مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵
ص ۸۳۴-۸۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۱۸
تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳

کاربرد روش آنتروپی حداکثر در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه‌های گیاهی (مطالعهٔ موردی: مراتع بخش خلجستان استان قم)

❖ **حسین پیری صحراگرد؛** استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

❖ **محمدعلی زارع چاهوکی*؛** استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

❖ **حسین آذرنیوند؛** استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

پژوهش حاضر با هدف شناسایی مهمترین متغیرهای تأثیرگذار در پراکنش رویشگاه‌های مورد مطالعه و تهیهٔ نقشه پیش‌بینی رویشگاه‌ها با استفاده از روش آنتروپی حداکثر انجام شد. بدین منظور، بعد از تعیین واحدهای همگن نمونه‌برداری با استفاده از نقشه رقومی ارتفاع و نقشهٔ زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی - سیستماتیک انجام شد. سطح قطعات نمونه با توجه به نوع گونه‌های موجود به روش سطح حداقل بین ۲ تا ۲۵ متر مربع و تعداد آنها با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و خصوصیات موردنظر برای اندازه‌گیری، با استفاده از روش آماری ۶۰ پلات تعیین شد. برای نمونه‌برداری از خاک نیز در هر رویشگاه هشت پروفیل حفر و از دو عمق ۳۰-۰ و ۸۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه گرفته شد و خصوصیات موردنظر در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای انجام مدل سازی به روش آنتروپی حداکثر، لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی با بهره‌گیری از روش زمین‌آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد و مدل‌سازی پراکنش رویشگاه‌ها با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt انجام شد. بعد از اجرای مدل، به‌منظور ارزیابی دقّت طبقه‌بندی مدل‌ها و میزان تطابق نقشه‌های واقعی و پیش‌بینی ضریب کاپا و آماره سطح زیر منحنی اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، دقّت طبقه‌بندی مدل‌ها در سطح قابل قبول قرار می‌گیرد و متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، جهت، شیب، آهک، سنگریزه عمق اول و دوم خاک و سیلت عمق اول و دوم بیشترین تأثیر را در پراکنش رویشگاه‌های مورد مطالعه دارند. میزان تطابق بین نقشه‌های پیش‌بینی و واقعی برای رویشگاه *Astragalus glaucacanthus –Artemisia aucheri*، در سطح عالی (کاپای ۰/۹۱) و برای رویشگاه‌های *Amygdalus scoparia*، *Scariola orientalis– Stipa barbata* و *Stipa barbata- Pteropyrum olivieri* در سطح خیلی‌خوب قرار می‌گیرد (به‌ترتیب کاپای ۰/۸، ۰/۸۳ و ۰/۷۹). این نتایج نشان می‌دهد که روش آنتروپی حداکثر یک روش زایا و تولیدی است و مدل‌های حاصل از آن می‌تواند به آسانی توسط متخصصین مورد تفسیر قرار گیرد که این ویژگی از نظر کاربردی بسیار حائز اهمیّت است.

واژگان کلیدی: مدلسازی پیش‌بینی، آنتروپی‌حداکثر، زمین‌آمار، سطح زیر منحنی، آمارهٔ کاپا

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۹۸۲۶۳۲۲۴۹۳۱۳+
Email: mazare@ut.ac.ir

۱. مقدمه

مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها ابزاری قدرتمند است که می‌تواند در مطالعات مربوط به زیست‌شناسی حفاظت، مطالعات مربوط به تغییرات اقلیمی، ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، تعیین تناسب رویشگاه‌ها برای گونه‌های گیاهی و همچنین تغییرات پوشش اراضی و برآورد تنوع‌زیستی مورد استفاده قرار گیرد [۲۰، ۳۶، ۳۸،۴۸]. این مدل‌ها با بهره‌گیری از مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی در یک منطقه مشخص، پراکنش گونه معرف را به عنوان تابعی از این متغیرها برآورد می‌کنند و تناسب آن منطقه را برای گونه‌های مورد بررسی مشخص می‌کنند [۲۱]. روش‌های متعددی در مدلسازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از روش‌های غیرپارامتری مورد استفاده در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی، روش‌های یادگیری ماشینی[1] هستند. روش‌هایی مانند روش آنتروپی حداکثر[2]، طبقه‌بندی قیاسی یا استقرایی[3]، درخت تصمیم‌گیری[4]، الگوریتم‌های ژنتیکی[5] و شبکه‌های عصبی مصنوعی[6] در این گروه قرار می‌گیرند. این روش‌ها معمولاً احتمال عضویت هر کلاس به هر یک از طبقات مربوط به متغیرهای پاسخ را بر اساس توزیع فراوانی در داده‌های مورد استفاده برای آموزش مدل پیش‌بینی می‌کنند.

هر یک از این روش‌های مدلسازی پیش‌شرط‌های خاصی دارند که باید در انتخاب روش مورد توجه قرار گیرد. به‌عنوان مثال بعضی از روش ها مانند روش رگرسیون خطی تعمیم‌یافته هم به داده‌های حضور و هم به داده‌های عدم‌حضور برای مدل‌سازی نیاز دارند [۳۷]. از آنجا که اغلب داده‌های عدم‌حضور معتبر در دسترس نیستند، یا حتی اگر این داده‌ها در دسترس نیز باشند، مقادیر آنها با شک و تردید همراه است [۵]، از این‌رو، روش‌های مدل‌سازی که فقط به داده‌های حضور گونه‌ها نیاز دارند از اهمیّت زیادی برخوردارند [۱۹، ۳۸]. از جملهٔ این روش‌ها می‌توان به روش آنتروپی حداکثر اشاره کرد. این روش به‌دلیل اینکه فقط از داده‌های حضور برای مدل‌سازی استفاده می‌کند، بسیاری از پیچیدگی‌های مربوط به روش‌هایی که از داده‌های حضور و عدم‌حضور استفاده می‌کنند، را ندارد [۳۴]. روش آنتروپی حداکثر یک روش چندمنظوره برای انجام پیش‌بینی یا استنتاج از داده های ناقص است. هدف این روش برآورد احتمال پراکنش یک گونه از طریق یافتن توزیعی احتمالی است که دارای حداکثر آنتروپی است [۳۵]. در این روش در مرحله اول، مدل لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی را بر اساس داده‌های آموزش‌دهنده مربوط به محل مورد بررسی، مورد ارزیابی قرار داده و سپس احتمال وقوع هر گونه را در کل منطقه مورد مطالعه برآورد می‌کنند [۱۱، ۳۶].

مدلسازی پراکنش رویشگاه‌های مناسب برای گونه درختی *Canacomyrica monticola* در کالدونیا با استفاده از روش آنتروپی حداکثر نشان داد که این روش می‌تواند برای مدلسازی پیش‌بینی گونه‌های در معرض خطر انقراض که داده‌های کمی از آنها در دسترس است روش مفیدی باشد و می‌تواند در پایش و حفاظت از منابع و برنامه‌های حفاظت زیستی مورد استفاده قرار گیرد [۲۶]. در مطالعه‌ای دیگر پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی در مراتع حوض سلطان قم با روش آنتروپی حداکثر و با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و زمین آمار مدل سازی شد. بر اساس نتایج این پژوهش، متغیرهای هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع، آهک، اسیدیته و بافت خاک مهمترین ویژگی هایی بودند که باعث تفکیک رویشگاه‌های منطقه مورد مطالعه شده بودند. دراین پژوهش میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه‌های

[1] Machine-learning
[2] Maximum Entropy
[3] Inductive classification
[4] Decision trees
[5] Genetic algorithms
[6] Artificial neural networks

واقعی برای رویشگاه های *Tamarix passerinoides* و *Seidlitzia rosmarinus* در سطح متوسط (ضریب کاپای ۰/۴۱ و ۰/۵۱) و برای رویشگاه های *Halocnemum strobilaceum* و *Artemisia sieberi* در سطح خیلی‌خوب (ضریب کاپای ۰/۷۴ و ۰/۷) ارزیابی شد [۴۹]. همچنین مقایسهٔ عملکرد پیش‌بینی روش آنتروپی حداکثر با روش‌های BIOCLIM[1]، GARP[2] نشان داد که عملکرد پیش‌بینی روش MaxEnt از روش‌های دیگر بهتر است [۴۰]. کاربرد روش آنتروپی حداکثر در مدلسازی پراکنش بالقوه گیاه دارویی *Justicia adhatoda* در دامنه کوه‌های هیمالیا نیز نشان داد که مدل‌های تولید شده دارای دقّت بالایی هستند، بنابراین این روش می‌تواند در پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی و حفاظت و احیای این گونه‌ها مفید باشد [۴۶].

