مقاله پژوهشی **شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1**

مدل‌سازی پراکنش مکانی رویشگاه گونه دارویی قره‌قات (*Vaccinium arctostaphylos* L.) با روش رگرسیون لجستیک در مراتع شهرستان نمین- اردبیل

مینا عزیزی کله‌سر[۱]، مهدی معمری*[۲]، اردوان قربانی[۳]، لیلا خلاصی اهوازی[۴] و مجتبی فتحی[۵]، سحر صمدی خانقاه[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۶/۱۷

چکیده

ارزیابی روش‌های مختلف مدل‌سازی جهت تعیین رویشگاه بالقوه گیاهان و برنامه‌ریزی‌های متناسب برای اعمال سیاست‌های حفاظتی و احیایی ضروری است. در این مطالعه به منظور مدل‌سازی پراکنش رویشگاه گونه نادر قره‌قات، نمونه‌برداری از مناطق حضور و عدم‌حضور آن در ۸ رویشگاه با روش تصادفی-سیستماتیک در فصل رویش انجام شد. هم‌چنین، اطلاعات طول و عرض جغرافیایی و عوامل فیزیوگرافی گونه مورد نظر در هر رویشگاه با استفاده از دستگاه GPS با تعداد ۴۰ مشاهده ثبت شد و نمونه‌های خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری (عمق فعال ریشه‌دوانی) جمع‌آوری شدند. سپس برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل pH، قابلیت هدایت الکتریکی، بافت خاک، آهک، پتاسیم محلول، منیزیم، سدیم محلول، ماده آلی ذره‌ای، فسفر قابل‌جذب، بی‌کربنات محلول و درصد رس، سیلت و شن در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. در گام بعد برای تعیین ارتباط بین عوامل محیطی و پراکنش گونه قره‌قات از رگرسیون لجستیک استفاده شد. نقشه عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه مورد نظر با استفاده از روش آمار مکانی IDW به منظور ارزیابی روش‌های درون‌یابی تهیه شد. برای ارزیابی میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی از شاخص کاپا استفاده شد. نتایج حاصل از روش رگرسیون لجستیک نشان داد که مهم‌ترین عوامل موثر بر پراکنش قره‌قات در منطقه، شیب دامنه، جهت جغرافیایی تبدیل‌شده، فسفر و سیلت می‌باشد. به‌طوری‌که حضور گونه با شیب، فسفر و درصد سیلت رابطه مستقیم دارد و در جهت جغرافیایی غرب و جنوب غرب افزایش می‌یابد. هم‌چنین نتایج رگرسیون لجستیک به‌صورت هم‌پوشانی مناطق حضور گونه با شیب و جهت نشان داد که این گونه در شیب زیاد و جهت غرب و جنوب غرب پراکنش دارد. هم‌چنین، میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی رویشگاه، در سطح خوب (Kappa index:۰/۶۵) ارزیابی شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که روش رگرسیون لجستیک قادر است برای رویشگاه منحصر به فرد گونه قره‌قات، مدل پیش‌بینی خوبی را فراهم آورد. نتایج این مطالعه می‌تواند در جهت شناسایی و ارزیابی رویشگاه‌های مستعد این گونه و امکان حفاظت، تکثیر و پرورش آن به‌عنوان یک گیاه دارویی نادر و بومی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مدل پیش‌بینی، آشیان اکولوژیک، رگرسیون لجستیک، گونه قره‌قات.

[۱]- دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

[۲]- دانشیار گروه علوم گیاهی و گیاهان داروئی دانشکده کشاورزی مشکین‌شهر و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

*: نویسنده مسئول: moameri@uma.aci.ir

[۳]- استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

[۴]- دکتری علوم مرتع، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، استان خوزستان، اهواز، ایران.

[۵] - دکتری علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

مقدمه

در سال‌های اخیر بهره‌گیری از روش‌های آماری در مدل‌سازی استاتیک پوشش گیاهی، به‌منظور برقراری ارتباط بین پراکنش پوشش گیاهی و عوامل محیطی تأثیرگذار افزایش یافته است. این روش‌ها می‌توانند با ارتباط دادن 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 (۳۰). از آنجا که حضور هرگونه گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی و روابط بین گونه‌ای است و یک یا چند عامل محیطی بیش‌ترین اثر را در حضور یک گونه گیاهی خاص دارند، اگر به طریقی بتوان عوامل محیطی اثرگذار در پراکنش هرگونه گیاهی را تعیین کرد و رفتار گونه را نسبت به متغیرهای محیطی بررسی نمود، می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای دست یافت (۳۲ و ۳۹). به طورکلی مدل، رفتار یک پدیده را در دنیای واقعی با استفاده از چندین عامل ارائه می‌کند. مدلی که با کم‌ترین تعداد عامل، منطقی‌ترین نتیجه را ارائه نماید، بهترین است (۲). هم چنین مدل‌ها از ابزارهای بالقوه به منظور کسب اطلاعات درباره علل پراکنش گونه‌ها و تناسب رویشگاه برای گونه‌های گیاهی محسوب می‌شوند.

تحقیقات قابل توجهی در مراتع در زمینه پیش‌بینی پوشش گیاهی با استفاده از مؤثرترین عوامل تأثیرگذار محیطی بر پوشش‌گیاهی انجام شده است ولی با توجه به مساحت وسیع مراتع کشور و عدم مدیریت کاربردی و اصولی، ضرورت دارد از روش‌هایی مانند مدل‌سازی گونه‌های کلیدی و در حال انقراض و تعمیم آن به مناطق دیگر در راستای گسترش عملیات مدیریتی به‌منظور جلوگیری از صرف هزینه و اتلاف زمان در جهت اهداف اصلاحی و احیائی اقدامات لازم انجام شود. بنابراین، نقشه مدل‌سازی پیش‌بینی پوشش گیاهی مناطق مرتعی می‌تواند به‌عنوان یک نقشه بوم‌شناختی مهم اطلاعات ارزشمندی را درباره انتشار گیاهان و شرایط محیط اطرافشان ارائه دهد؛ به‌گونه‌ای که لازم است مدل‌سازی الگوی پراکنش گونه‌های گیاهی با دخالت دادن عوامل محیطی و تشخیص مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش گیاهان صورت گیرد تا با استفاده از نقشه‌های پیش‌بینی تهیه شده بتوان آن را به مناطق با شرایط مشابه منطقه مورد مطالعه تعمیم داد (۱۹). تکرار در استفاده از این مدل‌های پیش‌بینی، برای ارزیابی دقّت پیش‌بینی مدل، یکی از نکات مهم در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی است (۳۷).

