Archive Of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دورهٔ ٦٩، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ١٣٩٤/٠٢/٠٨
تاریخ پذیرش: ١٣٩٤/٠٥/١٨

ص ٧٢٥-٧٣٤

مدلسازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونهٔ بادامک (*Amygdalus scoparia Spach*) در مراتع موشکیه استان قم

❖ **حسین پیری‌صحراگرد؛** استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ آب و خاک ، دانشگاه زابل، زابل
❖ **محمدعلی زارع چاهوکی*؛** استاد، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
❖ **مجید آجرلو؛** استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل
❖ **محمد نهتانی ؛** استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل

چکیده

پژوهش حاضر با هدف مقایسهٔ کارایی روش‌های رگرسیون لجستیک، آنتروپی حداکثر و پرسپترون چندلایه در ارائهٔ مدل پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونهٔ بادامک (Amygdalus scoparia) در مراتع استان قم انجام گرفت. برای این منظور، بعد از شناسایی رویشگاه‌های خالص این گونه، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به‌روش تصادفی- منظم انجام گرفت. برای نمونه‌برداری از خاک رویشگاه، هشت پروفیل حفر و از دو عمق ٣٠-٠ و ٦٠-٣٠ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. بعد از اندازه‌گیری خصوصیات خاک و تهیهٔ لایه‌های مربوط به خصوصیات فیزیوگرافی (شیب، جهت، ارتفاع)، زمین‌شناسی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، مدلسازی پیش‌بینی پراکنش انجام گرفت و نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونهٔ مورد مطالعه تهیه شد. در مرحلهٔ بعد، میزان تطابق نقشهٔ پیش‌بینی حاصل و نقشهٔ واقعی رویشگاه بررسی شد. براساس مقادیر ضریب کاپای محاسبه‌شده، مدل رگرسیون لجستیک توانسته است پراکنش رویشگاه گونهٔ مورد مطالعه را در سطح عالی (ضریب کاپای ٠/٩١) پیش‌بینی کند؛ این در حالی است که نقشهٔ پیش‌بینی حاصل از روش پرسپترون چندلایه و آنتروپی حداکثر دارای تطابق خیلی خوب (به‌ترتیب ضریب کاپای ٠/٨٥ و ٠/٨) با نقشهٔ واقعی بود. این نتایج نشان می‌دهد که روش رگرسیون لجستیک در برآورد دامنهٔ پراکنش رویشگاه این گونه در مقایسه با دو روش دیگر، از دقت بیشتری برخوردار است. براساس مدل رگرسیون لجستیک، نوع سازند زمین‌شناسی (سازند آذرین) و مقدار سنگریزهٔ عمق اول خاک، مؤثرترین عوامل در حضور این گونه در رویشگاه مورد مطالعه‌اند. این نتایج گویای آن است که در انتخاب روش بهینهٔ مدلسازی، علاوه بر قابلیت‌های هر روش، باید به دامنهٔ آشیان بوم‌شناختی گونه‌های مورد مطالعه نیز توجه ویژه شود.

واژگان کلیدی: آنتروپی حداکثر، بادامک، پرسپترون چندلایه، رگرسیون لجستیک، مدل پیش‌بینی، مراتع موشکیه.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ٠٢٦٣٢٢٤٩٣١٣
Email: mazare@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive Of SID

مقدمه

وجود یا نبود گیاهان در یک منطقه متأثر از عوامل محیطی است و خصوصیات رویشگاه به‌شکلی مناسب در پوشش گیاهی منعکس می‌شود. شناخت این عوامل با استفاده از روش‌های مدلسازی مناسب و دقیق می‌تواند به مدیریت بهینه پوشش گیاهی کمک نماید. [۱]. به‌عبارت دیگر حضور گونه‌های گیاهی مختلف در یک منطقه، برایند عوامل محیطی، نیازهای بوم‌شناسی هر گونهٔ گیاهی و همچنین دامنهٔ بردباری آن گونه نسبت به عوامل محیطی مهم در هر رویشگاه است [۲، ۳]. مدلسازی پیش‌بینی پراکنش پوشش گیاهی ابزاری است که از داده‌های مکانی پوشش (مانند وجود و نبود)، فراوانی گونه‌ها و نقشه‌های رقومی دقیق از متغیرهای محیطی، به‌منظور برآورد شرایط محیطی که یک گونه می‌تواند در آن شرایط بقا پیدا کند استفاده می‌کند [٤].

با توجه به تنوع روش‌های در دسترس برای مدلسازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی، متفاوت بودن قابلیت‌ها و همچنین محدودیت‌های هر یک از این روش‌ها، مطالعات مقایسه‌ای در مورد عملکرد این روش‌ها، به‌منظور کمّی‌کردن عدم‌قطعیت یا خطای ناشی از روش‌های مختلف اجتناب‌ناپذیر است [۵، ٦]. بدیهی است که با مطالعات مقایسه‌ای علاوه‌بر درک مفروضات و رفتار هر روش، می‌توان شناخت بهتری از قابلیت‌ها و کمبودهای آن به‌دست آورد و در نتیجه، امکان تفسیر دقیق‌تر خروجی‌های مدل نیز فراهم خواهد شد [۷]. به‌عبارت دیگر، استفاده از روش‌های مختلف مدلسازی، بدون ارزیابی دقت پیش‌بینی آنها و پی بردن به اینکه کدام روش و در چه شرایطی بهترین پیش‌بینی را انجام خواهد داد، مفید نخواهد بود [۸]. از سوی دیگر، به‌دلیل پیچیده بودن و تعدد روابط درون یک اکوسیستم، روش‌هایی که برهم‌کنش بین تعداد زیادی از متغیرها را با یکدیگر ادغام کنند، بر روش‌های دیگر ارجح‌ند [٤، ۹]. از جمله روش‌های مورد استفاده برای این منظور، می‌توان به روش رگرسیون لجستیک، روش آنتروپی حداکثر[1] و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی[2] از گروه روش‌های یادگیری ماشینی اشاره کرد.