با توجه به تنوع روش‌های مورد استفاده در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی، شناخت روش‌های کاربر پسندتر، دقیق‌تر و کم‌هزینه‌تر یکی از اولویت‌های تحقیقاتی در این زمینه است. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف شناخت قابلیت روش آنتروپی حداکثر در شناسایی متغیر های مهم و تأثیر گذار در تفکیک رویشگاه‌های مورد بررسی و تهیه نقشه پیش‌بینی این رویشگاه‌ها در منطقه مورد مطالعه انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

۱,۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در قسمت غرب شهرستان قم در بخش خلجستان و در دو طرف جاده ساوه - سلفچگان حدود جغرافیایی ″۰ ′۱۷ °۵۰ تا ″۰ ′۲۴ °۵۰ طول شرقی و ″۳۰ ′۴۰ °۳۴ و ″۳۰ ′۴۳ °۳۴ عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت منطقهٔ مورد مطالعه ۱۴۰۰۰ هکتار است. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان قم و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در رویشگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. منطقهٔ مورد مطالعه عرصه‌ای دشتی-کوهستانی است. مرتفع‌ترین و پست‌ترین نقطه منطقهٔ مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۶۵۶ و ۱۱۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. این منطقه در غرب شهرستان قم و در دو طرف جاده ساوه – سلفچگان (محدوده دهستان جعفریه و روستای موشکیه) واقع شده است.

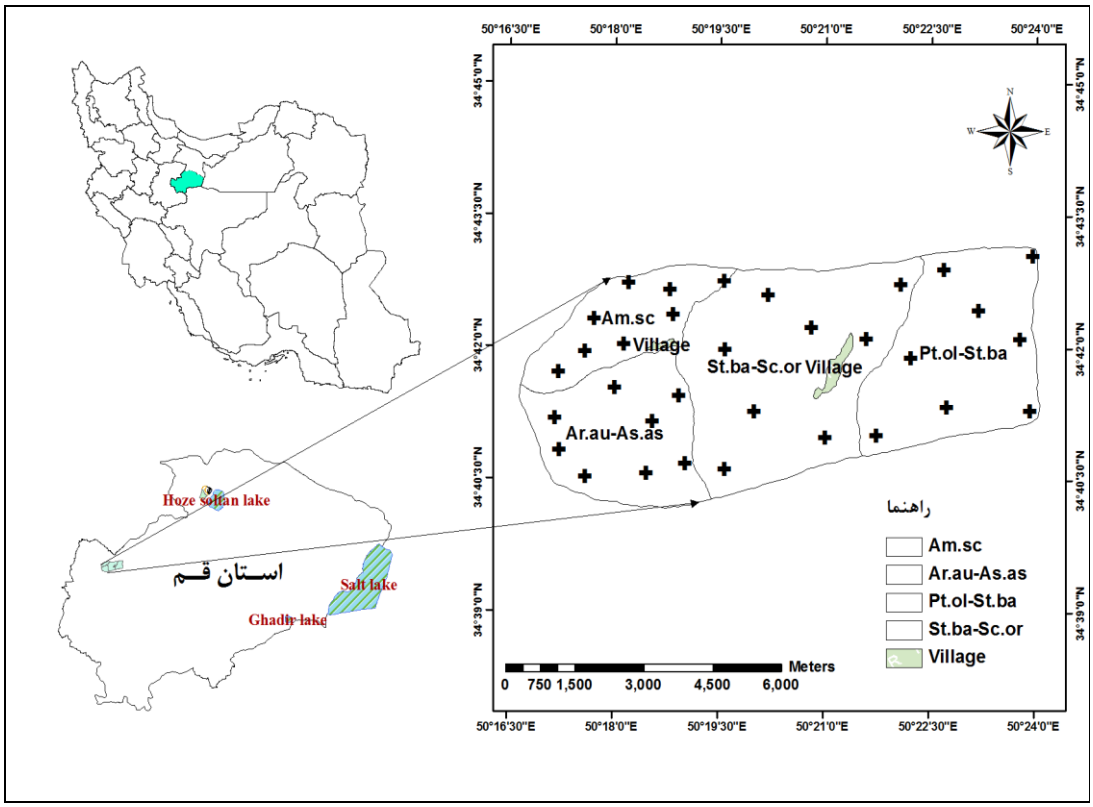
۲,۲. جمع آوری اطلاعات پوشش گیاهی و عوامل محیطی

در این پژوهش ابتدا با تلفیق نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و زمین شناسی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه واحدهای نمونه‌برداری مشخص شد. بعد از انتخاب واحدهای همگن (۹ واحد همگن نمونه‌برداری)، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی-سیستماتیک از طریق پلات گذاری در امتداد چهار ترانسکت ۱۵۰-۲۰۰ متری انجام شد. طول ترانسکت‌ها نیز با توجه به شرایط منطقه تعیین شد. در هر رویشگاه چهار ترانسکت (ترانسکت‌ها دو به دو موازی و عمود بر هم) مستقر شد. فاصله بین ترانسکت‌ها بر اساس تعداد قطعات نمونه و سطح منطقه انتخاب شد. سطح قطعات نمونه با توجه به نوع گونه های موجود، تراکم پوشش آنها و خصوصیات موردنظر برای اندازه‌گیری، بین ۲ تا ۲۵ مترمربع تعیین شد (جدول ۱). اندازه نمونه در هر واحد نمونه‌برداری با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و روش آماری کوکران ۶۰ پلات تعیین شد. علاوه بر ثبت اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی (نوع گونه‌ها و درصد تاج پوشش)، در هر تیپ پوشش گیاهی اطلاعات ارتفاع، شیب، جهت، طول و عرض جغرافیایی و همچنین مختصات جغرافیایی مربوط به مرزهای هر تیپ به منظور تهیه نقشه واقعی پوشش گیاهی برداشت شد.

[1] Bioclimatic Prediction and Modeling System
[2] Genetic Algorithm for Rule Set Production

جدول ۱. سطح پلات نمونه‌برداری مورد استفاده در تیپ‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه

ردیف	تیپ گیاهی	سطح پلات نمونه‌برداری (متر مربع)
۱	*Amygdalus scoparia*	۲۵
۲	*Artemisia aucheri – Astragalus glaucacanthus*	۲
۳	*Pteropyrum olivieri- Stipa barbata*	۴
۴	*Scariola orientalis Stipa barbata-*	۲



شکل۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور و استان قم و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در رویشگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه در مراتع بخش خلجستان استان قم

ردیف	عنوان تیپ گیاهی	نشانه روی نقشه	تاج پوشش (درصد)	شیب (درصد)	جهت شیب	ارتفاع از سطح دریا (متر)	اقلیم (دو مارتن)	بارندگی (میلی‌متر)
۱	*Amygdalus scoparia*	*Am.sc*	۳۵-۴۰	۶۰ <	جنوبی	۱۵۰۰-۱۷۰۰	نیمه‌خشک	۲۵۰-۵۰۰
۲	*Artemisia aucheri – Astragalus glaucacanthus*	*Ar.au-As.gl*	۴۰-۵۰	۳۰-۶۰	شمالی - جنوبی	۱۴۰۰-۱۶۰۰	نیمه‌خشک	۲۵۰-۵۰۰
۳	*Pteropyrum olivieri- Stipa barbata*	*Pt.ol-St.ba*	۳۰-۴۰	۱-۵	جنوبی	۱۱۰۰-۱۳۰۰	نیمه‌خشک	۲۰۰-۴۰۰
۴	*Scariola orientalis Stipa barbata-*	*St.ba-Sc.or*	۲۵-۳۰	۵-۱۰	جنوبی	۱۴۰۰-۱۵۰۰	نیمه‌خشک	۲۰۰-۴۰۰

