

## مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی با روش رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: مراتع غرب تفتان، شهرستان خاش)

حسین پیری صحراگرد

زابل، دانشگاه زابل، دانشکده آب و خاک، گروه مرتع و آبخیزداری

تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۱۵

### چکیده

ارائه مدل پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی و تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش هر یک از رویشگاه‌ها با روش رگرسیون لجستیک از اهداف این پژوهش بود. برای این منظور، بعد از تعیین واحدهای همگن بوم‌شناختی با استفاده از نقشه‌های پایه منطقه مورد مطالعه، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در هر رویشگاه به روش تصادفی-سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد ۴ خط‌نمونه ۱۵۰ و ۲۰۰ متری انجام شد. سطح قطعات نمونه با توجه به نوع گونه‌های موجود، به روش سطح‌حداقل بین ۲ تا ۲۵ مترمربع و تعداد آنها با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و روش آماری ۳۰ تا ۶۰ قطعه نمونه تعیین شد. برای نمونه‌برداری از خاک نیز در هر رویشگاه، هشت پروفیل حفر و از دو عمق ۳۰-۶۰ و ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شد. مدل‌سازی پراکنش رویشگاه‌ها به روش رگرسیون لجستیک و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی، با استفاده از مدل‌های حاصل ساخته شد. بر اساس مدل‌های پیش‌بینی، بافت خاک، درصد ماده آلی عمق اول، درصد گچ عمق دوم، درصد آهک عمق اول، اسیدیته عمق دوم، نوع سازند زمین‌شناسی، درصد شیب و ارتفاع بیشترین نقش را در پراکنش رویشگاه‌های مورد مطالعه دارند. بر اساس مقادیر شاخص کاپا، میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی حاصل با نقشه واقعی برای رویشگاه *A. aucheri* و *A. scoparia*، عالی؛ برای رویشگاه‌های *H. persicum* و *Z. eurypterum*، خوب و برای رویشگاه *A. sieberi* ضعیف ارزیابی شد. نتایج نشان می‌دهد که روش رگرسیون لجستیک قادر است که برای رویشگاه گونه‌های *A. scoparia* و *A. aucheri* که دارای شرایط رویشگاهی منحصر به فردی است مدل پیش‌بینی دقیقی فراهم آورد، اما برای رویشگاه *A. sieberi*، به دلیل دامنه بوم‌شناختی گسترده، دقت مدل پیش‌بینی حاصل از این روش پایین بود.

واژه‌های کلیدی: مدل پیش‌بینی، زمین‌آمار، رگرسیون لجستیک، تفتان، شاخص کاپا

نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۵۴۲۷۵۳۴، پست الکترونیکی: hopiry@uoz.ac.ir

### مقدمه

بنابراین ساخت مدل‌های پیش‌بینی دقیق برای مکان‌های مختلف، بمنظور مشخص کردن پاسخ دقیق گونه‌ها به شرایط محیطی در آن مکان، پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌ها و ارزیابی عدم قطعیت در نتایج مدل‌سازی ضروری است (۳۴). بدلیل توانایی مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه در کشف روابط بین وقوع گونه‌ها و شرایط محیطی، این مدل‌ها ابزاری مهم در بوم‌شناسی هستند (۲۱، ۴۳). تکرار

در سالهای اخیر بهره‌گیری از روش‌های آماری در مدل‌سازی استاتیک پوشش گیاهی، بمنظور برقراری ارتباط بین پراکنش پوشش گیاهی و عوامل محیطی تأثیرگذار افزایش یافته است. این روش‌ها می‌تواند با ارتباط‌دادن اطلاعات مربوط به وقوع گونه‌های معرف با متغیرهای محیطی مرتبط، شرایط محیطی مناسب برای هر گونه را برآورد و آن را به صورت یک مدل پیش‌بینی ارائه نماید.

معادلات در شرایطی که ارزش عددی متغیرهای پیش‌بینی -کننده بالا است، احتمال رخداد گونه‌ها را بیشتر از واقعیت برآورد می‌کند که این امر بدلیل نقطه عطف دوم در منحنی پاسخ گونه به عوامل محیطی است (۲۱). بنابراین، با توجه غیرخطی بودن رابطه بین گونه‌ها با عوامل محیطی و مستقل بودن خطای هر مشاهده از سایر مشاهدات، استفاده از روش رگرسیون لجستیک با این نوع تحقیقات متناسب است (۹، ۱۱).

Lassueur و همکاران (۲۰۰۶) در نواحی جنوبی سوئیس با استفاده از اطلاعات مربوط به ۱۱۷ گونه گیاهی در ۱۲۵ رویشگاه و خصوصیات مربوط به ارتفاع، شیب و جهت برای این رویشگاه‌ها، احتمال حضور گونه‌های گیاهی را با استفاده از روش رگرسیون لجستیک پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که پارامترهای شیب و جهت بیشترین همبستگی را با اکثر گونه‌های گیاهی دارند و روش رگرسیون لجستیک، روش مناسبی برای برآورد پراکنش گونه‌های گیاهی است. زارع‌چاهوکی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از روش رگرسیون لجستیک مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی را در مراتع سمنان انجام دادند و نتیجه گرفتند که مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌هایی که شرایط ویژه‌ای دارند، با نقشه واقعی بهتر تطبیق دارد. پیری‌صحرارگرد و همکاران (۲۰۱۵) نیز با مقایسه عملکرد سه روش رگرسیون لجستیک، آنتروپی‌حداکثر و پرسپترون چندلایه در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی نتیجه گرفتند در صورتی‌که متغیرهای پیش‌بینی‌کننده بدرستی انتخاب شود، روش رگرسیون لجستیک قادر است حدود جغرافیایی پراکنش گونه‌هایی با آشیان بوم‌شناختی محدود را بخوبی برآورد کند. علاوه بر مطالعات فوق محققین دیگری نیز از روش رگرسیون لجستیک برای تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی استفاده کرده‌اند و به نتایج تقریباً یکسانی در مورد توانایی این روش در تهیه نقشه پوشش گیاهی دست یافته‌اند (۱۳، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲).

در استفاده از این مدل‌های پیش‌بینی، برای ارزیابی دقت پیش‌بینی مدل، یکی از نکات مهم در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی است (۴۵).

رگرسیون لجستیک بعنوان یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها در بررسی ارتباط بین یک یا چند متغیر مستقل با یک متغیر پاسخ دوسطحی مطرح است و در مواردی که بررسی همبستگی مکانی در پراکنش گونه‌ها مدنظر است، با کاربرد رگرسیون لجستیک و داده‌های اسمی دوسطحی نتایج بهتری حاصل می‌شود (۲۴). علاوه بر این، روش رگرسیون لجستیک در مواردی که انواع مختلفی از خطاهای ساختاری مربوط به حضور و غیاب گونه‌ها در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی وجود دارد، نسبت به روش‌های دیگر در اولویت است (۴۲). بدلیل ماهیت طبقه‌بندی متغیرهای پاسخ در مدل‌های رگرسیون لجستیک، برای تبدیل روابط غیرخطی به روابط خطی می‌توان از تبدیل لگاریتمی استفاده نمود که به مدل حاصل، مدل لگاریتم طبیعی یا لجیت گفته می‌شود (۲۷، ۲۸). بهمین دلیل استفاده از این روش برای تهیه مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها در مقیاس منطقه‌ای بمنظور استفاده در برنامه‌های حفاظتی بسرعت در حال توسعه است (۲۵). البته در این روش تجربه و تخصص در انتخاب متغیرهای مناسب، جهت دستیابی به یک مدل مناسب بسیار مهم است (۴۰).