گونهٔ *A. scoparia* به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در جلوگیری از وقوع سیل در مناطق کوهستانی، فرسایش خاک و تخریب اراضی در بسیاری از مناطق جغرافیایی مطرح است. بررسی عوامل مؤثر در پراکنش این گونه در استان مرکزی نشان می‌دهد که ویژگی‌های کمّی و کیفی این گونه، متأثر از عوامل فیزیوگرافی (شکل زمین، ارتفاع از سطح دریا، جهت و درصد شیب) و برخی از خصوصیات خاک مانند درصد شن خاک است [۱۰]. بررسی نیازهای رویشگاهی *A. scoparia* در جنگل‌های زاگرس نیز نشان‌دهندهٔ آن است که جهت جغرافیایی، عاملی مهم در پراکنش این گونه است، به‌طوری که در این منطقه، میانگین ارتفاع، تعداد جست، قطر یقه، قطر تاج و درصد تاج‌پوشش این گونه در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی است [۱۱]. همچنین، عوامل بافت خاک، اسیدیته، جهت شیب و ارتفاع، از عوامل مؤثر در ظهور رویشگاه‌های گونهٔ *A. scoparia* در استان قم معرفی شده‌اند [۱۲]. نتایج این پژوهش‌ها گویای آن است که در مجموع عواملی مانند ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، جهت شیب، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک رویشگاه و همچنین نوع سازند زمین‌شناسی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در پراکنش این گونهٔ باارزش است [۱۳]. هرچند برخی

1. Maximumentropy
2. Artificial Neural Network

www.SID.ir

Archive Of SID

از مطالعات نیز نشان داده‌اند که عامل شیب در پراکنش گونهٔ بادامک تأثیر چندانی ندارد [۱۱].

با توجه به نکات ذکرشده، مدلسازی پراکنش این گونه، علاوه بر فراهم آوردن امکان شناخت نیازهای رویشگاهی و نیازهای بوم‌شناختی آن، زمینهٔ بهره‌برداری پایدار و حفظ رویشگاه‌های آن را فراهم خواهد آورد. همچنین با شناخت مناطق بالقوه مناسب استقرار گونهٔ *A. scoparia*، امکان توسعهٔ کشت آن در مناطق مستعد نیز به‌دست خواهد آمد. با توجه به این موارد، این مطالعه با هدف ارزیابی کارایی روش‌های رگرسیون لجستیک، آنتروپی حداکثر و شبکهٔ عصبی مصنوعی در شناخت صحیح نیازهای رویشگاهی، برآورد حدود پراکنش و تهیهٔ نقشهٔ پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونهٔ A. scoparia در مراتع موشکیهٔ استان قم انجام گرفت.

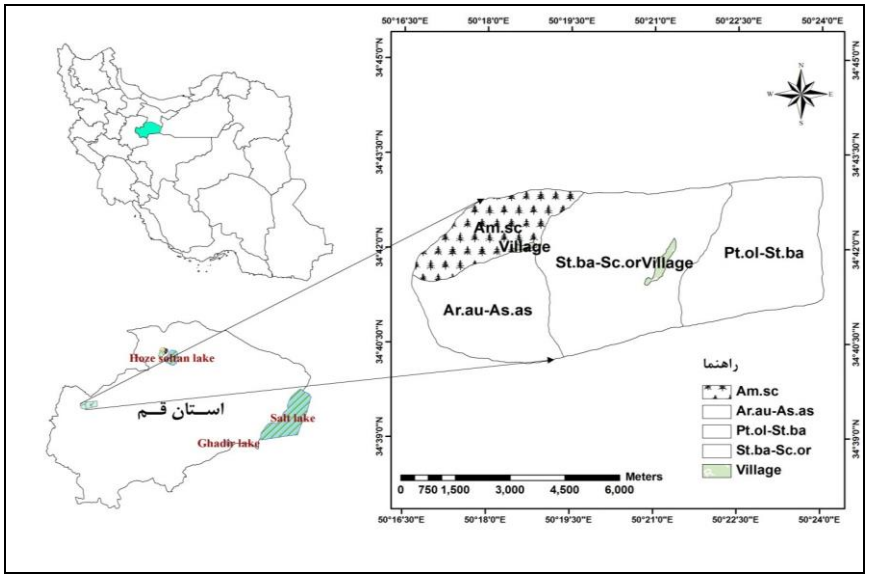
مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