جدول ۳. آمار توصیفی خصوصیات خاک رویشگاه‌های منطقه مورد مطالعه

رویشگاه	*Am.sc*				*Ar.au - As.as*				*Pt.ol - St.ba*				*St ba-sc .or*			
خصوصیت	میانگین± انحراف از معیار	حداقل	حداکثر	میانگین± انحراف از معیار	حداقل	حداکثر	میانگین± انحراف از معیار	حداقل	حداکثر	میانگین± انحراف از معیار	حداقل	حداکثر	میانگین± انحراف از معیار	حداقل	حداکثر
آهک	۹/۸۹±۲/۵	۶/۲۵	۱۴/۵۸	۴/۸۸±۱/۳۸	۲/۵	۶/۶۷	۱۱/۷۰±۱/۶۵	۹/۱۲	۱۴/۳۳	۱۷/۱۳±۲/۷۸	۱۳/۵۰	۲۳/۷۵
ماده آلی	۰/۳±۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۵۵	۰/۷۸±۰/۱۱	۰/۵۵	۰/۹۵	۰/۳۰±۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۸۶	۰/۷۲±۰/۱۲	۰/۵۸	۰/۹۲
رطوبت اشباع	۲۵/۴۶±۴/۳۴	۲۰/۲۹	۳۵/۳۶	۲۶/۷۶±۳/۷۱	۲۲/۴۵	۳۵/۸۰	۲۶/۹۴±۳/۰۲	۲۲/۵۸	۳۱/۶۰	۲۸/۵۰±۳/۲۱	۲۴/۳۸	۳۴/۷۳
گچ	۰/۴۲±۰/۰۰۸	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۳۳±۰/۰۱۷	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۳۲±۰/۰۰۶	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۲±۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳
اسیدیته	۸/۰۱±۰/۱	۷/۸۰	۸/۲۰	۷/۷۶±۰/۰۹۲	۷/۶۳	۷/۹۰	۷/۷۶±۰/۰۹۲	۷/۹۲	۸/۳۰	۷/۹۴±۰/۰۹	۷/۸۱	۸/۱۰
هدایت الکتریکی	۰/۱۳±۰/۰۱۲	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۷±۰/۰۲۹	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۵±۰/۰۳۰	۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۱۶±۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۲۰
آب قابل	۱۵/۲۷±۲/۵۴	۱۰/۲۷	۱۸/۸۱	۴/۸۸±۱/۳۸	۱۰/۲۷	۱۸/۵۴	۱۰/۷۲±۲/۲۲	۶/۸۴	۱۴/۱۱	۱۳/۸۰±۱/۸۸	۱۱/۲۳	۱۶/۹۸
سنگریزه	۵۵/۰۲±۷/۸۵	۴۱/۵۶	۷۱/۹۴	۱۶/۲۶±۲/۴۷	۳۹/۷۳	۵۴/۳۸	۳۷/۱۵±۷/۵۰	۲۶/۷۲	۵۱/۵۶	۳۹/۳۷±۷/۴۳	۳۰/۹۱	۵۴/۵۹
سیلت	۲۴/۰۲±۷/۹۳	۱۵/۲۸	۴۳/۲۸	۲۶/۵۶±۷/۵۷	۱۶/۵۶	۴۰/۵۶	۱۱/۵۶±۳/۵۱	۳/۲۸	۱۷/۲۸	۱۶/۸۹±۴/۱۶	۱۲/۵۶	۲۶/۵۶
رس	۱۱/۰۱±۲/۷۰	۷/۴۰	۱۷/۴۰	۱۹/۷۷±۴/۴۱	۱۳/۴۴	۲۷/۴۴	۶/۸۳±۲/۲۷	۳/۴۰	۱۱/۲۳	۲۰/۶۰±۵	۱۳/۴۴	۳۳/۴۴
شن	۶۴/۳۲±۱۲/۶۳	۴۵/۳۲	۸۳/۳۲	۵۳/۶۶±۸/۱۷	۴۴	۶۶	۸۱/۹۸±۱۳/۷۸	۵۹/۳۲	۹۳/۳۲	۶۲/۵۰±۵/۱۹	۵۰	۶۸

۳،۲. تهیه نقشه خصوصیات خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آمار

برای تهیه و ارائه نقشه‌های پیش‌بینی مربوط به هر رویشگاه لازم است نقشه عوامل محیطی با استفاده از روش‌های زمین‌آمار تهیه شود. در این مطالعه با استفاده از روش کریجینگ[1] و نرم‌افزار GS^{+} نسخه پنج ارتباط و ساختار فضایی متغیرها مورد بررسی قرار گرفت. روش کریجینگ یکی از روش‌های درون‌یابی با دقّت بالاست که بهترین تخمین ناریب و با کمترین مقدار واریانس را فراهم می‌کند. در این روش امکان کاهش خطا از طریق اندازه‌گیری داده‌های بیشتر وجود دارد [۲۴، ۴۷].

۴،۲. آماده‌سازی لایه‌های ورودی

برای ساخت مدل آنتروپی حداکثر، لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی و اطلاعات مربوط به نقاط حضور گونه مورد نیاز است، بنابراین پس از تهیهٔ نقشهٔ مربوط به همه متغیرهای محیطی، لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی با فرمت ASCII و لایهٔ مربوط به نقاط حضور گونه‌ها با فرمت CSV آماده شد. پس از آماده سازی لایه‌ها و انجام تنظیمات مورد نظر در قسمت تنظیمات نرم‌افزار، از نرم‌افزار MaxEnt Version 3.3.3e برای انجام مدل‌سازی استفاده شد. لازم به ذکر است که در این روش، ۲۵ درصد داده‌ها برای آزمون مدل و بقیه برای آموزش مورد استفاده قرار گرفت. حداکثر تعداد دفعات اجرای مدل نیز ۱۰۰۰ تکرار درنظر گرفته شد. برای تعیین اهمیّت متغیرهای محیطی نیز از روش جکنایف[2] استفاده شد. این روش به عنوان یک روش ارزیابی دارای دقّت قابل قبول پذیرفته‌شده است [۴۴].

۵،۲. ارزیابی کارآیی مدل‌ها و نقشه‌های پیش‌بینی و تهیه نقشه‌های حضور و عدم‌حضور گونه‌ها

به‌منظور ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی حاصل از مدل آنتروپی حداکثر از تحلیل سطح زیر منحنی[3] مشخصه عملکرد استفاده شد. به‌دلیل اینکه خروجی مدل آنتروپی

1 Kriging
2 Jackknife

2 Area under curve

حداکثر یک نقشه پیوسته است ضروری است که برای تعیین حضور یا عدم‌حضور گونه‌های مورد نظر، حد آستانه بهینه مشخص شود [۳۲، ۳۴]. در این پژوهش بعد از تعیین آستانه بهینه با استفاده از روش ترکیبی حساسیّت و اختصاصیّت برابر[1]، نقشه‌های پیوسته پیش‌بینی به نقشه‌های حضور و عدم‌حضور گونه‌ها تبدیل شد. این روش یکی از روش‌های رایج برای تعیین حدود آستانه بهینه است که در آن حساسیّت (کسری از حضورهایی که به درستی پیش‌بینی شده است) و اختصاصیّت (کسری از عدم حضورها که به درستی پیش‌بینی شده است) در حدود آستانه صفر تا یک مورد محاسبه قرار می‌گیرد (برای مثال ۰، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳ ... ۰/۹۹، ۱)؛ در مرحله بعد با رسم تغییرات این دو شاخص در مقابل هم، محل تلاقی این دو نمودار (نقطه‌ای که در آن حساسیّت و اختصاصیّت با هم برابر هستند) به‌عنوان حد آستانه بهینه در نظر گرفته می‌شود [۳۷]. بعد از تعیین حد آستانه بهینه و تولید نقشه‌های حضور و عدم حضور گونه‌ها، میزان تطابق آنها با نقشه واقعی از طریق محاسبه ضریب کاپا در نرم‌افزار Idrisi 32 release Two بررسی شد. مطالعات نشان داده است که ضریب کاپا از بهترین و مشهورترین شاخص‌های مورد استفاده برای این منظور است [۱۳، ۲۹].

