دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
دوره چهاردهم، شماره پنجاه و یک، ۱۴۰۱

بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک، مکسنت و رگرسیون لجستیک در تعیین پراکنش گونه‌های مرتعی گون (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سوار آباد اراک)

عباس احمدی[۱]، امیر قهرمانیان[۲]، حمید ترنج زر[۳]، جواد وروانی[٤]، نوراله عبدی[٤]

دریافت:۱٤۰۲/۲/۲۲ پذیرش: ۱٤۰۲/۹/۲

چکیده

تعیین رویشگاه بالقوه گونه‌های گیاهی، شناخت نیازهای اکولوژیک گونه‌ها و نیز خصوصیات اقلیمی و ادافیکی برای اعمال مدیریت منطبق با شرایط اکولوژیک منطقه مورد مطالعه، ضروری است. در این تحقیق به منظور مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گون با استفاده از روش‌های مختلف آماری در بخشی از مراتع حوزه آبخیز سوارآباداراک (۳۰۷۵ هکتار)ابتدادر منطقه مورد مطالعه با انجام پیمایش‌های صحرایی و استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ، شیب ، جهت ، طبقات ارتفاعی ، تیپ‌های رویشی جنس گون مشخص گردید. در تیپ‌های مشخص شده تعدادی سایت نمونه‌برداری به ابعاد ۲تا۱۰ مترمربع به عنوان منطقه کلیدی در هر تیپ انتخاب گردید . اطلاعات مربوط به حضور و عدم حضور جنس گون به عنوان متغیر وابسته و سایر اطلاعات محیطی به عنوان متغیرهای مستقل اندازه گیری شد. در هر واحد نسبتا همگن (دوواحد۵۰۷ و۲۵٦۸ هکتاری) سه ترانسکت ۷۵۰ متری، دو ترانسکت در طول مهمترین گرادیان‌های محیطی (ارتفاع، جهت و شیب) و یک ترانسکت عمود بر آن دو ترانسکت مستقر شد. در طول هر ترانسکت ۱۵ پلات، به فاصله ۵۰ متر قرار داده شد، بدین ترتیب در هر واحد همگن ٤۷ عدد پلات مستقر گردید (مجموعا ۲ واحد ،۹٤پلات). اندازه پلات‌های نمونه برداری با توجه به نوع و پراکنش گونه‌های گیاهی و براساس سطح متوسط تاج پوشش گونه‌های غالب منطقه (یک متر مربع) تعیین گردید. در هر پلات نوع و تعداد گونه‌های گیاهی و درصد پوشش تاجی آنها ثبت شد. برای نمونه‌برداری از خاک، در ابتدا و انتهای هر ترانسکت پروفیل خاک حفر گردیدو نمونه‌برداری از خاک مطابق با استانداردهای موجود انجام شد(عمق ۰-۲۰ سانتی متری) و در آزمایشگاه متغیرهای خاک شامل سنگریزه، رس، شن، سیلت، آهک، ماده آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی اندازه‌گیری گردید. همچنین در هر واحد نمونه‌برداری ویژگی‌های فیزیونومیک شامل طول و عرض جغرافیایی، شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا نیز برداشت شد. در این مطالعه متغیرهای وابسته، داده‌های حضور و عدم حضور گونه‌های گیاهی گون بوده که با کد صفر و یک مشخص شده و متغیرهای مستقل شامل خصوصیات خاک و توپوگرافی می‌باشد. با استفاده از آنالیزهای آماری بهترین مدل پراکنش مشخص گردید. نتایج نشان داد مدل مکسنت نسبت به مدل‌های رگسیون لجستیک والگوریتم ژنتیک زمانیکه تعداد نقاط حضور اندک باشد، کارایی بهتری دارد . همچنین یافته‌های حاصل از تحقیق نشان دهنده تاثیر بیشتر ارتفاع ، اسیدیته و شوری در پراکنش جنس گون در منطقه مورد مطالعه است .

واژه‌های کلیدی: گون، الگوریتم ژنتیک، رگرسیون لجستیک، مکسنت، حوزه آبخیز سوار آباد، استان مرکزی.

احمدی، ع.، ا. قهرمانیان، ح.، ترنج زر، ج.، وروانی، ن.، عبدی. ۱٤۰۱. بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک، مکسنت و رگرسیون لجستیک در تعیین پراکنش گونه های مرتعی گون. ۱٤(۵۱): ۱۹-۱.

۱- مرکز تحقیقات امنیت غذایی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران- مسئول مکاتبات: abasahmadij23@gmail.com

۲- گروه علوم مرتع، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۳- مرکز تحقیقات علوم گیاهی دارویی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

٤- گروه منابع طبیعی و محیط زیست، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

مقدمه

مراتع جزو مهم‌ترین و وسیع‌ترین اکوسیستم‌های خشکی هستند. این اکوسیستم‌های طبیعی دارای نقش حیاتی در چرخه انرژی، ذخیره آب، تولید اکسیژن، ترسیب کربن، کنترل فرسایش، حفظ تنوع زیستی، حیات وحش، اقتصادی، اجتماعی و غیره هستند. در عین حال، اراضی مرتعی در برگیرنده و تأمین کننده خوراک بخش معنی‌داری از جمعیت دام سبک (گوسفند و بز) دنیا هستند (احمدی و پیروی، ۱۳۸۸) از سوی دیگر این اکوسیستم‌ها به سبب شرایط اقلیمی و اکولوژیکی معمولاً بسیار حساس و شکننده هستند. از سوی دیگر یکی از مهم‌ترین کاربردهای مراتع حفظ تنوع زیستی و حضور انواع گونه‌های جانوری و گیاهی می‌باشد. هر یک از این اکوسیستم‌ها به سبب شرایط اقلیمی و اکولوژیکی خاصی که دارند طیف خاصی از گونه‌های جانوری و گیاهی را در خود جای می‌دهند. متأسفانه امروزه عواملی همچون تغییر اقلیم، تغییر کاربری، خشکسالی‌های پیاپی و سیلاب‌ها و مهم‌تر از همه فعالیت‌های انسانی سبب شده است که نظم حاکم بر این اکوسیستم‌ها و مرحله کلیماکس آنها از حالت طبیعی خود خارج شود. از این حیث شناخت و پایش مداوم این اکوسیستم ها امروزه بیش از پیش مورد اهمیت می‌باشد.تغییرات ویژگی‌های محیطی یکی از مهم‌ترین عواملی است که تغییرات مکانی پوشش گیاهی را کنترل می‌کند، بنابراین آگاهی از نحوه پراکندگی تغییرات عوامل محیطی و گیاهان در بین جوامع گیاهی مختلف برای دست یابی به مدیریت بهتر و بررسی روند تغییرات ضروری است. برنا و همکاران (۱۴۰۰) مدل مطلوبیت رویشگاه گونه اسپرس کوهی را با روش تحلیل عامل آشیان بوم شناختی تهیه کرده اند. در نتیجه مطالعه ایشان متغییرهای محیطی تاثیر گذار شامل میانگین دمای سالانه، جهت جغرافیایی و هدایت الکتریکی بود. محمدی و همکاران (۱۳۹۶) مدل مطلوبیت رویشگاه ملج (*Ulmus glabra*) را در جنگل خیرود نوشهر تهیه کردند.ایشان از مدل خطی و جمعی تعمیم یافته استفاده کردند.عباسی و زارع چاهوکی (۱۳۹۵) با استفاده از روش تحلیل عامل آشیان بوم شناختی مدل مطلوبیت رویشگاه گونه *Agropyron intermedium* را در مراتع طالقان میانی تهیه کردند.پیرسون و داوسون[1](۲۰۰۳) در بررسی کارایی مدل‌های اقلیمی در پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌ها اظهار داشتند که اگر چه این مدل‌ها می‌توانند برای پیدا کردن یک دید کلی بسیار مفید باشند، اما برای بررسی دقیق رویشگاه‌ها باید عوامل مدیریتی بخصوص کاربری اراضی را هم دخیل کرد.آرائو[2] و همکاران (۲۰۰۵)، به بررسی و اعتبارسنجی مدل‌های روابط اقلیم و گونه در شرایط تغییر اقلیم پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدل شبکه عصبی و رگرسیون جمعی تعمیم یافته از دقت بیشتری نسبت به رگرسیون معمولی و الگوریتم درختان طبقه بندی برخوردار هستند. هیجمانز و گراهم[3](۲۰۰۶) به بررسی کارایی مدل‌های اقلیمی مختلف برای پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر روی پراکنش گونه‌ها پرداختند. بدین منظور آنها شرایط اقلیمی را در دوره‌های آتی باتوجه به شرایطی که دی اکسید کربن دو برابر شود، بازسازی کردند و به این نتیجه رسیدند روش‌های بیوکلیم و مکسنت بهتر از روش‌های تجمعی تعمیم یافته این تغییرات را پیش‌بینی می‌کنند.یکی از مؤثرترین تکنیک ها برای پیش‌بینی توزیع جغرافیایی گونه‌ها، استفاده از مدل‌های آماری پارامتریک خطی تعمیم یافته و تجمعی تعمیم یافته می‌باشد (هستی و تیب‌شیرانی ۱۹۹۰).الیس[4]و دیگران (۲۰۰۷) قدرت پیش بینی مدل‌های خطی معمولی و آنالیز تطبیقی متعارف را در کوه‌های اسپرینگ نوادا در آمریکا مقایسه کردند. نتایج نشان داد که مدل های خطی معمولی پیش‌بینی های بهتری از مدل های آنالیز تطبیقی متعارف می‌دهند؛ چرا که برای هر گونه بطور ویژه و مستقل متغیرهای توصیفی در مدل‌های خطی تعمیم یافته انتخاب می‌شود. درحالیکه در آنالیز تطبیقی همه گونه‌ها با استفاده از یک گروه مشابه متغیرهای محیطی مدل می‌شوند. اگر چه هر دو مدل به سرعت وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌شوند، مدل های آنالیز تطبیقی برای تعداد زیادی گونه به سرعت قابل کاربرد هستند. پیش‌بینی‌های هر دو تکنیک، مدل‌های گونه را با کیفیت مشابه‌ای رتبه می‌دهند. به عنوان نمونه پراکنش گونه‌هایی که بو سیله مدل‌های خطی معمولی مدل شده‌اند بو سیله انالیز تطبیقی نیز پیش بینی بهتری داشته اند اما بطور کلی مدل‌های خطی معمولی مدل‌های خاص هر گونه را تولید می‌کند و آنالیز تطبیقی یک دید کلی از چندین گونه، تنوع زیستی و جوامع گیاهی را فراهم می‌کند.همچنین میناردو کویین[5](۲۰۰۷) طی یک بررسی جامع استفاده از مدل‌های خطی و تجمعی تعمیم یافته را کارآمدتر از سایر مدل‌ها مانند درخت طبقه‌بندی[6]برای مدلسازی پراکنش گونه‌ها شناسایی کردند. صحراگرد و همکاران (۲۰۲۱) نیز سه مدل شبکه عصبی مصنوعی، حداکثر آنتروپی و

1- Pearson and Dawson
2- Araújo
3- Hijmans and Graham
4- Elith
5 -Meynard and Quinn
6 -Classification trees

مدل خطی معمولی را برای شناسایی مطلوبیت رویشگاه گونه بادام درختی در استان فارس مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نیز حاکی از عملکرد مناسب هر سه مدل بر روی متغیرهای مستقل زیست-اقلیمی بود.