منطقهٔ تحقیق در غرب شهرستان قم، در بخش خلجستان و در دو سمت جادهٔ ساوه- سلفچگان با حدود جغرافیایی ″۱۷′۰ ۵۰° تا ″۰ ′۲٤ °۵۰ طول شرقی و ″۳۰′٤۰ °۳٤ و ″٤۳۳۰ °۳٤ عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت کل منطقه ۱٤۰۰۰ هکتار است. شکل ۱ موقعیت منطقهٔ تحقیق را در استان قم نشان می‌دهد. این منطقه عرصه‌ای کوهستانی است. رویشگاه گونهٔ مورد بررسی در دامنهٔ ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا پراکنش دارد. برخی از ویژگی‌های این رویشگاه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های رویشگاه گونهٔ گیاهی مورد پژوهش در مراتع موشکیهٔ استان قم

ردیف	عنوان تیپ گیاهی	نشانه روی نقشه	تاج پوشش (درصد)	شیب (درصد)	جهت شیب	ارتفاع از سطح دریا (متر)	آب‌وهوا	بارندگی (میلی‌متر)
۱	Amygdalus scoparia	Am.sc	۳۵-۴۰	۴۰-۶۰	جنوبی	۱۳۰۰-۱۷۰۰	نیمه‌خشک	۲۵۰-۵۰۰



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ تحقیق در کشور و استان قم

www.SID.ir

Archive Of SID

جمع‌آوری اطلاعات

به‌منظور شناخت عوامل محیطی مؤثر در پراکنش گونهٔ *A. scoparia* و ارائهٔ مدل‌های پیش‌بینی پراکنش، عوامل محیطی با استفاده از ابزارهایی مانند مدل رقومی ارتفاع، نقشهٔ زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، مطالعات میدانی و آزمایشگاهی کمّی شد. پس از شناسایی رویشگاه‌های خالص این گونه، با استقرار قطعات نمونه در امتداد چهار خط نمونه، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی- منظم انجام گرفت (خطوط نمونه دوبه‌دو بر هم عمود بودند). فاصلهٔ بین خطوط نمونه با توجه به شرایط رویشگاه و تغییرات پوشش گیاهی ۵۰۰ متر انتخاب شد. همچنین اندازهٔ قطعه نمونه با توجه به نوع گونهٔ مورد بررسی، محدود بودن سطح رویشگاه و تراکم گونه به‌روش سطح حداقل ۲۵ متر مربع و تعداد آنها نیز با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و روش آماری کوکران ۶۰ قطعه نمونه تعیین شد. فاصلهٔ بین قطعات نمونه در هر خط نمونه ۱۵ متر بود و در هر قطعه نمونه ۵ تا ۱۰ پایه قرار گرفت. در هر یک از قطعات نمونه نوع، تعداد گونهٔ گیاهی (از طریق شمارش پایه‌ها) و درصد پوشش (از طریق برآورد) مشخص شد. برای نمونه‌برداری از خاک نیز در هر رویشگاه، در طول هر خط نمونه، هشت پروفیل حفر شد و از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام گرفت. به‌دلیل اینکه برای تهیهٔ نقشهٔ خصوصیات خاک لازم است که پروفیل‌ها پراکنش مناسبی داشته باشند، نمونه‌برداری از خاک در نقاط دیگری از رویشگاه و در عمق‌های مشابه انجام گرفت. در آزمایشگاه خصوصیات خاک شامل سنگریزه، بافت، رطوبت اشباع، رطوبت قابل دسترس، آهک، گچ، مادهٔ آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد [۱۴].

مدلسازی پراکنش پوشش گیاهی

برای مدلسازی به‌روش رگرسیون لجستیک، ابتدا هم‌خطی چندگانه بین متغیرها بررسی و متغیرهایی با عامل تورم واریانس [1] بیشتر از پنج حذف شد. سپس با استفاده از نسخهٔ ۱۸ نرم‌افزار SPSS، مدل پیش‌بینی به‌دست آمد. برای آزمون مدل به‌دست‌آمده، از آمارهٔ هوسمر و لمشاو [2] استفاده شد [۱۵]. در مرحلهٔ بعد، لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی واردشده به مدل پیش بینی، با استفاده از زمین آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد و ضرایب هر یک از این لایه‌ها، در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 به لایهٔ مربوط اعمال و نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونهٔ گیاهی تهیه شد. پس از تهیهٔ نقشهٔ همهٔ متغیرهای محیطی با فرمت ASCII، از نرم‌افزار MaxEnt Version 3.3.3e برای مدلسازی به‌روش آنتروپی حداکثر استفاده شد. برای آزمون مدل‌های به‌دست‌آمده از آمارهٔ سطح زیرمنحنی [3] استفاده شد. شایان ذکر است که در این روش، ۲۵ درصد داده‌ها برای آزمایش مدل و دیگر داده‌ها برای آموزش به‌کار گرفته شد. برای تعیین اهمیت متغیرهای محیطی نیز از روش اعتبارسنجی جکنایف [4] استفاده شد. همچنین پس از نرمال‌سازی داده‌های ورودی بین صفر و ۱ و تقسیم تصادفی داده‌ها به سه مجموعهٔ آموزش، آزمون و اعتبارسنجی، مدلسازی با استفاده از نرم‌افزار R2008a MATLAB و به‌روش پرسپترون چندلایه انجام گرفت. برای مدلسازی از تابع انتقال تانژانت سیگموئید و قانون آموزش لونبرگ مارکوارت [5] استفاده شد. روش به‌کار