۳. نتایج

همان‌طور که اشاره شد برای ارزیابی دقّت مدل‌های پیش‌بینی برای هر رویشگاه از آماره سطح زیرمنحنی استفاده شد. با توجه مقادیر سطح زیرمنحنی به‌دست آمده و بر اساس طبقه‌بندی سطح زیرمنحنی اسویت[2] (جدول ۴)، دقّت مدل‌های پیش‌بینی برای رویشگاه‌های *Artemisia aucheri – Astragalus glaucacanthus* در سطح خوب و برای رویشگاه‌های *Amygdalus scoparia*، *Pteropyrum olivieri- Stipa barbata* و *Scariola Stipa barbata -orientalis* در سطح قابل قبول قرار گرفت (جدول ۵). نقشه‌های پیش‌بینی حضور و عدم حضور برای هر رویشگاه نشان می‌دهد که میزان تطابق نقشه‌های حاصل که بر اساس لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی در هر رویشگاه ساخته شده‌اند، در رویشگاه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است (شکل ۲). بر اساس مقادیر کاپای به‌دست آمده و طبقه‌بندی مقادیر شاخص کاپا [۱۳]، نقشه‌های واقعی و پیش‌بینی برای رویشگاه *Artemisia aucheri –Astragalus glaucacanthus* دارای توافق عالی و برای رویشگاه‌های *Amygdalus scoparia*، *Stipa -Scariola orientalis barbata*، *Pteropyrum olivieri- Stipa barbata* دارای تطابق خیلی‌خوب با نقشه‌های واقعی پوشش هستند (جدول ۶).

بررسی منحنی های پاسخ مربوط به هر یک از رویشگاه‌ها و همچنین تحلیل نسبی اهمیّت متغیرها که یک نمونه از آن در شکل (۵) آمده است نشان می‌دهد که در رویشگاه *Amygdalus scoparia* متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، سنگریزه عمق اول و دوم خاک و سیلت عمق اول دارای بیشترین تأثیر در پراکنش رویشگاه این گونه هستند. بر اساس این نتایج، بیشترین احتمال حضور این گونه در مناطقی با سازند آذرین (بازالتی) و ارتفاع بالاتر از ۱۶۰۰متر است. همچنین بهترین شرایط رویشگاهی برای استقرار این گونه در مناطقی است که میزان سنگریزه حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد و مقدار سیلت در لایه سطحی خاک حدود ۵ تا ۱۰ درصد است. در رویشگاه *Artemisia aucheri – Astragalus glaucacanthus* نیز متغیرهای جهت شیب، میزان آهک در لایه سطحی و عمقی خاک و همچنین شیب به‌ترتیب دارای بیشترین اهمیّت شناخته شدند. بیشترین تناسب برای وقوع این رویشگاه در مناطقی اتفاق می‌افتد که مقدار آهک خاک

[1] Equal sensitivity and specificity

[2] Sweet

بین ۳ تا ۹ در صد و میزان شیب حدود ۳۵ تا ۴۵ در صد باشد (شکل ۳).

جدول۴. طبقه‌بندی سطح زیرمنحنی

دامنه	طبقه‌بندی ضرایب
۰/۷-۰/۵	ضعیف
۰/۹-۰/۷	قابل قبول
۱-۰/۹	خوب

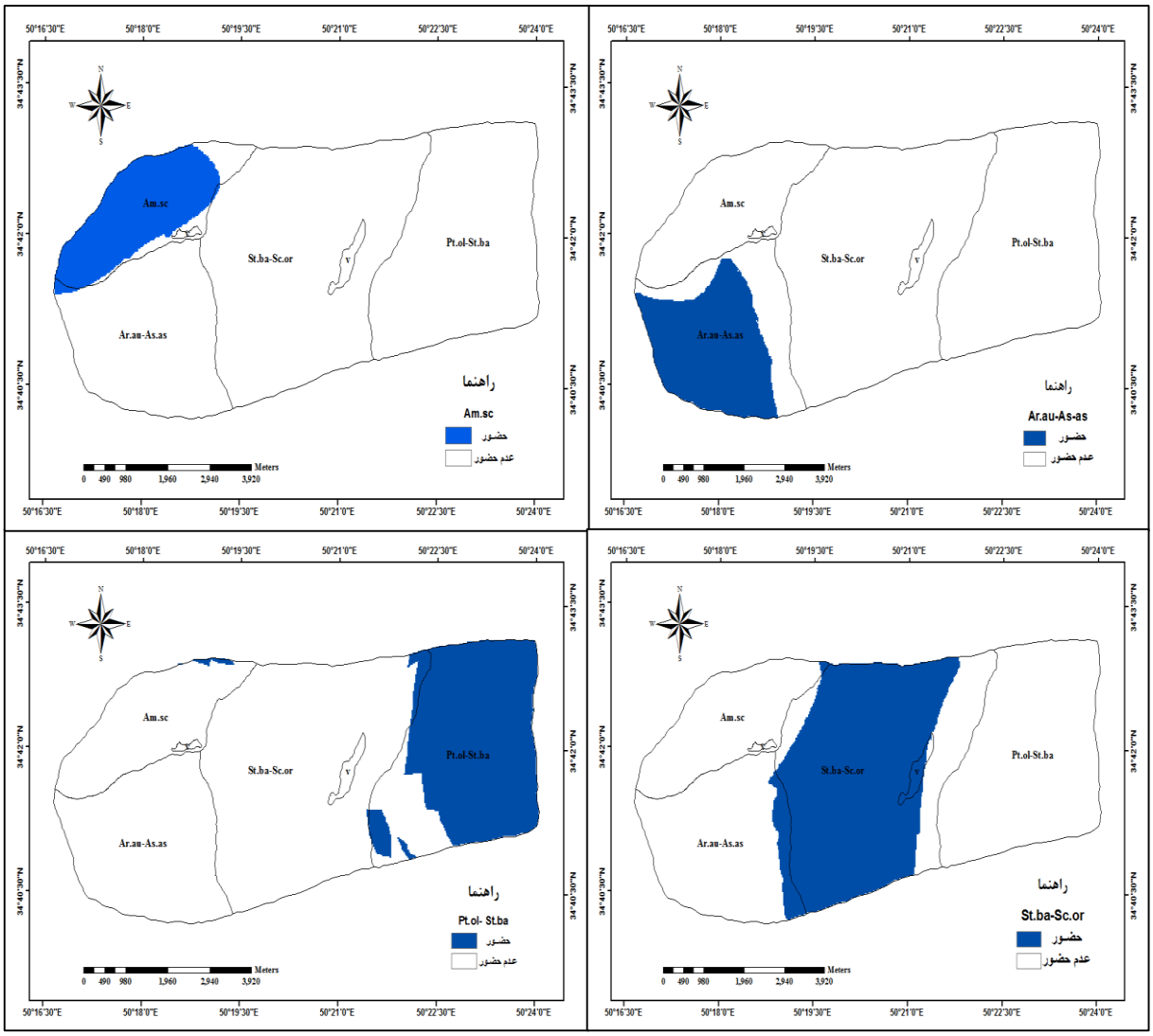
جدول ۵. سطح زیر منحنی و دقّت طبقه‌بندی مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	رویشگاه	آماره سطح زیر منحنی	دقّت طبقه‌بندی
۱	*Amygdalus scoparia*	۰/۸۹	قابل قبول
۲	*Artemisia aucheri – Astragalus glaucacanthus*	۰/۹۳	خوب
۳	*Pteropyrum olivieri- Stipa barbata*	۰/۷۳	قابل قبول
۴	*Stipa barbata -Scariola orientalis*	۰/۷۵	قابل قبول

جدول ۶. آستانه بهینه حضور و میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه واقعی هر رویشگاه در منطقه مورد مطالعه