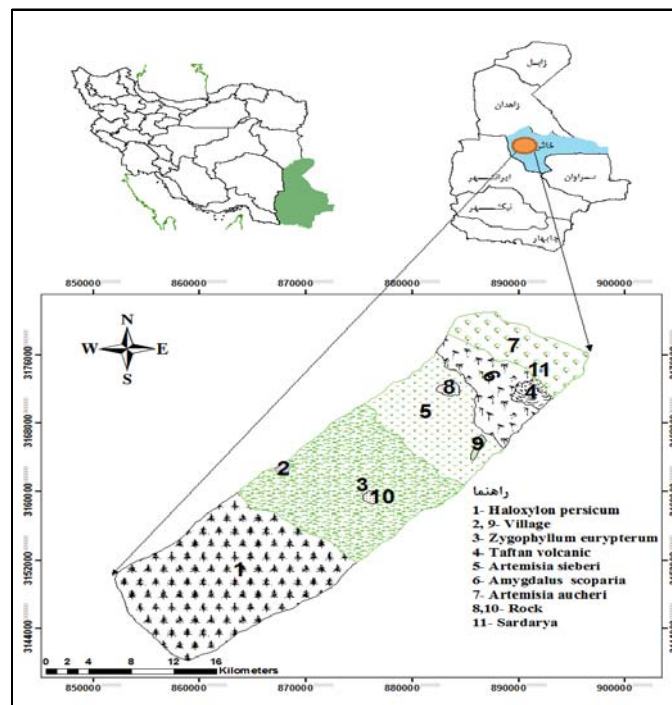
در استفاده از مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی منطقی‌بودن شکل منحنی پاسخ مورد استفاده، برای بررسی رابطه بین پراکنش گونه‌ها و متغیرهای محیطی ضروری است. زیرا این امکان وجود دارد که حتی در صورت بالا بودن دقت پیش‌بینی مدل، شکل منحنی پاسخ ارائه شده توسط مدل از نظر بوم‌شناختی منطقی نباشد (۳۶). برای نمونه، برازش معادلات چندجمله‌ای دارای توان سه برای متغیرهای پیش‌بینی دارای منحنی پاسخ نامتوازن (اریب) و ارزش عددی پایین مناسب است، اما استفاده از این‌گونه

با توجه لزوم تکرار در استفاده از روش‌های مدل‌سازی بمنظور ارزیابی عملکرد پیش‌بینی این روش‌ها در مناطق مختلف آب و هوایی بمنظور ارائه مدل‌های عمومی با فاصله اطمینان مشخص و استفاده از این نتایج در برنامه‌های اصلاح مراتع، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی قابلیت روش رگرسیون لجستیک در شناخت متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌ها، تحلیل بوم‌شناختی رابطه بین این متغیرها با پراکنش گونه‌ها و تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش بالقوه گونه‌ها در مراتع غرب تفتان در شهرستان خاش انجام شد.

### مواد و روشها

**معرفی منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد مطالعه با وسعت ۶۴۰۰۰ هکتار در قسمت غربی قله تفتان در حدود جغرافیایی  $28^{\circ} 20' 35''$  تا  $28^{\circ} 42' 39''$  طول شرقی و  $60^{\circ} 39' 36''$  تا  $60^{\circ} 58' 19''$  عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱).

یکی از نکات مهم دیگر در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی این است که اغلب این روش‌ها، احتمال حضور گونه‌های گیاهی را به شکل سطوح احتمالاتی پیوسته برآورد می‌کنند که برای استفاده بهتر از نتایج این مدل‌ها برای اهداف مدیریتی، ضروری است که با مدنظر قرار دادن هدف مدل‌سازی، فراوانی گونه‌های مورد بررسی و کیفیت مدل پیش‌بینی حد آستانه بهینه حضور گونه‌های گیاهی تعیین گردد و نقشه‌های پیوسته حضور به نقشه‌های طبقه‌بندی شده یا نقشه‌های حضور و غیاب گونه‌ها تبدیل شوند (۱۹، ۴۰، ۴۶). علاوه بر این، بدلیل وجود ساختار مکانی در برخی از خصوصیات خاک، استفاده از روش‌های آمار مکانی با دقت بالا، بمنظور تهیه نقشه دقیق متغیرهای وارد شده به مدل پیش‌بینی، از ملزومات استفاده مؤثر از روش‌های مختلف مورد استفاده در مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی است (۴، ۱۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان خاش، استان سیستان و بلوچستان و کشور ایران

*Zygophyllum Amygdalus scoparia Artemisia sieberi* و از گونه‌های همراه هم می‌توان به گونه‌های *euryptherum* و *Cousinia stocksii Hamada salicornica* و *Artemisia santolina* اشاره کرد. برخی از ویژگی‌های مربوط به رویشگاه‌های مورد بررسی در جدول ۱ آمده است.

پست‌ترین و مرتفع‌ترین نقطه منطقه بترتیب ۱۴۰۰ و ۲۸۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. از نظر ژئومورفولوژی، منطقه عرصه‌ای دشتی - کوهستانی است. میانگین بارندگی سالانه منطقه بسته به شرایط ارتفاعی، از ۱۶۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر متغیر بوده و بارش برف و وقوع یخبندان در زمستان نیز متداول است (۱۴). از گونه‌های گیاهی که در منطقه تشکیل تپ گیاهی داده‌اند می‌توان به گونه‌های *Haloxylyon persicum*

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های تپ‌های گیاهی مطالعه شده در مراتع غرب تفتان

ردیف	نام تپ گیاهی	نشانه روی نقشه	تاج پوشش (درصد)	شیب (درصد)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	اقلیم	بارندگی (میلی‌متر)
۱	<i>Haloxylyon persicum</i>	Ha.pe	۲۵-۲۰	۳-۱	۱۴۰۰-۱۵۰۰	خشک	۱۶۰-۱۹۰
۲	<i>Zygophyllum euryptherum</i>	Zy.eu	۳۰-۲۵	۵-۳	۱۵۰۰-۱۷۰۰	خشک	۱۶۰-۱۹۰
۳	<i>Artemisia sieberi</i>	Ar.si	۳۵-۲۵	۱۵-۵	۱۷۰۰-۱۹۰۰	خشک	۱۶۰-۱۹۰
۴	<i>Amygdalus scoparia</i>	Am.sc	۳۰-۲۰	۴۰-۳۰	۱۹۰۰-۲۲۰۰	نیمه‌خشک	۲۰۰-۳۵۰
۵	<i>Artemisia aucheri</i>	Ar.au	۵۰-۴۰	۶۰-۴۰	۲۲۰۰-۲۸۰۰	نیمه‌خشک	۲۰۰-۳۵۰

سیستماتیک از طریق پلات گذاری در امتداد ۴ خط نمونه ۱۵۰ تا ۲۰۰ متری انجام شد. طول خطوط نمونه در هر رویشگاه با توجه به شرایط منطقه و تراکم پوشش گیاهی و اندازه نمونه نیز با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و روش آماری کوکران تعیین شد. همچنین سطح قطعات نمونه نیز با توجه به نوع گونه‌های موجود، تراکم پوشش آنها و خصوصیات مورد نظر برای اندازه‌گیری، بین ۲ تا ۲۵ مترمربع مشخص شد (جدول ۲).

**جمع‌آوری اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی و عوامل محیطی:** بمنظور شناخت عوامل محیطی مؤثر در پراکنش گونه‌های گیاهی و ارائه مدل‌های پیش‌بینی پراکنش، عوامل محیطی با استفاده از ابزارهایی مانند نقشه مدل رقومی ارتفاع و نقشه زمین‌شناسی، با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، مطالعات میدانی و آزمایشگاهی کمی شد. برای انجام مطالعات میدانی، نقشه واحدهای نمونه‌برداری از تلفیق نقشه‌های شکل زمین و زمین‌شناسی تهیه شد. در هر رویشگاه، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی با روش تصادفی -

جدول ۲- طول خط نمونه، فاصله بین پلات‌ها، تعداد قطعات نمونه و سطح مناسب قطعات نمونه در تپ‌های گیاهی مطالعه شده در مراتع غرب تفتان

ردیف	تپ گیاهی	طول خط نمونه (متر)	فاصله بین قطعات نمونه (متر)	تعداد قطعات نمونه	سطح قطعات نمونه (مترمربع)
۱	Ha. pe	۲۰۰	۲۰	۴۰	۲۵
۲	Zy. eu	۲۰۰	۲۰	۴۰	۴
۳	Ar. si	۱۵۰	۱۰	۶۰	۲
۴	Am. sc	۱۵۰	۱۰	۶۰	۲۵
۵	Ar. au	۱۵۰	۱۰	۶۰	۲

در هر قطعه نمونه نوع و تعداد گونه‌های گیاهی و درصد پوشش آنها ثبت شد. برای نمونه‌برداری از خاک نیز در هر رویشگاه، هشت پروفیل حفر و از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۰

۳۰ سانتی‌متری و در مجموع ۴۰ نمونه خاک جمع‌آوری شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خصوصیات مورد نظر شامل سنگریزه، آهک، اسیدیته، هدایت الکتریکی،

با استفاده از روش زمین‌آمار تهیه شد. بدلیل تفاوت در دقت روش‌های مختلف زمین‌آمار و لزوم انتخاب دقیق‌ترین روش جهت تهیه نقشه خصوصیات خاک از روش تقاطعی استفاده شد. در مرحله بعد، با استفاده از دو پارامتر آماری میانگین انحراف خطا (Mean Bias Error) و میانگین مطلق خطا (Mean absolute Error) روش دقیق‌تر جهت درون‌یابی تعیین شد. برای طبقه‌بندی میزان وابستگی مکانی متغیرها نیز از نسبت  $C/C+C_0$  استفاده شد که بر اساس این نسبت متغیرها از نظر وابستگی مکانی در سه سطح ضعیف، متوسط و قوی قرار می‌گیرند (جدول ۳). بعد از تهیه نقشه عوامل مورد نظر، با بهره‌گیری از مدل‌های به‌دست آمده و اعمال ضرایب مربوط به هر متغیر بر لایه اطلاعاتی مربوطه در سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی تهیه شد.