1. Variation inflation factors (VIF)
2. Hosmer and Lemeshow test (HL)
3. Area under the curve (AUC)
4. Jackknife
5. Levenberg - Marquardt

www.SID.ir

Archive Of SID

رفته برای آموزش شبکه نیز روش پس‌انتشار خطا[1] بود. بعد از انتخاب شبکهٔ بهینه مربوط به رویشگاه براساس آمارهٔ میانگین مربعات خطا[2]، از این شبکه برای پیش‌بینی احتمال حضور یا نبود گونه، در نقاطی از رویشگاه که نمونه‌برداری صورت نگرفته بود، استفاده شد. در مرحلهٔ بعد، با استفاده از مقادیر پیش‌بینی‌شده در این نقاط و مقادیر موجود، نقشهٔ پیوستهٔ مکانی احتمال حضور یا نبود گونه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد.

انتخاب حدود آستانهٔ بهینه و ارزیابی میزان تطابق نقشه‌های واقعی و پیش‌بینی

بعد از مدلسازی و تهیهٔ نقشهٔ پیش‌بینی، به‌دلیل پیوسته بودن نقشهٔ حاصل، باید آستانهٔ بهینهٔ حضور برای گونهٔ مورد بررسی مشخص شود. در این مطالعه با توجه به هدف پژوهش، به‌منظور تعیین حد آستانهٔ بهینهٔ حضور، از روش حساسیت و اختصاصیت برابر استفاده و نقشهٔ پیش‌بینی حضور و نبود گونه تهیه شد [۱۶]. پس از تهیهٔ نقشهٔ پیش‌بینی حضور و نبود، میزان تطابق این نقشه با نقشهٔ واقعی پراکنش گونه، از طریق محاسبهٔ ضریب کاپا بررسی شد.

نتایج و بحث

ارزیابی عملکرد پیش‌بینی روش‌های مورد استفاده

نتایج ارزیابی مدل پیش‌بینی نشان می‌دهد که با توجه به مقدار آزمون هوسمر و لمشاو، رابطهٔ به‌دست‌آمده در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. همچنین با توجه به مقادیر سطح زیرمنحنی و طبقه‌بندی اسویت، دقت مدل پیش‌بینی برای رویشگاه در سطح قابل قبول قرار گرفت [۱۷]. براساس آمارهٔ میانگین مربعات خطا، مربوط به مدل پرسپترون چندلایه، دقت پیش‌بینی مدل پرسپترون چندلایه نیز مطلوب است (جدول ۲).

جدول ۲. آماره‌های مربوط به دقت پیش‌بینی مدل‌های استفاده‌شده برای پیش‌بینی حضور گونهٔ *A. scoparia*

آمارهٔ استفاده‌شده برای ارزیابی مدل			
رویشگاه	HL	AUC	MSE
A. scoparia	۰/۹۹	۰/۸۹	۰/۰۰۰۲۷

ارزیابی عملکرد مدل‌های مورد استفاده برای تعیین دامنهٔ آشیان بوم‌شناختی گونه‌های گیاهی در این پژوهش نشان می‌دهد که میزان دقت مدل‌های حاصل از این روش‌ها در پیش‌بینی حضور و نبود گونه متفاوت است. این موضوع سبب بروز تفاوت معنی‌دار بین عملکرد روش‌های مورد استفاده می‌شود (جدول ۳). براساس مقادیر ضریب کاپا، از بین سه روش مورد استفاده، نقشه‌های پیش‌بینی تهیه‌شده با مدل حاصل از روش رگرسیون لجستیک، نسبت به سایر روش‌ها، دارای بیشترین تطابق با نقشهٔ واقعی پراکنش رویشگاه است (تطابق عالی و ضریب کاپای ۰/۹۱). این موضوع ممکن است ناشی از محدود بودن دامنهٔ پراکنش گونهٔ *A. scoparia* باشد؛ زیرا در روش رگرسیون لجستیک، گستردگی آشیان بر دقت مدل‌های حاصل از این روش تأثیر منفی دارد و این روش برای مدلسازی پراکنش گونه‌هایی با آشیان بوم‌شناختی محدود مناسب‌تر است. این امر ناشی از سیگموئیدی بودن شکل تابع لجستیک و وجود رابطهٔ غیرخطی بین گونه‌ها با عوامل محیطی است [۳، ۸]. بعد از این روش با اختلاف کمی، به‌ترتیب مدل پرسپترون چندلایه و روش آنتروپی حداکثر (تطابق خیلی‌خوب) قرار گرفت (شکل ۲).