تاناکا[1] و همکاران (۲۰۱۲) به مطالعه ی اثر تغییر اقلیم برروی رویشگاه پتانسیل ٤ مورد از گونه‌های نراد در ژاپن و شرق آسیا پرداختند. آنها از دو مدل آماری رگرسیون معمولی ومدل مارس برای پیش بینی رویشگاه پتانسیل گونه‌ها استفاده نمودند و اظهار داشتند که مدل‌های پراکنش گونه ای ابزار مفیدی برای ارزیابی تاثیرات در مقیاس جغرافیایی بزرگ و دوره‌های طولانی هستند. توث[2] و همکاران (۲۰۱۳) توزیع گونه *ملیتا ارناتا* را با استفاده از مدل مکسنت مطالعه کردند. نتایج پیش بینی آنان نشان داد که مناطق معتدل برای این گونه تناسب کمی دارد . به طوریکه در دوره آخرین یخبندان، این گونه گستره بیشتری را اشغال کرده بود و تا سال ۲۰۸۰ به سمت شمال مهاجرت می‌کند و در مناطق مدیترانه ای انقراض می یابد. رانا[3] و همکاران (۲۰۱۷) اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه فرتیلاریا در کشور نپال، با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی مکسنت مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه ایشان چهار سناریو آرسی پی تحت مدل گردش عمومی در سال ۲۰۵۰ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین تناسب رویشگاهی بین سناریوهای مختلف اقلیمی سال ۲۰۵۰ رخ خواهد داد. همچنین جابجایی گونه به سمت مناطق مناسب اقلیمی در شمال غربی را پیش‌بینی نمودند. خداقلی و همکاران (۱۳۸٦) پهنه‌بندی اقلیم رویشی حوضه آبخیز کارون را با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه به منظور تعیین اقلیم رویشی حوضه آبخیز کارون، ۵۲ متغیر اقلیمی از بین داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک و اقلیم‌شناسی انتخاب گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که ۵ عامل اول که به ترتیب شامل: دما، بارش، بارش بهاره و برف، باد و رطوبت نسبی ۹٤/۲٦ درصد از تغییرات اقلیمی این حوضه را توجیه می‌کنند. همچنین تحلیل خوشه‌ای به کمک این ۵ عامل ۹ پهنه اقلیمی را برای این منطقه مشخص کرد. فراشی و همکاران (۱۳۸۹) اقدام به مدل سازی مطلوبیت زیستگاه به کمک تحلیل عامل آشیان بوم شناختی با استفاده از نرم افزار بیومپر نمودند. در این مطالعه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای اجرای مدل به دوسته لایه‌های اطلاعاتی نقشه کاربری و نقشه‌های بوم-جغرافیایی طبقه بندی گردیدند. کیقبادی و همکاران (۱۳۹۹) در کاربرد مدل جمعی تعمیم یافته و درخت طبقه‌بندی و رگرسیون در برآورد پراکنش رویشگاه بالقوه گونه‌های مرتعی (مطالعه موردی: مراتع خضری دشت بیاض، خراسان جنوبی) بیان می‌دارند که مدل‌های پراکنش گونه ها با کمی‌کردن ارتباط بین پراکنش گونه ها و متغیرهای محیطی تأثیرگذار، اساس تصمیمات آگاهانه در مدیریت پوشش گیاهی هستند. در نتیجه گیری پیشنهاد روش مدل جمعی تعمیم یافته به‌عنوان بخشی از یک سیستم پشتیبان مدیریتی در حفاظت و احیای پوشش گیاهی در مراتع خضری دشت بیاض مورد استفاده قرار گیرد.

سوالات اساسی که در زمینه پراکنش گونه ها به خصوص گونه گون مطرح می‌باشد ، عوامل موثر برپراکنش ،شناخت مدل آماری و ریاضی پراکنش و شناخت نیازهای اکولوژیکی گونه‌های مختلف گون در منطقه می‌باشد. اهداف اصلی طرح بررسی مدل پراکنش جغرافیایی گونه‌های اصلی گون در منطقه و ارائه مدل و روابط آماری جامع جهت شناخت رویشگاه‌های مهم گون در منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شهری سوارآباد با مساحتی برابر ۳۰۷۵ هکتار از لحاظ تقسیمات کشوری در استان مرکزی ، از لحاظ تقسیمات استانی در بخش مرکزی شهرستان اراک و از لحاظ جغرافیایی بین طولهای ″۳۵ ،′٤٥ ،°٤۹ تا ″۲۵ ،′۵۰ ،° ٤۹ و عرض‌های ۳۵ ،′۰۱ ،°۳٤ تا ″۳٤ ،′۵٦ ،° ۳۳ واقع گردیده است. بلندترین نقطه ارتفاعی کوه دره انجیر در شمال غربی منطقه با ارتفاع ۲۵٦۷ متر از سطح دریا و حداقل ارتفاع در خروجی ۱۸٤۰ متر وشیب متوسط حوزه ۳٦ درصداست . به منظور شناخت بیشتر و کسب اطلاعات دقیق مطالعات پایه حوزه آبخیز مورد بررسی قرار گرفت. (اداره کل منابع طبیعی وآبخیزداری مرکزی ،۱۳۹۰). بارندگی متوسط حوضه بر اساس داده‌های ۳۰ساله برابر ۳۵۳ میلی متر است. حوزه آبخیز سوارآباد اراک در زون سنندج- سیرجان واقع شده است. خاک منطقه در رده انتی سول و اینسپتی سول قرار گرفته است. تیپ غالب پوشش گیاهی در این منطقه بر اساس مطالعات پایه آبخیزداری موجود متعلق به *گون وکلاه میرحسن* می باشد. پوشش زراعی منطقه عمدتا به اراضی آبی و باغی در خروجی

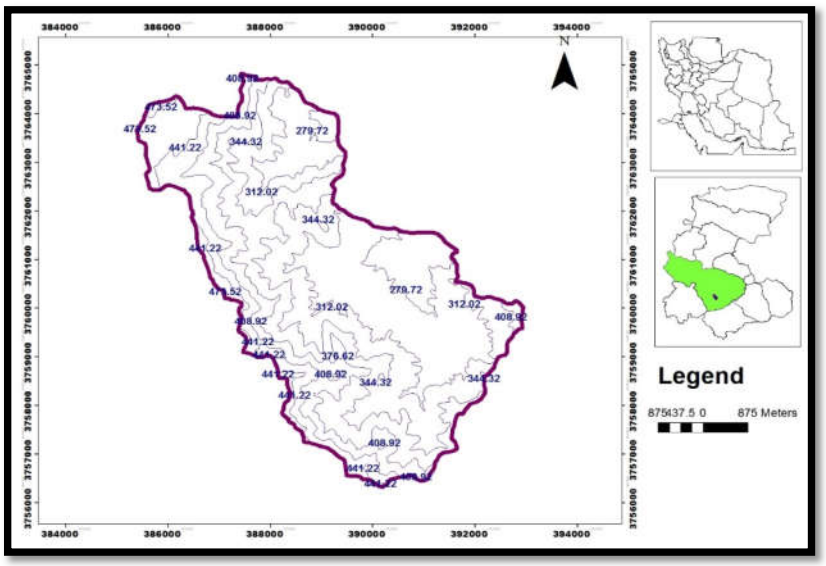
1- Tanaka
2- Tóth
3- Rana

محدود می شود. (اداره کل منابع طبیعی وآبخیزداری مرکزی ،۱۳۹۰).

جمع آوری و برداشت اطلاعات پوشش گیاهی و خاک منطقه

در منطقه مورد مطالعه با انجام پیمایش های صحرایی و استفاده از نقشه های توپوگرافی ، شیب ، جهت ، طبقات ارتفاعی ، تیپ‌های رویشی جنس گون مشخص گردید. در تیپ‌های مشخص شده تعدادی سایت نمونه برداری به ابعاد ۲تا۱۰ مترمربعی انتخاب گردید . اطلاعات مربوط به حضور و عدم حضور جنس گون به عنوان متغیر وابسته و سایر اطلاعات محیطی به عنوان متغیرهای مستقل اندازه گیری شد (توربید[1] و همکاران، ۲۰۱۵، چاهوکی و اهوازی، ۲۰۱۲: صحراگرد و همکاران، ۲۰۲۱).