جدول ۳- تعیین وابستگی مکانی متغیرها (۲۲).

نسبت $C/C+C_0$ کلاس وابستگی مکانی	
$X < 0.25$	ضعیف
$0.25 < X < 0.75$	متوسط
$X > 0.75$	قوی

**تعیین حدود آستانه بهینه حضور گونه‌های گیاهی و بررسی میزان انطباق نقشه‌های واقعی و پیش‌بینی:** برای تعیین آستانه بهینه حضور گونه‌های گیاهی از روش پیشنهادی میلر (۲۰۰۵) استفاده شد. بر اساس این روش، در مرحله اول نقشه احتمال حضور در سطوح احتمال ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ و ۱ تهیه شد و سپس تطابق این نقشه‌ها با نقشه واقعی مورد مقایسه قرار گرفت. در مرحله بعد، با استفاده از نسبت‌های حاصل برای هر کدام از پارامترهای مربوط به حساسیت، اختصاصیت و صحت کلی مدل نموداری تهیه شد. بر اساس این نمودار، آستانه بهینه حضور برای هر گونه نقطه‌ای است که در آن نقطه، این سه خط همدیگر را قطع می‌کنند (۳۷). بعد از تعیین آستانه بهینه، نقشه پیوسته احتمالاتی گونه‌ها بر اساس این آستانه بهینه طبقه‌بندی شد و میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی با استفاده از

رطوبت قابل‌دسترس، ماده آلی، گچ، شن، سیلت، رس و رطوبت اشباع با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (۷). علاوه بر این، در هر واحد نمونه‌برداری علاوه بر ثبت داده‌های مربوط به پوشش گیاهی (نام گونه‌های گیاهی و درصد تاج پوشش آنها)؛ اطلاعات مربوط به مرزهای جغرافیایی رویشگاه‌ها، شیب، جهت و ارتفاع و نوع سازند- زمین‌شناسی هم ثبت شد.

**تجزیه و تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی:** در این پژوهش بمنظور بررسی رابطه بین تک‌تک گونه‌ها با عوامل محیطی و ارائه مدل پیش‌بینی خاص هر گونه گیاهی از رگرسیون لجستیک استفاده شد. متغیرهای مستقل مورد بررسی شامل خصوصیات خاک، نوع سازند زمین‌شناسی و متغیرهای مربوط به فیزیوگرافی بود. حضور و غیاب گونه‌ها نیز بعنوان متغیر پاسخ در نظر گرفته شد. بمنظور دست‌یابی به بهترین ترکیب از متغیرهای پیش‌بینی در مدل رگرسیون لجستیک از روش پیشرو (Forward:LR) استفاده شد که نوعی روش گام به گام است (۱۱، ۴۴). در این روش ورود متغیرها به مدل بر اساس معنی‌داری آماره نسبت درست‌نمایی و خروج متغیرها از تحلیل بر اساس احتمال این آماره و با توجه به برآوردهای حداکثر درست‌نمایی جزئی یا تفکیکی انجام می‌شود (۱۰). شاخص کمی عامل تورم واریانس (Variance Inflation Factor) نیز بمنظور بررسی وجود هم‌خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گرفت (۱۱). بدلیل کم‌تر بودن مقدار این شاخص از ده، مشخص شد که بین متغیرهای مستقل هم‌خطی چندگانه وجود ندارد. همچنین برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی حاصل از رگرسیون لجستیک از آزمون نیکویی برازش مدل هوسمر و لمشاو استفاده شد (۲۰۰۰). بعد از تولید مدل‌های پراکنش گونه‌های گیاهی، بدلیل اینکه برای تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه تهیه نقشه تمام عوامل موجود در مدل ضروری است، بنابراین نقشه ارتفاع از سطح دریا و شیب از نقشه رقومی ارتفاع و نقشه خصوصیات خاک هم

حاصل، تطابق خوبی با داده‌ها دارد و معنی‌دار است (جدول ۶).

بر اساس رابطه ۲، در رویشگاه *H. persicum* درصد شن و ماده آلی عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری دارای بیشترین تأثیرگذاری در پراکنش رویشگاه این گونه هستند. به عبارت دیگر حضور این گونه با بافت سبک خاک و ماده آلی ارتباط مستقیم دارد.

جدول ۶- آماره‌های مربوط به مدل رگرسیون لجستیک برای پیش-

بینی حضور گونه‌های گیاهی

شماره	رویشگاه	R <sup>2</sup>	مقدار HL
۱	<i>Ha.pe</i>	۰/۸۶	۰/۹۹
۲	<i>Zy.eu</i>	۰/۷۰	۱
۳	<i>Ar.si</i>	۰/۸۷	۱
۴	<i>Am.sc</i>	۰/۸۷	۰/۹۹
۵	<i>Ar.au</i>	۰/۸۹	۱

با افزایش درصد گچ در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری و همچنین سیلت در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری احتمال حضور گونه *Z. eurypeterum* افزایش یافته است، بطوری‌که با توجه به رابطه ۳ می‌توان بیان داشت حضور این گونه با این دو عامل رابطه مستقیم دارد. این در حالی است که حضور گونه *A. sieberi* با آهک و اسیدیته عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری ارتباط مستقیم دارد (رابطه ۴). با حرکت به سمت بالادست منطقه مورد مطالعه، میزان ارتفاع و شیب افزایش می‌یابد به گونه‌ای که در رویشگاه *A. scoparia* علاوه بر تغییر در نوع سازند زمین‌شناسی، درصد شن در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و درصد شیب به عنوان مهمترین متغیرها هستند و وارد مدل رگرسیونی مربوط به این رویشگاه شده‌اند. با توجه به رابطه ۵، حضور این گونه با درصد شیب و درصد شن ارتباط مستقیم دارد. همچنین عوامل ارتفاع از سطح دریا و درصد آهک عمق اول خاک دارای تأثیر بیشتری در مدل پیش‌بینی مربوط به رویشگاه *A. aucheri* است. بر اساس رابطه ۶، حضور این گونه گیاهی با ارتفاع از سطح دریا و درصد آهک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک رابطه مستقیم دارد.

شاخص کاپا (κ) مورد بررسی قرار گرفت (رابطه ۱). مقادیر a, b, c و d در این رابطه بر اساس جدول توافقی ۲\*۲ تعیین می‌شود (جدول ۴). این شاخص بهترین و مشهورترین شاخص برای ارزیابی کارایی مدل‌های پیش-بینی است (۳۴). طبقه‌بندی شاخص کاپا که بر اساس آن میزان توافق بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی مشخص می‌شود در جدول شماره ۵ آمده است (۹).