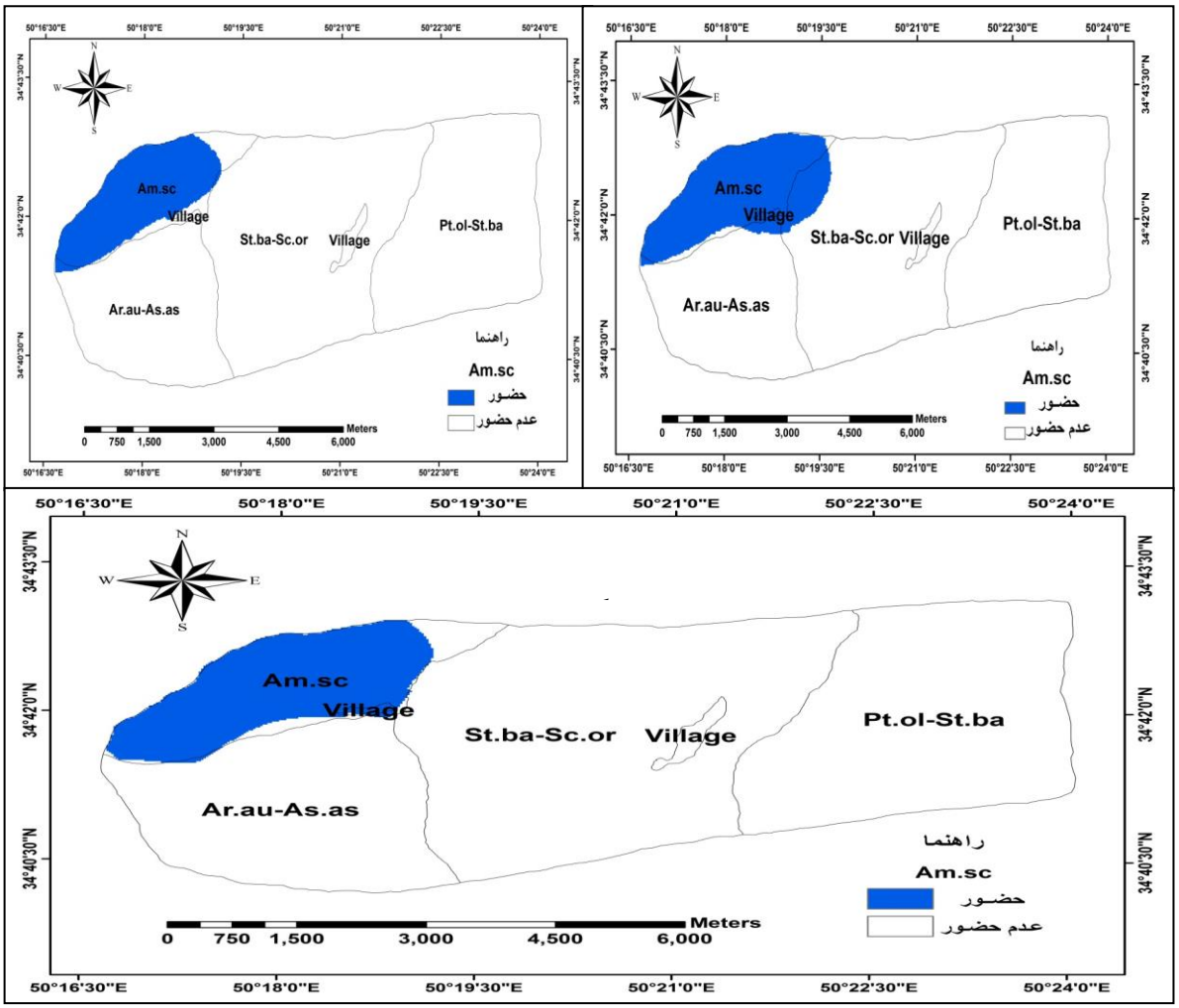
1. Back-Propagation error
2. Mean Square of Error (MSE)

www.SID.ir

Archive Of SID

جدول ۳. آستانهٔ بهینهٔ حضور و میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با نقشهٔ واقعی رویشگاه A. scoparia

نام رویشگاه *A. scoparia*	رگرسیون لجستیک	روش مدلسازی آنتروپی حداکثر	پرسپترون چندلایه
آستانهٔ بهینهٔ حضور	۰/۳	۰/۳	۰/۷
ضریب کاپا	۰/۹۱	۰/۸	۰/۸۵
سطح توافق	عالی	خیلی خوب	خیلی خوب



شکل ۲. نقشهٔ پیش‌بینی و واقعی مربوط به رویشگاه گونهٔ *A. scoparia* (نقشهٔ پیش‌بینی با رنگ تیره نشان داده شده است). بیشترین تطابق برای رویشگاه مربوط به نقشهٔ حاصل از مدل رگرسیون لجستیک است. بعد از این روش، نقشه‌های حاصل از مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی و روش آنتروپی حداکثر، از نظر میزان تطابق، به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، روش پرسپترون چندلایه از نظر عملکرد پیش‌بینی پراکنش رویشگاه مورد بررسی بعد از روش رگرسیون لجستیک و قبل از روش آنتروپی حداکثر قرار می‌گیرد. مطالعات نشان می‌دهد که روش پرسپترون چندلایه به‌عنوان یکی از روش‌های متعلق به شبکه‌های عصبی مصنوعی، قابلیت‌هایی دارد که این روش را برای مطالعهٔ پاسخ‌های غیرخطی متغیرها به پیش‌بینی‌کننده‌ها مناسب

www.SID.ir

Archive Of SID

کرده است [۱۸]، اما با وجود توانایی چشمگیر روش‌های شبکهٔ عصبی مصنوعی در مدلسازی روابط پیچیدهٔ غیرخطی، به‌دلیل برخی از محدودیت‌ها مانند مبهم بودن نحوهٔ عملکرد، نیاز به حجم زیادی از داده‌ها برای یادگیری و فراهم نبودن امکان بررسی منحنی پاسخ گونه‌ها به گرادیان‌های محیطی در این روش، استفاده از این روش با انتقاد مواجه شده است [۱۵]. در برخی مطالعات نیز گزارش شده است که روش شبکه‌های عصبی مصنوعی از نظر عملکرد برتری مهمی بر روش رگرسیون لجستیک ندارد [۱۸].

