

مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه گونه دارویی *Rheum ribes L.* با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر (Maxent) در مراتع چاه ترش استان یزد

- ❖ محمدعلی زارع چاهوکی*؛ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ محبوبه عباسی؛ دانشجوی دکتری مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

گونه *Rheum ribes* یکی از گیاهان دارویی مهم در جهان به شمار می‌رود. در این مطالعه به منظور تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه این گونه از روش آنتروپی حداکثر (Maxent) و از نرم‌افزار MAXENT استفاده شد. متغیرهای محیطی اندازه‌گیری شده به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر حضور گونه شامل متغیرهای خاکی از جمله درصد سنگریزه، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد آهک، درصد گچ، ماده‌آلی، املاح محلول (کلسیم، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، کربنات، بی‌کربنات و سولفات)، درصد شن، رس و سیلت و متغیرهای توپوگرافی منطقه (شیب، جهت و ارتفاع) و نیز متغیر بارندگی بودند. دقت طبقه‌بندی مدل با استفاده از سطح زیر منحنی (AUC) مقدار ۰/۹۵ به‌دست آمد (سطح خوب) و ضریب کاپای به‌دست آمده از بررسی میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با واقعیت زمینی نیز مقدار ۰/۹۲ به‌دست آمد که در سطح عالی قرار داشت. بررسی نتایج این تحقیق نشان داد که رویشگاه این گونه در خاک‌هایی با اسیدیته پایین (کمتر از ۸)، بافت سبک و ماده‌آلی (بیشتر از ۰/۴ درصد) قرار دارد و حضور این گونه با متغیرهای اسیدیته هر دو عمق و رس عمق اول رابطه معکوس و با ماده‌آلی هر دو عمق رابطه مستقیم داشت.

کلید واژگان: نقشه پیش‌بینی رویشگاه، آنتروپی حداکثر (Maxent)، *Rheum ribes*

۱. مقدمه

تنوع آب و هوا و شرایط اکولوژیک مختلف، باعث تنوع و غنای گیاهان دارویی در سراسر ایران شده است. گونه‌ی دارویی ریواس *Rheum ribes* L. متعلق به خانواده‌ی علف‌هفت‌بند (*Polygonaceae*) و بومی مناطق آسیایی از جمله ایران، پاکستان چین و هند است [۲۵]. اثرات دارویی این گیاه در تحقیقات متعددی به اثبات رسیده است [۱۰، ۱۱، ۱۶، ۲۲، ۲۴، ۲۶ و ۲۹]. این گیاه به خاطر داشتن ویتامین‌های A، B و C مورد توجه است. همچنین خواصی دارد که لوزالمعده را وادار به ترشح انسولین می‌کند که در بیماری‌های قند خون مورد توجه است [۳۷]. تهیه‌ی نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی که بر پایه‌ی مدل‌سازی آشیان اکولوژیک است، همگام با توسعه‌ی روش‌های آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) وارد عرصه‌ی علم اکولوژی گیاهی شده است [۱۴]. این مدل‌ها می‌توانند نقش برجسته‌ای در نظارت، ارزیابی، احیاء، حفاظت و توسعه‌ی پایدار اکوسیستم‌های مرتعی ایفا کنند. همچنین از ابزارهای بالقوه به منظور کسب اطلاعات درباره‌ی علل پراکنش گونه‌ها و تناسب رویشگاه برای گونه‌های گیاهی محسوب می‌شوند. در این روش‌ها پراکنش مکانی گونه‌ها بر اساس توزیع مکانی متغیرهای محیطی که با پوشش گیاهی همبستگی دارند به صورت مدل، نقشه، جدول یا نمودار ارائه می‌شوند. یکی از مسائل مهم در مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی، نوع اطلاعاتی است که این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌دهند. به‌طور کلی در بعضی از مدل‌ها تنها از داده‌های حضور استفاده می‌شود و در بعضی دیگر هم از داده‌های حضور و غیاب استفاده می‌شود. در مواردی که هم اطلاعات حضور و هم اطلاعات عدم حضور برای اجرای مدل‌ها در دسترس باشند، روش‌های رگرسیونی مانند GLM یا GAM از معروف‌ترین روش‌های مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها به شمار می‌روند [۴ و ۲۳]. اما نکته قابل توجه این است که اطلاعات مربوط به عدم حضور گونه‌ها به

ندرت در دسترس هستند. در صورتی که در دسترس باشند نیز مقادیر آن‌ها با شک و تردید همراه است [۳]. به همین دلیل، روش‌های مدل‌سازی که فقط به داده‌های حضور گونه‌ها نیاز دارند، اهمیت زیادی دارند [۱۲]. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش آنتروپی حداکثر یا Maxent اشاره کرد [۲۶]. این مدل در سال ۲۰۰۶ در دسترس قرار گرفت و به‌صورت وسیعی برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌های مورد استفاده قرار گرفت. مطالعات بیانگر آن است که حتی در مواقعی که اطلاعات مربوط به حضور گونه‌ها کم است نیز عملکرد پیش‌بینی روش Maxent می‌تواند با روش‌هایی که دقت پیش‌بینی بالایی دارند، رقابت کند و نتایج قابل قبولی را ارائه دهد [۸]. محققان در پژوهشی با مقایسه‌ی شش روش مدل‌سازی BIOCLIM، GARP، MAXENT، LRT، MARS و NPMR در

پیش‌بینی پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی در مقیاس محلی، به این نتیجه رسیدند که از بین این شش روش دو مدل MAXENT و MARS بهترین تکنیک‌ها برای پیش‌بینی رویشگاه گونه‌ها می‌باشند [۳۲]. پژوهشگران پراکنش رویشگاه دو گونه‌ی *Artemisia sieberi* و *Artemisia aucheri* را در مراتع پشتکوه استان یزد با استفاده از روش آنتروپی حداکثر و زمین‌آمار مدل‌سازی کردند و نتیجه گرفتند که گونه‌ی *Artemisia sieberi* در طیف گسترده‌ای از شرایط محیطی حاضر است، اما پراکنش گونه‌ی *Artemisia aucheri* به مناطق کوهستانی محدود است [۱۵]. محققان در مطالعه‌ای از روش آنتروپی حداکثر مدل توزیع رویشگاه برخی گونه‌های گیاهی برای پیدا کردن عوامل مؤثر در وقوع گونه‌ها در مراتع پشتکوه استان یزد استفاده کردند. بررسی دقت مدل‌های AUC برای بیشتر گونه‌ها به جز گونه‌ی *Artemisia sieberi* که فرکانس بالایی داشت، دقت پیش‌بینی خوب و قابل قبول را نشان داد [۳۵]. در پژوهشی دیگر با استفاده از دو مدل ماکسنت و گارپ به پیش‌بینی تهرانی ————— انجام گونه‌ی *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc در منطقه‌ی بومی آن و سپس در سطح جهانی پرداخته شد [۲۸]. هر دو روش

آن [۲۸]، برای مدلسازی و همچنین بررسی عوامل تأثیرگذار بر روی پراکنش گونه *R. ribes*، از آن استفاده شد.