ابتدا بر اساس نقشه‌های شیب، ارتفاع و جهت به دست آمده از نقشه مدل رقومی ارتفاع با دقت ۱۰ متر و همچنین با استفاده از تصاویر ماهوارهای گوگل ارث نقشه واحدهای همگن تهیه شد. انتخاب محل نمونه برداری در هر واحد به گونه ای بود که گونه های معرف هر تیپ رویشی را دربرگیرد وپوشش گیاهی نسبتا همگنی داشته باشد. همچنین به علت اثرات حاشیه‌ای مناطق صنعتی و زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی از نمونه‌برداری در نزدیکی این مناطق خودداری شد. در این تحقیق ابتدا بر اساس مطالعات پایه موجود و تیپ های گیاهی مشخص شده که شامل دو تیپ گیاهی گون –چوبک و گون –جارو –ورک می باشد و در نظر گرفتن شیب غالب ، ارتفاع غالب دو محدوده نسبتا همگن برای نمونه‌برداری و تعیین مدل پراکنش جنس گون انتخاب شد .محدوده اول حدود ۵۰۷ هکتار و محدوده دوم ۲۵٦۸ هکتار می باشد. هر واحد همگن سه ترانسکت ۷۵۰ متری، دو ترانسکت در طول مهمترین گرادیان‌های محیطی (ارتفاع، جهت و شیب) و یک ترانسکت عمود بر آن دو ترانسکت مستقر می‌گردد. در طول هر ترانسکت ۱۵ پلات، به فاصله ۵۰ متر قرار داده شد، بدین ترتیب در هر واحد همگن ٤۷ عدد پلات مستقر گردید.(مجموعا ۲ واحد ،۹٤پلات) اندازه پلات‌های نمونه‌برداری با توجه به نوع و پراکنش گونه‌های گیاهی به روش سطح حداقل، تعیین شد. در هر پلات نوع و تعداد گونه‌های گیاهی و درصد پوشش آنها ثبت شد. برای نمونه‌برداری از خاک، در ابتدا و انتهای هر ترانسکت پروفیل خاک حفر گردیدو نمونه‌برداری از خاک (عمق ۰-۲۰ سانتی متر)مطابق با استانداردهای موجود انجام شد و در آزمایشگاه متغیرهای خاک شامل سنگریزه، رس، شن، سیلت، آهک، ماده آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی اندازه گیری گردید. همچنین در هر واحد نمونه‌برداری طول و عرض جغرافیایی، شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا نیز تعیین شد. در این مطالعه متغیرهای وابسته، داده های حضور و عدم حضور گونه گون در پلات هستند که با کد صفر و یک مشخص شده و متغیرهای مستقل شامل خصوصیات خاک و توپوگرافی می‌باشد با استفاده از آنالیزهای آماری بهترین مدل پراکنش مشخص گردید.



شکل ۱- محدوده مراتع سوار آباد در استان مرکزی –شهرستان اراک

[1] Turbide

درصد پوشش آنها ثبت شد. برای نمونه‌برداری از خاک، در ابتدا و انتهای هر ترانسکت پروفیل خاک حفر گردیدو نمونه‌برداری از خاک (عمق ۰-۲۰ سانتی متر)مطابق با استانداردهای موجود انجام شد و در آزمایشگاه متغیرهای خاک شامل سنگریزه، رس، شن، سیلت، آهک، ماده آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی اندازه گیری گردید. همچنین در هر واحد نمونه‌برداری طول و عرض جغرافیایی، شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا نیز تعیین شد. در این مطالعه متغیرهای وابسته، داده های حضور و عدم حضور گونه گون در پلات هستند که با کد صفر و یک مشخص شده و متغیرهای مستقل شامل خصوصیات خاک و توپوگرافی می‌باشد با استفاده از آنالیزهای آماری بهترین مدل پراکنش مشخص گردید.

کاربرد رگرسیون لجستیک

در رگرسیون لجستیک احتمال وقوع یک طبقه خاص متغیر وابسته که اصطلاحا احتمال وقوع رویداد خوانده می‌شود بر اساس تابع نمایی متغیرهای مستقل برآورد می‌شود:

$$p = \frac{e^{B_0+B_1X_1+B_2X_2+\cdots+B_jX_j+\cdots+B_kX_k}}{1+e^{B_0+B_1X_1+B_2X_2+\cdots+B_jX_j+\cdots+B_kX_k}}$$ فرمول ۱

که در آن p احتمال وقوع رویداد مورد نظر است و e ثابت نپر که پایه لگاریتم طبیعی است و Xj متغیر مستقلj ام و bjضریب رگرسیون لجستیک متغیر مستقل وb عرض از مبدا (مقدار ثابت). با انتخاب ۷۰ درصد از نمونه‌ها برای مدلسازی و ۳۰ درصد نمونه‌ها برای اعتبارسنجی هر مدل در نرم افزار مورد استفاده قرار گرفت. در رگرسیون لجستیک مقدار R با توجه به آماره نایجلکرک محاسبه میشود .اگر این مقدار بین ۰,۲ تا ۰,٤ باشد نشان دهنده کارایی مناسب مدل می باشد. ارزیابی اعتبار مدل رگرسیون لجستیک با آزمون هسمر لمشو[1] تعین می شود .به طوریکه معنی داری بیشتر از ۰,۰۵ مدل قابل قبولی را ارائه می دهد.معیار دیگری که برای ارزیابی مدل استفاده میشود، سطح زیر منحنی ROC است. این سطح بیانگر این است که مدل چه مقدار میتواند متغیر وابسته را به خوبی پیشبینی کند؛ این مقدار مابین ۰/۵ تا ۱ میباشد. رقم ۰/۵ نشاندهنده تصادفی بودن مدل، رقم بالای ۰/۷ بیانگر دقت خوب مدل و سطح بالای ۰/۹ نشان دهنده دقت بالای مدل است.(رانگل[2] و همکاران ۲۰۰٦، لینکی[3] وهمکاران ۲۰۰٤).

کاربرد روش آماری ماکزیمم انتروپی[4]

مکسنت تکنیکی کاربردی و پیش بینی پایه برای مدلسازی‌هایی برای توزیع جغرافیایی گونه‌ها براساس مهمترین متغیرهای زیست‌محیطی است. پاسخ‌های مکسنت براساس یادگیری ماشینی و از طریق اطلاعاتی که به مدل داده می‌شود می‌باشد. این روش حداکثر بی نظمی را در توزیع گونه‌ها براساس نقاط نمونه‌برداری شده در بستر پس زمینه منطقه با توجه به محدودیت داده ها تخمین می‌زند. مکانی که به نقطه حضور یا عدم حضور اختصاص می‌یابد وابسته به درستی اطلاعات میتواند درست یا نادرست باشد. متغیرهای طبیعی به حضور گونه وابسته است که میتوان از برون یابی یا مقایسه با زیستگاه‌های مشابه تعیین کرد و توزیع جغرافیایی گونه را پیش‌بینی نمود. تجزیه و تحلیل داده‌های چند متغیره بخش مهمی از روش کار می‌باشد. برای هرگونه مدل با یک توزیع یکنواخت شروع شده و با تعدادی تکرار براساس مهم -ترین متغیرهای زیست محیطی بهترین پیش بینی را ارایه می‌دهد.

آماده سازی داده ای مدل مکسنت

برای ساخت مدل آنتروپی حداکثر، داده های مربوط به متغیرهای محیطی و اطلاعات مربوط به نقاط حضور گونه‌ها و نقشه‌های مربوطه تهیه گردید. لایه‌ها با فرمت ACSII و نقاط حضور گونه‌ها با فرمت CSV آماده شد. پس از آماده سازی لایه‌ها و انجام تنظیمات مورد نظر در قسمت تنظیمات نرم افزار، از MaxEnt Version 3.3.3 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. آستانه همگرایی معادل ۰/۰۰۰۱ و حداکثر نقاط پس زمینه، معادل ۱۰۰۰۰ لحاظ گردید

[1] Hosmer-Lemeshow
[2] Rangel
[3] Linkie
[4] Maximum Entropy (Maxent) Model

(شمس و همکاران، ۲۰۱۹). برای تعیین اهمیت متغییرهای محیطی
از روش جک نایف استفاده شد (گیسان[1]و همکاران ،۲۰۱۷).

جدول ۱- توصیف متغیرهای وارد شده در مدل‌های آماری

	واریانس	احراف معیار	اشتباه معیار	میانگین	جمع	حداکثر	حداقل	دامنه	تعداد
متغیر حضور	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۰۵	۰/۵۰	٤۷	۱	۰	۱	۹٤
عامل فرسایش خاک	۰/۱۰	۰/۳۱	۰/۰۳	٤/٦۱	٤۳۳	۵/۵	٤/۵	۱	۹٤
گروه هیدرولوژی خاک	۰/۱۰	۰/۳۱	۰/۰۳	۱/۱۱	۱۰٤	۲	۱	۱	۹٤
شیب	۲۵٦/۵۸	۱٦/۰۲	۱/٦۵	۲۷/۸۵	۲٦۱۸	٤۵	٤	٤۱	۹٤
ارتفاع	۸۰۳۲/٤۰	۸۹/٦۲	۹/۲٤	۱۹۹۲/۱٦	۱۸۷۲٦٤	۲۱۹۰	۱۸۹۰	۳۰۰	۹٤
جهت	۳/۲۵	۱/۸۰	۰/۱۹	۳/۱۸	۲۹۹	۷	۱	٦	۹٤
زمین شناسی	۰/۱۰	۰/۳۱	۰/۰۳	۱/۱۱	۱۰٤	۲	۱	۱	۹٤
شوری	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/٦۳	۵۹/۳٦	۰/٦٤	۰/۵٦	۰/۰۸	۹٤
اسیدیته	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۰۱	۷/۸۱	۷۳٤/٤	۷/۹	۷/۷	۰/۲	۹٤
رس	۲/۷۹	۱/٦۷	۰/۱۷	۲۲/۲۱	۲۰۸۸	۲۵	۱٦	٦	۹٤
سیلت	۸/۸۵	۲/۹۷	۰/۳۱	٤۰/۸۱	۳۸۳٦	٤٦	۳۵	۱۱	۹٤
شن	۲۱/۷۷	٤/٦۷	۰/٤۸	۳٦/٦۸	۳٤٤۸	٤٦	۲۹	۱۷	۹٤
درصد ماده الی	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۰۲	۰/٤۳	٤۰/٤۲	۰/۹۵	۰/۲	۰/۷۵	۹٤
مواد خنثی شونده	۰/۲۹	۰/۵٤	۰/۰٦	۵/۵۹	۵۲۵	٦	٤	۲	۹٤

نتایج

نتایج حاصل از رگرسیون لوجستیک

در جدول ۲ آزمون هسمر لمشو جهت نکویی برازش مدل رگرسیون لجستیک آورده شده است که نشان دهنده عملکرد بهینه مدل رگرسیون لجستیک در منطقه می باشد .

جدول ۲- آزمون هسمر و لمشو جهت نکویی برازش مدل رگرسیون لجستیک

مرحله	مجذور کای	درجه آزادی	معناداری
۱	۵/٤۰۰	۸	۰/۷۱٤
۲	٦/۷۸۹	۸	۰/۵٦۰
۳	۱۱/۲٦۲	۸	۰/۱۸۷
٤	۸/۷۱۵	۸	۰/۳٦۷
۵	٦/۷۳۵	۸	۰/۵٦۵
٦	۱۰/۱٦۸	۸	۰/۲۵۳
۷	۷/۰۰۸	۸	۰/۵۳٦
۸	۱/۵۲۸	۱	۰/۲۱٦

[1] Guisan

درجدول ۳ طبقه بندی مدل نهایی انتخاب شده برابر با ۸۳ درصد پیش بینی صحیح نقاط عدم حضور و ٤٠/٤ درصد پیش‌بینی صحیح برای نقاط حضور است که در مجموع صحت کلی برابر با ٦١/٧ می باشد.