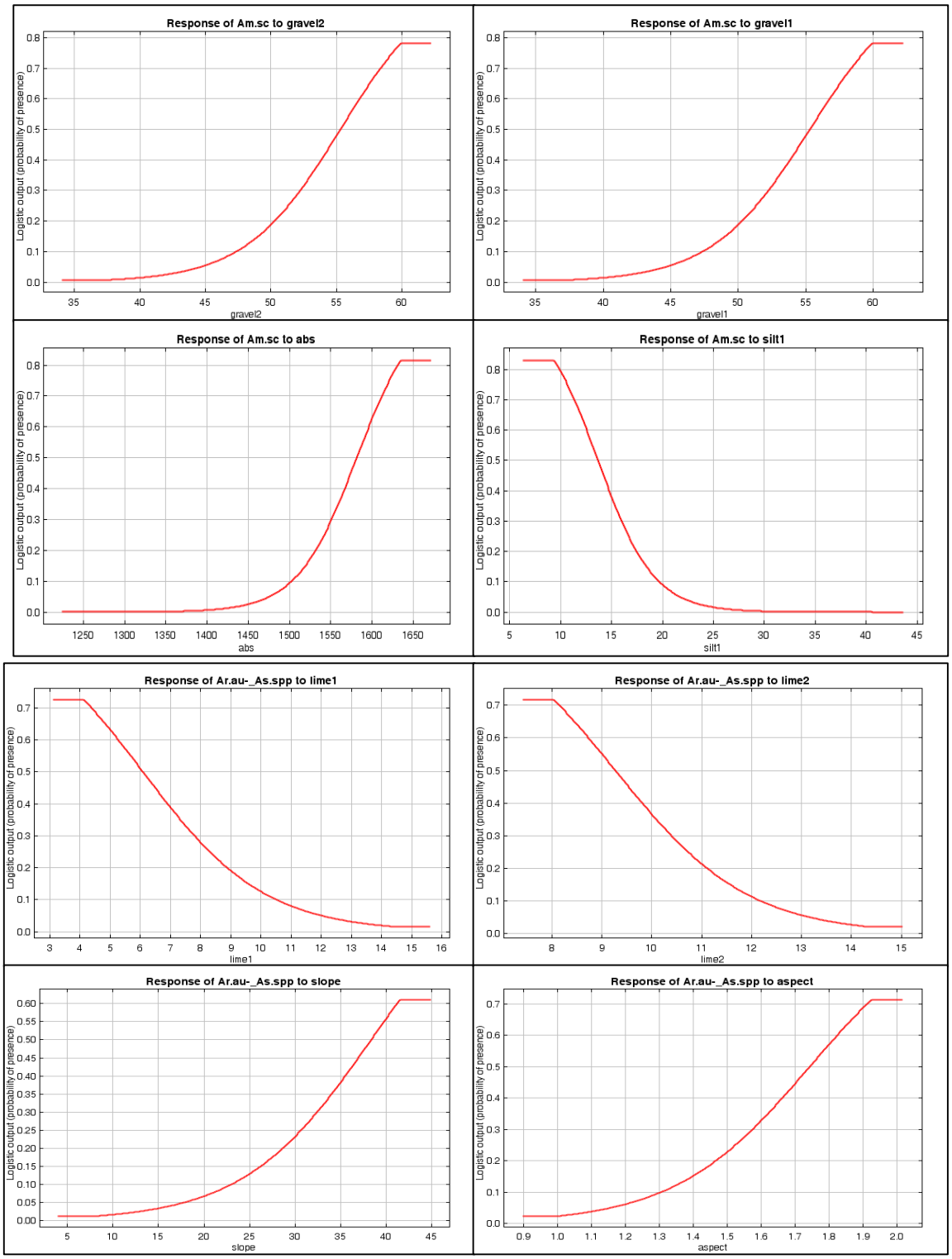
ردیف	رویشگاه	آستانه بهینه حضور	ضریب کاپا	توافق بین نقشه واقعی و پیش بینی
۱	*Amygdalus scoparia*	۰/۳	۰/۸۰	خیلی‌خوب
۲	*Artemisia aucheri – Astragalus glaucacanthus*	۰/۲	۰/۹۱	عالی
۳	*Pteropyrum olivieri- Stipa barbata*	۰/۲	۰/۸۳	خیلی‌خوب
۴	*Stipa barbata -Scariola orientalis*	۰/۵	۰/۷۹	خیلی‌خوب

در رویشگاه *Pteropyrum olivieri- Stipa barbata* متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، جهت، شیب و شن عمق دوم به عنوان متغیرهای دارای تأثیر بیشتر شناخته شدند. بر اساس این نتایج، مناطقی با شیب حدود ۵ تا ۱۰ درصد، ارتفاع ۱۲۵۰ تا ۱۳۰۰ متر، جهت‌های متنوع شیب و میزان شن حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد دارای بیشترین شایستگی برای رخداد این رویشگاه هستند. در رویشگاه *Stipa barbata-Scariola orientalis* نیز بیشترین تأثیر به‌ترتیب مربوط به متغیرهای ماده آلی عمق اول، آهک عمق اول، سیلت عمق دوم و سنگریزه عمق اول خاک است. با توجه به نتایج، می‌توان گفت که بیشترین احتمال وقوع این رویشگاه در مناطقی است که میزان سیلت حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد، سنگریزه حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد، ماده آلی حدود ۰/۸۵ تا ۰/۹۵درصد و آهک عمق اول حدود ۱۴ تا ۱۶ درصد است (شکل ۴).

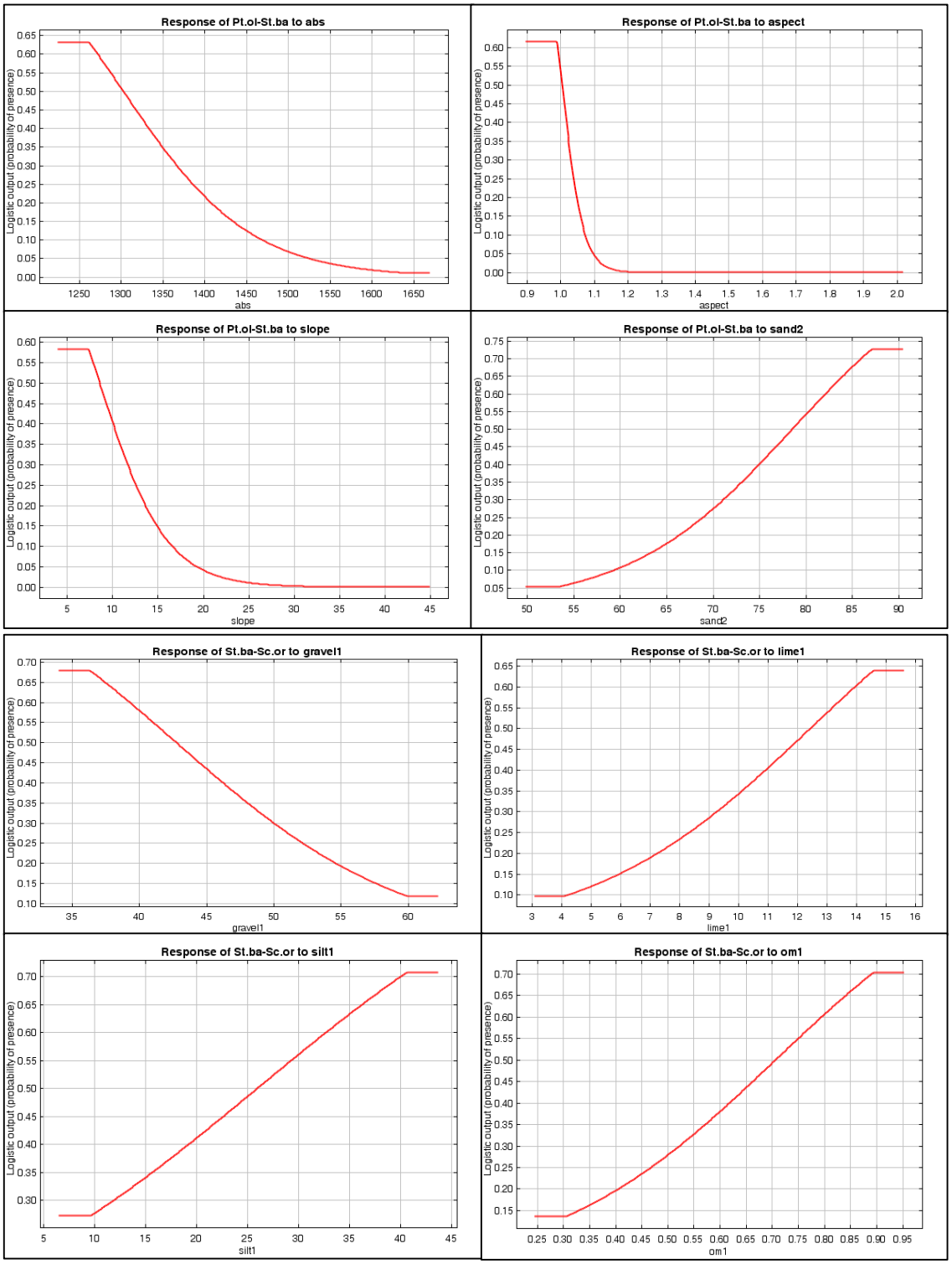


شکل ۲. نقشه پیش‌بینی و واقعی رویشگاه‌های منطقه مورد مطالعه حاصل از روش آنتروپی حداکثر