برنامه‌ریزی اصولی برای توسعه فعالیت‌ها در بخش گیاهان دارویی، نیازمند بررسی دقیق وضعیت موجود، شناخت کافی پتانسیل‌های موجود در عرصه‌های زراعی و منابع طبیعی به عنوان خاستگاه اصلی گونه‌های بومی کشورمان و همچنین شناخت صحیح از محدودیت‌ها و چالش‌هاست. این مطالعه با هدف تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه *R. ribes*، با استفاده از مدل Maxent انجام شده است تا علاوه بر یافتن عوامل مهم تأثیرگذار در استقرار و پراکنش این گونه، گرایش ترجیحی گونه مورد نظر نسبت به عوامل محیطی مشخص شود.

۲. روش‌شناسی

منطقه مطالعاتی، در محدوده مراتع چاه ترش استان یزد قرار دارد. مساحت منطقه حدود ۱۷۰۰۰۰ هکتار است که در بین عرض‌های شمالی $31^{\circ} 33' 11''$ الی $31^{\circ} 04' 27''$ و طول‌های شرقی $40^{\circ} 06'$ الی $54^{\circ} 15' 19''$ قرار گرفته است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع منطقه ۳۹۹۰ متر در ارتفاعات شیرکوه و حداقل آن ۱۴۰۰ متر در کویر چاه بیکی است. متوسط بارندگی از ۲۷۰ میلی‌متر در ارتفاعات شیرکوه تا ۴۵ میلی‌متر در حاشیه کویر چاه بیکی متغیر است [۳۳].

منطقه مورد مطالعه دارای ۱۳ تیپ گیاهی بوده که گونه *R. ribes* در تیپ گیاهی *Rheum ribes-Artemisia sieberi* همراه گونه *Artemisia sieberi* به عنوان گونه غالب حضور داشته است. بعد از مشخص کردن تیپ‌های گیاهی در منطقه (در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰)، نمونه برداری صحرائی از پوشش گیاهی به منظور جمع‌آوری داده‌های حضور و غیاب گونه مورد مطالعه به روش تصادفی-سیستماتیک در منطقه معرف هر تیپ گیاهی از طریق پلات گذاری در امتداد ۵ ترانسکت ۵۰۰ متری و استقرار ۵۰ پلات انجام شد. اندازه پلات‌های نمونه برداری با توجه به نوع و پراکنش گونه‌های

مدلسازی پیش‌بینی‌های قابل اعتمادی را از وسعت تهاجم این گونه در سطح جغرافیایی ارائه کردند ولی نتایج مدل ماکسنت محافظه کارانه‌تر بود. در پژوهشی از دو روش مدلسازی حداکثر آنتروپی و الگوریتم ژنتیک برای مدلسازی رویشگاه بالقوه ریواس در استان اصفهان استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل حداکثر آنتروپی از عملکرد بهتری نسبت به مدل الگوریتم ژنتیک برخوردار است [۱۹]. پژوهشگران در مطالعه‌ای در مراتع حوض سلطان استان قم به بررسی دامنه تحمل گونه‌های گیاهی نسبت به عوامل محیطی و پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی با استفاده از مدل Maxent پرداختند و در نتایج خود روش Maxent را روشی مناسب در تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه‌های گیاهی دانستند [۳۵]. در تحقیقی دیگر پژوهشگران با استفاده از مدل Maxent پراکنش گیاه *Zostera marina* در مجمع‌الجزایر فنلاند را در منطقه 500 Km^2 ساحل مدلسازی کردند [۶]. در مطالعه‌ای در مراتع چاه ترش استان یزد به بررسی عوامل مؤثر بر حضور گونه *Rheum ribes* و تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه آن با استفاده از روش رگرسیون لجستیک پرداخته شد و این نتیجه حاصل شد که از بین عوامل محیطی، خصوصیات خاک بیشترین نقش را در ظاهر شدن گونه *R. ribes* دارد [۳۶]. البته در مدل رگرسیون لجستیک از داده‌های مکانی (اطلاعات حضور دارای مختصات طول و عرض جغرافیایی) استفاده نمی‌شود، در این مطالعه مدل Maxent به دلیل استفاده از داده‌های مکانی حضور گونه‌های گیاهی به کار رفته است. از مدل Maxent به منظورهای متفاوتی در مطالعات مختلف همچون درک رابطه بین حضور گونه‌های مختلف، تهیه نقشه پراکنش گونه‌ها و پیش‌بینی مکان‌های جدید حضور گونه استفاده شده است [۸]. به دلیل ویژگی‌هایی همچون استفاده از داده‌های حضور و قابلیت پیش‌بینی بالای این مدل و همچنین بخاطر یادگیری ماشین^۱ بودن

خاک برای گونه‌های منطقه بیابانی ۵۰ سانتی‌متر تعیین شد [۱]. عمق نفوذ ریشه ریواس در برخی منابع تا دو متری خاک گزارش شده است [۹]. نمونه‌های خاک بعد از خشک شدن به وسیله الک دو میلی‌متری الک گردید و با توجه به وزن نمونه قبل از الک کردن و وزن خاک عبور کرده از الک، درصد سنگریزه خاک تعیین شد. بعد از آن بر روی ذرات کوچکتر از دو میلی‌متر آزمایش‌های فیزیکی تعیین ذرات نسبی خاک شامل رس، سیلت و شن به روش هیدرومتری بایکاس و بررسی‌های تجزیه شیمیایی خاک شامل اندازه‌گیری pH (اسیدیته خاک)، هدایت الکتریکی (EC)، املاح محلول (کلسیم، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلر، کربنات، بی‌کربنات و سولفات)، درصد آهک، درصد گچ و ماده آلی خاک (تمامی متغیرها در عمق اول و دوم) انجام شد.

گیاهی به روش سطح حداقل ۱۶-۲ متر مربع تعیین گردید. برای بررسی شرایط اکولوژیک مکان‌های حضور گونه *R. ribes*، با توجه به مطالعات انجام شده بر روی این گونه و اطلاعات در دسترس، ۲۰ عامل محیطی که به طور بالقوه می‌توانستند بر حضور و گسترش این گونه تأثیرگذار باشند، انتخاب شدند. با توجه به اقلیم منطقه و اهمیت بیشتر عامل خاک در این مطالعه ۱۶ عامل خاکی، یک عامل اقلیمی و سه عامل فیزیوگرافی مورد بررسی قرار گرفت. در پیمایش صحرایی پروفیل‌های خاک در مناطق حضور گونه حفر و از دو عمق نمونه خاک (۱۰ پروفیل خاک در هر تیپ گیاهی) برداشت شد. از آنجا که ریشه گیاهان مرتعی بیشترین فعالیتشان در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری است، بنابراین این عمق به‌عنوان عمق اول و لایه ۸۰-۳۰ سانتی‌متری به‌عنوان عمق دوم انتخاب گردید. در پژوهشی عمق نمونه‌برداری از



شکل ۱. موقعیت نقاط حضور گونه *R. ribes* در مراتع پشتکوه استان یزد (نقاط نقطه چین مناطق حضور گونه *R. ribes* را نشان می‌دهد).