جدول ۴- جدول توافقی ۲\*۲ برای محاسبه پارامترهای لازم برای

محاسبه شاخص کاپا

نقشه پیش‌بینی		نقشه واقعی	
		+	-
نقشه	+	a	c
	-	b	d

+ حضور گونه  
- غیاب گونه

جدول ۵- طبقه‌بندی مقادیر شاخص کاپا

ردیف	مقدار کاپا	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی
۱	<۰/۰۵	عدم توافق
۲	۰/۰۵-۰/۲۰	خیلی ضعیف
۳	۰/۲۰-۰/۴۰	ضعیف
۴	۰/۴۰-۰/۵۵	متوسط
۵	۰/۵۵-۰/۷۰	خوب
۶	۰/۷۰-۰/۸۵	خیلی خوب
۷	۰/۸۵-۰/۹۹	عالی
۸	۰/۹۹-۱/۰۰	کامل

$$\kappa = \frac{\left(\frac{a+d}{n}\right) - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}}{1 - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}} \quad (1)$$

## نتایج

بررسی رابطه بین حضور گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی: رابطه‌های رگرسیونی مربوط به رویشگاه‌های مورد بررسی، در رابطه‌های ۲ تا ۶ ارائه شده است. با توجه به معنی‌دار بودن آماره هوسمر و لمشاو برای همه مدل‌های بدست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های لجستیک

رابطه (۲)

$$P(Ha.pe) = \frac{\text{Exp}(-1/58 \text{Sand}1 + -1/22 \text{Abs} - 1/28 \text{Oml} + 1/88)}{1 + \text{Exp}(-1/58 \text{Sand}1 + -1/22 \text{Abs} - 1/28 \text{Oml} + 1/88)}$$

رابطه (۳)

$$P(Ze.eu) = \frac{\text{Exp}(1/52 \text{Gyps}2 + 1/41 \text{Silt}1 + 1/57)}{1 + \text{Exp}(1/52 \text{Gyps}2 + 1/41 \text{Silt}1 + 1/57)}$$

رابطه (۴)

$$P(Ar.si) = \frac{\text{Exp}(-1/6 \text{Lime}1 + 1/23 \text{pH}2 - 1/6 \text{pH}2)}{1 + \text{Exp}(-1/6 \text{Lime}1 + 1/23 \text{pH}2 - 1/6 \text{pH}2)}$$

رابطه (۵)

$$P(Am.sc) = \frac{\text{Exp}(-1/68 \text{Geo} + -1/44 \text{Sand}1 + -1/32 \text{Slope} - 1/58)}{1 + \text{Exp}(-1/68 \text{Geo} + -1/44 \text{Sand}1 + -1/32 \text{Slope} - 1/58)}$$

رابطه (۶)

$$P(Ar.au) = \frac{\text{Exp}(1/34 \text{Abs} - 1/36 \text{Lime}1 + 1/26)}{1 + \text{Exp}(1/34 \text{Abs} - 1/36 \text{Lime}1 + 1/26)}$$

ارائه نقشه پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی:

بدلیل اینکه برای تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه تهیه نقشه

تمام عوامل موجود در مدل ضروری است، بنابراین نقشه ارتفاع از سطح دریا و شیب از مدل رقومی ارتفاع و نقشه خصوصیات خاک هم با استفاده از روش‌های زمین‌آمار تهیه شد. بر اساس نتایج، برای متغیرهای درصد آهک، اسیدیت، درصد گچ، درصد سیلت و درصد ماده آلی بدلیل مقدار خطا و انحراف کمتر، روش درون‌یابی کریجینگ بعنوان روش درون‌یابی دقیق‌تر انتخاب شد و تنها در مورد متغیر درصد شن، روش میانگین متحرک وزن‌دار دارای خطا و انحراف کمتری بود و از این روش برای تهیه نقشه مربوط به این متغیر استفاده شد (جدول ۷). اجزای مربوط به تغییرنمای (واریوگرام) خصوصیات خاک ارزیابی شده برای تولید نقشه در جدول ۸ آمده است. برای نمونه، شکل ۲ نقشه درصد آهک عمق اول خاک را نشان می‌دهد که دارای ساختار مکانی قوی است.

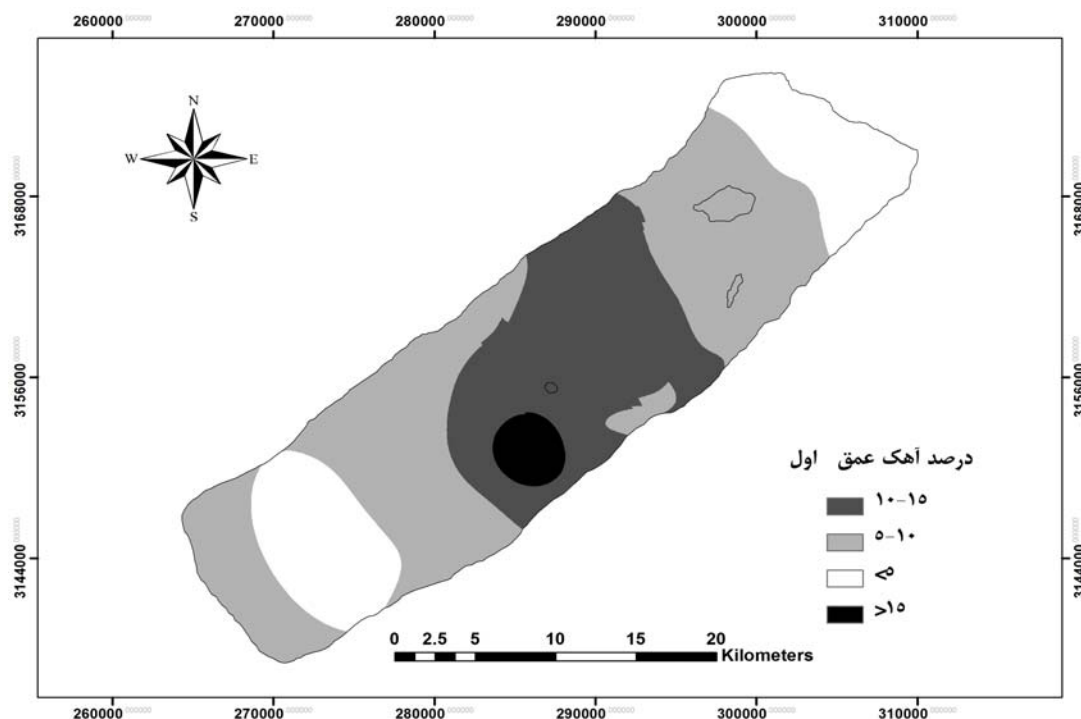
جدول ۷- ارزیابی میزان خطا و انحراف روش‌های مورد استفاده برای درون‌یابی خصوصیات خاک وارد شده به مدل‌های رگرسیون لجستیک

خصوصیت خاک	عمق	معیار ارزیابی	روش درون‌یابی		
			کریجینگ نقطه ای	کریجینگ بلوکی	میانگین متحرک وزن‌دار
درصد آهک	۰-۳۰	MAE	۲/۲۸۵۴	۲/۲۷۵۱	۲/۳۲۵۵
		MBE	-۰/۰۱۸۳۳	-۰/۰۱۹۷۴	۰/۰۲۴۵۱
اسیدیت	۳۰-۶۰	MAE	۰/۰۹۰۰۴	۰/۰۹۱۵۳	۰/۰۹۵۲۴
		MBE	-۰/۰۰۳۱	-۰/۰۰۳۲	-۰/۰۱۵۴
درصد گچ	۳۰-۶۰	MAE	۰/۰۰۹۸	۰/۰۱۲۳۳	۰/۰۶۱۹۲
		MBE	۰/۰۰۲۲	-۰/۰۰۲۵	۰/۱۰۶۵
درصد شن	۰-۳۰	MAE	۱۰/۲۱۹۲	۹/۴۵۲۱	۸/۴۵۷۸
		MBE	۰/۱۵۹۶	۰/۱۴۸۵۶	۰/۰۵۱۴
درصد سیلت	۰-۳۰	MAE	۵/۳۱۳۲	۴/۷۱۹۰	۵/۶۴۲۱
		MBE	-۰/۳۲۶۶۲	-۰/۲۰۹۲۹	-۰/۳۳۷۵
درصد ماده آلی	۰-۳۰	MAE	۱/۶۴۲۹	۱/۶۲۲۲	۱/۷۸۴۱
		MBE	۰/۰۰۹۰	۰/۰۰۹۱	۰/۰۱۲۵

و کمترین (۰/۳۹) میزان تطابق، بترتیب مربوط به رویشگاه-های *A. sieberi* و *A. aucheri* است. میزان توافق برای دیگر رویشگاه‌ها نیز در جدول ۵ آمده است. نقشه پیش‌بینی و واقعی مربوط به رویشگاه‌های مورد بررسی در شکل ۳

ارزیابی میزان انطباق نقشه‌های پیش‌بینی و نقشه‌های واقعیت زمینی: نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های پیش‌بینی بدست آمده با نقشه‌های واقعی پوشش می‌دهد که بر اساس مقادیر شاخص کاپای محاسبه شده، بیشترین (۰/۹۵)

آمده است.



