سالانه، ایزوترمالیتی، بارندگی در خشک‌ترین ماه، بارندگی در مرطوب‌ترین ماه، بارندگی در خشک‌ترین فصل، بارندگی در مرطوب‌ترین فصل، بارندگی در گرم‌ترین فصل، بارندگی سردترین فصل سال، بارندگی فصلی، درجه حرارت فصلی، دامنه درجه حرارت سالانه، میانگین دمای روزانه، میانگین دمای سالانه، حداکثر دما در گرم‌ترین ماه، حداقل دما در سردترین فصل سال، متوسط دما در مرطوب‌ترین فصل سال، متوسط دما در خشک‌ترین فصل سال، متوسط دما در گرم‌ترین فصل سال، متوسط دما در سردترین فصل سال

www.SID.ir

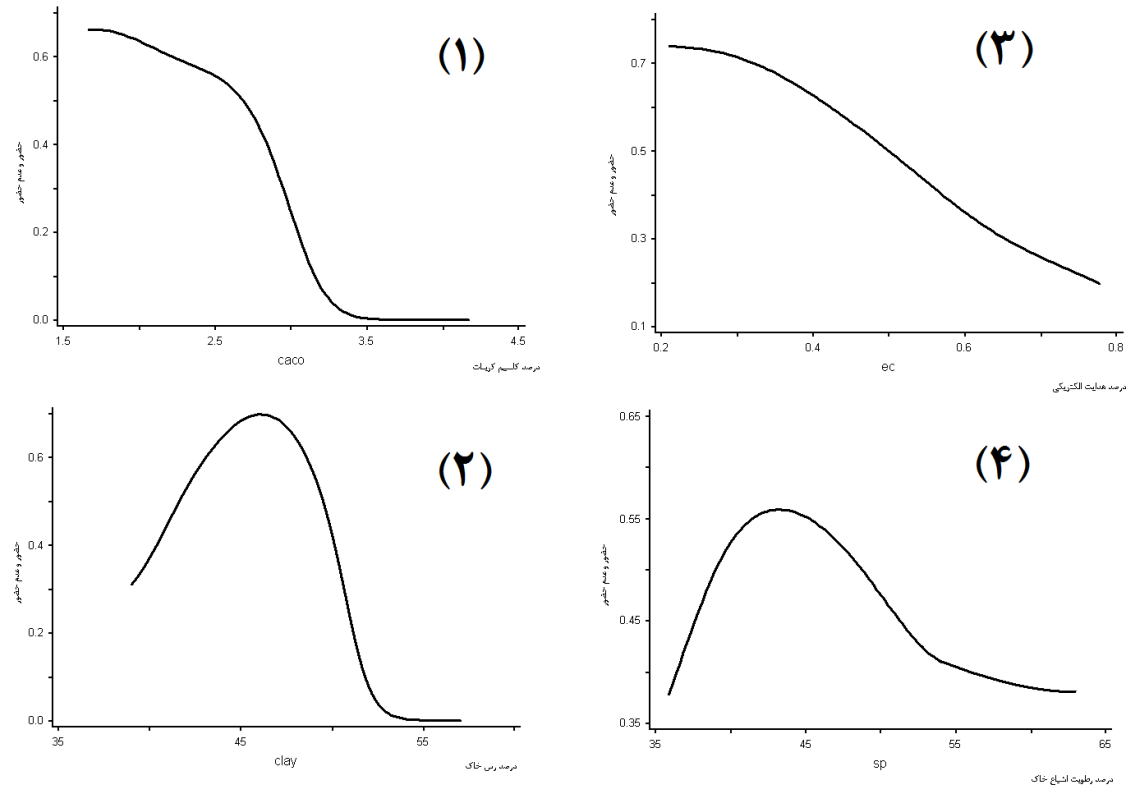


شکل ٤- برخی از مدل‌های پارمتریک پیش‌بینی رویشگاه (McCune, 2009)