جدول ۳- طبقه بندی پیش بینی مدل لوجستیک

جدول طبقه بندی					
مشاهده شده			پیش بینی شده		
			حضور		درصد صحت
			۰	۱	
مرحله ۱	حضور	۰	۲۹	۱۸	٦١/٧
		۱	۱۳	۳٤	٧٢/٣
	درصد کلی				٦٧/٠
مرحله ۲	حضور	۰	۲۹	۱۸	٦١/٧
		۱	۱۳	۳٤	٧٢/٣
	درصد کلی				٦٧/٠
مرحله ۳	حضور	۰	۳۲	۱۵	٦٨/١
		۱	۱۷	۳۰	٦٣/٨
	درصد کلی				٦٦/٠
مرحله ٤	حضور	۰	۳۲	۱۵	٦٨/١
		۱	۱۷	۳۰	٦٣/٨
	درصد کلی				٦٦/٠
مرحله ۵	حضور	۰	۳۲	۱۵	٦٨/١
		۱	۱۷	۳۰	٦٣/٨
	درصد کلی				٦٦/٠
مرحله ٦	حضور	۰	۳۱	۱٦	٦٦/٠
		۱	۱۷	۳۰	٦٣/٨
	درصد کلی				٦٤/٩
مرحله ۷	حضور	۰	۳۲	۱۵	٦٨/١
		۱	۱۹	۲۸	٥٩/٦
	درصد کلی				٦٣/٨
مرحله ۸	حضور	۰	۳۹	۸	٨٣/٠
		۱	۲۸	۱۹	٤٠/٤
	درصد کلی				٦١/٧

مدل نهایی بدست آمده درروش رو به عقب مدل شماره ۸ می باشد که نشان دهنده معنادار بودن متغیر pH خاک می باشد که تاثیر مثبتی بر متغییر وابسته دارد.

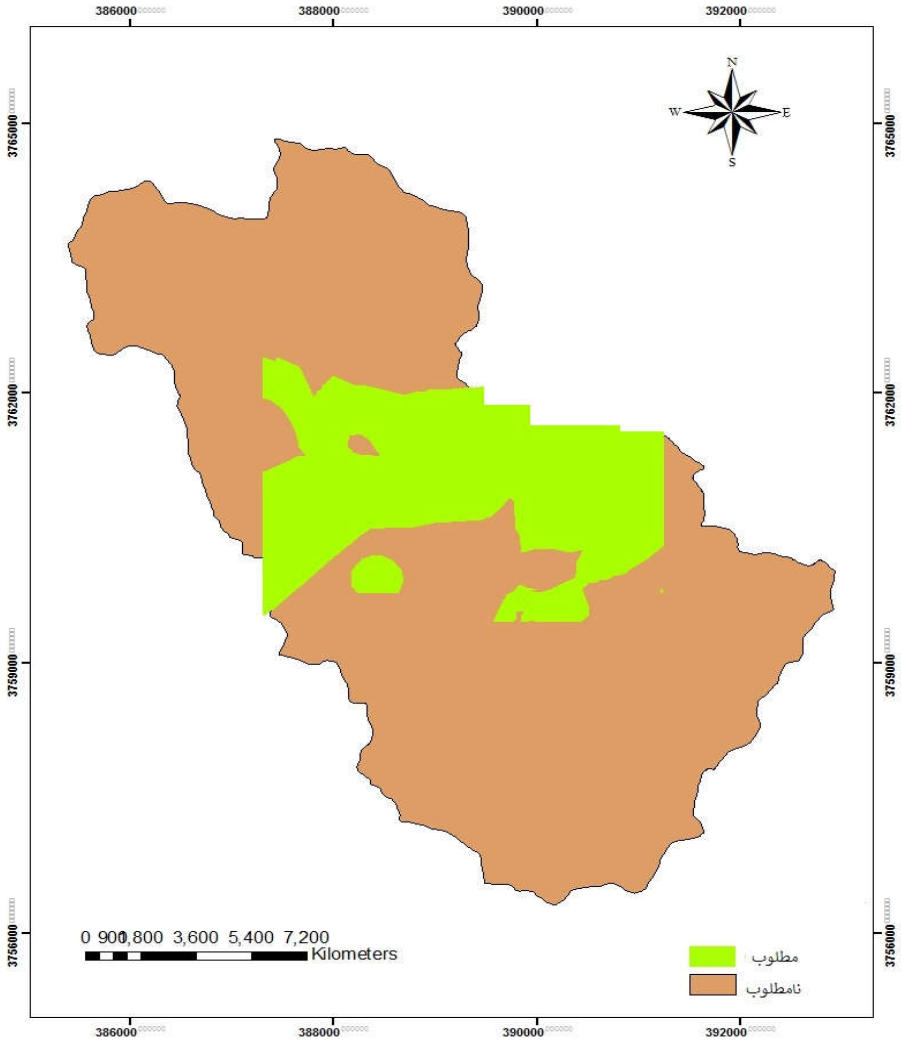
مدل نهایی بدست آمده از رگرسیون لجستیک:

بر طبق نتایج بدست آمده خلاصه مدل رگرسیون لجستیک با یک متغیر پیش بینی کنده به شرح جدول ٤ زیر است.

جدول ٤- خلاصه مدل رگرسیون لجستیک برازش داده شده

متغییرها	ضریب	اشتباه معیار	آماره wald	درجه آزادی	معنی‌داری
عدد ثابت	-٥٦/٣٩	٢٦/١٦	٤/٦٤	۱	۰/۰۳
اسیدیته خاک	٧/٢١	٣/٣٦	٤/٦٣	۱	۰/۰۳

بر طبق مدل رگرسیون لوجستیک با افزایش اسیدیته خاک بر مطلوبیت رویشگاه برای گونه گون افزوده می‌شود. در شکل شماره ۲ نیز نقشه مطلوبیت زیستگاه بر اساس مدل رگرسیون لجستیک آورده شده است که نواحی سبز رنگ نشان دهنده مناطق مطلوب زیستگاه گون در منطقه می باشد.

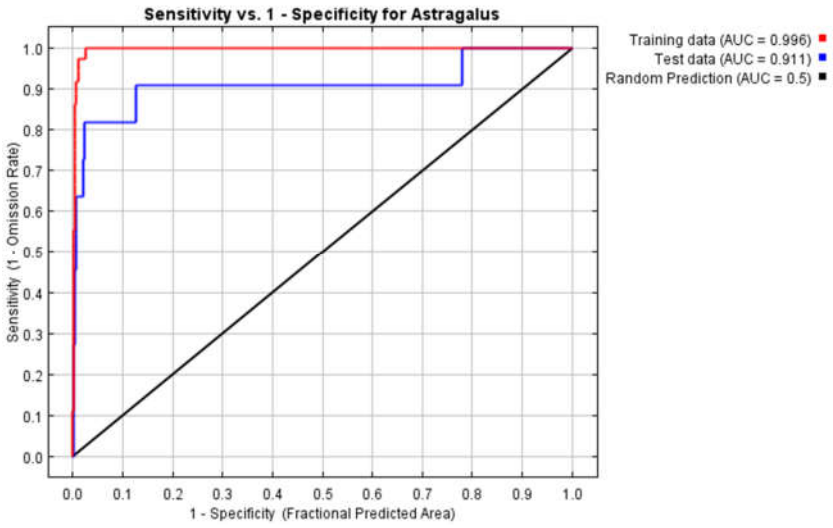


شکل ۲- نقشه پیش بینی مناطق مطلوب بر اساس مدل رگرسیون لجستیک

نتایج حاصل از مدل مکسنت

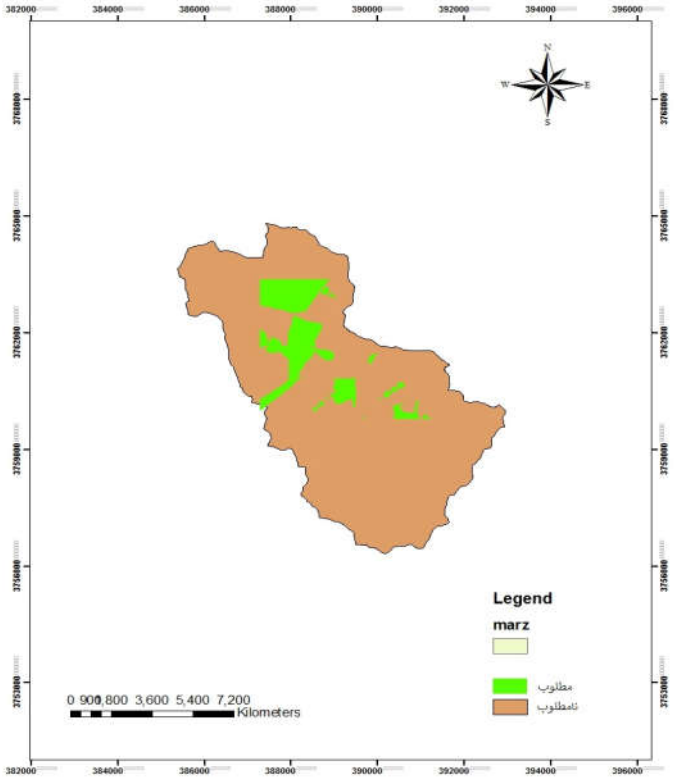
برای مدلسازی رویشگاه بالقوه با استفاده از مدل مکسنت تمامی نقشه‌های ورودی مدل دارای زمین مرجع و سیستم مختصات یکسان شدند. در این روش از ۷۰ ٪ نقاط حضور به صورت تصادفی برای داده‌های آموزشی و از ۳۰ ٪ باقی مانده برای ارزیابی نتایج مدل استفاده بعد از انجام مدلسازی به دلیل اینکه خروجی مدل، یک نقشه احتمالاتی پیوسته است، ضروری است که برای تعیین حضور یا عدم حضور گونه مورد نظر، آستانه بهینه حضور مشخص شود بعد از تعیین آستانه بهینه به روش حساسیت نقشه پیوسته پیش اختصاصیت برابر بینی به نقشه‌های حضور و عدم حضور گونه‌ها، تبدیل و میزان تطابق آن با نقشه واقعیت زمینی از طریق محاسبه ضریب کاپا بررسی گردید (فیلیپس[1] و همکاران، ۲۰۰۶).