رگرسیون لجستیک به‌عنوان 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 مطلوبی حاصل می‌شود (۷). 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 (۳۳). به‌دلیل 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 (۱۵). به‌همین دلیل استفاده از این روش برای تهیه مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها در مقیاس منطقه‌ای به‌منظور استفاده در برنامه‌های حفاظتی به‌سرعت در حال توسعه است (۸). در همین ارتباط، فروزه و همکاران (۲۰۱۷)، امکان‌سنجی تهیه نقشه پیش‌بینی احتمال حضور برخی از گونه‌های مهم مرتعی در مراتع کوهستانی زاگرس را انجام داده و بیان کردند که آنالیز گرادیان متغیرهای محیطی توسط روش رگرسیون لجستیک می‌تواند به‌عنوان یکی از روش‌های مناسب در تهیه نقشه پیش‌بینی زیستگاه مطلوب گونه‌های گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. هم‌چنین، باقری و همکاران (۲۰۱۹) مدل‌سازی پراکنش مکانی دو گونه *Limonium iranicum* و *Aeluropus littoralis* را با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مراتع کویر میقان اراک انجام دادند و بیان کردند که مهم‌ترین ویژگی‌هایی که باعث تفکیک رویشگاه گونه *L. iranicum* شدند، متغیرهای آهک و سیلت عمق دوم و شن عمق اول خاک بودند و مهم‌ترین ویژگی‌ها در ترجیح رویشگاه گونه *A. littoralis* متغیرهای آهک عمق اول خاک و ارتفاع از سطح دریا بوده است. هم‌چنین میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه‌های واقعی برای رویشگاه گونه *A. littoralis* در سطح خوب (ضریب کاپای ۰/۶۵

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

درصد) و برای رویشگاه گونه *L. iranicum* در سطح خیلی خوب (ضریب کاپای ۰/۸۳ درصد)، ارزیابی شده است. اسفنجانی و همکاران (۲۰۱۹) در مدل‌سازی گونه *Prangos pabularia* lindl. با استفاده از روش رگرسیون لجستیک و آنتروپی بیشینه نشان دادند که در روش رگرسیون لجستیک از بین عوامل محیطی مورد ارزیابی، فاکتور بارندگی موثرترین عامل است و مقدار شاخص کاپا برای ارزیابی مدل ۰/۵۱ بوده است. هم‌چنین، اسفنجانی و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با هدف توسعه بهترین مدل پیش‌بینی برای توزیع گونه *Prangos uloptera* DC. با استفاده از دو روش رگرسیون لجستیک و آنتروپی بیشینه در مراتع جنوبی استان اردبیل نشان دادند که در روش رگرسیون لجستیک میزان بارندگی دارای بیش‌ترین تاثیر در توزیع گونه مورد مطالعه بوده است. در روش رگرسیون لجستیک مقدار شاخص کاپا ۰/۶۵ و در روش آنتروپی بیشینه ۰/۳۵ نتیجه‌گیری شد که براساس نتایج دقت روش رگرسیون لجستیک بهتر از روش آنتروپی بیشینه بوده است. قربانی و همکاران (۲۰۲۰) در پیش‌بینی توزیع گونه *Leucanthemum vulgare* Lam. با استفاده از رگرسیون لجستیک در مراتع فندقلوی استان اردبیل بیان کردند که حضور *L. vulgare* با فاکتورهای درجه حرارت و رطوبت حجمی خاک ارتباط مثبت و با فاکتورهای هدایت الکتریکی، سدیم، رس قابل انتشار ارتباط منفی دارد. ضریب کاپا برای نقشه پیش‌بینی شده ۰/۵۵ درصد بود و ارزیابی مدل نشان داد که رگرسیون لجستیک قادر به پیش‌بینی توزیع زیستگاه‌های *L. vulgare* بوده است.

مراتع شهرستان نمین از مهم‌ترین مراتع کشور می‌باشد که از جنبه‌های اکولوژیکی مانند وجود گونه‌های مرغوب مرتعی، ذخایر ژنتیکی، اقتصادی، تولید علوفه، نقش آن در دامداری و زنبورداری حائز اهمیت هستند. گیاه قره‌قات (*Vaccinium arctostaphylos* L.) از تیره Ericaceae، که معمولاً در جامعه راشستان جنگل‌های شمال ایران و مناطق اکوتون جنگل و علفزارهای این مناطق می‌روید، یکی از گیاهان نادر، کمیاب و باارزش از لحاظ خاصیت دارویی می‌باشد که به‌صورت پراکنده در بعضی از نقاط این منطقه پراکنش دارد. قره‌قات گیاهی بوته‌ای، نیمه‌درختچه‌ای و یا درختچه‌ای با حداکثر ارتفاع ۳ متر با میوه‌های سته گرد و کروی به رنگ ارغوانی تیره یا سیاه که پر از بذر می‌باشد. این گیاه در ایران یک گونه دارد و بیش‌تر در ارتفاعات گیلان (اکوسیستم‌های اکوتون جنگل‌ها و علفزارهای مابین اردبیل و گیلان) می‌روید که به دلیل عدم امکان تجدید حیات در طبیعت از طریق بذر در حال انقراض است (۹، ۱۷، ۲۸ و ۲۹). قره‌قات از گذشته به‌دلیل داشتن اثرات درمانی مؤثر مانند کاهش قند خون و فشار خون و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در طب سنتی ایران به‌صورت دم‌کرده میوه و برگ، توصیه و مصرف می‌شود (۱۷). بنابراین، با توجه به خلاء تحقیقاتی موجود، عدم شناخت کافی در ارتباط با عوامل بوم‌شناختی مؤثر در انتشار این گونه دارویی نادر و در خطر انقراض، هدف از این مطالعه، تعیین مهم‌ترین متغیرهای محیطی مؤثر در توزیع گونه *V. arctostaphylos* با به‌کارگیری عوامل خاکی و توپوگرافی و ارزیابی توان پیش‌بینی روش مدل‌سازی رگرسیون لجستیک بر اساس داده‌های حضور و عدم‌حضور گونه مذکور در منطقه مورد مطالعه است. شناخت عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش پوشش گیاهی می‌تواند در زمینه آشنایی با سازگاری گونه‌های بومی و بکارگیری آنها در برنامه‌های اصلاح و احیاء مراتع، کارآمد باشد.