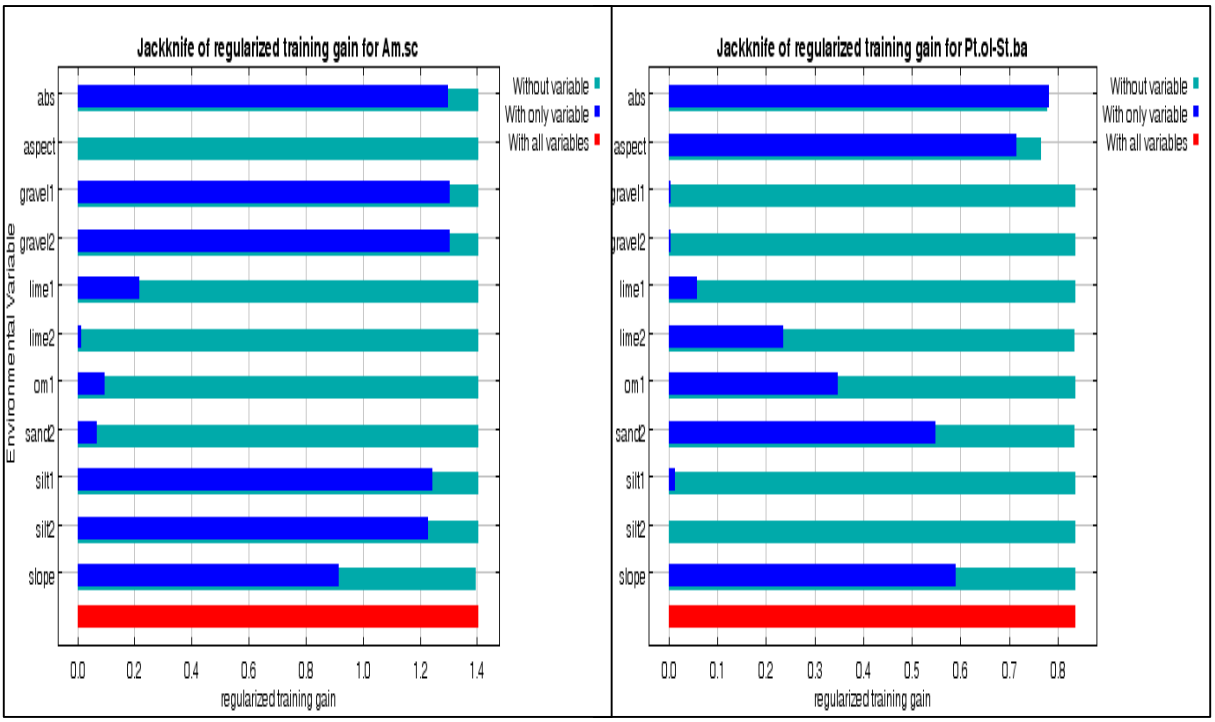
(نقشه پیش بینی با رنگ تیره نشان داده شده است)



شکل ۳. منحنی‌های پاسخ مهم‌ترین متغیرها برای رویشگاه‌های *Am.sc* و *Ar.au-As.gl*



شکل ۴. منحنی‌های پاسخ مهم‌ترین متغیرها برای رویشگاه های *Pt.ol- St.ba* و *St.ba-Sc.or*



شکل ۵. نتایج آزمون جکنایف برای تعیین اهمیّت متغیرهای محیطی برای رویشگاه‌های *A. scoparia* و *P. olivieri- S. barbata*

۵. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهداف این پژوهش، پس از طبقه‌بندی و تفکیک پوشش گیاهی و مشخص شدن تیپ‌های گیاهی موجود در منطقه مورد مطالعه، عوامل مهم و تأثیرگذار بر پراکنش رویشگاه‌ها و نقشهٔ پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های مورد بررسی با استفاده از روش آنتروپی‌حداکثر تهیه شد. تحلیل اهمیّت نسبی متغیرها با استفاده از آزمون جکنایف گویای آن است که متغیرهای نوع سازند، مقدار سنگریزه، بافت، مقدار آهک، ماده آلی، ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب، بیشترین نقش را در مدل‌های حاصل از روش آنتروپی حداکثر و در نتیجه در پراکنش رویشگاه‌ها دارند. بررسی تطابق نقشه‌های پیش‌بینی و واقعی حاصل نیز نشان می‌دهد که میزان تطابق بین نقشه‌های واقعی و نقشه‌های پیش‌بینی برای رویشگاه *Artemisia aucheri– Astragalus glaucacanthus*، عالی و برای رویشگاه‌های *Amygdalus scoparia*، *Stipa -Scariola orientalis barbata* و *Pteropyrum olivieri- Stipa barbata* در سطح خیلی‌خوب است. بر اساس نتایج حاصل، متغیرهای مهم و تأثیرگذار در پراکنش رویشگاه گونه‌های مورد بررسی می‌تواند دربرگیرنده اطلاعات مفیدی راجع به پراکنش رویشگاه هر گونه باشد و متغیرهای با اهمیّت کمتر موقعی که به تنهایی مورد استفاده قرار گیرند، اهمیّت کمی در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه‌های مورد بررسی دارند و با استفاده از این متغیرها مدل پیش‌بینی دقیقی حاصل نمی‌شود. این موضوع نشان‌دهنده آن است که متغیرهای با اهمیّت کمتر به‌تنهایی و به‌خودی خود، برای برآورد پراکنش گونه‌های مورد بررسی مفید نیستند.

تحلیل اهمیت متغیرهای واردشده به مدل آنتروپی حداکثر در رویشگاه *A.scoparia* نیز گویای آن است که علاوه بر متغیر سنگریزه عمق اول خاک، متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، نوع سازند و همچنین بافت خاک در مقایسه

با دیگر متغیرها دارای اهمیّت بیشتری در پراکنش این رویشگاه است. تفسیر منحنی‌های پاسخ این گونه نشان‌دهنده آن است که افزایش ارتفاع از سطح دریا (بالاتر از ۱۶۰۰ متر) و همچنین افزایش مقدار سنگریزه (حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد) رابطه مستقیمی با حضور این گونه داشته است. ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یکی از عوامل مهم محدودکننده گسترش گیاهان، می‌تواند از طریق تأثیر بر درجه حرارت، فشار هوا، ازدیاد اشعه فرابنفش و تغییر در نوع و میزان بارندگی باعث تغییر در شرایط اقلیمی هر رویشگاه شود. با توجه به این نکته، گونه‌های مختلف گیاهی با توجه به نیازهای بوم‌شناختی خود هر کدام در یک محدوده ارتفاعی استقرار می‌یابند. مطالعات متعددی نقش عامل ارتفاع از سطح دریا را به‌عنوان یک عامل دارای تأثیر مثبت در پراکنش این گونه مورد تأکید قرار داده‌اند [۶، ۱۰، ۱۴، ۲۷]. از سوی دیگر افزایش در میزان سیلت خاک به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر بافت خاک، باعث کاهش رخداد این گونه شده و شرایط را برای استقرار آن نامساعد کرده است. نتایج نشان داد که این گونه در خاک‌هایی با بافت متوسط تا سبک و میزان سنگریزه فراوان استقرار می‌یابد. بافت خاک یکی از مهمترین خصوصیات خاک است که تأثیر زیادی در کنترل مقدار رطوبت و مواد غذایی در دسترس برای گیاهان دارد و خاک‌های با بافت سبک، آب قابل دسترس را به راحتی و به مقدار مناسب در اختیار گیاه قرار می‌دهند و بستر را برای رشد گیاه فراهم می‌کنند. یافته‌های این تحقیق مبنی بر حضور بادامک در مناطقی با خاک سطحی، کم عمق و وجود سنگریزه فراوان با مطالعات متعددی همخوانی دارد [۲،۴،۱۷، ۱۸]. در این مطالعه رویشگاه این گونه روی سازند آذرین از نوع بازالتی استقرار یافته است. نقش نوع سازند زمین‌شناسی در پراکنش و استقرار این گونه نیز در برخی مطالعات مورد تأکید قرار گرفته است که با یافته این تحقیق همخوانی دارد [۳، ۴۰، ۴۲].