[1] Phillipes



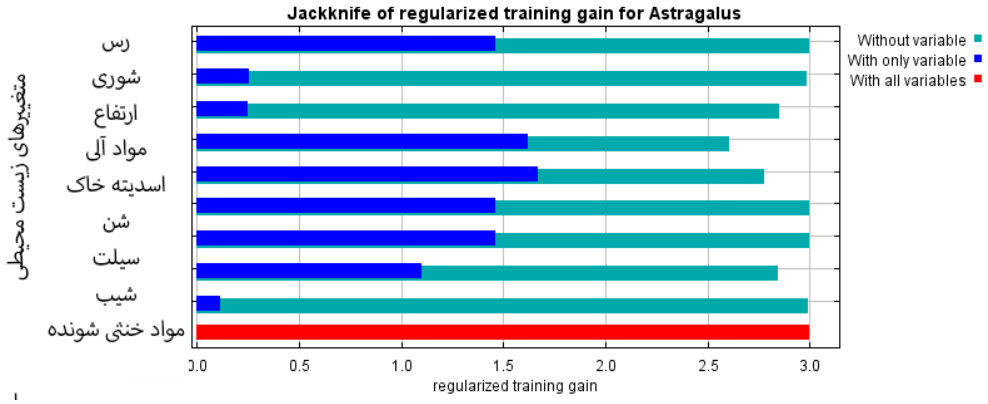
شکل ۳- منحنی ROC کاربرد مدل مکسنت در منطقه مورد مطالعه

در شکل ۳ سطح زیر منحنی پیش‌بینی برای مدل مکسنت در سه حالت برآورد شده است .بر طبق سطح زیر منحنی ROC در هر دو حالت محاسبه شده برای داده های ایجاد مدل و آزمون داده‌ها مدل از اعتبار مناسبی برخوردار است.



شکل ٤- نقشه پیش‌بینی مناطق مطلوب بر اساس مدل مکسنت

در شکل ٤ نقشه پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گون بر اساس مدل مکسنت آورده شده است .به منظور بررسی اهمیت متغیرها در مدل مکسنت از منحنی‌های انالیز حساسیت مدل مربوطه استفاده گردید.



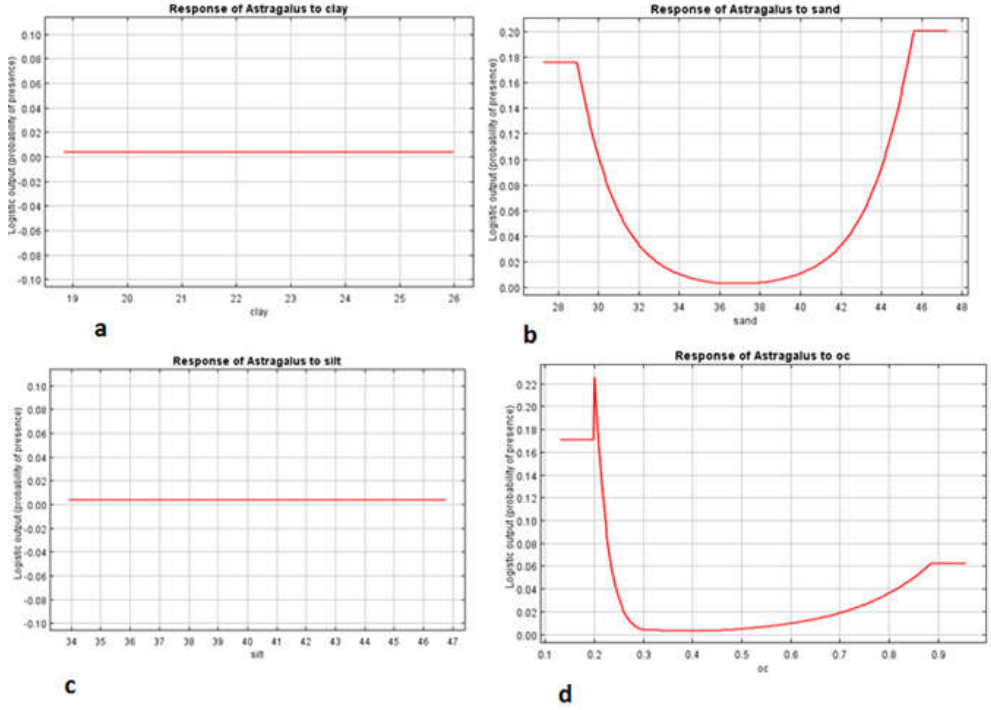
شکل ۵- درصد اهمیت پارامترهای مختلف بر اساس شاخص جک نایف در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گون

در شکل (۵) درصد اهمیت پارامترهای مختلف بر سااس شاخص جک نایف[۲]آورده شده است . بر طبق آزمون جکنایف مهمترین متغییر پیش بینی کننده مدل اسیدیته خاک و پس از آن متغییر مواد آلی خاک (OC) می باشد. منحصر به فردترین اطلاعات توسط متغییر OC ارائه می شود. همچنین بررسی کمک متغییرها نشان دهنده آن است که مهمترین متغییر OC است و کم اهمیت‌ترین متغییر درصد رس است.

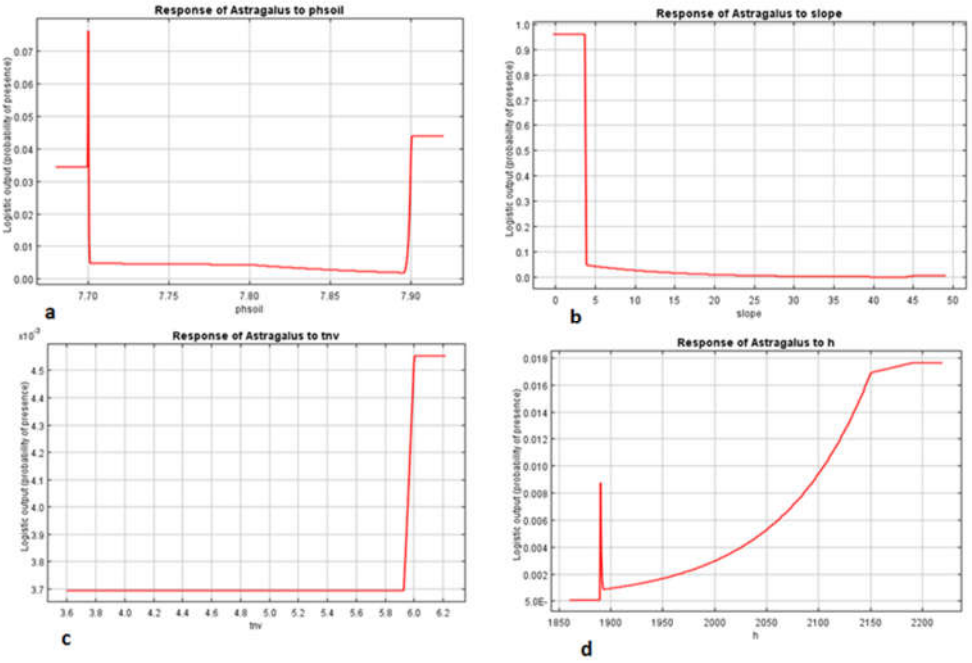
جدول ۵- اهمیت متغیر های مورد استفاده در مدل مکسنت

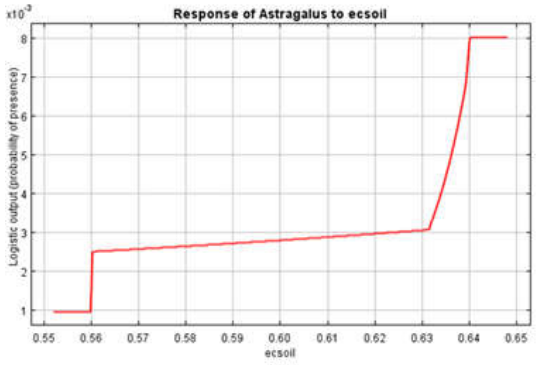
نام متغییر	درصد کمک متغییر
Oc	٤٧/٧
pHsoil	٢٣
Slope	١١/٤
Sand	٨/١
H	٦/٣
Silt	٢/٩
Ecsoil	٠/٤
Tnv	٠/١
clay	٠

[2] Jackkinfe



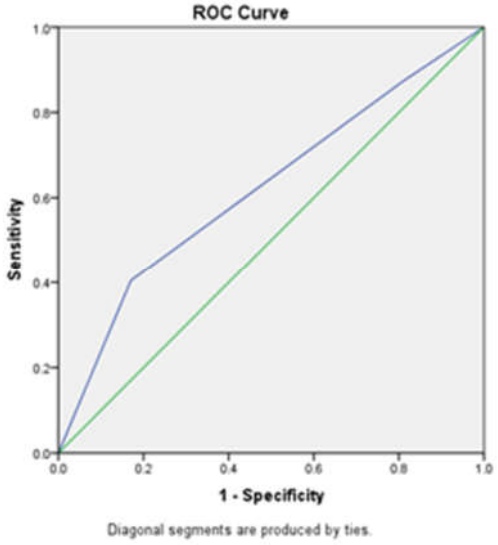
شکل ٦- رفتار جنس گون نسبت به فاکتور های محیطی در منطقه مورد مطالعه در مدل مکسنت (**a** : درصد رس، **b** : شن، **c**: سیلت و **d** : مواد آلی خاک)





f

شکل ۷- رفتار جنس گون نسبت به فاکتور های محیطی در منطقه مورد مطالعه در مدل مکسنت (a : اسیدیته ،b : شیب ، C: مواد خنثی شونده ،d : ارتفاع، f: شوری خاک)



شکل ۸- سطح زیر منحنی برای مدل رگرسیون لوجستیک

جدول ٦– آنالیز آماری سطح زیر منحنی پیش بینی مدل رگرسیون لجستیک

مساحت	اشتباه معیار	معناداری	حدود اطمینان ۹۵٪	
			کرانه پایین	کرانه بالا
۰/٦۲۱	۰/۰۵۸	۰/۰٤۳	۰/۵۰۷	۰/۷۳۵