از ایستگاه‌های هواشناسی منطقه تهیه شد و از مدل رقومی ارتفاع برای تهیه لایه‌های شیب و جهت استفاده شد. نقشه‌های مربوط به ویژگی‌های خاک نیز با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و تکنیک‌های درون‌یابی در نرم‌افزارهای GS⁺ و GIS 9.3 نقشه تهیه شد. لایه‌های

برای مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه از نرم افزار MAXENT استفاده شد. در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی، به نقشه‌های رقومی متغیرهای محیطی و اطلاعات مکانی پراکنش گونه‌های گیاهی به عنوان ورودی مدل نیاز است. اطلاعات اقلیمی با استفاده

برای داده‌های آموزشی و از ۳۰٪ باقی مانده برای ارزیابی نتایج مدل استفاده می‌کند. خروجی مدل Maxent یک نقشه احتمالاتی پیوسته است؛ بنابراین لازم است که آستانه بهینه حضور مشخص شود تا بر اساس آن نقشه پیوسته به نقشه حضور/عدم حضور تبدیل شود. علاوه بر این آماره سطح زیر منحنی مشخصه عملکرد (ROC) ابزار واحدی را برای ارزیابی عملکرد در بین تمام حدود آستانه ممکن فراهم می‌آورد. منحنی ROC روابط بین نسبت حضورهایی که به درستی پیش‌بینی شده (حساسیت) و نسبت عدم‌حضورهایی که به اشتباه پیش‌بینی شده است (۱- اختصاصی بودن) را توصیف می‌کند. در پایان برای ارزیابی میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی از ضریب کاپا (K) استفاده شد. از این شاخص در اغلب پژوهش‌های مدل‌سازی پیش‌بینی گونه‌های گیاهی برای ارزیابی اعتبار مدل استفاده شده است [۲۰ و ۲۱].

زیست محیطی برای تولید مشخصه‌هایی که پراکنش احتمالی گونه‌ها را محدود می‌کنند به کار می‌روند. انواع مختلف مشخصه‌ها شامل، Hinge, Quadratic, Linear, Threshold Product می‌باشند [۲۷]. ابتدا مدل با همه متغیرها اجرا گردید تا اثرات تقریبی هر متغیر بر روی پراکنش گونه مشخص شود. متغیرهایی که دارای سهم اثر یک درصد به بالا بودند انتخاب شدند و بعد از این از متغیرهای با میزان همبستگی بالا، مهم‌ترین آن‌ها انتخاب شد و وارد مدل گردید.

در نرم‌افزار MAXENT دو گزینه مربوط به ساخت منحنی‌های پاسخ گونه به متغیرهای محیطی و آزمون جک‌نایف (Jackknife) جهت تعیین متغیرهای تأثیرگذار و گزینه مربوط به آماره AUC^1 که برای ارزیابی صحت مدل پیش‌بینی است انتخاب شدند. همچنین نرم افزار به صورت خودکار از ۷۰٪ نقاط حضور به صورت تصادفی

جدول ۱. فهرست متغیرهای اندازه‌گیری شده در تحقیق

ردیف	خصوصیت	واحد اندازه‌گیری	علائم اختصاری	ردیف	خصوصیت	واحد اندازه‌گیری	علائم اختصاری
۱	متوسط بارندگی سالانه	میلی‌متر	P	۱۲	رطوبت قابل دسترس	درصد	AW
۲	ارتفاع از سطح دریا	متر	abs	۱۳	گچ	درصد	Gyps
۳	جهت	-	asp	۱۴	هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	EC
۴	شیب	درصد	slop	۱۵	اسیدیته	$-\log_{10}[H^+]$	pH
۵	سنگریزه	درصد	Gravel	۱۶	پتاسیم	میلی‌اکی والان در لیتر	K
۶	رس	درصد	Clay	۱۷	منیزیم	میلی‌اکی والان در لیتر	Mg
۷	سیلت	درصد	Silt	۱۸	کلسیم	میلی‌اکی والان در لیتر	Ca
۸	شن	درصد	Sand	۱۹	سدیم	میلی‌اکی والان در لیتر	Na
۹	آهک	درصد	Lime	۲۰	کلر	میلی‌اکی والان در لیتر	Cl
۱۰	ماده آلی	درصد	O.M.	۲۱	بی‌کربنات	میلی‌اکی والان در لیتر	HCO ₃
۱۱	رطوبت اشباع	درصد	S.M.	۲۲	سولفات	میلی‌اکی والان در لیتر	So ₂

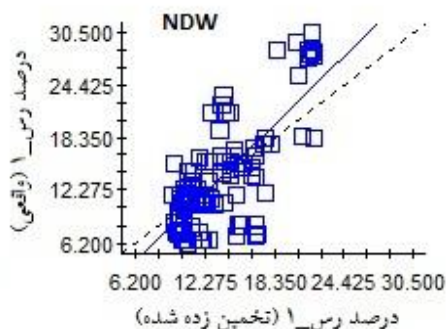
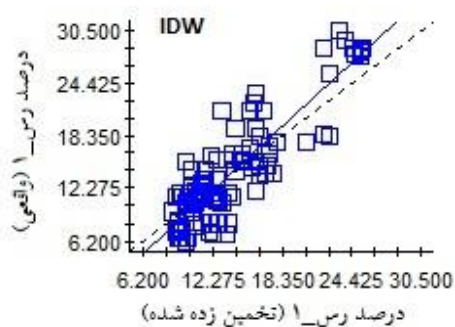
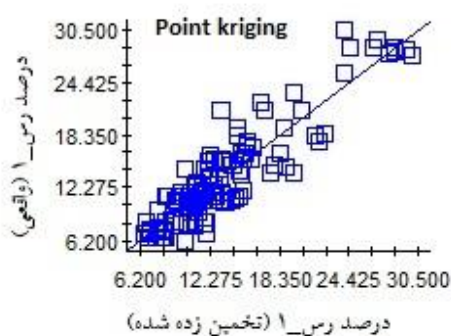
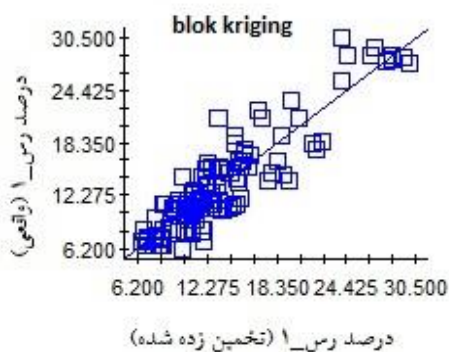
۳. نتایج

شکل (۲) به عنوان نمونه نتایج ارزیابی تقاطعی چهار تکنیک درون‌یابی برای متغیر رس عمق اول خاک را نشان می‌دهد. هر چقدر که دو خط مقادیر واقعی و تخمین زده شده (خط نقطه‌چین) متغیر در این نمودارها به هم نزدیکتر و پراکنش نمونه‌ها در امتداد این خطوط

بهبتر باشد نشان‌دهنده این است که خطای روش مورد نظر کمتر و دقت آن بالاتر است. با توجه به شکل، روش‌های کریجینگ نسبت به دو روش IDW و NDW دارای خطای کمتر و اطمینان بیشتری می‌باشند. در مورد

کریجینگ بهتر بوده است.