شکل ۲- نقشه درصد آهک عمق اول ( عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری) خاک در مراتع غرب تفتان  
جدول ۸- اجزای مربوط به پارامترهای تغییرنا برای متغیرهای خاک انتخاب‌شده برای تولید نقشه

متغیر	عمق	مدل واریوگرام	اثر قطعه‌ای	سقف	دامنه تأثیر	ساختار مکانی (درصد)	کلاس وابستگی مکانی
آهک	۰-۳۰	کروی	۴/۰۷	۲۰/۸۸	۵۳۸۰	۰/۸۰	قوی
اسیدیته	۳۰-۶۰	کروی	۰	۰/۰۵	۲۱۱۰۰	۰/۸۳	قوی
گچ	۳۰-۶۰	کروی	۰/۱	۰/۷۶	۱۷۷۰	۰/۹۵	قوی
سیلت	۰-۳۰	کروی	۱/۲۰	۷۵	۴۲۵۰	۰/۹۸	قوی
ماده آلی	۰-۳۰	کروی	۰/۰۳	۰/۰۷	۷۰۰۰	۰/۵۲	متوسط

جدول ۹- تعیین آستانه بهینه حضور و میزان توافق بین نقشه‌های پیش‌بینی و واقعی با استفاده از شاخص کاپا

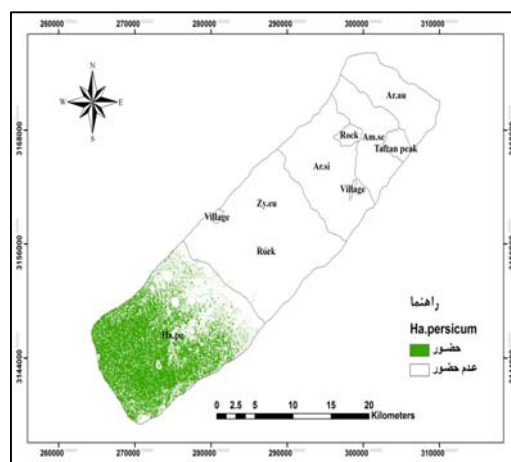
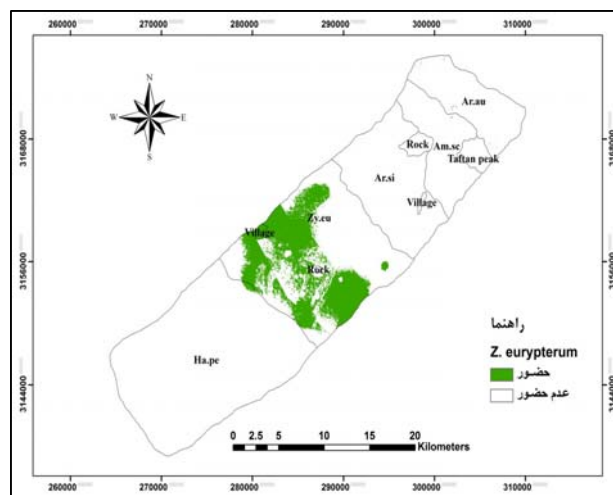
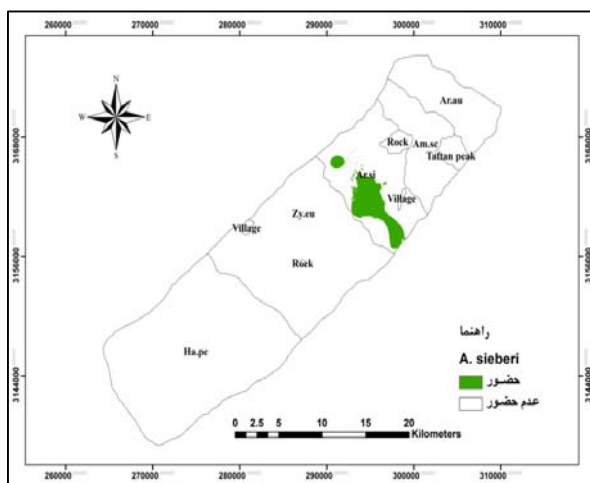
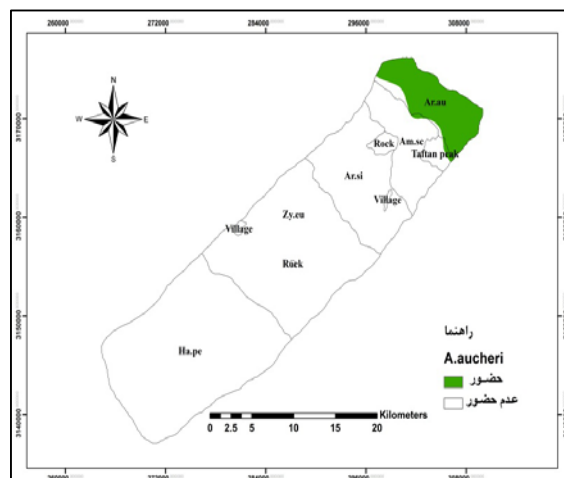
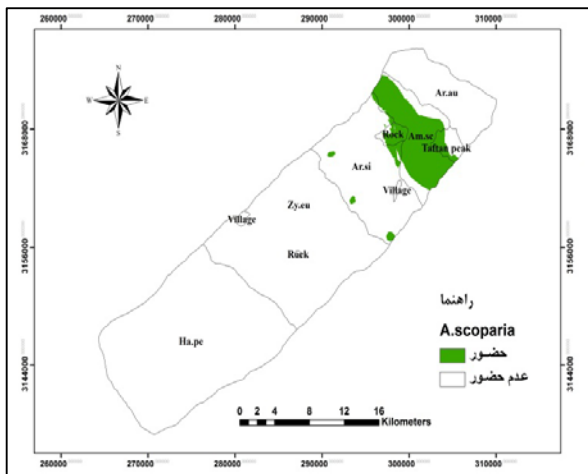
ردیف	تپ گیاهی	آستانه بهینه حضور	ضریب کاپا	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی
۱	<i>Ha.pe</i>	۰/۵	۰/۶۲	خوب
۲	<i>Zy.eu</i>	۰/۳	۰/۵۸	خوب
۳	<i>Ar.si</i>	۰/۳	۰/۳۹	ضعیف
۴	<i>Am.sc</i>	۰/۳	۰/۸۶	عالی
۵	<i>Ar.au</i>	۰/۳	۰/۹۵	عالی

### بحث و نتیجه‌گیری

*H. persicum*، *Z. eurypterum* و *A. sieberi* در آن محدوده قرار دارند نقش خصوصیات مربوط به خاک مانند بافت خاک، درصد ماده آلی خاک، گچ، آهک و میزان اسیدیته خاک در پراکنش گونه‌های گیاهی بیشتر است.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که در قسمت پایین‌دست منطقه مورد مطالعه که سه رویشگاه





شکل ۳ - نقشه واقعی و پیش‌بینی رویشگاه‌های مورد مطالعه حاصل از روش رگرسیون لجستیک در مراتع غرب تفتان (نقشه پیش‌بینی با رنگ سبز نشان داده است)

محدوده ارتفاعی خاص را دارند. بنابراین افزایش یا کاهش ارتفاع می‌تواند باعث تناسب یا عدم تناسب رویشگاه برای استقرار گونه‌های گیاهی شود (۱۵، ۴۷). علاوه بر این، ارتفاع از سطح دریا می‌تواند از طریق تأثیر بر خصوصیات خاک مانند عمق خاک، رطوبت و مقدار ماده آلی خاک، استقرار گیاهان را در یک رویشگاه محدود نماید (۵، ۲۲، ۱۲). تأثیر ارتفاع بر پراکنش این گونه در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (۲۹، ۳۸، ۴۰). آهک نیز بعنوان یکی از خصوصیات مهم می‌تواند از طریق تأثیر بر اسیدیته خاک و در نهایت قابلیت جذب مواد غذایی در پراکنش گیاهان تأثیرگذار باشد (۴). همسو با یافته این پژوهش، آذرنبوند و همکاران (۱۳۸۲) هم درصد آهک را بعنوان یکی از عوامل مؤثر در پراکنش این گونه معرفی کرده‌اند. علاوه بر این، تأثیر توأم ارتفاع از سطح دریا به‌همراه میزان آهک خاک در پراکنش رویشگاه این گونه در مراتع پشتکوه استان یزد نیز گزارش شده است (۹، ۲۹).