مواد و روش‌ها

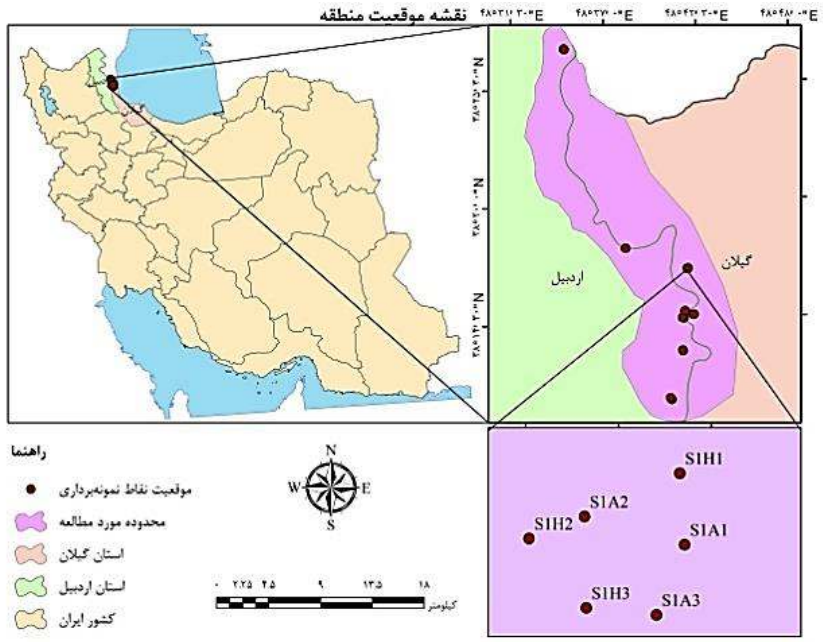
معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی ″۳۰ ′۱۰ °۳۸ تا ″۰۰ ′۳۴ °۴۸ طول شرقی و ″۳۰ ′۲۷ °۳۸ تا ″۰۰ ′۴۲ °۴۸ عرض شمالی در شهرستان نمین واقع شده است (شکل ۱). متوسط بارندگی منطقه با استفاده از اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه (ایستگاه نمین با ارتفاع ۱۳۴۵ متر از سطح دریا) ۳۷۸ میلی‌متر، و متوسط دمای منطقه ۸/۹ درجه سانتی‌گراد (متوسط حداقل ۳/۰۳ و متوسط حداکثر ۱۴/۷ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (۳۸ و ۳). وجود شرایط مختلف توپوگرافی و اختلاف ارتفاع زیاد و نزدیکی به دریا باعث شده است تا شرایط رویشی مناسبی برای آشیان‌گزینی انواع گونه‌ها و استقرار اجتماعات گیاهی مختلف در این منطقه اکوتون فراهم آید. در ناحیه ارسباران و بعضاً در برخی دامنه‌های جنوبی و جنوب غربی البرز همانند ارتفاعات مشرف به استان گیلان در استان اردبیل،

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

به‌علت نفوذ آب و هوای ناحیه هیرکانی فلور منطقه، تحت تأثیر فلور هیرکانی قرار گرفته و عناصر گیاهی مشابه گسترش یافته است (۳۸).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان اردبیل و نقاط نمونه‌برداری

روش تحقیق

با استفاده از نقشه کاربری اراضی و طی چندین مرحله بازدیدهای میدانی اولیه از مراتع مشجر و علفزارهای ارتفاعات جنگلی مشرف به استان گیلان که گونه دارویی قره‌قات در آنجا پراکنش داشته است و با توجه به توپوگرافی متنوع منطقه و هدف پژوهش، تعداد ۸ رویشگاه انتخاب شد. هدف از انتخاب ۸ رویشگاه آن بوده است که مناطق مختلفی که این گونه حضور دارد، مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. سپس در داخل هر رویشگاه از نقاط حضور و عدم‌حضور گونه قره‌قات نمونه‌برداری به روش تصادفی سیستماتیک در فصل رویش گونه انجام شد. در هر رویشگاه با پیمایش عرصه‌ای محل گونه مشخص شد و در گام بعد، اطلاعات طول و عرض جغرافیایی و عوامل فیزیوگرافی گونه مورد نظر با استفاده از دستگاه GPS ثبت شد و تعداد ۴۰ نمونه خاک از مناطق حضور و عدم‌حضور گونه که گویای شرایط کل منطقه باشند، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری (عمق فعال ریشه‌دوانی) از مجاورت گیاه جمع‌آوری شد. در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه محقق اردبیلی نمونه‌های خاک بعد از خشک شدن در هوای آزاد، کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و در ادامه، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل pH، قابلیت هدایت الکتریکی، بافت خاک، آهک، پتاسیم محلول، منیزیم، سدیم محلول، ماده آلی ذره‌ای، فسفر قابل‌جذب، بی‌کربنات محلول و درصد رس، سیلت و شن با استفاده از روش‌های تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (۲۲) اندازه‌گیری شدند.

به‌منظور مدل‌سازی توزیع مکانی گونه، نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهات جغرافیایی تهیه شد. سپس داده‌های مربوط به جهت جغرافیایی با استفاده از رابطه (۱) کمّی شد (۶).

رابطه (۱) $A' = \cos(45-A) + 1$

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

همچنین، با استفاده از معادله گرادیان بارندگی و دمای ۲۵ ساله کالیبره شده منطقه، نقشه‌های هم‌باران و هم‌دما استخراج شد و نقشه‌های مربوط به ویژگی‌های خاک نیز با استفاده از روش‌های زمین آمار و تکنیک‌های درون‌یابی در نرم‌افزار Arc GIS$_{ver.10.8}$ تهیه شد. به‌منظور ارزیابی روش‌های درون‌یابی از روش‌های زمین آماری با روش میانگین متحرک وزن‌دار مقایسه شد و از دو پارامتر آماری میانگین خطای مطلق(MAE[1]) و مجذور میانگین مربعات خطای تخمین (RMSE[2]) استفاده شد و از بین روش‌های کریجینگ معمولی، کریجینگ ساده و IDW[3]، روش میانگین متحرک وزن‌دار (IDW) به‌دلیل اینکه نسبت به روش‌های حجمی و وزنی کمترین میانگین خطا مطلق و مجذور خطای میانگین نزدیک‌تری به صفر دارد (۴۳)؛ به‌عنوان مناسب‌ترین روش برای تعیین پارامترهای مکانی گونه مورد مطالعه تشخیص داده شد (جدول ۱). در نهایت با روی‌هم‌گذاری نقشه نقطه‌ای نقاط نمونه‌برداری و نقشه‌های عوامل توپوگرافی، اقلیمی و خاکی، داده‌های توپوگرافی و اقلیمی و خاکی مربوط به نقاط نمونه‌برداری به‌دست آمد.

جدول ۱: نتایج ارزیابی متقاطع برای درون‌یابی خصوصیات خاک وارد شده به مدل رگرسیون لجستیک

	روش کریجینگ معمولی		روش کریجینگ ساده		روش میانگین متحرک وزن‌دار	
	آماره‌ها		آماره‌ها		آماره‌ها	
	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE
فسفر (mg/kg)	-۰/۰۸۹	۳/۵۹	-۰/۰۹۶	۳/۲۱	-۰/۰۰۰۳۲	۴/۲۸
سیلت (درصد)	-۰/۸۲	۱۲/۵۲	۳/۲۹	۱۰/۶۹	-۰/۰۰۲۲	۱۸/۷۲

روش رگرسیون لجستیک (LR) دوتایی یکی از مدل‌های آنالیز چندمتغیره برای پیش‌بینی حضور و عدم‌حضور یک پدیده (مانند یک گونه گیاهی) براساس یک سری متغیرهای پیش‌بینی‌کننده است (۸). رگرسیون لجستیک دوتایی بیان‌کننده رابطه بین یک متغیر پاسخ با سطح دوتایی (مانند حضور و عدم‌حضور) و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل پیش‌بینی‌کننده می‌باشد. در این آنالیز، متغیر وابسته داده‌های حضور و عدم‌حضور گونه قرقات بودند، که به‌ترتیب با کدهای ۱ و ۰ نشان داده شد و متغیرهای مستقل داده‌های مربوط به عوامل محیطی بود. رابطه کلی مدل رگرسیون لجستیک به‌صورت زیر است (رابطه ۲) (۴۳).

رابطه (۲)

$$Y = \frac{exp(LP)}{(1 + exp(LP))}$$

$$= \frac{exp(b0 + b1x1 + b2x2 + \cdots + bnx}{1 + exp(b0 + b1x1 + b2x2 + \cdots + b}$$

در این رابطه؛ Y، احتمال رخداد گونه، b، ضرایب مدل رگرسیون و xها، متغیرهای پیش‌بینی‌کننده (عوامل محیطی) هستند.

همچنین، برای تعیین هم‌خطی چندگانه از عامل تورم واریانس (VIF[4]) استفاده شد. نتایج مقادیر تورم واریانس نشان داد که همه متغیرهای مستقل مورد استفاده در این تحقیق دارای مقادیر VIF کمتر از ۱۰ هستند و در نتیجه در بین متغیرهای مستقل هم‌خطی وجود ندارد.

پس از تهیه نقشه عوامل محیطی مؤثر در حضور گونه، با اعمال رابطه رگرسیونی استخراج شده از نرم‌افزار SPSS، بر روی لایه‌های عوامل محیطی موثر، نقشه پیش‌بینی رویشگاه با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS$_{ver.10.8}$ تهیه شد. لایه‌های فیزیوگرافی (شیب و جهت) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع منطقه تهیه شدند. برای تعیین الگوی تغییرات مکانی و تهیه نقشه‌های خصوصیات خاکی از روش‌های آمار مکانی استفاده شد.

برای اجرای مدل، ۷۰ درصد داده‌ها وارد فرآینده مدلسازی شدند و ۳۰ درصد باقیمانده برای ارزیابی مدل

[1]- Mean Absolute Error
[2]- Root Mean Square Error
[3]- Inverse Distance Weighting
[4]- Variance Inflation Factor

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

مورد استفاده قرار گرفتند. هم‌چنین برای ارزیابی میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی مدل از شاخص کاپا[1] استفاده شد. شاخص کاپا میزان توافق بین مقادیر مشاهدات و مقادیر پیش‌بینی‌ها را نشان می‌دهد و برای محاسبه آن از ماتریس خطا استفاده می‌شود (۴۲). معادله شاخص کاپا به‌صورت رابطه (۳) می‌باشد:

رابطه (۳)

$$K=\frac{(a+b)-[(a+c)(a+b)+(b+d)(c+d)]/\,n}{n-[(a+c)(a+b)+(b+d)(c+d)]/\,n}$$

که در آن a معرف مقادیری است که هم در واقعیت و هم در مدل وجود دارد و مدل آن را به‌عنوان حضور ثبت می‌کند، b مقادیری که فقط در مدل دیده می‌شود، اما عملا در دنیای واقعی دیده نمی‌شود، c مقادیری که در واقعیت وجود دارد ولی در مدل دیده نمی‌شود، d مقادیری که نه در مدل و نه در واقعیت وجود دارد و مدل آن را به‌عنوان عدم‌حضور ثبت می‌کند.

نتایج

در مجموع نتایج حاصل از رگرسیون خطی نشان داد که چهار عامل شامل متغیرهای توپوگرافی (شیب و جهت) و متغیرهای خاک (فسفر و درصد سیلت) به‌عنوان مهم‌ترین عوامل در تعیین رویشگاه و آشیان اکولوژیکی گونه قره‌قات تشخیص داده شدند. هم‌پوشانی مناطق حضور گونه با شیب و جهت نشان می‌دهد که این گونه در شیب زیاد و جهت غرب و جنوب غرب پراکنش دارد.

رابطه (۴)

$$Y=\frac{EXP(0.120*slope-0.808*aspect+0.216*p+0.017*silt-4.346)}{1+EXP(0.120*slope-0.808*aspect+0.216*p+0.017*silt-4.346)}$$

در این رابطه، احتمال رخداد گونه (Y) و متغیرهای پیش‌بینی کننده مشخص شده است. در این روش نقاط حضور گونه به‌عنوان متغیر وابسته و متغیرهای محیطی به‌عنوان متغیرهای مستقل درنظر گرفته شده است.

پس از تعیین عوامل مهم و ارتباط آن‌ها با حضور گونه، برای تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاه لازم است تا نقشه آن عوامل با روش‌های زمین آمار با استفاده از داده‌های یک متغیر در یک نقطه معین با مختصات معلوم واقع در درون دامنه‌ای که ساختار فضایی در آن حاکم است، تخمین زد (۱۶). پس از تهیه نقشه عوامل محیطی مؤثر بر حضور گونه، با استفاده از روش‌های آمار مکانی (روش IDW)، با اعمال رابطه رگرسیون لجستیک، نقشه پیش‌بینی رویشگاه تهیه شد.

در این روش آماره هوسمر و لمشاو[2] (۲۰۰۰) جهت آزمون مدل‌های به‌دست آمده به‌کار گرفته شد. این آماره (HL) برای تطابق تعداد موارد مشاهده شده و پیش‌بینی شده به‌کار می‌رود. با توجه به جدول ۲، بالا بودن مقدار HL نشان‌دهنده تطابق بیشتر است. هم‌چنین با توجه به اینکه در رابطه به‌دست آمده، مقدار sig بالاتر از ۰/۰۵ می‌باشد، در نتیجه رابطه لجستیک تطابق خوبی به داده‌ها داشته و معنی‌دار است.

جدول ۲: آماره‌های مربوط به رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی حضور گونه‌های گیاهی

متغیرها	ضریب رگرسیون	Sig	R^2	HL**
شیب	۰/۱۲۰	۰/۰۴۱	۰/۴۴۲	۰/۶۳۹
جهت	-۰/۸۰۸	۰/۱۶۷		
فسفر	۰/۲۱۶	۰/۱۷۳		
سیلت	۰/۰۱۷	۰/۲۱۲		

**معنی‌داری در سطح یک درصد

با توجه به نتایج رگرسیون لجستیک، عامل جهت دامنه مؤثرترین عامل در پراکنش گونه مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه بوده است. زیرا این عامل بیش‌ترین مقدار ضریب پیش‌بینی جهت (۰/۸) را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین مشخص شد که مدل با حضور متغیرهای مستقل مورد بررسی بهتر از مدل فقط با مقدار ثابت است. بعد از تعیین عوامل مؤثر بر پیش‌بینی پراکنش گونه، رابطه کلی مدل رگرسیون لجستیک به‌صورت رابطه (۴) تهیه شد:

[1]- Kappa

[2]- Hosmer & Lemeshow Test

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]

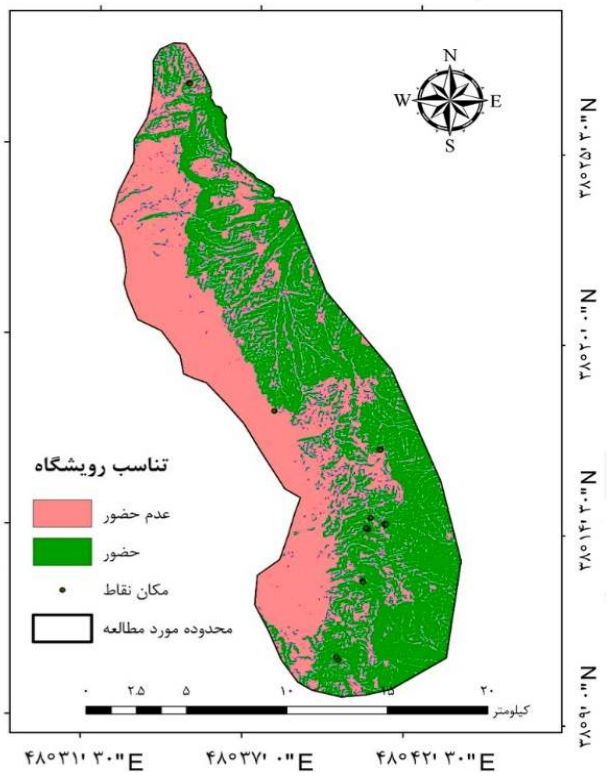
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

بر اساس نتایج مدل‌سازی، مقدار شاخص کاپا که پرکاربردترین شاخص برای ارزیابی کارایی مدل‌های پیش‌بینی است ۵۶/۲ درصد بدست آمد. طبقه‌بندی شاخص کاپا که براساس آن میزان توافق بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعیت مشخص می‌شود در جدول (۳) آمده است (۳۹). طبق مقادیر کاپا، مدل رگرسیون لجستیک مدلی با دقت خوب در پیش‌بینی حضور گونه قره‌قات با واقعیت می‌باشد.

باتوجه به مقدار معادله می‌توان گفت احتمال حضور گونه قره‌قات با افزایش شیب و فسفر و سیلت و در جهت غرب و جنوب غرب افزایش می‌یابد. نقشه خروجی حاصل از مدل شامل مقادیر احتمال حضور بین صفر تا یک برای رویشگاه موردنظر است، که در این پژوهش احتمال حضور ۰/۵-۰ به عنوان عدم‌حضور رویشگاه و ۱-۰/۵ به عنوان حضور رویشگاه در نظر گرفته شد و نقشه خروجی نهایی بر اساس این دو طبقه حضور و عدم‌حضور برای هر رویشگاه تعریف شد. نقشه پیش‌بینی توزیع مکانی گونه موردنظر در شکل (۲) نشان داده شده است.

جدول ۳: طبقه‌بندی مقادیر شاخص کاپا

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



شکل ۲: نقشه پیش‌بینی توزیع مکانی گونه قره‌قات با روش مدل‌سازی رگرسیون لجستیک

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از روش رگرسیون لجستیک نشان داد که از بین عوامل محیطی، عامل شیب دامنه، جهت جغرافیایی، فسفر و سیلت از عوامل مهم تأثیرگذار بر پراکنش گونه قره‌قات می‌باشد. به‌طوری‌که حضور گونه با شیب، جهت جغرافیایی، فسفر و درصد سیلت در ارتباط بودند. ارتباط

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

مثبت با افزایش شیب حکایت از آن دارد که این گونه در شیب زیاد حضور بیش‌تری دارد. طبق پژوهش‌های لاسور و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه تاثیر مدل‌ها بر پراکنش گونه‌های گیاهی؛ نارایاناراج[1] و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه پراکنش گونه *Tsuga canadensis* L. و پیری صحراگرد (۲۰۱۷) در پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مراتع غرب تفتان شهرستان خاش به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین عامل پراکنش گونه مورد مطالعه آن‌ها شیب می‌باشد که نتیجه تحقیق حاضر با نتایج آن‌ها هم‌خوانی دارد. زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی در مراتع دنبلید طالقان بیان کردند که رویشگاه گونه *Artemisia intermedium* با شیب دامنه رابطه همبستگی معنی‌دار دارد و در خاک‌هایی با شیب بالا و آهک و اسیدیته اندک احتمال حضور این گونه افزایش می‌یابد. باتوجه به نتایج رگرسیون لجستیک، عامل جهت دامنه مؤثرترین عامل در پراکنش گونه قره‌قات در منطقه مورد مطالعه بوده است. زیرا این عامل بیش‌ترین مقدار ضریب پیش‌بینی جهت (۰/۸) را در رابطه رگرسیونی به خود اختصاص داده است. در تحقیقات دیگر نیز عامل جهت در پراکنش گونه‌های مورد مطالعه‌شان کاملا معنی‌دار شده است که نتایج هم‌سویی با پژوهش حاضر دارد (۲۱)، به طوری‌که حیدری و جافریان (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر عوامل فیزیوگرافی و انسانی بر پراکنش مکانی بنه (*Pestacia atlantica*) با استفاده از GIS در جنگل‌های دره شهر نیز عامل جهت را در پراکنش این گونه موثر دانسته‌اند. در واقع دامنه‌های جنوبی گرمای بیش‌تری را نسبت به دامنه‌های شمالی دریافت می‌کنند. همین امر سبب افزایش تبخیر و تعرق شده و رطوبت کمتری در مقایسه با دامنه‌های شمالی دارند و باعث می‌شود گونه‌هایی که در دو دامنه استقرار می‌یابند از لحاظ ویژگی‌های اکولوژیکی با هم تفاوت داشته باشند (۲۵). در مطالعه‌ای که در مراتع هزارجریب بهشهر انجام شد، معلوم شد که گونهٔ *Stipa barbata* بیشتر در جهت‌های جنوبی و غربی پراکنده شده است (۳۶). جهت جغرافیایی بر مقدار آب در دسترس گیاه، درجه حرارت خاک و میزان نور دریافتی توسط گیاه تأثیر میگذارد. از طرف دیگر تفاوت در شدت تابش نور در جهت‌های مختلف یک دامنه، باعث بوجود آمدن تغییرات مزوکلیمایی در آن دامنه می‌شود (۲۶). میردیلمی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعه‌ای که در مراتع کچیک مراوه تپه انجام دادند، جهت جغرافیایی را از جمله عوامل با بیش‌ترین تأثیر در پراکنش گروه‌های اکولوژیک منطقه گزارش کرده‌اند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه شجاعی و همکاران (۲۰۱۷) که ارتفاع از سطح دریا را به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر بر پراکنش گونه معرفی کرده است و عوامل شیب و جهت برای حضور در مدل را مناسب ندانستند، مطابقت ندارد.

بر اساس نتایج مدل‌سازی تحقیق حاضر، حضور و عدم‌حضور گونه قره‌قات به‌طور مستقیم با مقادیر فسفر و درصد سیلت رابطه دارد. طبق مطالعات عبدالهی و همکاران (۲۰۱۰) عامل درصد سیلت در مدل‌سازی بر اساس رگرسیون لجستیک گونه *Stipa barbata* موثر بوده است. براساس مطالعه بهمنش و همکاران (۲۰۱۹) در مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک، درصد سیلت و بافت خاک و ارتفاع عوامل تأثیرگذاری بر تفکیک رویشگاه‌ها می توانند باشند. هم‌چنین زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۸) در پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه گیاهی *Stipa barbata*، مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار در ترجیح رویشگاه گونه مورد بررسی را به ترتیب متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، فسفر، سیلت، پتاسیم، ماده آلی و شیب گزارش کردند. طبق مطالعات باقری و همکاران (۲۰۱۹) در مدل‌سازی پراکنش مکانی دو گونه *Limonium iranicum* و *Aeluropus littoralis* با روش رگرسیون لجستیک در مراتع کویر میقان اراک بیان کردند که مهم‌ترین ویژگی‌هایی که باعث تفکیک رویشگاه گونه *L. iranicum* شدند، متغیرهای آهک و سیلت عمق دوم و شن عمق اول خاک بودند. در مطالعه حاضر برای ارزیابی میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی از شاخص کاپا استفاده شد. بر این اساس صحت مربوط به مدل‌سازی رگرسیون لجستیک (Kappa: ۰/۵۶) دارای دقت خوب در پیش‌بینی حضور گونه با واقعیت رویشگاه می‌باشد. بر اساس نظر محققان دیگر و نتایج به دست آمده در این پژوهش، مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی رویشگاه‌هایی که شرایط ویژه‌ای دارند با نقشه واقعی بیش‌تر تطبیق دارد (۴۳). این با نتایج اسفنجانی و همکاران

[1]- Narayanaraj

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

(۲۰۱۵) نیز مطابقت دارد که در مدل‌سازی پراکنش مکانی رویشگاه گونه‌های مراتع جنوب استان گلستان نشان دادند رگرسیون لجستیک می‌تواند روشی مناسب برای بررسی تأثیر عوامل مختلف بر پراکنش مکانی تیپ *Festuca ovina* - *Astragalus gossypinus* باشد. بنابراین باتوجه به اینکه گونه قره‌قات دامنه بوم‌شناختی وسیعی ندارد، کارایی مدل برای تشخیص حضور گونه قابل قبول است. زیرا مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه برای گونه‌هایی که دارای دامنه بوم‌شناختی محدودی هستند، تطابق بهتری با واقعیت دارند (۴۲). به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که روش رگرسیون لجستیک قادر است برای رویشگاه گونه قره‌قات که دارای شرایط رویشگاهی منحصر به‌فردی است، مدل پیش‌بینی خوبی را فراهم آورد. به‌طورکلی هر گونه گیاهی با توجه به خصوصیات منطقه رویش، نیازهای اکولوژیک و دامنه بردباری با بعضی از خصوصیات خاک و عوامل فیزیوگرافی رابطه معنی‌داری دارد، بنابراین نتایج بدست آمده از هر منطقه فقط قابل تعمیم به مناطق مشابه است (۳۵). نتایج این پژوهش به کارشناسان و مدیران منابع طبیعی کمک خواهد کرد تا برای مقاصد مدیریتی و برنامه‌ریزی در راستای حفاظت از رویشگاه گونه داروئی و نادر قره‌قات و احیا و اصلاح این مراتع تصمیمات لازم را اتخاذ کنند.

References

1. Abdollahi J., H. Naderi, M.R. Mirjalili & M.S. Tabatabaeezadeh, 2011. Effects of some environmental factors on growth characteristics of *stipa barbata* species in steppe rangelands of Nodoushan–Yazd. Range and Desert Research, 20 (1):130-144. (In Persian)
2. Al sheikh, A.A., M.J. Soltani, & H. Helali, 2002. Application of GIS in locating flood spreading areas. Geographical research, 17(4): 22-38. (In Persian)
3. Azimi Motem F., R. Talai, F. Asiabizadeh & M. Houshyar, 2011. A survey on flora, life forms and geographical distribution of plant species in the protected forests of Fandoghlu (Ardabil province). Taxonomy and Biosystematics. 3rd year, 9: 75-88. (In Persian)
4. Bagheri, H., A. Ghorbani, M.A. Zare Chahouki, A.A. Jafari & K. Sefidi, 2019. Spatial distribution modeling of *Limonium iranicum* and *Aeluropus littoralis* species by logistic regression method (case study: Arak Migan desert rangelands. Rangeland, 13(4): 560-570. (In Persian)
5. Beers, T. W., P. E. Dress & L.C. Wensel, 1966. Aspect transformation in productivity research. Journal of Forestry, 64: 691-692.
6. Behmanesh, B., E. Tabasi, A. Fakhire & L. Khalasi Ahvazi, 2019. Modeling the distribution of medicinal plant species of *Thymus Kotschyanus* Boiss. and *Achillea millefolium* using ENFA and logistic regression. Plant Ecosystem Conservation, 6(13): 91-120. (In Persian)
7. Carl, J., & I. Ku, 2007. Analyzing spatial autocorrelation in species distributions using Gaussian and logit models. Ecological Modelling, 207: 159-170.
8. Carter, G.M., E.D. Stolen & D.R. Breininger, 2006. A rapid approach to modeling species–habitat relationships. Biological conservation, 127: 237 -244.
9. Emad, M., F. Gheibi, S.M. Rasouli, R. Khanjanzadeh & S. Mohammadi Jozani, 2012. Book of Ghareghat industrial medicinal plant. Tehran. Pooneh Publication, 40p. (In Persian)
10. Esfanjani, J., A. Ghorbani, M. Moameri, M. A. ZareChahouki, A. Esmali Ouri & A. Mirzaei Mossivand, 2019. Comparison of maximum entropy and logistic regression for distribution modeling of *Prangos pabularia* lindl. in southern rangelands of Ardabil province, Iran. Range Managment & Agroforestry, 40 (2): 202-206.
11. Esfanjani, J., A. Ghorbani, M. Moameri, M. A. ZareChahouki, A. Esmali Ouri & A. Mirzaei Mossivand, 2020. Prediction of distribution of *Prangos uloptera* DC. Using Two Modeling techniques in southern rangelands of Ardabil province, Iran. Journal of Rangeland Science, 10(2): 137-148.
12. Esfanjani, J., M.A. Zare Chahooki, H. Rohani, M.M. Esmaeili & B. Behmanesh, 2015. Habitat distribution modeling species ranges southern of golestan province with logistic regression. Watershed Management Resarch, 28(108):53-61. (In Persian)
13. Forouzeh, M R., G. Heshmati & H. Barani, 2017. Feasibility Study of Preparing Prediction Map of the Possibility of Presence of Some Important Range Species in Zagros Rangeland. Plant Ecosystem Conservation, 5(10): 53-74. (In Persian)
14. Ghorbani, A., S. Samadi Khangah, M. Moameri & J. Esfanjani, 2020. Predicting the Distribution of *Leucanthemum vulgare* Lam. Using Logistic Regression in Fandoghlou Rangelands of Ardabil Province, Iran. Journal of Rangeland Science, 10(1): 98-111.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

15. Guisan, A. & N.E. Zimmermann, 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135: 147-186.
16. Hasani Pak, A.A., 2014. Geostatistics. University of Tehran. Tehran Publication. 328p. (In Persian)
17. Hasanlou, T., M. Jafarkhani Kermani, Y. Dalvand & SH. Rezazadeh, 2019. A complete review on genus *Vaccinium* and Iranian Ghareghat. Medicinal Plants, 18(72): 46-65. (In Persian)
18. Heydari, M. & E. Jaferiyan, 2017. Study the effect of physiographic and anthropogenic factors on the spatial distribution of *Pestacia atlantica* using GIS in Dareh Shahr forests. Plant research (Iranian Journal of Biology), 30(3): 560-570. (In Persian)
19. Hijmans, R. J. & J. Elith, 2017. Species Distribution Modelling with R, 79p.
20. Hirzel, A., & A. Guisan, 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling? Ecological Modelling, 157: 331–41.
21. Horesch, B., Braun, G. & U. Schmidt, 2002. Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. Amultiscale remote sensing and GIS approach computers, Environment and Urban Systems, 26: 113-139.
22. Jafari Hagigi, M., 2003. Soil Analysis methods: Sampling and important Physical and Chemical analysis with emphasis on theoretical and practical principles. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Nedaye Zoha Publication. Sari, 240p. (In Persian)
23. Lassueur, T., Joost & C.F. Randin, 2006. Very high resolution digital elevation models: Do they improve models of plant species distribution. Ecological Modelling, 198: 139-153.
24. Mirdeylami, S.Z. GH.A. Heshmati, H. Barani & Y. Hematzadeh, 2012. The effect of several soil and topographical factors on the distribution of medicinal species (Case study: Kachik catchment of Marvetappe). Water and Soil Conservation (Journal of Agricultural siences natural resources), 19(1): 97-81. (In Persian)
25. Mirzaei, J., M. Akbarinia, S.M. Hosseini, M. Tabari & S.GH.A. Jalili, 2008. Comparison of natural regenerated woody species in relation to physiographic and soil factors in Zagros forests (Case study: Arghavan reservoir in North of Ilam province). Watershed Management Resources (Pajouhesh va Sazandegi), 20(4): 16-23. (In Persian)
26. Moghadam, M.R., 2006. Ecology of terrestrial plants. University of Tehran. Tehran. First Edition. 702p. (In Persian)
27. Narayanaraj, G., P.V. Bolstad, K.J. Elliott & J.M. Vose, 2010. Terrain and Landform Influence on *Tsuga canadensis* (L.) Carrie`re (Eastern Hemlock) distribution in the southern Appalachian mountains. Castanea, 75(1): 1-18.
28. Nikavar, B. & M. Faraz, 2003. Evaluation of pharmacists' knowledge of herbal medicines. Researcher bulletin of medical sciences. 8(5): 343-345.
29. Nikavar, B., 2012. Medicinal-industrial plant of cranberries. University of Tehran.. First Edition. 40p. (In Persian)
30. 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.
31. Piri Sahragard, H., 2017. Predictive modeling of plant species habitat distribution using logistic regression (A case study in western Taftan, Khash City). Plant research (Iranian Journal of Biology), 30(4): 792-806. (In Persian)
32. Robinson, L. & J.A. Fordyce, 2017. Species-free species distribution models describe macro ecological properties of protected area networks. Plus One, 12:1-19.
33. Rushton, S.P., S.J. Ormerod & G. Kerby, 2004. New paradigms for modelling species distributions. Applied Ecology, 41:193-200.
34. Shojaee, M., A. Kiani, A. Setoodeh & H.R. Azimzadeh, 2017. Investigating the Role of topographic factors on spatial distribution of plant species using logistic regression (Case study: Baghe-Shadi forest, Harat, Yazd). Arid Biom Scientific and Reserch journal, 7(1): 1-11. (In Persian)
35. Shokrollahi, SH., H.R. Moradi & GH.A. Dianati Tilaki, 2013. A survey of some environmetal factors affecting on distribution of agropyron cristatum (Case study: Polur summer rangelands, Mazandaran province). Watershed Management Resources (Pajouhesh va Sazandegi), 25(4): 111-119. (In Persian)
36. Taghipour A. & SH. Rastgar, 2010. Role of physiography on vegetation cover using GIS (Case of Hezarjarib's Rangelands, Mazandaran province). Rangeland, 4: 168-177. (In Persian)
37. Teimourzadeh, A., A. Gorbani & A.H. Kavianpour, 2015. Study on the flora, life forms and chorology of south eastern of Namin forests(Asi-Gheran, Fandoghloo, Hasani and Bobini), Ardabil Province. Plant research (Iranian Journal of Biology). 28(2): 264-275. (In Persian)
38. Termansen, M., C.J. Mcclean & C.D. Preston, 2006. The use of genetic algorithms and Bayesian classification to model species distributions. Ecological Modelling, 192: 410–424.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]

39. Zare Chahooki, M.A., 2006. Modeling the distribution of plant species in arid and semi-arid rangelands (case study: Poshtkooh rangelands,Yazd province). PhD thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 180p. (In Persian)
40. Zare Chahooki, M.A., H. Piri Sahragard & H. Azanivand, 2013. Habitat distribution modeling of some halophyte plant species using Maximum Entropy Method (Maxent) in Hoze Soltan rangelands Of Qum Province. Rangeland, 7(3): 212-221. (In Persian)
41. Zare Chahouki, M.A., M. Abbasi & H. Azanivand, 2018. Prediction of potential habitat for *Stipa barbata* species using maximum entropy model (Case Study: Taleghan Miany rangelands). Rangeland, 12(1): 35-47. (In Persian)
42. Zare Chahooki, M.A., M. Jafari, H. Azanivand, M.R. Moghadam, M. Farahpour & M. Shafizadeh Nasrabadi, 2007. Application of logistic regression to study the relationship between presence of plant species and environmental factors. Watershed Management Resources (Pajouhesh va Sazandegi), 3(20): 136-143. (In Persian)
43. Zare Chahoukia, M.A. & A. Zare Chahouki, 2010. Predicting the distribution of plant species using logistic regression (Case study: Garizat rangelands of Yazd province). Desert, 15(2): 151-158.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.3.12.1]