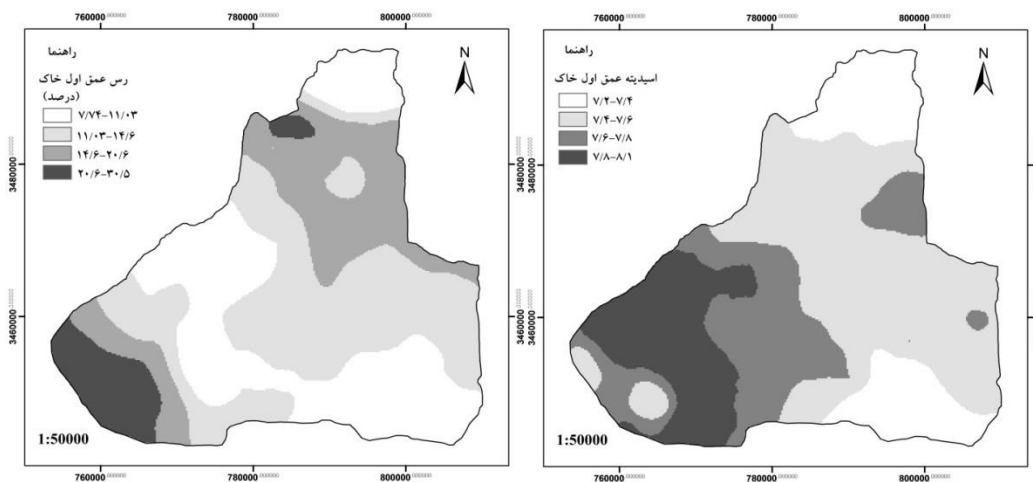
سایر متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق نیز روش‌های



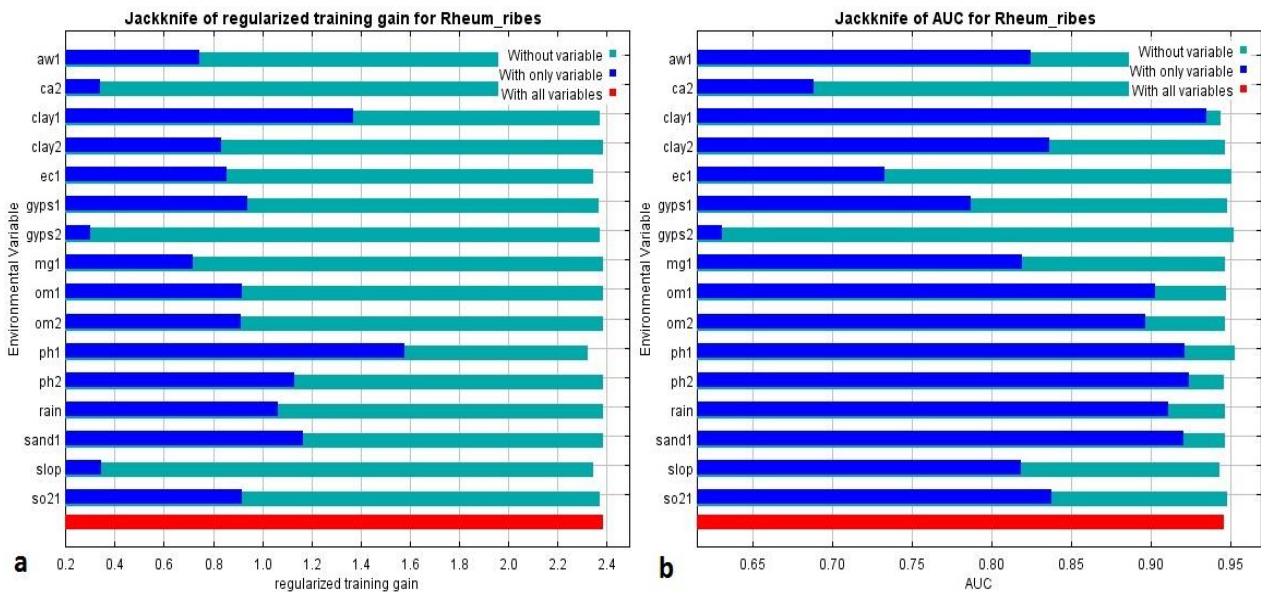
شکل ۲. نتایج ارزیابی تقاطعی چهار تکنیک درون‌یابی برای متغیر رس عمق اول خاک

اول خاک در قسمت جنوب غربی و کمترین میزان این متغیر در قسمت‌های شمالی، غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. با توجه به شکل (۱) رویشگاه گونه‌ی *R. ribes* در بخش جنوبی و جنوب شرقی منطقه قرار دارد.

در شکل (۳) به عنوان نمونه نقشه‌های متغیرهای درصد سنگریزه و اسیدیته عمق اول خاک منطقه ارائه شده است. با توجه به شکل اسیدیته خاک در قسمت‌های شمال و جنوب (تا حدی جنوب شرقی) منطقه کمتر از سایر قسمت‌های آن می‌باشد. همچنین بیشترین میزان رس عمق



شکل ۳. نقشه اسیدیته و رس عمق اول خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۳. قدرت تخمین نسبی متغیرهای زیست محیطی به دست آمده از Jackknife در مدل Maxent

(a) قدرت پیشگویی در مدل کالیبراسیون و (b) AUC، سطح زیر منحنی در مدل تست

(منظور از عدد ۱ در کنار علائم اختصاری متغیرهای عمق اول و عدد ۲ عمق دوم می باشد به عنوان مثال So21 متغیر So2 در عمق اول).