بر اساس مدل رگرسیونی مربوط به رویشگاه *A. scoparia* مهمترین متغیرها در پراکنش این رویشگاه، متغیرهای نوع سازند زمین‌شناسی، درصد شن عمق صفر تا ۳۰ سانتی-متری (۷۷-۵۳ درصد) و همچنین درصد شیب دامنه (۴۰-۳۰ درصد) است. عبارت دیگر سازند زمین‌شناسی، بافت سبک خاک و درصد بالای شیب عوامل معرف رویشگاه این گونه هستند. با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه، سازند زمین‌شناسی مربوط به رویشگاه این گونه، سازند آذرین از نوع آندزیتی است. مشاهدات میدانی نیز نشان می‌دهد که استقرار این گونه در مراتع غرب تفتان تحت تأثیر نوع سازند زمین‌شناسی است، بطوری‌که این گونه منحصرأ روی رخنمون‌هایی از سازند آذرین (آندزیتی) مشاهده می‌شود. تأثیر نوع سازند زمین‌شناسی در پراکنش این گونه در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (۶، ۱۸). همچنین گزارش شده است که این گونه در مراتع استان قم بر روی سازند آذرین از نوع بازالتی استقرار یافته است (۵). ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند درصد شن نیز از

این در حالی است که در قسمت مرتفع منطقه که دو رویشگاه *A. scoparia* و *A. aucheri* را در خود جای داده‌است، علاوه بر خصوصیات مربوط به خاک (میزان شن، آهک خاک و نوع سازند زمین‌شناسی)، عوامل مربوط به فیزیوگرافی مانند درصدشیب و همچنین ارتفاع از سطح دریا نیز در استقرار گونه‌های گیاهی نقش داشته و به مدل پیش‌بینی مربوط به این رویشگاه‌ها وارد شده است. بعبارت دیگر، در منطقه مورد مطالعه دو دسته از عوامل محیطی شامل عوامل اداپتیکی (خصوصیات خاک و سازند زمین-شناسی) و خصوصیات فیزیوگرافی (شیب، ارتفاع) دارای نقش مهمتری در پراکنش گونه‌های گیاهی هستند. همچنین بررسی میزان انطباق نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه‌های واقعیت زمینی نشان می‌دهد که میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی حاصل با نقشه واقعی برای رویشگاه *A. aucheri* و *A. scoparia*، عالی (بترتیب ۰/۹۵ و ۰/۸۶)؛ برای رویشگاه‌های *Z. euryptherum* و *H. persicum* خوب (بترتیب ۰/۶۲ و ۰/۵۸) و برای رویشگاه *A. sieberi* ضعیف (۰/۳۹) است (جدول ۵).

بر اساس این نتایج، مدل رگرسیون لجستیک حاصل برای رویشگاه‌های *A. scoparia* و *A. aucheri* از دقت خوبی برخوردار بوده است و توانسته بخوبی متغیرهای مهم و تأثیرگذار در رویشگاه این گونه‌ها را شناسایی کند. علاوه بر این، لایه‌های مربوط به متغیرهای وارد شده به مدل برای این دو گونه دارای دقت بالایی بوده و این امر منجر به انجام پیش‌بینی با خطای کم شده است. بررسی مدل رگرسیونی مربوط به رویشگاه *A. aucheri* نشان می‌دهد که احتمال رخداد این گونه با ارتفاع از سطح دریا (۲۷۰۰-۳۰۰۰ متر) و میزان آهک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک (۰/۷-۰/۵ درصد) رابطه قوی داشته و می‌توان این عوامل را بعنوان عوامل معرف این رویشگاه دانست. ارتفاع از سطح دریا بعنوان یکی از عوامل محدودکننده در پراکنش گونه‌های گیاهی است، زیرا هر یک از گونه‌های گیاهی با توجه به نیازهای بوم‌شناختی خود، توانایی استقرار در یک

گیاه قرار می‌دهند و بستر را برای رشد گیاه فراهم می‌کنند (۱۵). ماده آلی نیز یکی از عوامل اصلی در ایجاد و تشکیل ساختمان خاک بوده و باعث افزایش نفوذپذیری خاک می‌شود. از سوی دیگر، بدلیل غنی‌بودن مواد آلی از ازت و امکان جذب سطحی زیاد عناصر و مواد غذایی، بالا بودن مقدار ماده آلی نقش مهمی در افزایش ظرفیت تبادل عناصر و در نهایت حاصلخیزی خاک ایفا می‌کند (۳، ۸، ۴۹). در تأیید یافته این پژوهش گزارش شده‌است که درصد ماده آلی در لایه سطحی خاک تاغ‌زارها زیاد است (۱۶). این امر می‌تواند ناشی از تبادل زیاد این مواد از طریق اندام‌های هوایی درختچه‌های تاغ باشد (۲).

مدل پیش‌بینی مربوط به گونه *Z. eurypterum* نیز نشان می‌دهد که علاوه بر درصد سیلت خاک، متغیر درصد گچ در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری (۲/۸۵ - ۰/۲ درصد) نیز دارای اهمیت زیادی در استقرار این گونه در رویشگاه مورد مطالعه است. غنی‌بودن گچ از منابع کلسیم و سولفور، قابل حل‌بودن این عناصر و در نهایت سهولت دسترسی به این عناصر برای گیاه، باعث مساعدشدن شرایط برای رشد این گونه گیاهی می‌شود، زیرا گونه *Z. eurypterum* از گیاهان گچ‌دوست بوده که بدلیل ظرفیت بالای نگهداری آب و وجود عناصر غذایی قابل دسترس از رشد و شادابی مطلوبی نسبت به گونه‌های گیاهی دیگر برخوردار است (۲۵). در تأیید این یافته، تأثیر میزان گچ خاک در استقرار گونه *Z. eurypterum* در مراتع استان سمنان مورد تأکید قرار گرفته و این گونه بعنوان شاخص خاک‌های گچی معرفی شده است (۱۱).

نتایج حاصل از مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه *A. sieberi* نیز نشان می‌دهد که میزان آهک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری (۱۲-۵ درصد) و اسیدیته عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک (۸/۲۳ - ۷/۸) بیشترین نقش را در حضور این گونه دارند و می‌توان آهک و اسیدیته را بعنوان دو عامل معرف رویشگاه این گونه معرفی کرد، بطوری‌که

عوامل مهم در استقرار این گونه است بطوری‌که این گونه در منطقه مورد مطالعه در خاک‌هایی با بافت متوسط تا سبک و میزان سنگریزه فراوان (۷۱-۵۱ درصد) استقرار می‌یابد. این نتایج با یافته گودرزی و همکاران (۱۳۹۱) و همچنین پیری‌صحراگرد و همکاران (۱۳۹۴) مبنی بر استقرار این گونه در خاک‌هایی با بافت متوسط تا سبک و مقادیر شن بالا همخوانی دارد. همچنین عامل شیب نیز بعنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر پراکنش و استقرار این گونه بوده و به مدل پیش‌بینی مربوط به این گونه وارد شده است. بدیهی است که درصد شیب می‌تواند از طریق تأثیر بر گرادیان رطوبتی خاک، بر تکامل و عمق خاک تأثیر گذارد و در نهایت با محدودکردن عمق ریشه‌دوانی گیاهان، استقرار گیاهان را محدود سازد (۲۰). در تأیید یافته این پژوهش، مطالعات زیادی اثر درصد شیب را در پراکنش گونه‌های گیاهی مورد تأکید قرار داده‌اند (۵، ۳۸، ۳۹).

بررسی مدل رگرسیون لجستیک حاصل برای رویشگاه *H. persicum* نیز نشان‌دهنده همبستگی وقوع این رویشگاه با درصد شن و ماده آلی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک است، بگونه‌ای که می‌توان سبک‌بودن بافت خاک (۸۲-۷۸ درصد) و زیادبودن ماده آلی در لایه سطحی خاک (۸۵-۰/۶۸ درصد) را بعنوان عوامل معرف رویشگاه این گونه معرفی کرد. گزارش شده‌است که خصوصیات فیزیکی خاک مانند بافت خاک دارای تأثیر زیادی بر پراکنش گونه زردتاغ هستند (۱۷). علاوه بر این، اختصاصی (۱۳۸۲) نیز اثر بافت خاک را بر استقرار گونه‌های مختلف تاغ مورد تأکید قرار داده است. واضح است که در خاک‌هایی با مقادیر شن زیاد بدلیل نفوذپذیری بالا امکان نفوذ باران به اعماق خاک وجود دارد، از سوی دیگر بعلت ضعیف‌بودن نیروی صعود موئینه‌ای آب در خاک-هایی با مقادیر شن بالا، آب ذخیره‌شده در این خاک‌ها از دسترس عوامل تبخیرکننده حفظ شده و در دسترس گیاه باقی می‌ماند (۱۶). بهمین دلیل خاک‌های با بافت سبک، آب قابل دسترس را به راحتی و به مقدار مناسب در اختیار

برخوردار است و می‌تواند دقت نتایج را تحت تأثیر قرار دهد.