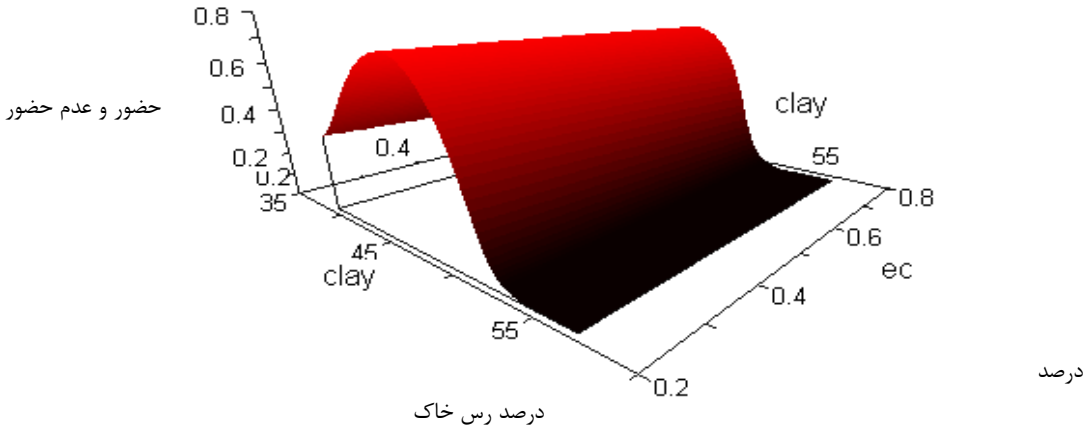


شکل ٥- مدل‌های جهانی و ناحیه‌ای تابع وزن‌دهی شده آنها در چندین شکل مدل رگرسیونی غیرپارامتریک (McCune, 2009)

www.SID.ir



شکل ٦- منحنی عکس‌العمل گون زرد نسبت به مقادیر کربنات کلسیم خاک (۱)، درصد رس خاک (۲)، هدایت الکتریکی خاک (۳) و رطوبت اشباع خاک (٤)



شکل ۷- منحنی پاسخ‌گونه گون زرد برای متغیرهای پیشگوی درصد رس و هدایت الکتریکی خاک

www.SID.ir

جدول ۲- دامنه بردباری گون زرد نسبت به متغیر محیطی مهم در مدل‌های LR و ENFA

نام متغیر	حداقل دامنه تحمل	حداکثر دامنه تحمل	حالت بهینه
متوسط دمای گرم‌ترین فصل سال	۲۰/۲	۲۲/۸۶	۲۲-۲۰
متوسط بارش سالانه	۳۹۰	۵۵۴	۵۵۴-۳۹۵
متوسط درجه حرارت سالانه	۱۰/۳۵	۱۵	۱۵-۱۰/۳
رس خاک	۳۹	۴۹	۴۸-۴۴
درجه شیب	۱/۷۱	۳۰/۳۷	۲۰-۱۰
کربنات کلسیم	۱/۶۷	۲/۶۸	۲/۶ تا ۱/۶
سیلت خاک	۲۷	۴۲	۳۷-۳۴
اسیدیته خاک	۷/۳۴	۷/۹۱	۷/۵
رطوبت اشباع	۳۶/۸	۶۱/۰۲	۴۷-۴۵
هدایت الکتریکی	۰/۲	۰/۶	۰/۳

منابع

اسدیان،ق. ۱۳۷۵. آتکولوژی گون‌های مولد کتیرا و نحوه بهره‌برداری در دامنه جنوبی الوند همدان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشگاه گرگان.

جعفریان‌جلودار،ز. ۱۳۸۷. مدل‌سازی مکانی پوشش گیاهی مرتعی با استفاده از شاخص‌های اکولوژیکی و داده‌های ماهواره‌ای، دانشکده منابع طبیعی-رساله دکتری، دانشگاه تهران.

صفائی،م.، م.ترکش، م.بصیری، و ح.بشری. ۱۳۹۲. مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گونه گون زرد (*Astragalus verus* Olivier) با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک، مجله مرتع، در نوبت چاپ.

طهماسبی،پ. ۱۳۸۹. رجبندی، انتشارات دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

مصداقی،م. ۱۳۸۶. مرتع‌داری در ایران، انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد.

وهابی،م.ر. ۱۳۸۴. تعیین شاخص‌های رویشگاهی مؤثر برای بهره‌برداری از دو گونه گون کتیرایی سفید و زرد در اصفهان، رساله دکتری دانشگاه تهران، ۲۲۱.

Austin,M. 2002. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological modeling* 157:101-118.

Archive of SID

www.SID.ir

Austin,M.P. 1989. Soil Climate and Plant Community Relationships on some Rangelands of Northeastern Nevada. *Journal of Range Management* 42: 275-289.

Daubenmire,R.F. 1947. Plant and environment A text book of out ecology. John Wiley & sons, New York.

Guisan,A., and N.Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modeling* 135:147-186.

McCune,B. 2009. Nonparametric Multiplicative Regression for Habitat Modeling. Oregon State University, Corvallis, Oregon. U. S. A.

Tarkesh,M., and J.Gottfried. 2012. Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. *Environ Ecol Stat*

Archive of SID

www.SID.ir