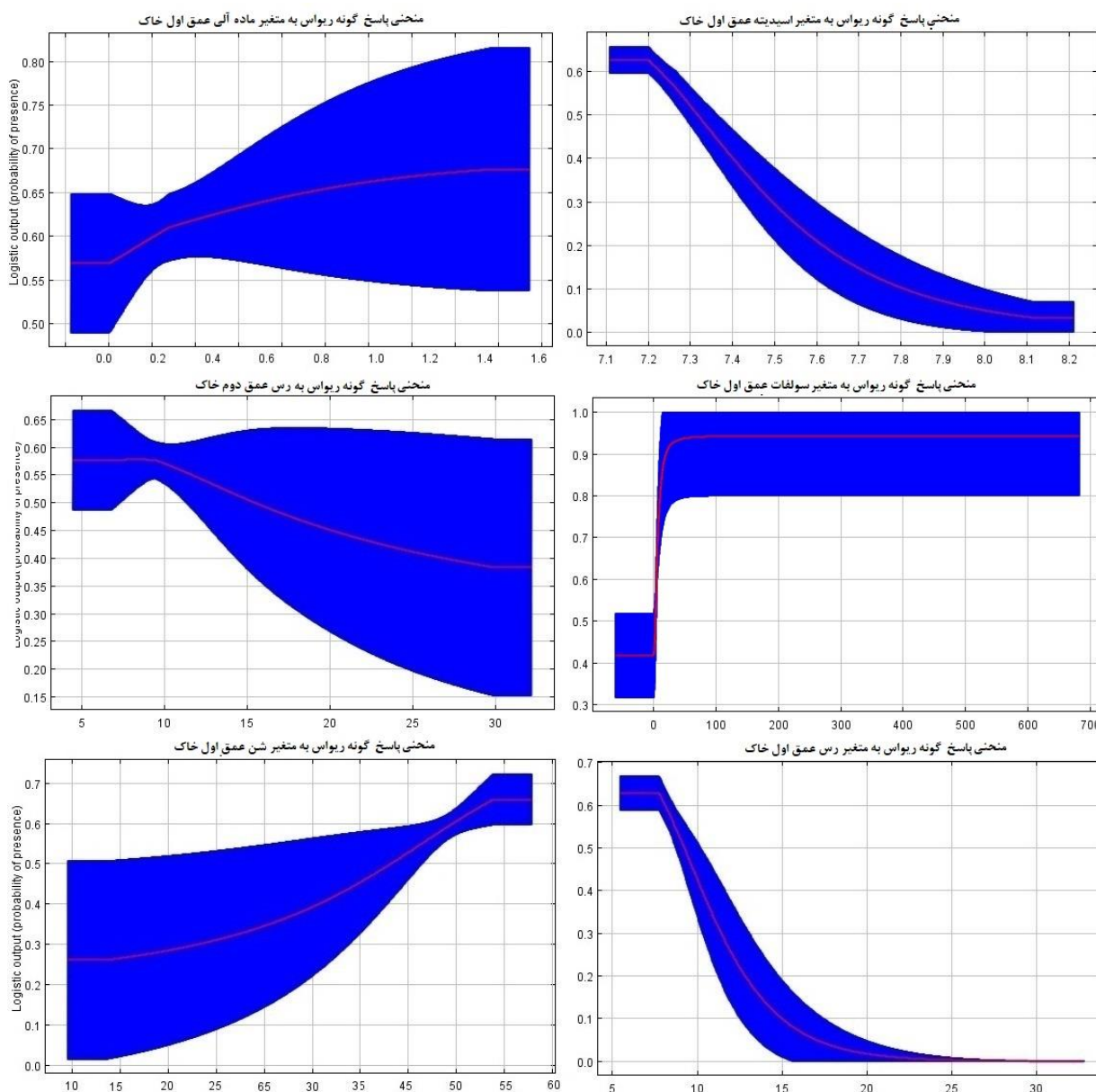
در مدل و دامنه اکولوژیک آن‌ها در شکل ۴ ارائه شده است. سایه‌های آبی رنگ اطراف منحنی‌ها حدود اطمینان برای حضور متغیر مورد نظر را برای گونه *R. ribes* نشان می‌دهند. پهنای کم حدود اطمینان نشان دهنده توان بالای مطالعه است زیرا در این صورت فاصله اطمینان دامنه کوچکی از مقدار اثر را در بر می‌گیرد در نتیجه مقادیری از برآوردها را در اختیار می‌دهد که دارای تغییرپذیری کمی هستند. با توجه به شکل ۴ با افزایش ماده آلی خاک احتمال حضور گونه مورد بررسی افزایش می‌یابد. دامنه اکولوژیک متغیر رس عمق اول خاک برای گونه *R. ribes* ۸ تا ۲۰ درصد است که البته در مقدار ۸ تا ۱۰ درصد بیشترین احتمال حضور گونه مذکور وجود دارد و از آن پس منحنی سیر نزولی در پیش می‌گیرد. با افزایش درصد رس در عمق دوم خاک از ۵ تا ۳۵ درصد نیز احتمال حضور گونه مذکور کاهش می‌یابد. همچنین با توجه به منحنی پاسخ گونه به متغیر اسیدیتته عمق اول خاک، احتمال حضور گونه *R. ribes* از اسیدیتته ۷/۲ تا ۸/۲ کاهش می‌یابد. افزایش شن عمق اول خاک تأثیر

در شکل (۳a) نتایج عملیات جک نایف که میزان تأثیر هر متغیر مشخص به تنهایی^۱ و همه متغیرها بدون آن متغیر^۲ و کل متغیرها^۳ را در مدل کالیبراسیون نشان می‌دهد؛ آمده است و شکل (۳b) همین مشخصات را برای سطح زیر منحنی آزمون نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل (۳) آمده است متغیرهای اسیدیتته عمق اول، رس عمق اول، شن عمق اول و اسیدیتته عمق دوم نسبت به سایر متغیرها تأثیر بیشتری بر حضور گونه *R. ribes* دارند؛ و دو متغیر اول از متغیرهای تعیین کننده حضور گونه مورد مطالعه می‌باشند. تأثیر متغیرهای سولفات عمق اول، رطوبت قابل دسترس عمق اول، ماده آلی هر دو عمق و گچ عمق اول نیز قابل ملاحظه است. منحنی‌های پاسخ مهم‌ترین متغیرهای استفاده شده

- 1 - With only variable
- 2 - without variable
- 3 - with all variable

سیر صعودی دارد و باریک‌ترین حدود اطمینان در حدود ۲۰ ppm قرار دارد که نشان دهنده دامنه اکولوژیک بسیار ناچیز این متغیر برای گونه مذکور است.