تشابه برخی از گونه‌های مورد بررسی در این پژوهش با پژوهش‌های انجام شده در مراتع استان قم، سمنان و یزد (مانند *A. aucheri*، *A. scoparia*، *A. sieberi* و *Z. eurypetrum*) و مقایسه نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که بین متغیرهای تأثیرگذار در پراکنش این گونه‌ها یا متغیرهای وارد شده به مدل‌های پیش‌بینی در مناطق مورد بررسی تا حدود زیادی تشابه وجود دارد، از سوی دیگر دقت نقشه‌های پیش‌بینی مبتنی بر مدل رگرسیون لوجستیک در گونه‌های ذکر شده نیز تا حد زیادی با یکدیگر مشابهت دارد، بطوری که می‌توان بیان داشت که در مناطق مورد بررسی، روش رگرسیون لوجستیک توانسته است متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌ها را تقریباً با دقت یکسانی شناسایی کند، از این رو می‌توان از این مدل‌های پیش‌بینی جهت برآورد حدود جغرافیایی پراکنش این گونه‌ها در مقیاس‌های وسیع‌تر از مقیاس مورد مطالعه استفاده کرد و از نتایج حاصل جهت انجام فعالیت‌های اصلاحی جهت احیای پوشش گیاهی مراتع بهره برد.

### سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی شماره ۹۴-۴۰ و با حمایت مالی دانشگاه زابل انجام شده است. بدین وسیله از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه زابل سپاسگزاری می‌شود.

با افزایش میزان آهک و همچنین افزایش اسیدیته، احتمال حضور این گونه افزایش یافته و شرایط برای استقرار این رویشگاه مناسب می‌شود. وارد نشدن متغیر ارتفاع به مدل پیش‌بینی مربوط به این گونه نشان می‌دهد که بر خلاف گونه *A. aucheri*، این گونه در یک دامنه گسترده‌تر ارتفاعی رشد و استقرار پیدا کند (۲۹). تأثیر خصوصیات خاک نظیر مقدار آهک خاک و همچنین اسیدیته خاک در پراکنش این گونه در قم و سمنان نیز گزارش شده است (۴۱، ۴۸).

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت که روش رگرسیون لوجستیک می‌تواند پراکنش بالقوه گونه‌هایی که دامنه پراکنش محدودتری دارند یا به عبارت دیگر در یک دامنه محدود از عوامل محیطی رشد می‌کنند و آشیان بوم‌شناختی منحصر بفردی دارند (مانند رویشگاه‌های *A. scoparia* و *A. aucheri*) را با دقت بالایی برآورد کند. همسو با نتایج این پژوهش گزارش شده است که گستردگی آشیان بوم‌شناختی گونه‌های گیاهی تأثیر منفی روی دقت مدل‌های حاصل از روش رگرسیون لوجستیک دارد (۹، ۱۱، ۲۷، ۴۰). همچنین بدلیل این‌که در این روش ترکیب مناسب متغیرهای پیش‌بینی کننده از اهمیت زیادی برخوردار است و می‌تواند عملکرد پیش‌بینی مدل را تحت تأثیر قرار دهد، از این رو انتخاب روش ورود متغیرها به مدل پیش‌بینی، برای انتخاب بهترین ترکیب متغیرهای پیش‌بینی کننده از اهمیت زیادی برخوردار است که در این مطالعه از روش پیشرو بعنوان یکی از روش‌های گام به گام استفاده شد (۱۱)، هر چند تجربه و تخصص در انتخاب متغیرهای مورد بررسی در این روش از اهمیت زیادی

### منابع

- ۱- آذرنیوند، ح.، جعفری، م.، مقدم، م.، جلیلی، ع.، زارع چاهوکی، م.ع. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر خصوصیات خاک و تغییر ارتفاع بر پراکنش دو گونه درمنه (*Artemisia*) (مطالعه موردی: مراتع مناطق ورد آورد، گرمسار و سمنان) مجله منابع طبیعی ایران، ۵۶ (۲-۱) ۹۳-۱۰۰.
- ۲- اختصاصی، م.ر. ۱۳۸۲. تعیین حداقل انبوهی نهال تاغ جهت طراحی بادشکن‌های درختی و کنترل فرسایش بادی در شرایط ایران مرکزی. مجموعه مقالات همایش ملی تاغ و تاغکاری در ایران. کرمان ۲-۳.

- ۱۰- زارع‌چاهوکی، م.ع.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش-های منابع طبیعی با نرم‌افزار SPSS. انتشارات جهاد دانشگاهی، ۳۱۰ صفحه.
- ۱۱- زارع‌چاهوکی، م.ع.، خلاصی اهوازی، ل.، آذرینوند، ح.، ۱۳۹۲. مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی بر اساس عوامل خاک و توپوگرافی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مراتع شرق سمنان. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۶۷(۱): ۴۵-۵۹.
- ۱۲- زارع‌چاهوکی، م.ع.، حسینی، م.، طویلی، ع.، ۱۳۹۴. بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات تنوع گونه‌ای در مراتع طالقان میانی (مطالعه موردی: مراتع اطراف روستای وشته). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۸(۲): ۳۰۷-۳۱۵.
- ۱۳- زارع‌گاریزی، آ.، بردی شیخ، و.، سعدالدین، ا.، سلمان ماهینی، ع.، ۱۳۹۰. کاربرد روش رگرسیون لجستیک در مدل‌سازی الگوی مکانی احتمال تغییر پوشش گیاهی (مطالعه موردی: آبخیز چهل-چای گلستان). فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، ۱۲(۳۷): ۵۵-۶۸.
- ۱۴- ریگی، م.، نارویی، ع.، ۱۳۸۵. طرح مدیریت بیابان در منطقه خاش، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان سیستان و بلوچستان، ۱۰۴ صفحه.
- ۱۵- گودرزی، غ.، ثاقب‌طالبی، خ.، احمدلو، ف.، ۱۳۹۱. بررسی عوامل مؤثر در پراکنش گونه بادامک (*Amygdalus scoparia*) در استان مرکزی، مجله جنگل ایران، ۴(۳): ۲۰۹-۲۲۰.
- ۱۶- محمودی، ع.، زاهدی امیری، ق.ا.، اعتماد، و.، بررسی ارتباط ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با شادابی گونه تاغ در تاغ-زارهای طبیعی و دست کاشت (مطالعه موردی: دشت حسین‌آباد، استان خراسان جنوبی)، مجله جنگل ایران، ۴(۴): ۲۸۹-۲۹۹.
- ۱۷- مختاری، ک.، ج.، خواجه دینی، ح.، خادمی، ۱۳۸۲. رابطه رشد گیاه زردتاغ با خصوصیات خاک در ابوزیدآباد کاشان. مجموعه مقالات همایش ملی تاغ و تاغ‌کاری در ایران. کرمان: ۱۰.
- ۳- اکبریان، محمد، ۱۳۷۹. بررسی رابطه بین برخی گونه‌های شاخص مرتعی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در اکوسیستم‌های مناطق خشک، پژوهش موردی: منطقه اللهیار قم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۱۵ ص.
- ۴- پیری‌صحراگرد، ح.، زارع‌چاهوکی، م.ع.، آذرینوند، ح.، ۱۳۹۲. مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی در مراتع غرب حوض سلطان استان قم با روش رگرسیون لجستیک، نشریه مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان، ۱(۱): ۹۴-۱۱۳.
- ۵- پیری‌صحراگرد، ح.، زارع‌چاهوکی، م.ع.، آذرینوند، ح.، ۱۳۹۴. کاربرد روش رگرسیون لجستیک در تهیه نقشه پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی (مطالعه موردی: مراتع بخش خلیجستان استان قم)، نشریه علمی پژوهشی مرتع، ۹(۳): ۲۲۲-۲۳۴.
- ۶- توکلی‌نکو، ح.، پورمیدانی، ع.، ادنایی، س. م.، ثاقب‌طالبی، خ.، ۱۳۹۰. بررسی رویشگاه‌های بادامک (*Amygdalus scoparia*) در استان قم به منظور دستیابی به عوامل اصلی اکولوژیک در ظهور آنها. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۹(۴): ۵۲۳-۵۴۲.
- ۷- جعفری حقیقی، م.، ۱۳۸۲. روش‌های تجزیه خاک: نمونه برداری و تجزیه های مهم فیزیکی و شیمیایی، با تاکید بر اصل تئوری و کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۳۶ صفحه.
- ۸- جعفری، ج.، طبری کوچکسرای، م.، حسینی، س.م.، کوچ، ی.، ۱۳۹۴. تأثیر فاکتورهای خاک روی تنوع زیستی گیاهی گروه گونه‌های اکولوژیک در جنگل حفاظت‌شده خراسان شمالی، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۸(۱): ۱۷۹-۱۹۰.
- ۹- زارع‌چاهوکی، م.ع.، ۱۳۸۵. مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک. رساله دکتری مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۸۰ صفحه.