براساس نتایج پژوهش حاضر، روش آنتروپی حداکثر از نظر عملکرد پیش‌بینی در مقایسه با دو روش دیگر در سطح پایین‌تری قرار گرفت. یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی این روش این است که سهم نسبی هر یک از متغیرها و درصد مشارکت آن متغیر در کل مدل پیش‌بینی مشخص می‌شود. این کار با تغییر ضرایب برای هر خصوصیت منفرد و بهره‌گیری از فرایند تکرار در اجرای مدل، تحت عنوان اعتبارسنجی متقاطع انجام می‌گیرد. این ویژگی به کاربران اجازه می‌دهد تا با شناخت متغیرهای دارای تأثیر بیشتر در وقوع گونه‌های مختلف، در مطالعات بعدی تنها بر متغیرهای مهم متمرکز شوند و هزینه و زمان مورد استفاده برای تحقیقات کاهش و در مقابل دقت پیش‌بینی مدل‌ها افزایش یابد [۱۹]. علاوه‌بر این موارد، از مزیت‌های دیگر این روش می‌توان به تولید اطلاعات زیاد (اطلاعات مربوط به منحنی‌های پاسخ گونه، نقشهٔ پراکنش، نمودارهای مربوط به اعتبار مدل و ...) و همچنین سهولت استفاده از این روش توسط متخصصان و کاربران اشاره کرد [۱۶]. در مجموع نتایج مقایسهٔ عملکرد سه روش نشان می‌دهد که کارایی روش‌های به‌کاررفته در مدلسازی پیش‌بینی رویشگاه‌های مختلف متفاوت است و عملکرد پیش‌بینی مدل‌ها، علاوه بر ماهیت روش مورد استفاده و الگوریتم مدلسازی، تحت تأثیر خصوصیات مربوط به گونه‌ها مانند دامنهٔ جغرافیایی پراکنش و نیازهای بوم‌شناختی گونه‌ها نیز قرار می‌گیرد [۲۰].

عوامل محیطی مؤثر در پراکنش رویشگاه

همان‌طور که اشاره شد یکی از اهداف پژوهش حاضر، شناخت عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش رویشگاه *A. scoparia* بود. با توجه به این نکته، مدل پیش‌بینی مدل مربوط به رگرسیون لجستیک در رابطهٔ ۱ ارائه شده است. براساس این مدل، سازند زمین‌شناسی آذرین (geo) و مقدار سنگریزهٔ عمق اول خاک (gravel) دارای بیشترین تأثیر در پراکنش رویشگاه این گونه‌اند و در مدل پیش‌بینی وارد شده‌اند.

$$P(Am.sc)=\frac{Exp(۰/۸۲geo+۰/۲۳Gravel۱-۱۵/۸۶)}{۱+Exp(۰/۸۲geo+۰/۲۳Gravel۱-۱۵/۸۶)} \qquad (۱)$$

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که افزایش مقدار سنگریزه، عاملی است که احتمال حضور این گونه در رویشگاه بررسی‌شده را افزایش داده است. در مطالعات دیگری نیز حضور این گونه در مناطقی با خاک سطحی کم‌عمق و وجود سنگریزه فراوان گزارش شده است [۱۲]. علاوه‌بر این، مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که استقرار گونهٔ *A. scoparia* در این رویشگاه تحت تأثیر نوع سازند زمین‌شناسی است، به‌طوری که این گونه فقط روی رخنمون‌هایی از سازند آذرین مشاهده می‌شود. هرچند در برخی از مطالعات، حضور این گونه روی سازند آهکی نیز گزارش شده است [۱۲]. تحقیقات دیگری نیز نشان می‌دهد که گونهٔ Amygdalus webbii روی خاک‌های آهکی تا آتشفشانی رشد می‌کند [۱۳].