مستقیم در حضور این گونه دارد. متغیر سولفات عمق اول خاک نیز بر حضور گونه مورد بررسی تأثیر مثبت دارد و با افزایش مقدار سولفات خاک تا حدود ۲۰ ppm، منحنی



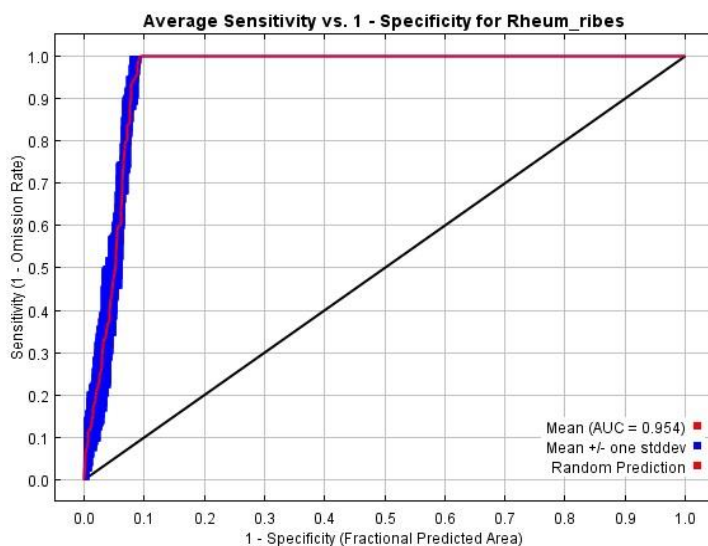
شکل ۴. مهم‌ترین منحنی‌های پاسخ *R. ribes* به متغیرهای محیطی

مدل پیش‌بینی برای رویشگاه گونه *R. ribes* خوب است. آستانه بهینه حضور ۰/۱ و آماره کاپا برای تعیین توافق پیش‌بینی رویشگاه گونه *R. ribes* با نقشه واقعی ۰/۹۲

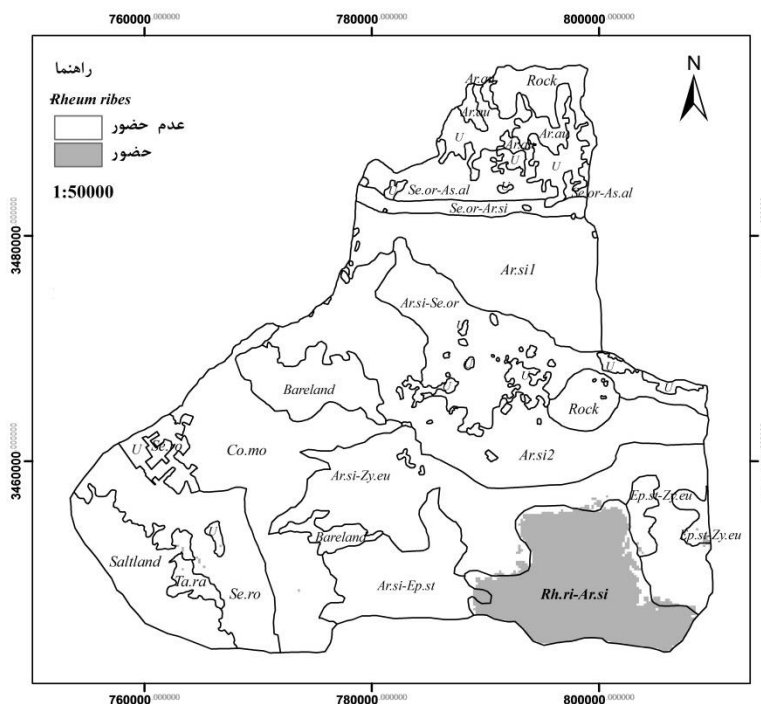
شکل (۵) مربوط به سطح زیر منحنی و آماره AUC محاسبه شده با مدل می‌باشد. با توجه به مقادیر AUC و بر اساس طبقه‌بندی سطح زیر منحنی Sweet [۳۱] دقت

شرایط خاکی) سایر نقاط منطقه برای حضور گونه مذکور مناسب نبوده است و قسمت‌های پیش‌بینی شده نیز در محدوده این تیپ است.

به‌دست آمد که در سطح عالی است. با توجه به نقشه واقعی تیپ‌های گیاهی و همچنین مشاهدات میدانی در منطقه مورد مطالعه گونه ریواس تنها در تیپ گیاهی *Rh.ri-Ar.si* حضور داشته و شرایط محیطی (خصوصاً



شکل ۵. منحنی ROC



شکل ۶. نقشه روی‌نگاه بالقوه گونه *R. ribes* (که برای مقایسه بر روی نقشه واقعی آمده است)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق و بر اساس ضریب کاپای حاصل از مقایسه نقشه‌ها، میزان تطابق نقشه پیش‌بینی و نقشه واقعی برای رویشگاه گونه *R. ribes* در سطح عالی است. توانایی طبقه‌بندی مدل پیش‌بینی نیز برای گونه مورد مطالعه بر اساس مقدار سطح زیر منحنی نیز ۰/۹۵ به دست آمد که در سطح خوب قرار دارد. میزان تطابق نقشه پیش‌بینی تولید شده با نقشه واقعی پراکنش گونه در این مطالعه حاکی از آن است که روش آنروپی حداکثر می‌تواند به عنوان یک روش مناسب در تهیه نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی مورد استفاده قرار گیرد که با نتایج محققان دیگری نیز همخوانی دارد [۲۸، ۳۵ و ۱۵]. پژوهشگران بیان کردند که مدل Maxent باید به عنوان جایگزین برای بعضی از مدل‌های توزیع گونه‌ای نظیر رگرسیون لجستیک و آنالیز تشخیص در عرصه مراتع در نظر گرفته شود [۱۸]. نتایج حاصل از عملیات جک نایف در این مطالعه گویای این مطلب است که از بین ویژگی‌های محیطی، خصوصیات خاک از مؤثرترین عوامل در پراکنش گونه *R. ribes* هستند، به طوری که اسیدیته عمق اول، رس عمق اول و اسیدیته عمق دوم بیشترین تأثیر را در حضور این گونه دارند. تأثیر متغیرهای سولفات عمق اول، رطوبت قابل دسترس عمق اول و ماده آلی هر دو عمق نیز قابل ملاحظه است.