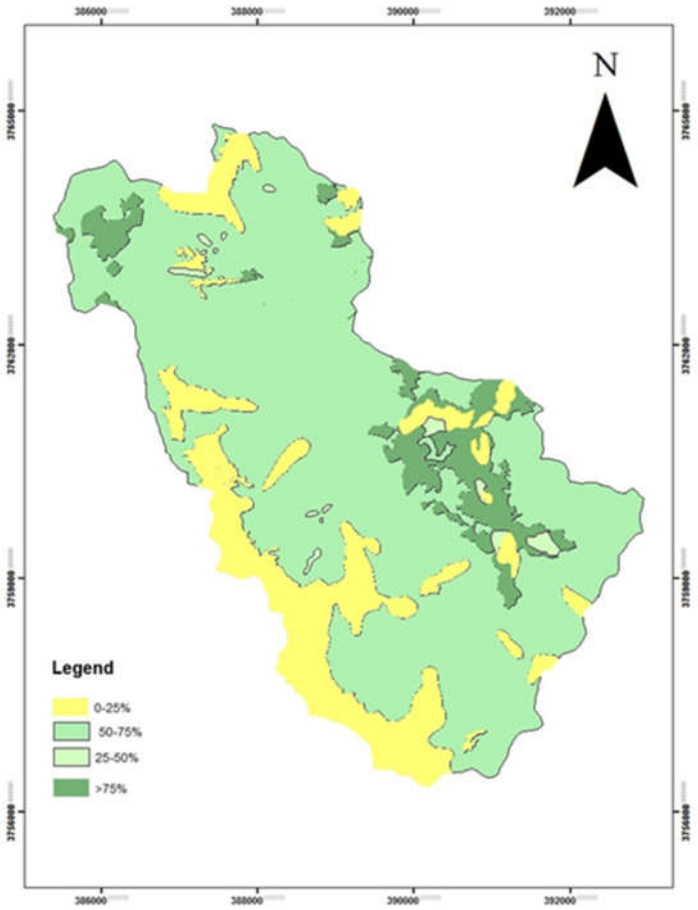
سطح زیر منحنی برای مدل رگرسیون لوجستیک پایین‌تر از سطح زیر منحنی بدست آمده برای مدل مکسنت است بنابراین اعتبار مدل مکسنت بالاتر است. آزمون جک نایف دستیابی به افزوده در سه حالت مختلف بدون متغیر ، تنها با یک متغیر و با تمام متغیرها نشان می‌دهد. این آزمون نشان می‌دهد که کدام یک از متغیر ها بیشترین تاثیر در پیش بینی مدل را دارد. منحنی‌های پاسخ متغیرها نیز بر پراکنش گونه‌ها ترسیم شده است.

مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها با الگوریتم ژنتیک GARP

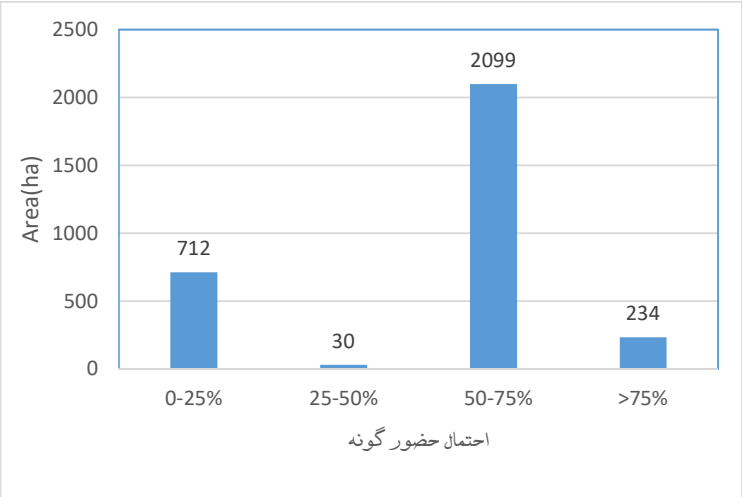
در این پژوهش الگوریتم ژنتیک GARP به منظور بررسی عوامل طبیعی مؤثر بر پراکنش گونه ها استفاده شد که توانست مناطق بالقوه برای تهاجم گونه های مورد مطالعه را به نحو مطلوبی نمایش دهد. در محیط نرم افزار GARP از ۵۰ ٪ نقاط برای ساخت مدل و از ۵۰ ٪ باقیمانده برای ارزیابی مدل استفاده گردید. فرایند مدل‌سازی به تعداد ۲۵۰ بار انجام شد و بعد نقشه‌های دو حالتی (۰-۱) تولید شده با هم تلفیق و احتمال رخداد گونه برای هر پیکسل محاسبه گردید. به منظور ارزیابی مدل از جدول خطا (Confusion matrix)و مقادیر شاخص کاپا و سطح زیر منحنی پلاتهای ROC با استفاده از نرم افزار مشخص شد. ضریب کاپا در حقیقت بیانگر میزان توافق ارزش‌های مشاهده شده با ارزش‌های مورد انتظار می‌باشد. اگر مقادیر کاپا کمتر از ۰/٤ باشد نشان‌دهنده توافق ضعیف، اما اگر مقادیر کاپا بین ۰/٤ تا ۰/۷۵ باشد نشان‌دهنده توافق خوب و اگر مقادیر کاپا بیش از ۰/۷۵ باشد نشان‌دهنده توافق عالی مدل با واقعیت است. سطح زیر منحنی (AUC) برابر با احتمال قدرت تشخیص میان نقاط حضور و عدم حضور توسط یک مدل است. البته مقادیر سطح زیر منحنی بین ۰/۵ تا ۱ تغییر می‌کند. اگر سطح زیر منحنی برابر با ۰/۵ باشد، بیان کننده تصادفی بودن مدل است و اگر این مقدار برابر با ۱ باشد، از یکدیگر تفکیک کند. سطح زیر منحنی بین ۰/۷ تا ۰/۸ مدل به بهترین نحو میتواند نقاط حضور و عدم حضور را بیانگر یک مدل خوب، ۰/۸ تا ۰/۹ مدل عالی و سطح زیر منحنی بیش از ۰/۹ نشان‌دهنده قدرت تشخیص بسیار عالی مدل می‌باشد.

حساسیت سنجی و تعیین متغیرهای مؤثر بر پراکنش گونه

برای تعیین میزان اثر هریک از متغیرهای مستقل زیست محیطی بر پراکنش گونه ها، پس از اجرای مدل با متغیرهای محیطی، مجدداً به تعداد متغیرهای ورودی مدل‌های مجزا و مستقل اجرا گردید، با این تفاوت که این بار در هر مرحله، یکی از متغیرهای محیطی حذف و مدل با متغیرهای باقیمانده اجرا شد. مزیت این کار در حساسیت سنجی هر متغیر و تعیین میزان اثر آن متغیر در مدل نهایی است. پس از هر بار اجرا میزان سطح زیر منحنی پلاتهای ROC استخراج و براساس میزان تفاوت حاصل شده با مدل کامل، اثر هر یک از متغیرهای مستقل محیطی محاسبه گردید. نتایج شکل نقشه پیش‌بینی قابلیت پراکنش گونه‌های گون را با استفاده از مدل GARP نشان می‌دهد. مقادیر احتمال این نقشه از صفر تا یک تغییر می‌کند که اعداد نزدیک به یک بیانگر احتمال رخداد بالای گونه می‌باشد. براساس نقشه تولید شده از مجموع منطقه مورد مطالعه، ۷,٦ ٪از سطح منطقه دارای احتمال رخداد بیش از ۷۵ ٪می‌باشد که به رنگ سبز تیره در شکل ۲۵ نشان داده شده است و مناطق سبز کم رنگ بیانگر مکان‌های با حداقل احتمال رخداد پراکنش گونه کمتر از ۵۰ ٪می‌باشد. جدول ١٤ بیانگر مساحت طبقات مختلف رخداد گونه در منطقه می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی مدل براساس داده های مستقل و ماتریس خطا نشان داد که مدل پیش بینی شده با مقدار ضریب کاپای ۰/٤۲ دارای تطابق خوب با واقعیت است. سطح زیر منحنی پلات ROC برابر با ۰/۷۸ نشاندهنده قدرت تشخیص خوب مدل است و حکایت از این دارد که مدل در پیش بینی پراکنش گونه دارای عملکرد خوبی بوده است. نتایج حاصل از حساسیت سنجی و تعیین متغیرهای مؤثر بر پراکنش گونه نشان داد که شوری و ارتفاع به ترتیب مهمترین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه می‌باشند (شکل ۵). به طوری که وقتی عامل شوری از فرایند مدل‌سازی خارج گردد مقدار مساحت زیر منحنی پلات ROC از ۰/۷۵ به ۰,٤۸ کاهش می‌یابد، در حالیکه اگر فاکتور ارتفاع حذف شود مقدار مساحت زیر منحنی پلات ROC تنها ۰/۲ کاهش یافته و به ۰/٦۹ میرسد که بیانگر تأثیر بیشتر شوری در پراکنش گونه می‌باشد.



شکل ۹- نقشه درصد احتمال حضور پیش بینی شده جنس گون با مدل **GARP** در منطقه سوار آباد



شکل ۱۰– مساحت گروه های احتمال حضور گونه گون در منطقه مورد مطالعه

بحث

با مقایسه نقشه ارتفاع و نقشه نهایی حضور گونه مشخص گردید که حضور گونه با میزان ارتفاع رابطه معکوس داشته و با افزایش میزان ارتفاع حضور گونه کاهش می‌یابد. به طور کلی هر گونه گیاهی با توجه به خصوصیات منطقه رویش، نیازهای اکولوژیک و دامنه بردباری با بعضی از عوامل خاک و پستی و بلندی رابطه دارد. شناسایی چگونگی ارتباط این عوامل محیطی با پراکنش گونه‌ها می‌تواند مدیران مرتع را در مدیریت مراتع و حفاظت از آب و خاک و اصلاح و احیای مراتع یاری رساند (زارع چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۱). مدل GARP ازجمله مدل‌های پروفیل همبستگی است که به دلیل سهولت استفاده و عملکرد مناسب در این پژوهش انتخاب شد. مدل‌های همبستگی فاقد روابط علت و معلولی بین متغیرها هستند و فقط توان پیشبینی احتمال رخداد گونه مورد مطالعه را دارند و کاربران با اطلاعات اکولوژیکی مکمل می‌توانند در رابطه با فاکتورهای محیطی اثرگذار بر گونه قضاوت نمایند و یا فرضهای اکولوژیکی همانند اثر تغییر اقلیم یا تغییر کاربری بر پراکنش گونه‌های گیاهی را مطالعه کنند. GARP با توجه به موارد مذکور برای مدیریت پایدار مراتع، یکی از موارد مهم شناخت پوشش گیاهی و بررسی رابطه آن با عوامل محیطی است تا بتوان از نتایج آن در زمینه معرفی گونه‌های گیاهی مناسب برای مناطق تخریب شده استفاده کرد. با انجام تحقیقات مشابه میتوان عوامل مؤثر بر استقرار گونه‌های گیاهی را شناسایی کرد و در برنامه های اصلاح و احیای مراتع از آنها استفاده کرد، همچنین با استفاده از مدلسازی رویشگاه گونه‌های گیاهی می‌توان حضور گونه‌های گیاهی را در مناطق مختلف پیشبینی کرد. از طرف دیگر با شناخت عوامل محیطی در هر منطقه، میتوان احتمال موفقیت یا شکست استقرار یک گونه گیاهی را پیش‌بینی کرد (زارع چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۳).