www.SID.ir

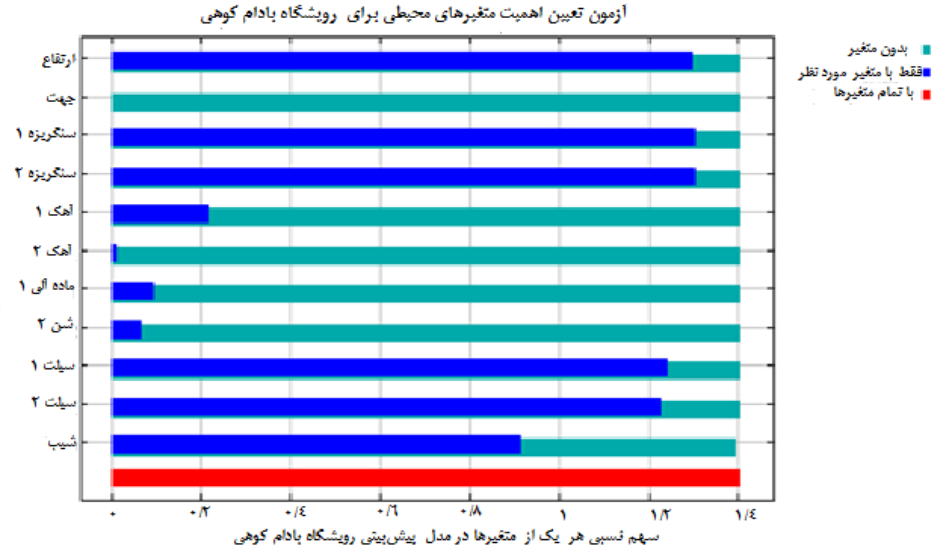
Archive Of SID

همهٔ این یافته‌ها بر تأثیر یک سازند خاص در استقرار این گونه تأکید می‌کند، چنانکه در پژوهش حاضر نیز سازند زمین‌شناسی آذرین (بازالتی) تأثیر اصلی در استقرار این رویشگاه داشته است. در مطالعات مشابه دربارهٔ این گونه، علاوه بر عوامل ذکرشده در این پژوهش، عوامل دیگری نظیر جهت شیب نیز از عوامل تأثیرگذار در پراکنش این گونه معرفی شده است [۱۲]، اما با توجه به اینکه رویشگاه بررسی‌شده در این پژوهش، اغلب در جهت جنوبی دامنه استقرار دارد، تنوع در جهت شیب وجود نداشت، بنابراین جهت شیب به‌عنوان عاملی مهم به مدل پیش‌بینی رویشگاه گونه وارد نشد.

بررسی اهمیت متغیرها با استفاده از آزمون جکنایف در روش آنتروپی حداکثر نیز نشان می‌دهد که متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، سنگریزهٔ عمق اول و دوم خاک و سیلت عمق اول دارای بیشترین تأثیر در پراکنش رویشگاه گونهٔ بررسی‌شده‌اند و می‌توانند اطلاعات مفیدی دربارهٔ پراکنش رویشگاه این گونه فراهم آورند (شکل ۳). بر اساس نتایج، بیشترین احتمال رخداد برای این گونه، مربوط به مناطقی با ارتفاع بیشتر از ۱۶۰۰ متر است. ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یکی از عوامل مهم در پراکنش گیاهان می‌تواند سبب تغییر شرایط اقلیمی هر رویشگاه شود و گونه‌های مختلف گیاهی با توجه به نیازهای بوم‌شناختی خود هر کدام در یک محدودهٔ ارتفاعی استقرار می‌یابند [۱۹]. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بیشترین احتمال حضور رویشگاه *A. scoparia* در دامنهٔ ارتفاعی حدود ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ متر ارتفاع از سطح دریاست. بهترین ارتفاع رویش این گونه در استان مرکزی ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر و در دشت موک نیز ۱۹۰۰ تا ۲۱۵۰ متر گزارش شده است [۱۱]. در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است که از نظر تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر حضور درختچه‌های *A. scoparia* در سه منطقهٔ رویشی در استان قم روند خاصی مشاهده نمی‌شود [۱۲]. براساس نتایج این پژوهش، ویژگی‌های فیزیکی خاک هم از عوامل مهم در استقرار گونهٔ بادامک است. نتایج نشان می‌دهد که این گونه در خاک‌های سطحی، کم‌عمق و دارای سنگریزه فراوان (۵۰ تا ۶۰ درصد) استقرار می‌یابد. یکی از دلایل این موضوع این است که بافت خاک تأثیر زیادی در کنترل مقدار رطوبت و مواد غذایی قابل دسترس برای گیاهان دارد و خاک‌های با بافت سبک رطوبت قابل دسترس را به‌راحتی و به‌مقدار مناسب در اختیار گیاه قرار می‌دهند و زمینه را برای رشد و استقرار گیاهان فراهم می‌آورند [۱۰]. از طرف دیگر، افزایش سیلت خاک به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر بافت خاک، سبب کاهش رخداد این گونه شده و شرایط را برای استقرار آن نامساعد کرده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که احتمال رخداد این رویشگاه با مقادیر کم سیلت عمق اول خاک (۵ تا ۱۰ درصد) همبستگی قوی دارد. در تأیید این یافته، در بررسی رویشگاه بادامک در استان قم گزارش شده است که شرایط خاک و به‌ویژه بافت خاک از عوامل مؤثر بر پراکنش رویشگاه این گونه است و خاک‌هایی با بافت متوسط تا سبک همراه با سنگریزه، دارای بیشترین تراکم درختچه‌های *A. scoparia* است [۱۲].