منحنی‌های پاسخ گونه به متغیرهای محیطی نیز نشان داد که حضور گونه *R. ribes* با افزایش ماده آلی خاک از صفر تا ۱/۶ درصد افزایش می‌یابد و از آن به بعد نیز منحنی سیر صعودی خود را به صورت تدریجی ادامه می‌دهد. در اغلب خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مقدار ماده آلی بسیار کم است، اما اثرات زیادی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گذارد. مواد آلی منبع اصلی عناصر غذایی ازت، فسفر و همچنین پتاسیم برای گیاه هستند [۲، ۳۰ و ۱۷]. همچنین نتایج حاکی از آن است که با افزایش اسیدیته

عمق اول خاک از ۷/۲ تا ۸/۲ احتمال حضور گونه *R. ribes* کاهش می‌یابد و همچنین پراکنش این گونه رابطه قوی با مقادیر پایین هدایت الکتریکی عمق اول (کمتر از ۵ دسی زیمنس بر متر) دارد. pH یا اسیدیته محلول خاک به طور مستقیم در گیاه تأثیر ندارد، اثر آن به صورت در اختیار قرار دادن یا ندادن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است. قابلیت استفاده یا حلالیت برخی از عناصر غذایی با افزایش pH کاهش می‌یابد. به عنوان مثال آهن و منگنز را می‌توان نام برد که معمولاً در خاک‌های آهکی کمبود نشان می‌دهند. با افزایش غلظت املاح محلول، هدایت الکتریکی به علت وجود یون‌ها بیشتر می‌شود، بنابراین با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی می‌توان در مورد محدودیت‌های املاح خاک اظهار نظر کرد. خاک‌های شور از طریق فشار اسمزی و افزایش غلظت بعضی از یون‌ها در محلول خاک و همچنین تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تأثیر متقابل بعضی از یون‌ها بر عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارند [۱۷]. حضور و پراکنش گونه *R. ribes* با درصد شن عمق اول تا حدود ۵۳ درصد و درصد سولفات عمق اول خاک تا ۲۰ ppm همبستگی مثبت نشان داد. گوگرد یا سولفات در کانی‌های خاک وجود داشته و در ترکیبات مهم گیاهی نیز تثبیت می‌شود. ارتباط زیادی بین کربن کل، نیتروژن و گوگرد خاک وجود دارد. گیاهان قسمت اعظم گوگرد مورد نیاز خود را به صورت سولفات از خاک جذب می‌کنند. با در نظر گرفتن منحنی پاسخ گونه به متغیر شن این نتیجه حاصل می‌شود که این گونه خاک‌هایی با بافت سنگین را نمی‌پسندد و در خاک‌هایی با بافت سبک سازگارتر است. افزایش درصد سیلت در هر دو عمق خاک بر پراکنش این گونه تأثیر منفی گذاشته است به طوری که در عمق اول از ۵ تا ۸ درصد و در عمق دوم خاک از ۵ تا ۱۰ درصد بیشترین درصد احتمال حضور گونه وجود دارد، پس از آن نیز منحنی سیر نزولی در پیش می‌گیرد و در ۳۰ درصد عمق اول احتمال حضور گونه مذکور به صفر می‌رسد. آستانه رطوبت قابل دسترس در مطلوبیت

از سال ۲۰۰۶ وارد عرصه مدلسازی پراکنش گونه‌ها شده است. این مدل برای یک گونه توسط تعدادی لایه‌های زیست محیطی به همراه نقاط حضور به دست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در رویشگاه را به صورت تابعی از متغیرهای زیست محیطی بیان می‌کند [۲۷] (۲۷).

جمع‌بندی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که گونه *R. ribes* مناطقی با اسیدیته، شوری و رس پایین (۵ تا ۱۰ درصد)، ماده آلی و شن بالا (تا حدود ۵۳ درصد) را ترجیح می‌دهد. در منطقه مورد بررسی کمترین مقادیر اسیدیته و رس نیز مربوط به محل استقرار این گونه است. به بیان دیگر، شایستگی رویشگاه این گونه با افزایش ماده آلی و شن خاک و کاهش اسیدیته و رس خاک افزایش می‌یابد. گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند که در صورت شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌توانند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیر نفتی داشته باشند. تلاش برای شناخت همه جانبه گیاهان دارویی از نظر نوع گیاهان و پراکنش آن‌ها در ایران، شرایط اکولوژیک، استفاده‌های دارویی، استخراج، تجزیه، شناسایی مواد مؤثره، کشت و اهلی کردن آن‌ها، اصلاح گونه‌های مهم، بررسی روش‌های نوین در افزایش مواد مؤثره و مطالعه اثرات دارویی آن‌ها در شرایطی که نیاز به داروهای گیاهی روز به روز در حال افزایش است ضرورت دارد.

رویشگاه گونه *R. ribes* از ۵ تا ۲۰ درصد است که نشان‌دهنده رابطه این گونه با میزان آب در دسترس گیاه است. تغییرات بافت افزون بر تأثیر در جذب مواد غذایی و تهویه بر میزان رطوبت قابل دسترس نیز مؤثر است، بدین ترتیب این خصوصیت نیز دارای تغییراتی مشابه است [۱] و [۵]. پژوهشگران معتقدند که رطوبت قابل دسترس یکی از عوامل مؤثر بر استقرار گیاهان است [۱۲]. همچنین در پژوهشی که در همین منطقه بر روی عوامل مؤثر بر حضور گونه *R. ribes* و تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه آن با استفاده از روش رگرسیون لجستیک انجام گردید، مشخص شد که از بین عوامل محیطی، خصوصیات خاک بیشترین نقش را در ظاهر شدن این گونه دارد [۳۶] و حضور گونه *R. ribes* با ماده آلی رابطه مستقیم و با درصد رس خاک رابطه معکوس دارد. به طوری که در منطقه در نواحی‌ای که بافت خاک سبک‌تر شده و ماده آلی آن افزایش یابد، این گونه گیاهی ظاهر می‌شود، که نتایج حاصل از این مطالعه را تأیید می‌کند. ضریب کاپا در مطالعه مذکور ۰/۶۵ به دست آمد که بر اساس طبقه‌بندی محققان در سطح خوب قرار می‌گیرد، در صورتی که در تحقیق حاضر آماره کاپا برای تعیین توافق پیش‌بینی رویشگاه گونه *R. ribes* با نقشه واقعی ۰/۹۲ به دست آمد که در سطح عالی است. این نشان می‌دهد که مدل Maxent عملکرد بهتری نسبت به مدل رگرسیون لجستیک دارد. همان‌طور که بیان شد مدل Maxent از تکنیک‌های جدید یادگیری ماشینی است که

References

- [1] Abd El-Ghani M.M. and Amer, W.M. (2003). Soil-vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. *Journal of Arid Environments*, 55, 607-628.
- [2] Abd El-Ghani, M.M. (1998). Environmental correlates of species distribution in arid desert ecosystems of eastern Egypt. *Journal of Arid Environments*, 38, 297-313.
- [3] Anderson, R.P., D. Lew, D and Peterson, A.T. (2003). Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Journal of Ecological Modelling*, 162, 211-232.

- [4] Beck, P.S.A., Kalmbach., E., Joly, D., Stien, A. and Nilsen, L. (2005). Modelling local distribution of an Arctic dwarf shrub indicates an important role for remote sensing of snow cover. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 98, 110 – 121.
- [5] Bohera J.S. and Dorffing, K. (1993). Nutrition of Rice varieties under NaCl salinity. *Journal of Plant and Soil*, 152, 299-303.
- [6] Downie, A.L., Numers, Mv. and Boström, Ch. (2013). Influence of model selection on the predicted distribution of the seagrass *Zostera marina*. *Journal of Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 8, 121-122.
- [7] El-Demerdash M.A., Zahran, M.A. and Serag, M.S. (1994). On the ecology of the deltaic Mediterranean coastal land, Egypt III. The habitat of saltmarshes of Damietta-Port Said coastal region. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 8, 103–119.
- [8] Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A.L.J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Peterson, T.A., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E. (2006). Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. *Journal of Ecography*, 29 (2), 129–151.
- [9] Emad, M., Raghbi, F., Rasouli, S.M., Khanjanzadeh, R., Jozani, S.M. 2010. *Rheum ribes*. Pooneh Publication, 69P
- [10] Fallah Huseini, H., Heshmat, R., Mohseni, F., Jamshidi, A.H., Alavi, S.H.R., Ahvazi, M. and Larijani, B. (2008). Effect of stem of *Rheum ribes* L. based on blood lipids in type II diabetic patients with high blood lipids. *Iranian Journal of Medicinal Plants*, 3(27), 92 - 97. (In Persian)
- [11] Fallah Huseini, H., Larijani, B., Fakhrzadeh, H., Akhondzadeh, S., Radjabipour, B., Toliat, T., Heshmat, R. and Heydari, R. (2004). The efficacy of silymarin on hypercholesterolemic type II diabetic patients. *Iranian Journal of Diabetes and Lipid Disorders*, 3, 201 - 212.
- [12] Fisher, F.M., Zak, J.C., Cunningham, G.L and Whitfor, W.G. (1987). Water and nitrogen effects on growth and allocation pattern of creosote bush in northern Chihuahuan Desert. *Journal of Range Management*, 41,384-391
- [13] Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C. and Peterson, A.T. (2004). New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Journal of Trends in Ecology & Evolution*. 19 (9), 497–503.
- [14] Guisan, A. and Zimmermann, N. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Journal of Ecological Modelling*, 135, 147–186.
- [15] Hosseini, S.Z., Kappas, M., Zare Chahouki, M.A., Gerold, G., Erasni, D. and Rafiei Emem, A. (2013). Modelling potential habitats for *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* in Poshtkouh area, central Iran using the maximum entropy model and Geostatistics. *Journal of Ecological Informatics*, 18, 61-68.
- [16] Hu, B.Y., Zhang, H., Meng, X.L., Wang, F. and Wang, P. (2014). Aloeemodin from rhubarb (*Rheum rhabarbarum*) inhibits lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW264.7 macrophages. *Journal of Ethnopharmacol*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2014.03.059i>.
- [17] Jafari, M., Zare Chahouki, M.A., Tavili, A. and Kohandel, A. (2005). Soil-vegetation relationships in rangelands of Qom province. *Iranian Journal of Pajouhesh & Sazandegi*, 73, 110-116.
- [18] Khalasi Ahwazi, L., Zare Chahouki, M.A. and Hossein, S.Z.A. 2015. Modeling geographic distribution of *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* using presence-only modelling methods (MAXENT & ENFA). *Iranian Journal of Renewable Natural Resources Researches*, 6(1): 56-74. (In Persian)
- [19] Khalighifar, A. 2014. Determine potential habitats of *Rheum ribes* L. species using genetic algorithm and Maxent models in Isfahan province. Master's thesis natural resources engineering, Isfahan University of Technology. 115P.
- [20] Miller J., (2005). Incorporating Spatial Dependence in Predictive Vegetation Models: Residual Interpolation Methods, *The Professional Geographer*, 57(2), 169 184.
- [21] Miller J., and Franklin, J. (2002). Modeling the distribution of four vegetation alliances using generalized linear models and classification trees with spatial dependence. *Journal of Ecological Modelling*, 157(2-3), 227-247.

- [22] Mun, S.C. and Mun, G.S. (2015). Development of an efficient callus proliferation system for *Rheum coreanum* Nakai, a rare medicinal plant growing in Democratic People's Republic of Korea. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 5, 1-7.
- [23] Negga, H.E. (2007). Predictive Modelling of Amphibian Distribution Using Ecological Survey Data: a case study of Central Portugal, Master thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands.
- [24] Nikbakht, M.R., Esnaashari, S. and Heshmati Afshar, F. (2013). Chemical Composition and General Toxicity of Essential Oil Extracted from the Stalks and Flowers of *Rheum Ribes* L. Growing in Iran. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*, 2(2), 165-170.
- [25] Turkmen, O., Crka, M. and Suat E. (2005). Initial Evaluation of a New Edible Wild Rhubarb Species (*Rheum ribes* L.) with a Modified Weighted Scaling Index Method. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(5), 763 - 675.
- [26] Ozturk, M., Aydogmus Ozturk, F., Emin Duru, M. and Topcu, G. (2007). Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant. *Journal of Food Chemistry*, 103, 623–630.
- [27] Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of speciesgeographic distributions. *Journal of Ecological Modelling*, 190, 231–259.
- [28] Qin, Z., Zhang, J.E., Tommaso, A.D., Wang, R.L. and Wu, R.S. (2015). Predicting invasions of *Wedelia trilobata*(L.) Hitchc. with Maxent and GARP models. *Journal of Plant Res*, 128, 763–775
- [29] Sayyah, M., Boostani, H., Pakseresht, S and malayeri, A. (2009). Efficacy of hydroalcoholic extract of *Rheum ribes* L. in treatment of major depressive disorder. *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 3(8), 573-575.
- [30] Sharaf, E., Din, A. and Shaltout, K.H. (1985). On the phytosociology of Wadi Araba in the Eastern Desert of Egypt. *Journal of Proceedings of the Egyptian Botanical Society* 4, 1311–1325.
- [31] Sweet, J.A., 1988. Measuring the accuracy of a diagnostic systems. *Journal of Science*, 240: 1285-1293.
- [32] Tarkesh, M and Jetschke, M. (2012). Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. *Journal of Environ Ecol Stat*, 19, 437–457.
- [34] Zare Chahouki, M.A. (2006). Species distribution modeling in arid and semi–arid area rangeland. PhD Thesis in Range Management. Department of Natural Resources, Tehran University. 180 p
- [35] Zare Chahouki, M.A., Piry Sahragard, H. (2016). Maxent modelling for distribution of plant species habitats of rangelands (Iran). *Polish Journal of Ecology*, 3: 303-317.
- [36] Zare Chahouki, M.A., Piry 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. *Iranian Journal of Rangeland*, 7(3), 212-221.
- [37] Zare Chahouki, M.A., Yousefi, M., Zare Arani, M. and Zare Chahoki, A. (2009). Effective factors on presence on *Rheum ribes* and preparing the predicted map of it's (Case study: Chah-torosh Rangelands of Yazd province). *Iranian Journal of Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 85, 72-79.
- [38] Zargari A, and Rhubarbes, S. (1997). Medicinal plant. Volume 4: Sixth edition. Tehran University publication, 234 – 239pp.