تحلیل اهمیّت نسبی متغیرها در ارتباط با رویشگاه *Artemisia aucheri–Astragalus glaucacanthus* نیز نشان می‌دهد که متغیرهای جهت شیب، میزان آهک و همچنین میزان شیب بیشترین نقش را در حضور این رویشگاه دارند. بررسی منحنی‌های پاسخ مربوط به این رویشگاه بیانگر آن است که احتمال حضور این رویشگاه با میزان آهک رابطه عکس و با افزایش میزان شیب در حدود ۳۵ تا ۴۵ درصد و همچنین جهت شیب رابطه مستقیم دارد، به‌طوری‌که افزایش میزان آهک در عمق اول و دوم در حدود ۳ تا ۹ درصد خاک باعث کاهش احتمال حضور این رویشگاه شده است. خصوصیات توپوگرافیک مانند ارتفاع، شیب و جهت می‌تواند در بعضی از خصوصیات خاک از قبیل عمق خاک، رطوبت و مقدار ماده آلی خاک کاملاً تأثیرگذار باشد و از این طریق پراکنش گیاهان را کنترل کند [۷،۹]. تأثیر ارتفاع و سنگریزه بر پراکنش گونه *Artemisia aucheri* نیز در برخی مطالعات مورد تأکید قرار گرفته است [۲۲، ۵۰]. همچنین مقدار آهک هم به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در پراکنش این گونه معرفی شده است که این یافته نیز با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد [۸]. علاوه بر این یافته‌ها، گزارش شده است که مهمترین متغیرهای تأثیرگذار در رخداد رویشگاه درمنه کوهی- گون عوامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، میزان آهک و همچنین میزان شن خاک هستند [۲۸]. این یافته‌ها نیز نتایج حاصل از تحقیق حاضر را تأیید می‌کند.

تحلیل اهمیّت نسبی متغیرها در رویشگاه *Stipa barbata-Scariola orientalis* نیز نشان می‌دهد که متغیرهای ماده آلی، آهک، سیلت و همچنین سنگریزه عمق اول دارای بیشترین اهمیّت در رخداد این رویشگاه در منطقه مورد مطالعه است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که کاهش در میزان سنگریزه، افزایش در مقدار ماده آلی و آهک و همچنین سیلت خاک، احتمال حضور این رویشگاه را در منطقه مورد مطالعه افزایش داده است، به‌طوری‌که می‌توان بیان کرد که مناطقی با میزان

سنگریزه حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد، بافت متوسط تا سبک خاک، ماده آلی حدود ۰/۸۵ تا ۰/۹۵درصد و همچنین آهک زیاد (۱۴ تا ۱۶ درصد) از مناطقی هستند که از شایستگی بالایی برای استقرار این رویشگاه برخوردار است. عامل بافت خاک به‌عنوان یکی از متغیرهای فیزیکی مؤثر در پراکنش گیاهان، می‌تواند از طریق تأثیر بر قابلیت دسترسی گیاه به آب در پراکنش جوامع گیاهی در مناطق خشک نقش داشته باشد [۱۵]. تأثیر عامل شیب نیز در پراکنش و تفکیک جوامع گیاهی در مطالعات مختلف گزارش شده است [۳۰]. همچنین خصوصیات شیمیایی خاک مانند اسیدیته می‌تواند ترکیب گونه‌ای را در مناطق مختلف تحت تأثیر قرار دهد و به طور ویژه عامل اسیدیته خاک در وقوع گونه *Stipa* در مناطق مختلف نقش دارد [۱، ۱۶]. این یافته‌ها می‌تواند نتایج پژوهش حاضر را مورد تأیید قرار دهد.

تحلیل اهمیت متغیرها و تفسیر منحنی‌های پاسخ مربوط به رویشگاه *Pteropyrum olivieri-Stipa barbata* نیز نشان می‌دهد که عوامل سنگریزه و آهک عمق دوم و همچنین میزان شن خاک در وقوع این رویشگاه دارای نقش مهم‌تری هستند. بر اساس مدل حاصل می‌توان گفت که افزایش در این متغیرها شرایط را برای استقرار این رویشگاه فراهم می‌کند. مطالعات نشان داده است که گونه *Pteropyrum olivieri* اغلب در آبراهه‌ها و مسیل‌ها و آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار استقرار می‌یابد که این مسیل‌ها عمدتاً دارای خاک‌های سبک بافت است [۲۵، ۳۱]. این نتایج با یافته این پژوهش همخوانی دارد.

بر اساس نتایج حاصل از این روش می‌توان بیان داشت که روش آنتروپی حداکثر با قابلیت‌های ویژه‌ای که دارد روش مناسبی برای مدلسازی پراکنش گونه‌های گیاهی است. از جمله این ویژگی‌ها می توان به سهولت استفاده از این روش توسط متخصصان و کاربران [۳۵]، معنی‌داربودن با تعداد نمونه کم [۳۳]، عدم وجود بیش‌برازش[1] (حالتی‌که عدم حضورهای غلط صفر باشد و خطاهای بیش پیش‌بینی[2] یا اشتباه در پیش‌بینی حضورها، وجود نداشته باشد) [۴۳، ۴۵] و زایا و تولیدی‌بودن روش در مواقعی که داده‌های در دسترس محدود هستند، اشاره کرد [۳۴]. علاوه بر موارد اشاره شده، قابلیت های ویژه این روش این امکان را فراهم می‌آورد تا با شناخت متغیرهای دارای تأثیر بیشتر در وقوع گونه های مختلف، در مطالعات بعدی تنها بر روی متغیرهای مهم متمرکز شد و در نتیجه هزینه و زمان مورد استفاده برای تحقیقات کاهش و در مقابل دقّت پیش‌بینی مدل ها افزایش یابد. همچنین بهره‌گیری از منحنی‌های پاسخ در این روش، اطلاعات زیادی راجع به دامنه عوامل محیطی مربوط به هر یک از گونه‌های گیاهی فراهم خواهد آورد که این اطلاعات می تواند در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی مرتبط با پوشش گیاهی، انتخاب متغیرهای مناسب برای انجام مطالعات مرتبط با پوشش گیاهی، انتخاب گونه‌های اصلاحی سازگار برای انجام فعالیت اصلاحی در مناطق مختلف و پیشنهاد مناطق با تناسب بالا برای استقرار دوباره پوشش گیاهی مفید باشد. برآیند این فعالیت‌ها، موفقیت طرح‌های پایش، بهره‌برداری و حفاظت از منابع‌طبیعی را با خود به همراه خواهد داشت. در نهایت تبلور این موفقیّت‌ها نیز به صورت بهره‌برداری پایدار از منابع‌طبیعی در دسترس متجلّی خواهد شد.

[1] Over-fitting
[2] Commission

References

[1] Abdollahi, J., Naderi, H., Mir jalili, M.R and Tabatabaei, M. A. (2013). The effect of some environmental factors on growth characteristics of Stipa barbata in the Nadooshan rangelands of Yazd. Scientific-Research Quarterly of Iranian rangelands and desert research, 20 (1), 130-144.