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۳. نتایج آزمون جکنایف برای تعیین اهمیت متغیرهای محیطی در رویشگاه *A. scoparia* در این شکل محور عمودی متغیرهای محیطی و محور افقی تأثیر و اهمیت متغیرها را در سه حالت (بدون متغیر مورد نظر، فقط با متغیر مورد نظر و با همه متغیرها) در حصول مدل پیش‌بینی نشان می‌دهد. متغیرهای محیطی شامل ارتفاع از سطح دریا، جهت شیب، سنگریزهٔ عمق اول و دوم خاک، مقدار آهک عمق اول و دوم، مادهٔ آلی عمق اول خاک، شن عمق دوم، سیلت عمق اول و دوم خاک و درصد شیب هستند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان گفت که هر یک از روش‌های مدلسازی برای دامنهٔ خاصی از شرایط محیطی و دامنهٔ بوم‌شناختی ویژه مناسب‌ترند و عملکرد بهتری دارند؛ همچنان‌که در این پژوهش، با توجه به محدود بودن دامنهٔ پراکنش گونهٔ *A. scoparia* مدل رگرسیون لجستیک توانست با شناسایی متغیرهای غالب محیطی در رویشگاه گونهٔ مورد بررسی، نقشهٔ پیش‌بینی پراکنش دقیق‌تری را برای گونهٔ *A. scoparia* تولید کند. براساس نتایج این مدل، عوامل سازند آذرین (بازالتی) و وجود مقادیر زیاد سنگریزه از عوامل اصلی استقرار این گونه معرفی می‌شود. مشاهده‌های میدانی نیز نشان‌دهندهٔ آن است که حضور این گونه در مراتع موشکیه تحت تأثیر نوع سازند زمین‌شناسی است، به‌طوری که حضور این گونه در این رویشگاه، فقط روی رخنمون‌هایی از سازند آذرین از نوع بازالتی مشاهده می‌شود. همچنین وجود سنگریزهٔ فراوان شرایط خاصی را در این رویشگاه فراهم آورده است که استقرار دیگر گونه‌ها را با مشکل مواجه می‌کند. در مجموع با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که هرچند عوامل دیگری مانند وجود سنگریزه و همچنین ارتفاع از سطح دریا بر حضور این گونه در رویشگاه مذکور تأثیرگذارند، مهم‌ترین عامل حضور این گونه در رویشگاه بررسی‌شده، وجود سازند آذرین از نوع بازالتی است.

References

[1]. Guisan, A., and Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology Letter, 8: 993-1009.

[2]. Piri Saharagard, H., Zare Chahouki, M.A., and Azarnivand, H. (2014). Distribution modeling of plant species in HozeSoltan west rangelands of Qom province using Logistic Regression method. Journal of Range management, 1 (1): 94- 113.

www.SID.ir

Archive Of SID

[3]. Zare Chahouki, M.A., and Zare Chahouki, A. (2010). Predicting the distribution of plant species using logistic regression (Case study: Garizat rangelands of Yazd province). Desert Journal 15: 151-158.

[4]. Zare Chahouki, M.A., and Khalasi Ahvazi, L. (2012). Predicting potential distributions of *Zygophyllum eurypterum* by three modeling techniques (ENFA ANN and logistic in North East of Semnan Iran, Range management and agroforestry, 2(33): 68-82.

[5]. Elith, J., C.H. Graham., and Anderson, R.P. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29:129-151.

[6].Zare Chahouki, M.A., Khalasi ahvazi, L., and Azanivand, H. (2012). Comparison of three modeling approaches for predicting plant species distribution in mountainous scrub vegetation (Semnan rangelands, IRAN). Polish Journal of Ecology, 60: 277-289.

[7]. Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P., and Pearson, R.G. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions, Ecography, 28: 385-393.

[8]. Piri sahragard, H., and Zare Chahouki, M. A. (2015). An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze soltan rangelands of Qom province. Ecological Modelling, 309-310: 64-71.

[9]. Zare Chahouki, M., and Esfanjani, J. (2015). Predicting potential distribution of plant species by modeling techniques in southern rangelands of Golestan, Iran, Range Management & Agroforestry, 36 (1): 66-71.

[10]. Goodarzi, Gh. R., Sagheb-Talebi, Kh., and Ahmadloo, F. (2012). The study of effective factors on Almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) distribation in Markazi province. Iranian Journal of Forest, 4(3): 209-220.

[11]. Salarian, A., Mataji, A., and Iranmanesh, Y. (2008). Study of habitat requirement of *Amygdalous scoparia* species in Zagros forests. (Case study: Kareh bas habitat of Chahar Mahal and Bakhtiari province, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 4(16): 528-542.

[12]. Tavakoli Neko, H., Pourmeydani, A., Adnani, S.M., and Sagheb-Talebi, Kh. (2012). Impact of some important ecological factors on presence of mountain Almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) in Qom province, Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19 (4): 523-542.

[13]. Alberghina, O. (1978). The wild Almond, Amygdalus webii, of south west Sicily, Tecnicaagricola, 30(6): 385-393.

[14]. Jafari Haghighi, M. (2003). Methods of soil analysis: sampling and important physical and chemical analysis "With emphasis on theoretical and applied principles", Nedaye zoha press, Tehran.

[15]. Hosmer, D.W., and Lemeshow, S. (2000). Applied Logistic Regression, Wiley.

[16]. Lobo, J.M., Jimenez-Valverde, A., and Hortal, J. (2010). The uncertain nature of absences and their importance in species distribution modeling, Ecography, 33: 103-114.

[17]. Sweet, J.A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science, 240: 1285-1293.

[18]. Pearson, R.G. (2007). Species distribution modeling conservation educators and practitioners. Synthesis. New York: American Museum of Natural History.

[19]. Zare Chahouki, M.A., Piri Sahragard, H., and Azarnivand, H. (2013). Habitat distribution modeling of some halophyte plant species using Maximum Entropy Method (Maxent) in Hoze Soltan rangelands of Qum Province, Journal of Range Management, 7 (3): 212-221.

[20]. Luoto, M., and Hjort, J. (2005). Downscaling of coarse-grained geomorphological data. Earth Surface Processes and Landforms, 33: 75-89.

www.SID.ir