تعیین مجموعه‌ای از متغیرها که بر روی پراکنش گونه‌های گیاهی تأثیر دارند از این نظر مهم هستند که نقش آن ها را در بیولوژی گونه و سازگاری آن‌ها به عوامل محدود کننده رشد گونه نشان می‌دهند.این که چگونه گونه‌های منفرد در جوامع گیاهی به منابع پاسخ می‌دهند برای دانستن چگونگی اثرات فاکتورهای محیطی روی پراکنش، وفور و با هم بودن آن‌ها و همچنین درک چگونگی عملکرد گونه‌های مختلف در یک سیستم مهم است.

در این تحقیق مشخص گردید که روش مکسنت کارآیی بالاتری در مقایسه با روش‌های رگرسیون لوجستیک و الگوریتم ژنتیکی دارد. زارع چاهوکی و همکاران (۱۳۹۱) نیز روش Maxent را روشی دقیق در پیش بینی رویشگاه بالقوه گونه‌های گیاهی عنوان کردند. این روش به دلیل اینکه فقط از داده های حضور برای مدلسازی استفاده می‌کند، بسیاری از پیچیدگی‌های مربوط به روش‌هایی که از داده‌های حضور و عدم حضور استفاده می‌کنند، را ندارد.

در این مطالعه ارتفاع، اسیدیته و شوری بیشترین نقش را در پیش بینی توزیع بالقوه گونه‌های گون در منطقه مورد مطالعه داشتند در حالیکه در مطالعه ای که توسط برنا و همکاران (۱۳۹۵) انجام شد مشخص گردید که ارتفاع، اسیدیته خاک کربن آلی خاک و دما در خشک‌ترین و مرطوب‌ترین فصل مهمترین متغییرها در پیش بینی توزیع گونه گون سفید *Astragalus gossypinus* بودند. در مطالعه دیگر که بر روی گونه گون زرد *Astragalus verus Olivier* با استفاده از دو روش تحلیل عامل آشیان اکولوژیک و رگرسیون لوجستیک در منطقه فریدون شهر استان اصفهان انجام شد (صفایی، ۱۳۸۹)، مهمترین متغییرهای تاثیرگذار بر پراکنش گونه گون متوسط بارش سالانه، میزان درصد رس خاک، متوسط دمای گرم ترین فصل سال و درجه شیب بود. در مطالعه دیگری که توسط صفایی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی رویشگاه پتانسیل گونه *Astragalus verus Olivier* با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک انجام شد متغییرهای میزان درصد رس خاک، متوسط دمای گرمترین فصل سال و درجه شیب مهمترین متغییرها شناخته شدند. در مطالعه دیگری که بر روی تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم با روش مدل‌سازی جنگل تصادفی بر روی گونه گیاهی گون زرد انجام شد (قهنویه و همکاران، ۱٤۰۰) مشخص گردید که متغییرهای میانگین دمای سالیانه، حداکثر دمای گرم‌ترین ماه، بارندگی در سردترین فصل و ارتفاع از سطح دریا به عنوان متغییرهای اصلی انتخاب شدند. عباسی و همکاران (۱٤۰۰) با مطالعه ای که با روش مکسنت بر روی مدل سازی پراکنش رویشگاه گونه گیاهی *Agropyron intermedium* انجام دادند دریافتند که متغییرهای توپوگرافی و رس خاک در حضور و پراکنش گونه بیشترین تاثیر را دارند و متغییرهای هدایت الکتریکی و افزایش آهک تاثیر منفی بر حضور این گونه دارند. هوانگ و همکاران (۲۰۲۲) بر توانایی مدل مکسنت در پیش بینی پراکنش

مناسب گونه های گون تحت سناریوهای تغییر اقلیم در آینده، صحه گذاشتند و بر این اساس بر توانایی شبیه سازی این مدل در توزیع زیستگاههای مناسب ان گونه ها تأکید نمودند. ژائو و همکاران (۲۰۲۱) نیز در مطالعه ای که روی پیش بینی اثر تغییر اقلیم بر رشد و پراکنش جغرافیایی بوته های چای *(Camellia sinensis L.)* در مناطق مختلف چین انجام دادند، بر صحت و دقت مدل مکسنت مانند مطالعه حاضر، تأکید کردند.

Saraf وهمکاران (۲۰۲۳) درمدلسازی پراکنش شبدر شیرین در مراتع گریت پلین آمریکا نتیجه گیری میکنند که شاخص های رطوبت سطحی و تغییرات دمای تابستان در الگوی پراکنش گونه مذکور دخالت بیشتری داشته اند.

Kohei وهمکاران (۲۰۲۳) در بررسی الگوی پراکنش مراتع مغولستان نتیجه گیری می کنند در بخش های غربی عوامل اقلیمی به خصوص درجه حرارت متوسط منطقه تاثیر زیادی در پراکنش گونه های مرتعی داشته اند و در بخش های دیگر عوامل جغرافیایی مهمترین فاکتور های موثر در پراکنش گونه ها شناسایی شدند. نتایج کار حاضر مطابقت زیادی با یافته های دیگر محقین داشته است. از طرفی مدل های به کار گرفته شده در این تحقیق نسبت به روش تحقیق افراد ذکر شده نوآوری دارد و الگوی پراکنش جنس گون در منطقه با دقت بیشتری بررسی شده است .

نتیجه گیری

در مطالعه حاضرپراکنش جنس گون بسته به نوع مدل های استفاده شده، اسیدیته خاک، شوری و ارتفاع از سطح دریا از عوامل تاثیرگذار در پراکنش جنس گون در منطقه معرفی می شود . بررسی اصولی و علمی موضوع گیاهان دارویی ومرتعی در عصر جدید و ارائه برنامه های علمی در جهت بهره‌برداری صحیح و بهینه ازآنها، نیازمند شناسایی اولیه رویشگاه‌ها، تهیه نقشه پراکنش و شناسایی این گیاهان در موطن اصلی خود می‌باشد. بنابراین نتایج این پژوهش می‌تواند در ارائه راهکارهای مدیریتی صحیح و کارآمد در جهت حفظ، احیاء و استفاده بهینه از رویشگاه‌های آن مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود در مطالعات بعدی تنها بر روی متغیرهای مهم تمرکز می‌شود تا ضمن حفظ صحت و دقت روش کار از صرف هزینه و زمان زیاد در تحقیقات جلوگیری شود. مدلسازی پیش بینی رویشگاه گونه‌هایی که در شرایط خشکی و شوری قادر به ادامه حیات هستند اطلاعات مفیدی را برای حفظ و ارتقای میکروکلیمای مناطق خشک و نیمه خشک فراهم می‌کند و با توجه به موانع و محدودیت‌های این مناطق راهبردهای مدیریتی را در جهت توسعه پوشش گیاهی آن همسو سازد. گون‌ها گیاهانی فوق العاده مقاوم به خشکی و دارای ریشه‌هایی هستند که تا حدود سه متر برای استفاده از رطوبت، در زمین نفوذ می‌کند. جمع بندی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که گون گونه‌ای مقاوم می‌باشد چرا که رویشگاه پتانسیل این گونه در مناطقی است که خاک آن دارای بافت سبک می باشد. همچنین استقرار و پراکنش این گیاه در اراضی کم شیب نیز میسر می‌باشد. پیشنهاد می‌شود در احیاء مناطق خشک و نیمه خشک خصوصاً در مکان‌هایی کوهستانی و شرایط برای رویش گیاهان دیگر محدود است و همچنین مناطقی که خطر فرسایش آبی در آن زیاد است از این گونه استفاده شود. همچنین نتایج این تحقیق می‌تواند در مکان‌یابی مناطق مستعد جهت احیای رویشگاه‌های بالقوه گونه مورد نظر استفاده شود. در پایان توصیه می‌شود درمطالعات آتی سایر پارامترهای محیطی نظیر بارش در نظر گرفته شوند.

سپاسگزاری: نویسندگان مقاله ضمن اعلام عدم وجود تعارض منافع مقاله ارائه شده ، از همکاری مرکز تحقیقات علوم گیاهی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک تقدیر و تشکر به عمل می آورد .

منابع

احمدی، ع. و م. پیروی. ۱۳۸۸. اثر سن دام و ماههای مختلف فصل چرا بر رفتار چرایی و انتخاب جیره میشهای نژاد زندی چراکننده در مراتع استپی یکه باغ قم، تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۶(٤): ٥٣٦-٥٥٠.

اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی، ۱۳۹۰، مطالعات پایه آبخیزداری حوزه آبخیز سوار آباد .

برنا، ف.، ر. ثمرتاش، م. طاطیان، و و. غلامی. ۱۳۹۵. مدل سازی رویشگاه بالقوه گون سفید با استفاده از روش های تحلیل عامل آشیان بوم شناختی و رگرسیون لوجستیک (مطالعه موردی: مراتع ییلاقی بلده نور). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال هفتم، شماره چهارم، ٦١-٤٥.

برنا، ف.، ر. ثمرتاش، م. طاطیان، و و. غلامی. مدل سازی مطلوبیت رویشگاه گونه اسپرس کوهی (Onobrychis cornuta) را روش تحلیل عامل آشیان بوم شناختی در مراتع بلده نور. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). .DOI. 20.1001.1.23832592.1400.34.2.17.6.