[2] Abella, S.R. and Covington, W.W. (2006). Vegetation environment relationships and ecological speciesgroups of an arizona *Pinus ponderosa* landscape, Plant Ecology, 185 (2), 225-268.

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

[4] Alvani nejad, S. (1999). Study of effective factors on Distribution of *Amygdalous. scoparia* in two different regions of the Markazi Province. MSc thesis, University of Tarbiat Madras, 144 pages.

[5] Anderson, R. P., Lew, D. and Peterson, A. T. (2003). Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. Ecological Modelling, 162, 211–232.

[6] Arekhi, S., Heydari, M. and Pourbabaei, H. (2010). Vegetation-environmental relationships and ecological species groups of the Ilam oak forest landscape, Iran, Caspian Journal of Environmental Sciences, 8(2), 115-125.

[7] Ashcroft, M.B. (2006). A method for improving landscape scale temperature predictions and the implications for vegetation modeling. Ecological Modelling, 197, 394-404.

[8] Azarnivand, H., Jafari, M., Moghadam, M., Jalili, A. and Zare Chahouki, M. (2003). Effect of soil properties and elevation change on the distribution of two species of Artemisia, (Case study: rangeland of Vardavard, Garmsar and Semnan), Iranian Journal of Natural Resources, 56 (1-2), 93-100.

[9] Biglouei, M.H., Akbarzadeh, A. and Yousefi, K.(2008). Effect of composted wood barks (CWBs) on some soil physical and hydraulic properties. International Journal of Applied Agricultural Research, 4(1), 1-14.

[10] Browicz, K. and Zohary, D. (1995). The genus *Amygdalus L.* (*Rosaceae*): species relationships, distribution and evolution under domestication.Gentic, Resourses and crop evolution, 43 (3), 229-247.

[11] Buehler, E.C. and Ungar, L. H. (2001). Maximum Entropy Methods for Biological Sequence Modeling. BIOKDD, 60-64.

[12] Carter, G.M., Stolen, E.D. and Breininger, D.R. (2006). A rapid approach to modeling species–habitat relationships. Biological conservation. 127, 237 -244.

[13] Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement 20, 37–46.

[14] Denisov, V.P. (1982). Distribution and variability of the wild almonds of Azerbaidzhan.Byuleten-Vsesoyuznogo-ordena-Lenina-I-Ordena-DruzhbyNarodov- Nauchno-Issledovatel skogo. Instituta Rastenievodstva. Imeni-N-I-Vavilova, 126 ,9-42.

[15] Enright, N.J., Miller, B.P. and Akhter, R. (2005). Desert Vegetation and Vegetation-Environment relationships in Kirthar National Park, Sindh, Pakistan. Journal of Arid Environments, 61, 397-418.

[16] Farahani, A., Shahmoradi, A.E., Zare kia, S. and Aghir, S. (1999). Study of Stipa barbata Autecology in Tehran province, Quarterly of rangeland and desert research.15 (1), 86-94.

[17] Gorttappeh, A.H., Hasani, M.H. and Ranji, H. (2006). Recognition and ecological investigation of almond species (Amygdalus spp.) in west Azerbaijan province. IV international symposium on pistachios and almond. Acta Hort. (ISHS), 726, 253-258.

[18] Goudarzi, Gh. (1999). Final Report of the Research Project of Amygdalus Site demands in the Central Province. Research Institute of Forests and Rangelands, 91 Pages.

[19] 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. Trends Ecol. Evol. 19 (9), 497–503.

[20] Guisan, A., and Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecol. Lett. 8, 993–1009.

[21] Hirzel, A. and Guisan, A. (2002). Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. Ecological Modelling 157, 331–41.

[22] Hosseini, S. Z., Kappas. M., Zare Chahouki. M. A., Gerold, G., Erasmi. S. and Rafiei 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.

[23] Jafari Haghighi, M. (2003). Methods of soil analysis: sampling and Physical and chemical analysis with emphasis on the theoretical and practical importance. Tehran University Press, 236 pages.

[24] Jianbing, W.U, Boucher, A. and Zhang T. (2008). A SGeMS code for pattern simulation of continuous and categorical variables: FILTERSIM. Computers &Geosciences, 4(12), 1863-1876.

[25] Khajeddin, S.J. and Yeganeh, H. (2007). Comprehensive Project of no hunting Karkas areas. Section of the vegetation and rangeland. The Environmental Protection Agency and Department of Natural Resources of Esfahan industrial University.

[26] Kumar, S. and Stohlgren, T.J. (2009). Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia, Journal of Ecology and Natural Environment. 1(4), 94-98.

[27] Maltez-Mouro, S., Garcia, L.V., Maranon, T. and Freitas, H. (2005). The combined role of topography and overstory tree composition in promoting edaphic and floristic variation in a Mediterranean forest, Ecological Research, 20(6), 668-677.

[28] Mohtashamnia, S., Zahedi, Gh. and Arzani, H.(2011). Multivariate Analysis of Rangeland Vegetation in Relation to Edaphical and Physiographical Factors. Procedia Environmental Sciences, 7, 305–310.

[29] Monserud, R. A. and Leemans, R. (1992). Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. Ecol. Modelling 62, 275–293.

[30] Munishi,P.K.T., Temu, R.P.C. and 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.

[31] Muslemi, M. R. (1997). Evaluation of soil and vegetation relationships using Ordination method In the Kolah'ghazy National Park, MSc Thesis, University of Isfahan, 137 pages.

[32] 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.

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

[34] Phillips, S. J., Anderson. R. P. and Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of speciesgeographic distributions. Ecological Modelling, 190, 231–259.

[35] Phillips, S.J., Dudık, M. and Schapire, R.E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning,ACMPress, New York, 655–662.

[36] Piri sahragard, H. (2014). Evaluation of statistical models efficiency to predict the distribution of plant Species, (Case study: Qum Province Rangelands), PhD thesis of range management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 157 pages.

[37] Piri sahragard, H., Zare Chahouki M.A. and H. Azarnivand. (2014). Modelling of plant species distribution in the Hoze sultan west rangelands of by Logistic regression analysis. Journal of range management of Gorgan university.1 (1): 15-25.

[38] 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.

[39] Salarian, E., Metaji, A. and Iranmanesh, Y. (1999). Study of habitat requirement of *Amygdalus scoparia* Species In the Zagros Forests: Case study of Kareh bas habitat of Chahr mahal and bakhtiari province. Quarterly Scientific - Research of Iranian Forest and Populus Research, 4 (16), 528- 542.

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

[41] Tarkesh, M. and G. Jetshcke. (2012). Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale, Environmental and Ecological statistics, DOI: 10. 1007/10651-012-0194-3.

[42] Tavakoli Nekoo, H., Poormeydani, A., Adnani, S. M. and Sagheb talebi, Kh. 2011. Habitat survey of Amygdalus scoparia Spach in Qom province to achieve the main ecological factors in their emergence. Quarterly Scientific - Research of Iranian Forest and Poplar Research, 19 (4), 523-542.

[43] Tibshirani, R. (1996). Bias variance and prediction error for classification rules. Technical report, Univ. of Toronto.

[44] Verbyla, D.L. and Litvaitis, J.A. (1989). Resampling methods for evaluation of classificatioaccuracy of wildlife habitat models. Environmental Management 13, 783-787.

[45] Williams, P. M. (1995). Bayesian regularization and pruning using a Laplace prior. Neural Computation, 7, 117–143.

[46] Xue-Qing Yang, S.P.S. Kushwaha, S. Saran, and Jianchu Xu, P.S. R. (2013). Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, Justicia adhatoda L. in Lesser Himalayan foothills. Ecological Engineering, 51, 83-87.

[47] Zare Chahouki, M. A., Azarnivand, H., Jafari , M. and Tavili, A. (2010). Multivariate Statistical Methods as a Tool for Model Based Prediction of Vegetation Types. Russian Journal of Ecology, 41(1), 84–94.

[48] Zare Chahouki, M. A., Khalasi Ahvazi, L. and 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] 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.

[50] Zare Chahouki, M.A., Piri Sahragard, H. and Azarnivand, H. (2014). Habitat distribution modeling of plant species in the Hoze Sultan rangelands of Qom with Maximum Entropy method. Journal of range management. 7 (3), 212-221.