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

19- Araujo, M.B., Williams, P.H., Fuller, R.J. 2002. Dynamics of extinction and the selection of nature reserves. *Proceedings of the Royal Society London - Biological Series B* 269 pp. 1971-1980.

20- Ashcroft, M.B. 2006. A method for improving landscape scale temperature predictions and the implications for vegetation modeling. *Ecological Modelling*, 197: 394-404.

21- Austin, M. 2007. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological modeling*, 1-19.

- 22- Austin, M.P., Belbin, L., Meyers, J.A., Doherty, M.D., Luotoc, M. 2006. Evaluation of statistical models used for predicting plant species distributions: Role of artificial data and theory. *Ecological Modelling* 199(2):197-216.
- 23- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society. American Journal* 58: 1501-1511.
- 24- Carl, J., Ku, I. 2007. Analyzing spatial autocorrelation in species distributions using Gaussian and logit models. *Ecological Modelling*, 207: 159-170.
- 25- Carter, G.M., Stolen, E.D., Breininger, D.R. 2006. A rapid approach to modeling species-habitat relationships. *Biological conservation*. 127: 237 -244.
- 26- Grichar, W.J., Besler, B.A., Jaks, A.J., Brewer, K.D., McFarland, M.L. 2000. Comparison of agricultural gypsum with power plant by-product gypsum for south Texas potato production. *Texas J. Agric. Nat. Resour.* 13: 120-128.
- 27- Guisan, A., Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147-186.
- 28- Hosmer, D.W., Lemeshow, S. 2000. *Applied Logistic Regression*. Wiley, New York, 307 pp.
- 29- Hosseini, S. Z., Kappas, M., Zare Chahouki, M. A., Gerold, G., Erasmi, S., Raffei Emam, A. 2013. Modelling potential habitats for *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* in Poshtkouh area, central Iran using the maximum entropy model and geostatistics, *Ecological Informatics* 18: 61-68.
- 30- Jafarian, G., Arzani, H., Jafari, M., Azarnivand, H. 2011. Preparation Spatial prediction map of species using logistic regression. *Natural Geography Research*, 79: (1-18).
- 31- Khalasi Ahvazi, L., Zare Chahouki, M.A., Ghorbannezhad, F. 2012. Comparing Discriminant Analysis, Ecological Niche Factor Analysis and Logistic Regression Methods for Geographic Distribution Modelling of *Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey. *Journal of Rangeland Science*, 3(1): 45-57.
- 32- khalasi Hashimoto, H., Natuhara, Y. and Morimoto, Y. 2005. A habitat model for *Parus major minor* using a logistic regression model for the urban area of Osaka, Japan. *Landscape and Urban Planning*, 70: 245-250.
- 33- Lassueur, T., Joost, S.P., Randin, C.F. 2006. Very high resolution digital elevation models: do they improve models of plant species distribution? *Ecological Modelling* 198:139-153.
- 34- Latimer, A.M., Wu, S.S., Gelfand, A.E., Silander, J.A. 2006. Building statistical models to analyze species distributions. *Ecological Applications*, 16: 33-50.
- 35- Liu, C., Berry, P. M., Dawson, T. P., Pearson, R.G. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions, *Ecography*, 28:385-393.
- 36- Maggini, R., Lehmann, A., Zimmerman, N., Guisan, A. 2006. Improving generalized regression analysis for spatial predictions of forest communities. *Journal of Biogeography*, 1729-1749.
- 37- Miller J., 2005. Incorporating spatial dependence in predictive vegetation models: Residual Interpolation Methods, *The Professional Geographer*, 57(2): 169 -184.
- 38- Mohtashamnia, S., Zahedi, Gh., Arzani, H. 2011. Multivariate Analysis of Rangeland Vegetation in Relation to Edaphical and Physiographical Factors. *Procedia Environmental Sciences*, 7: 305-310.
- 39- Munishi, P.K.T., Temu, R.P.C., Soka, G. 2011. Plant communities and tree species associations in a Miombo ecosystem in the Lake Rukwa basin, Southern Tanzania: Implications for conservation. *Journal of Ecology and the Natural Environment*. 3(2): 63-71.
- 40- Piri Sahragard, H., M.A. Zare Chahouki. 2015. An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze sultan rangelands of Qom province. *Ecological Modelling* 309-310: 64-71.
- 41- Piri Sahragard, H., Zare Chahouki, M.A. 2016. Modeling of *Artemisia sieberi* Besser Habitat Distribution Using Maximum Entropy Method in Desert Rangelands, *Journal of Rangeland Science*, 6(2): 93- 101.
- 42- Rushton, S.P., Ormerod, S.J. Kerby, G. 2004. New paradigms for modelling species distributions? *Journal of Applied Ecology* 41:193-200.
- 43- Segurado, P., Araújo, M. 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. *Journal of Biogeography* 31: 1555-69.

- 44- Sumarga, E. 2011. A comparison of logistic regression, geostatistics and Maxent for distribution modelling of a forest endemic. Msc thesis. University of twente. 74 Pp.
- 45- Termansen, M., Mcclean, C.J, Preston, C.D .2006. The use of genetic algorithms and Bayesian classification to model species distributions. *Ecological Modelling*, 192, 410–424.
- 46- Wilson, K.A., Westphal, M. I., Possingham, H. P., Elith, J. 2005. Sensitivity of conservation planning to different approaches to using predicted species distribution data. *Biological Conservation* 122: 99–112.
- 47- Zare Chahouki, M.A., Khalasi Ahvazi, L., Azarnivand, H. 2010. Environmental factors affecting distribution of vegetation communities in Iranian Rangelands. *VEGETOS Journal*, 23(2): 1-15.
- 48- Zare Chahouki, M. A., Khalasi Ahvazi, L., Azarnivand, H. 2012. Comparison of three modeling approaches for predicting plant species distribution in mountainous scrub vegetation (Semnan rangelands, Iran), *Polish journal of ecology* 60 (2): 105-117.
- 49- Zhenghu, D., Hanglang, X. Xinrong, Zhibao, L.D., Gang, W. 2004. Evolution of soil properties on stabilized sands in the Tengger Desert, China, *Geomorphology*, 59: 237-24.

## Predictive modeling of plant species habitat distribution using logistic regression (A case study in western Taftan, Khash City)

Piri Sahragard H.

Range and Watershed Dept., Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, I.R. of Iran

### Abstract

The present study aimed to predictive modelling of plant species habitats distribution and preparation of predictive distribution maps of plant species using logistic regression. Vegetation sampling was carried out by random-systematic method where along four transects in the length of 150- 200 m established after determination of homogenous ecological units using basic maps of study area. With regard to the type of the species, the quadrat size was determined by the minimal area method which ranged from 2 to 25 m<sup>2</sup> and sample size was determined 60 quadrats by considering the changes in vegetation and statistical method. In order to soil sampling, at each habitat, soil sampling was performed by digging of eight soil profiles and sampling 0-30 and 30-80 cm depths. Habitats distribution was modeled using logistic regression and SPSS software. Predictive maps of plant habitat distribution were prepared using relevant models. Based on predictive obtained model, soil texture, soil organic matter in upper soil, percent of gypsum in subsoil, lime percent in upper soil, soli acidity (pH) in subsoil, type of geological formation, degree of slope and altitude were most effective variables in habitat distribution of plant communities. Based on Kappa value the agreement of predicted and observed maps was excellent for the habitats of *A. scoparia*, *A. aucheri*, and for the habitats of *H. persicum*, *Z. eurypterum* and *A. sieberi* was good and poor respectively. Results show that logistic regression could provide high predictive accuracy model for species that have unique habitat condition such as *A. scoparia* and *A. aucheri* in comparison with species that have wide ecological amplitude such as *A. sieberi*.

**Key words:** Predictive model, Geostatistic, Logistic regression, Taftan, Kappa index