خداقلی، م.، ش. یزدانی، م.کیوان، و ا. داریان. ۱۳۸٦. پهنه بندی اقلیم رویشی حوضه آبخیز کارون با استفادهاز روش های آماری چند متغییره و سامانه های اطلاعات جغرافیایی. مجله علمی کشاورزی، ۳۰ (٤): ۱۵۲-۱۳۹.

زارع چاهوکی، م.، آ. زارعی و م. جعفری. ۱۳۹۱. مطالعه ارتباط برخی عوامل محیطی با پراکنش پوشش گیاهی در مراتع دنبلید طالقان. پژوهش و سازندگی ۹٤: ۷۳-٦٥.

زارع چاهوکی، م.، م. عباسی و ح. آذرنیوند. ۱۳۹۳. مدل سازی پراکنش مکانی رویشگاه‌های *Agropyron intermedium* و *Stipa barbata* با روش رگرسیون لوجستیک (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی). مرتع ۸(۲): ۱۱۵-۱۰٦.

قهنویه، آ.، ت. اصفهانی، ح. بشری و س. سلطانی کوبایی. ۱٤۰۰. بررسی تغییرات گستره جغرافیایی گون زرد تحت سناریوهای تغییر اقلیم با استفاده از روش مدل سازی جنگل تصادفی (RF) مطالعه موردی: استان های اصفهان و چهار محال بختیاری. مجله مرتع، ۱۵ (۲): ٦۰۲-۵۸۹.

صفایی، م.، ۱۳۸۹. مدل سازی رویشگاه بالقوه گونه گیاهی گون زرد (*Astragalus verus Olivier*) با استفاده از دو روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک و رگرسیون لوجستیک (LR) در منطقه فریدون شهر استان اصفهان. پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.

صفایی، م.، م. ترکش، م. بصیری و ح. بشری. ۱۳۹۲. تهیه نقشه رویشگاه پتانسیل گونه *Astragalus verus Olivier* با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک. فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم. جلد ۳،شماره ۱. ۵۷-٤۲.

عباسی، م. و م. زارع چاهوکی. ۱۳۹۵. مدل سازی مطلوبیت رویشگاه گونه *Agropyron intermedium* با روش تحلیل عامل آشیان بوم شناختی (ENFA) (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی). مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). DOI:20.1001.1.23832592.1395.29.4.12.0

عباسی، م.، م. زارع چاهوکی و ح. باقری. ۱٤۰۰. مدل سازی پراکنش رویشگاه گونه گیاهی *Agropyron intermedium* با روش آنتروپی حداکثر (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی). نشریه علمی پژوهشی مرتع و آبخیزداری. DOI:10.22059/jrwm.2021.305516.1515

فراشی، آ.، م .کابلی و ا. مومنی. ۱۳۸۹. مدل سازی مطلوبیت زیستگاه بز و پازن (*Capra aegagrus*) به کمک روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی. استان اصفهان. محیط زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران). ٦۳(۱): ٦۳-۷۲

کیقبادی. م ،پ. صحراگرد و ح. پهلوان راد. ۱۳۹۹. کاربرد مدل جمعی تعمیم یافته و درخت طبقه‌بندی و رگرسیون در برآورد پراکنش رویشگاه بالقوه گونه‌های مرتعی (مطالعه موردی: مراتع خضری دشت بیاض، خراسان جنوبی) .*تحقیقات مرتع و بیابان ایران* ۲۷(۳): ۵٦۱-۵۷٦.

محمدی، ع.، س. علوی و م. حسینی. ۱۳۹٦. مدل سازی مطلوبیت رویشگاه گونه ملج (*Ulmus glabra*) در جنگل خیرود نوشهر. نشریه علمی پژوهش های علوم و فناوری چوب و جنگل. .DOI:10.22069/JWFST.2017.13119.1672

Araujo, M.B., R.G. Pearson, W.Thuiller and M.Erhard. 2005. Validation of species–climate impact models under climate change. *Global Change Biology*. *11*(9):1504-1513

Chahouki, M.Z., L.K. Ahvazi and H. Azarnivand. 2012. Comparison of three modeling approaches for predicting plant species distribution in mountainous scrub vegetation (Semnan rangelands. Iran). Pollish Journal of Ecology.60 (2):277-289

Elith, J. and J. Leathwick. 2007. Predicting species distributions from museum and herbarium records using multiresponse models fitted with multivariate adaptive regression splines. *Diversity and Distribution.13* (3):265-275

Guisan, A., W.Thuiller and N. Zimmermann. (2017). Habitat suitability and distribution models: With applications in R (ecology, biodiversity and conservation). Cambridge: Flow (Camb)

Hijmans, R.J. and C.H. Graham. 2006. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global Change Biolo*. *12*(12): 2272-2281

Huang R, H. Du, Y. Wen ,C. Zhang , M. Zhang, H. Lu , C. Wu and B. Zhao. 2022. Predicting the distribution of suitable habitat of the poisonous weed Astragalus variabilis in China under current and future climate conditions. Front. Plant Sci, 13:921310.

Kohei Suzuki, Radnaakhand Tungalag, Amartuvshin Narantsetseg, Tsagaanbandi Tsendeekhuu, Masato Shinoda, Norikazu Yamanaka, Takashi Kamijo, Composition, distribution and environmental drivers of Mongolian rangeland plant communities, Journal of Plant Ecology, Volume 16, Issue 3, June 2023, rtac100, https://doi.org/10.1093/jpe/rtac100

Linkie, M., R.J. Smith and N.Leader-Williams. 2004. Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity Conservation*. *13*:1809-1818

Meynard, C.N. and J.F. Quinn. 2007. Predicting species distributions: a critical comparison of the most common statistical models using artificial species. Journal of Biogeography, 34(8): 1455-1469.

Pearson, R.G. and T.P Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful. *Global Ecology Biogeography*. *12*(5):361-371

Phillipes, S.J., R.P. Anderson and R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modeling. No. 190. Pp: 231-259.

Rana, S.K., H.K.Rana, S.K. Ghimire, K.K.Shrestha and S.Ranjitkar. 2017. Predicting the impact of climate change on the distribution of two threatened Himalayan medicinal plants of Liliaceae in Nepal. Journal Mountaine Science. *14*: 558-570.

Rangel, T.F., J.A.F. Diniz-Filho and L.M. Bini. 2006. towards an integrated computational tool for spatial analysis in macroecology and biogeography. Global Ecology Biogeography. 15(7): 321-327

Sahragard, H., M.Ajorlo and P.Karami. 2021. Landscape structure and suitable habitat analysis for effective restoration planning in semi-arid mountain forests. *Global Ecology Biogeography*. *10*:1-13.

Saraf, S., John, R., Goljani Amirkhiz, R. et al. Biophysical drivers for predicting the distribution and abundance of invasive yellow sweetclover in the Northern Great Plains. Landsc Ecol 38, 1463–1479 (2023). https://doi.org/10.1007/s10980-023-01613-1

Shams-Esfandabad1, B., A. Ahmadi and T. Yusefi. 2019. Seasonal changes in the distribution of suitable habitats for the Persian goitered Gazelle (*Gazella subgutturosa*) in Isfahan province, Journal of Wildlife and Biodiversity 3(1): 58-65

Tanaka, N.K., E.Suzuki, L.Dye, A.Ejima and M.Stopfer. 2012. Dye fills reveal additional olfactory tracts in the protocerebrum of wild-type Drosophila. *J Comp Neurol*. *520*(18):4131-4140

Tóth, J.P., K.Varga, Z.Végvári and Z.Varga. 2013. Distribution of the Eastern knapweed fritillary (Melitaea ornata Christoph. 1893) (Lepidoptera: Nymphalidae): Past, Present and future. Journal of Insect Conservation. *17*:245-255

Zhao, Y.; M. Zhao,L. Zhang, C. Wang and Y. Xu. 2021. Predicting Possible Distribution of Tea (Camellia sinensis L.) under Climate Change Scenarios Using MaxEnt Model in China. Agriculture, 11, 1122.

Investigation of performance of Genetic Algorithm (GARP), MaxEnt and Logistic Regression in Analysis of Distribution of Astragalus, Sp. (Case study: Savar-Abad Basin of Markazi Province)

A. Ahmadi[1], A. Ghahramanian[2], H. Toranjzar[3], J. Varvani[4], N. Abdi[4]

Received: 2023-05-12 Accepted: 2023-11-23

Abstract

In order to determine the potential habitat of plant species, it is essential to know the ecological needs of the species as well as climatic and edaphic characteristics to apply management in accordance with the ecological conditions of the studied area. In this research, in order to develop model for the distribution of Astragalus Sp., using different statistical methods in part of the pastures of the Savar-Abad Basin, at first by producing using topographic, slop, aspect maps, types of vegetation in study area were determined. In the specified types, a number of sampling sites with dimensions of 2 to 10 square meters were selected. Information related to the presence and absence of Astragalus sp as dependent variable and other environmental information as independent variables was measured. In each homogenous unit, three transects of 750 meters, two transects along the most gradients (height, direction and slope), And another transect established perpendicular to those two transects. Along each transect, 15 plots were placed at a distance of 50 meters, thus 47 plots were established in each homogeneous unit. (Total 2 units, 94 plots). The size of sampling plots was determined according to the type and distribution of plant species using the Minimum Surface Method. In each plot, the type and number of plant species and their coverage percentage were recorded. For soil sampling, At the beginning and end of each transect, the soil profile was dug and soil sampling was done according to existing standards, and soil variables including gravel, clay, sand, silt, lime, organic matter, acidity and electrical conductivity were measured in the laboratory. Also, in each sampling unit, latitude, longitude, slope, direction and height from the sea level were also determined. In this study, the dependent variables are the data of the presence and absence of vegetation types, and the independent variables include soil and topography characteristics. The best distribution model was determined using statistical analysis. The results showed that the MaxEnt model has a better performance than the logistic regression and genetic algorithm models. However, the findings of the research show that altitude, acidity and salinity have a greater effect on the distribution of different species in the study area.

Key words: Astragalus Sp, Genetic algorithm, logistic regression, MaxEnt, Savar-Abad basin, Markazi province.

1- Center of Food Security Research, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
2- Department of Rangeland Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
3- Center of Applied Plant Research, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
4- Department of Natural Resource and Environment, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran