

## مقاله پژوهشی

## 20.1001.1.20080891.1400.15.2.3.0 : (DOR) شناسه دیجیتال

مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گونه *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. در مرتع نیمه شمالی استان اردبیل

اردبیل

سحر غفاری<sup>۱</sup>، اردوان قربانی<sup>۲\*</sup>، مهدی معمری<sup>۳</sup>، رئوف مصطفی‌زاده<sup>۴</sup> و محمود بیدار لرد<sup>۵</sup> و آزاد کاکه ممی<sup>۶</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۹/۰۸

## چکیده

پژوهش حاضر با هدف مقایسه کارایی روش‌های انتروپی حداکثر و رگرسیون لجستیک در مدل‌سازی رویشگاه بالقوه گونه *Thymus kotschyanus* و تعیین عوامل مؤثر بر حضور گونه در مرتع نیمه شمالی استان اردبیل انجام شد. ۲۸ سایت انتخاب و در هر سایت ۳ ترانسکت و در طول هر ترانسکت ۱۰۰ متری ۱۰ پلات یک مترازمعی برای نمونه‌برداری استفاده شد. برای نمونه‌برداری از خاک هر سایت، ۹ پروفیل حفر و از دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. اطلاعات مربوط به خصوصیات خاک با استفاده از روش زمین‌آمار، اطلاعات توبوگرافی از مدل رقومی ارتفاع، اطلاعات اقلیمی با استفاده از داده‌های هواشناسی منطقه و سنجنهای سیمای سرزمین به کمک نقشه کاربری تهیه شد. نقش عوامل محیطی در پراکنش گونه در روش انتروپی حداکثر با استفاده از روش جکنایف و منحنی پاسخ بررسی شد. برای ارزیابی مدل رگرسیون لجستیک از آزمون نیکویی برازش هوسمر- لمشاو و سطح زیر منحنی ROC استفاده شد. سپس نقشه‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه براساس روش‌های انتروپی حداکثر و رگرسیون لجستیک ترسیم و شاخص کاپا برای ارزیابی میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی با نقشه واقعی مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس مدل رگرسیون لجستیک، پتانسیم عمق دوم و شاخص تجمع با همبستگی منفی و شبیه و خاک لخت با همبستگی مثبت و براساس روش انتروپی حداکثر، متغیرهای رس عمق اول، تغییرات ضربی اندازه لکه و شبیه شبیه موثرترین عوامل در حضور گونه در منطقه هستند. گونه *T. kotschyanus* خاک‌هایی با بافت سبک (رس کمتر از ۱۵ درصد)، پتانسیم (کمتر از ۱۸ میلی اکی والان در لیتر)، سیلت (کمتر از ۲۰ درصد)، مناطق مرتفع (۹۰۰ تا ۲۷۰۰ متر) و شبیب (۳۵ تا ۵۵ درصد) را ترجیح می‌دهد. بر اساس مقادیر ضربی کاپای محاسبه شده، مدل رگرسیون لجستیک پراکنش رویشگاه گونه موردنی مطالعه را در سطح خوب (۰/۶۴) و روش انتروپی حداکثر در سطح متوسط (۰/۴۲) برآورد کرده است. نتایج نشان می‌دهد که روش رگرسیون لجستیک در برآورد دامنه پراکنش گونه از صحت بیشتری برخوردار است.

**واژه‌های کلیدی:** مدل‌سازی، مطلوبیت زیستگاه، فاکتورهای محیطی، رگرسیون لجستیک، انتروپی حداکثر.

<sup>۱</sup>- دکتری علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه حقوق اردبیلی، اردبیل، ایران.

<sup>۲</sup>- استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه حقوق اردبیلی، اردبیل، ایران.

\*: نویسنده مسئول: a\_ghorbani@uma.ac.ir

<sup>۳</sup>- دانشیار گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه حقوق اردبیلی، اردبیل، ایران.

<sup>۴</sup>- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه حقوق اردبیلی، اردبیل، ایران.

<sup>۵</sup>- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مرتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران.

<sup>۶</sup>- دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه حقوق اردبیلی، اردبیل، ایران.

## مقدمه

مشخص کردن محدوده پراکنش گونه‌ها، شناخت پارامترهای رویشگاهی که توسط یک گونه در منطقه انتخاب می‌شود و تعیین رویشگاه مناسب از مهمترین فعالیت‌ها در بوم‌شناسی حفاظت محسوب می‌شود (۳۵). از مدل‌سازی رویشگاه می‌توان برای اهداف متفاوتی از جمله تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها و ارتباط آن‌ها با متغیرهای محیطی (۳ و ۵۲)، پیش‌بینی روند گسترش گونه‌ها در سطح یک منطقه (۱۷) و همچنین پیش‌بینی مناطق پر خطر در معرض تهاجم گونه‌های مهاجم و سمی (۳۷)، و ارزیابی اثرات تصمیمات مدیریتی و یا مخاطرات محیط‌زیستی سود برد (۵۰ و ۵۱).

داده‌ها نبوده و قادر است ارتباط بین متغیر پاسخ و متغیرهای پیش‌بینی کننده را بدون هیچ پیش فرضی (خطی بودن، گوسی بودن و ...) استخراج نماید (۲۸، ۳۸ و ۴۹).

دستیابی به داده‌های عدم حضور صحیح نیازمند پایش مداوم زیستگاه، ثبت نقاط حضور و عدم حضور گونه در سالیان متتمادی و دستیابی به اطلاعات کافی در مورد بوم‌شناسی گونه است (۲۸). از آنجاییکه اطلاعات قبل اعتماد در خصوص عدم حضور توسط مشاهده‌گر به دلایل متعددی نظری دقت مشاهده‌گر، تجهیزات مورد استفاده و نظری آن، سبب می‌گردد تا آن نقطه به عنوان نقطه عدم حضور ثبت گردد (۴۰)، این عمل می‌تواند نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها را با خطای بالایی همراه سازد (۲۴). بنابراین استفاده از مدل‌هایی که تنها نیازمند داده‌های حضور هستند، می‌توانند از خطاهای حاصل از به کار گیری داده‌های عدم حضور اشتباه جلوگیری کنند (۴۲). روش انتروپوی حداکثر<sup>۲</sup> به دلیل اینکه فقط از داده‌های حضور برای مدل‌سازی استفاده می‌کند، بسیاری از پیچیدگی‌های مربوط به روش‌هایی که از داده‌های حضور و عدم حضور استفاده می‌کنند را ندارد (۳۳). یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی روش انتروپوی حداکثر این است که سهم نسبی هر یک از متغیرها و درصد مشارکت آن متغیر در کل مدل پیش‌بینی مشخص می‌شود (۹ و ۳۴). 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 می‌تواند 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 (۴۳ و ۵۱).

یکی از مسائل مهم در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی این است که پتانسیل مدل‌سازی روش‌های مختلف با یکدیگر متفاوت بوده و روش‌های مختلف قابلیت‌های متفاوتی دارند. نکته مهم دیگر در استفاده از این روش‌ها این است که همبستگی معنی‌دار منفی بین درجه

گونه *Thymus kotschyanus* (آویشن) جزء گونه‌های اصلی مراعع استان اردبیل می‌باشد که هم به صورت گونه غالب و هم گونه همراه در این مراعع دیده می‌شود که از لحاظ اکولوژی گونه‌ای با ارزش است و در مناطق مختلف می‌تواند عملکرد اکوسیستم را به نمایش بگذارد. با توجه به اهمیت و ارزش این گونه در تولید، حفاظت خاک (خصوصا در مناطق شیبدار) و مصارف دارویی و از آنجایی که در مديربیت و بهره‌برداری درست از مراعع، نیازمند تعیین عوامل موثر بر پراکنش گونه‌های اصلی می‌باشد؛ لازم است که شناخت کاملی نسبت به رویشگاه‌های بهینه این گونه با استفاده از روش‌های نوین و کارآمد داشت (۱۵).

مدل‌های پراکنش گونه‌ای<sup>۱</sup> الگوریتم‌های تحلیلی و یا آماری هستند که می‌توانند پراکنش واقعی یا بالقوه گونه را با ارتباط دادن مشاهدات میدانی و لایه‌های متغیرهای محیطی پیش‌بینی کنند. مدل‌های پراکنش گونه‌ای به دو گروه تقسیم می‌شوند، گروهی که به داده‌های حضور و عدم حضور گونه نیاز دارند و گروهی که تنها به داده‌های حضور برای مدل‌سازی نیاز دارند (۳۵).

مدل رگرسیون لجستیک از جمله مدل‌های متمایز کننده گروهی می‌باشد که نیازمند داده‌های حضور و عدم حضور گونه هستند و بر مبنای همبستگی تولید می‌شوند. از مزیت‌های مدل رگرسیون لجستیک نسبت به مدل‌های پارامتریک این است که نیازی به نرمال بودن

<sup>۱</sup> - Species Distribution Models

<sup>۲</sup> - Maximum Entropy

مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای متفاوت است؛ ب) مطلوبیت بخش‌های مختلف مراعع نیمه شمالی استان اردبیل به عنوان زیستگاه *T. kotschyanus* متفاوت است؛ ج) یک یا چند عامل محیطی بیشترین تأثیر را در پراکنش گونه *T. kotschyanus* دارند و با شناخت این عوامل و با استفاده از روش‌های مدل‌سازی می‌توان مدل و نقشه پیش‌بینی پراکنش گونه را تهیه کرد.

## مواد و روش

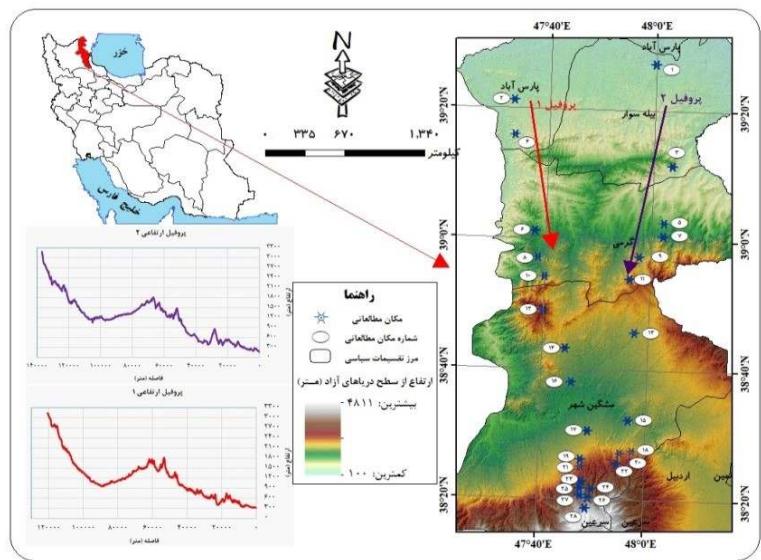
### منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی با حدود جغرافیایی<sup>۱</sup> ۴۵° تا ۴۷° طول شرقی و ۳۸° تا ۳۹° عرض شمالی در بخش شمالی استان اردبیل قرار گرفته است. مساحت منطقه مورد مطالعه حدود ۶۱۷۳۵۶/۵۷ هکتار است (شکل ۱)، با توجه به مشاهدات میدانی، بازه ارتفاعی ۳۰۰ متر، ارتفاع مناسب برای مقایسه تغییرات پوشش گیاهی شناخته شد، اما در بازه ارتفاعی کمتر از ۳۰۰ متر، ارتفاع تأثیر کمی در تغییر گیاهان داشت. با استفاده از اطلاعات فوق در امتداد گردایان ارتفاعی مغان-سبلان بین ۱۰۰ تا ۳۳۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا (ارتفاع کمتر از ۱۰۰ متر، عمدتاً زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و صنعتی و فقدان مراعع طبیعی هستند و مراعع در ارتفاع بیش از ۳۳۰۰ متر، فاقد جاده دسترسی بودند) نمونه‌برداری با فواصل ارتفاعی ۳۰۰ متر از سطح دریا انتخاب شد. منطقه مورد مطالعه دارای تابستان خشک و زمستان‌های سرد است؛ برای سه تا چهار ماه از سال، با برف و یخ پوشانده می‌شود؛ در اواسط اردیبهشت تا اواسط شهریورماه، فصل خشک است. در ارتفاعات پایین، آب و هوا نیمه‌خشک است؛ و در ارتفاعات بالا، سرد و نیمه‌خشک است (۱۲). خصوصیات توصیفی مربوط به سایت‌های مطالعاتی در قالب جدول (۱) ارائه شده است. وضعیت گونه آویشن در هر سایت براساس شاخص اهمیت گونه<sup>۱</sup> که براساس مجموع تراکم نسبی، فراوانی نسبی و درصد پوشش نسبی محاسبه شد (۶).

عدم قطعیت و صحت در روش‌های مدل‌سازی وجود دارد (۸)، بنابراین می‌توان بیان کرد که انجام مدل‌سازی با روش‌های مختلف امکان کمی کردن عدم قطعیت یا خطای ناشی از روش‌های مختلف را فراهم می‌آورد. همچنین می‌توان مفروضات و رفتار هر مدل را درک کرد و با شناخت بهتر از قابلیت‌ها و کمبودهای هر مدل، خروجی‌های مدل را به دقت مورد تفسیر قرار داد (۳۰). از سوی دیگر ساخت مدل‌های پیش‌بینی واضح برای مکان‌های مختلف به‌منظور مشخص کردن پاسخ دقیق گونه‌ها به شرایط محیطی در آن مکان، پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌ها و ارزیابی عدم قطعیت در نتایج مدل‌سازی ضروری است (۲۳). دو راه برای کاهش خطای و انتخاب روش مطلوب مدل‌سازی پراکنش گونه‌های مرتعی وجود دارد: (الف) به‌دست آوردن درک کامل از مدل‌ها از طریق مقایسه آن‌ها با یکدیگر؛ (ب) پی‌بردن به اینکه به‌طور کلی کدامیک از روش‌ها و در چه شرایطی بهترین پیش‌بینی را انجام خواهد داد (۸).

علیرغم وجود این واقعیت‌ها، مطالعات محدودی به‌منظور مقایسه روش‌های مختلف مدل‌سازی و مشخص کردن ظرفیت پیش‌بینی هر یک از روش‌ها در مقایسه با روش‌های دیگر برای انتخاب بهترین روش مدل‌سازی انجام شده است. روشن است که مقایسه روش‌های مدل‌سازی مختلف که منجر به انتخاب روش‌های با کارایی بیشتر می‌شود، می‌تواند منجر به نتایج با صحت بیشتر و قابل اعتمادتر شود و پایه‌ای قوی برای تصمیم‌سازی‌های مدیریتی فراهم آورد و از طرف دیگر موجب صرفه‌جویی در هزینه و زمان انجام پژوهش‌های بعدی شود. با توجه به اهمیت مسائل ذکر شده لازم است تحقیقاتی به‌منظور ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف مورد استفاده در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی با توجه به معیارهای مناسب صورت گیرد تا بتوان با بالاترین صحت ممکن، مناطقی را که دارای بیشترین تناسب برای استقرار گونه‌های مختلف هستند را شناسایی کرد. با توجه به نکات ذکر شده اهداف اجرای طرح و فرضیه‌های این تحقیق به صورت زیر مطرح می‌شود: (الف) کارایی روش‌های مختلف مدل‌سازی

<sup>۱</sup> - Importance value index: IVI



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران، استان اردبیل

جدول ۱: موقعیت و خصوصیت مکان‌های مطالعاتی در طول گردابیان ارتفاعی مغان-سبلان

ردیف	نام گیاه	کد	آراله (کیلومتر)	آراله (پایه کوه)	آراله (بالا کوه)	گونه‌های غالب	شماره مطالعه	مرز تغییرات سیاسی	ارتفاع از سطح دره‌های آزاد (متر)	کد	
-	سیلت-رسی-لومی	۱۴	۲۷۰			<i>Lolium perenne -Medicago minima</i>	۳	۴۸°۰'۱۰.۷"	۳۹°۲۷'۲۰."	۱	۳۰۰-۱۰۰
-	سیلت-رسی-لومی	۱۴	۲۷۴			<i>Trigonella monspeliaca-Erodium deserti</i>	۳	۴۷°۳۴'۲۷"	۳۹°۲۱'۱۹"	۲	۳۰۰-۱۰۰
-	رسی-لومی	۱۳	۲۷۹			<i>Artemisia austriaca-Trifolium subterraneum</i>	۲۲	۴۸°۰'۴۱.۵"	۳۹°۱۱'۳۸"	۳	۶۰۰-۳۰۰
-	رسی-لومی	۱۳	۲۸۲			<i>Avena eriantha -Artemisia austriaca</i>	۲۲	۴۷°۳۴'۰.۰"	۳۹°۱۶'۰.۰"	۴	۶۰۰-۳۰۰
-	رسی	۱۲	۲۹۸			<i>Trifolium subterraneum</i>	۲۱	۴۸°۰'۳۲.۱"	۳۹°۰'۲۵.۱"	۵	۹۰۰-۶۰۰
۰/۴۶	رسی-لومی	۱۲	۳۰۰			<i>Trachynia distachya</i>	۱۲	۴۷°۳۹'۱۴"	۳۹°۰'۱'۱۷"	۶	۹۰۰-۶۰۰
-	شنی-رسی-لومی	۱۱	۳۱۱			<i>Medicago minima-Poa bulbosa-Trifolium resupinatum</i>	۲۸	۴۸°۰'۳'۲۸"	۳۹°۰'۰۰'۴۸"	۷	۱۲۰۰-۹۰۰
۲۳/۰۵	رسی-لومی	۱۱	۳۲۱			<i>Bromus arvensis-Thymus kotschyanus</i>	۳۶	۴۷°۳۹'۰۵.۹"	۳۸°۵۷'۱۱"	۸	۱۲۰۰-۹۰۰
۱۰/۱۳	شنی-لومی	۱۰	۳۴۲			<i>Astragalus microcephalus-Festuca ovina</i>	۲۱	۴۷°۵۹'۰.۴"	۳۸°۵۷'۲۲"	۹	۱۵۰۰-۱۲۰۰
۱۳/۸۳	شنی-لومی	۱۰	۳۴۵			<i>Astragalus microcephalus-Medicago minima</i>	۹	۴۷°۴۱'۱۷"	۳۸°۵۴'۱۸"	۱۰	۱۵۰۰-۱۲۰۰
۲/۰۷	شنی-لومی	۱۰	۳۵۹			<i>Artemisia austriaca -Festuca ovina</i>	۱۸	۴۷°۵۷'۲۳"	۳۸°۵۴'۰.۹"	۱۱	۱۸۰۰-۱۵۰۰
-	لومی	۹	۳۶۸			<i>Festuca ovina -Dactylis glomerata</i>	۲۸	۴۷°۴۱'۱۴"	۳۸°۴۹'۰.۵"	۱۲	۱۸۰۰-۱۵۰۰
-	شنی-لومی	۱۰	۳۷۷			<i>Xeranthemum squulosum -Artemisia austriaca</i>	۱	۴۷°۵۸'۳۹"	۳۸°۴۵'۰.۳"	۱۳	۱۵۰۰-۱۲۰۰
۱/۰۰	لومی	۱۰	۳۲۸			<i>Festuca ovina-Trigonella arcuata -Erodium cicutarium</i>	۲۰	۴۷°۴۵'۴۱"	۳۸°۴۳'۱۶"	۱۴	۱۵۰۰-۱۲۰۰

-	شنی-رسی-لومی	۱۱	۳۲۲	<i>Artemisia austriaca</i>	۲۴	$\frac{۴۷^{\circ} ۵۷' ۵۴''}{۲۸^{\circ} ۲۲' ۲۲''}$	۱۵	۱۲۰۰-۹۰۰
-	رسی-لومی	۱۱	۳۱۶	<i>Artemisia austriaca-Lasiopogon muscoides</i>	۱۲	$\frac{۴۷^{\circ} ۴۷' ۰۰''}{۲۸^{\circ} ۲۸' ۰۹''}$	۱۶	۱۲۰۰-۹۰۰
۱۰/۶۶	شنی-رسی-لومی	۱۰	۳۴۰	<i>Astragalus microcephalus -Trifolium arvense-Acantholimon gilliatti</i>	۲۵	$\frac{۴۷^{\circ} ۵۸' ۵۲''}{۲۸^{\circ} ۲۷' ۲۸''}$	۱۷	۱۵۰۰-۱۲۰۰
-	شنی-لومی	۱۰	۳۲۵	<i>Medicago minima-Aegilops triuncialis-Astragalus vegetus</i>	۱۲	$\frac{۴۷^{\circ} ۵۰' ۲۴''}{۲۸^{\circ} ۲۰' ۳۸''}$	۱۸	۱۵۰۰-۱۲۰۰
۱۴/۶۷	رسی-لومی	۹	۳۵۵	<i>Astragalus microcephalus -Taeniatherum caput-medusae</i>	۱۴	$\frac{۴۷^{\circ} ۵۶' ۳۰''}{۲۸^{\circ} ۲۷' ۱۷''}$	۱۹	۱۸۰۰-۱۵۰۰
-	شنی-لومی	۹	۳۴۶	<i>Taeniatherum caput-medusae -Medicago sativa</i>	۲۰	$\frac{۴۷^{\circ} ۴۹' ۱۰''}{۲۸^{\circ} ۲۶' ۱۵''}$	۲۰	۱۸۰۰-۱۵۰۰
۱۶/۰۴	رسی-لومی	۸	۳۶۶	<i>Astragalus microcephalus-Bromus arvensis-Thymus kotschyani</i>	۲۴	$\frac{۴۷^{\circ} ۵۵' ۵۵''}{۲۸^{\circ} ۲۵' ۴۱''}$	۲۱	۲۱۰۰-۱۸۰۰
۱/۱۰	لومی-شنی	۸	۳۶۱	<i>Bromus tectorum</i>	۲۰	$\frac{۴۷^{\circ} ۴۹' ۰۹''}{۲۸^{\circ} ۲۵' ۰۶''}$	۲۲	۲۱۰۰-۱۸۰۰
۱۰/۳۲	شنی-لومی	۷	۳۸۵	<i>Festuca akhanii-Astragalus eriostylus-Poa pratensis</i>	۲۱	$\frac{۴۷^{\circ} ۵۱' ۱۹''}{۲۸^{\circ} ۲۱' ۴۵''}$	۲۳	۲۴۰۰-۲۱۰۰
۱۸/۳۶	شنی-لومی	۷	۳۷۹	<i>Astragalus aureus-Festuca ovina</i>	۲۷	$\frac{۴۷^{\circ} ۴۹' ۳۱''}{۲۸^{\circ} ۲۲' ۵۲''}$	۲۴	۲۴۰۰-۲۱۰۰
۱۱/۸۲	شنی-لومی	۶	۳۹۸	<i>Festuca ovina- Astragalus aureus</i>	۲۹	$\frac{۴۷^{\circ} ۴۹' ۱۳''}{۲۸^{\circ} ۲۱' ۴۷''}$	۲۵	۲۷۰۰-۲۴۰۰
۹/۶۶	شنی-لومی	۶	۳۹۳	<i>Festuca ovina- Trifolium medium</i>	۴۰	$\frac{۴۷^{\circ} ۵۰' ۵۱''}{۲۸^{\circ} ۲۰' ۲۱''}$	۲۶	۲۷۰۰-۲۴۰۰
-	شنی-لومی	۶	۴۰۴	<i>Lolium rigidum-Festuca ovina- Trifolium medium</i>	۳۳	$\frac{۴۷^{\circ} ۴۹' ۱۶''}{۲۸^{\circ} ۲۰' ۴۳''}$	۲۷	۳۰۰۰-۲۷۰۰
-	شنی-لومی	۱۱	۴۲۵	<i>Festuca ovina-Alopecurus vaginatus</i>	۱۹	$\frac{۴۷^{\circ} ۵۰' ۲۵''}{۲۸^{\circ} ۱۸' ۴۴''}$	۲۸	۳۳۰۰-۳۰۰۰

در استان ۳۰ پلات تعیین شد. از آنجا که ریشه‌ی گیاهان مرتعی بیشترین فعالیتشان در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری است (۵۲) نمونه‌برداری خاک از دو عمق ۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری (عمق خاک منطقه و عمق ریشه‌های دانی گیاهان) در پلات‌های اول، پنجم و دهم هر ترانسکت برداشت و با هم مخلوط شد. در نمونه‌برداری از خاک با توجه به سطح واحدهای نمونه‌برداری و شرایط منطقه محل حفر طوری انتخاب شد تا کل محدوده مورد مطالعه را پوشش دهد.

با توجه به اقلیم منطقه و اهمیت عوامل خاکی و تأثیر فعالیتهای انسانی در این مطالعه ۱۷ عامل خاکی شامل: اسیدیته، هدایت‌الکتریکی، کلسیم، منیزیم، فسفر، پتاسیم، ازت، ماده‌آلی، ماده‌آلی ذرهای، وزن مخصوص ظاهری، بی‌کربنات، آهک، رس، شن، سیلت، رس قابل انتشار و سدیم؛ ۳ عامل پوشش سطحی خاک، شامل: خاک لخت، سنگ و سنگریزه و لاشبیرگ؛ ۲ عامل اقلیمی شامل: میانگین بارندگی سالانه و درجه حرارت سالانه؛ ۳ عامل فیزیوگرافی

جمع‌آوری اطلاعات پوشش گیاهی و عوامل محیطی به منظور شناخت عوامل محیطی موثر در پراکنش گونه *T. kotschyani* و ارائه مدل‌های پیش‌بینی پراکنش، عوامل محیطی با استفاده از ابزارهای مانند مدل رقومی ارتفاع، نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، مطالعات میدانی و آزمایشگاهی، کمی شد. در هر سایت، نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش تصادفی-سیستماتیک از پلات‌گذاری در امتداد ۳ ترانسکت ۱۰۰ متری عمود بر شیب غالب منطقه انجام شد. طول ترانسکت‌ها با توجه به شرایط منطقه و فاصله بین ترانسکت‌ها براساس تعداد پلات نمونه و سطح منطقه انتخاب شد. اندازه پلات با توجه به نوع گونه مورد بررسی، محدود بودن سطح رویشگاه و تراکم گونه یک متربع تعیین شد. در طول هر ترانسکت ۱۰ پلات، به فاصله ۱۰ متر قرار داده شد که به دلیل کم بودن طول دامنه و شرایط محیطی این فاصله مدنظر قرار گرفت. اندازه نمونه هر واحد نمونه‌برداری با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و همچنین مطالعات پیشین (۱۳، ۱۴ و ۱۵) در نقاط مشابه

(۱۶). بعد از تعیین اجزای تغییرنما برای هر یک از خصوصیات خاک با توجه به ساختار مکانی داده‌ها، خصوصیات واریوگرام و ارزیابی میزان انحراف تخمین‌ها از داده‌های اندازه‌گیری شده به روش اعتبارسنجی متقطع به منظور درون‌یابی خصوصیات خاک روش کریجینگ انتخاب شد (۱۶).

در بررسی روابط پراکنش پوشش گیاهی با عوامل محیطی برای جلوگیری از همخطی و انتخاب مهم‌ترین شاخص‌های محیطی با کمترین همبستگی و همخطی، همبستگی بین عوامل محیطی مورد بررسی قرار گرفت (به علت تعداد زیاد متغیرهای مورد بررسی و عدم امکان ارائه نتایج مربوط به آزمون همبستگی خلاصه نتایج در جدول ۲ به اختصار ذکر شده است) و از بین جفت متغیرهایی که دارای همبستگی بالاتر از ۰/۸ بودند با انجام آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یکی از آن‌ها حذف شد. در غیر اینصورت متغیرهایی که همبستگی بالاتر از ۸۰ درصد با یکدیگر دارند با یک وزن وارد مدل خواهند شد. آزمون همبستگی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) انجام شد.

شامل: ارتفاع، شب و جهت و ۷ شاخص سنجه سرزمین شامل: تراکم لبه، متوسط سطح لکه، تغییرات ضریب اندازه لکه، میانگین فاصله تا اثرات انسانی، شاخص تجمع، میانگین شاخص شکل و متوسط شاخص بعد فراکتال مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات اقلیمی با استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی منطقه، اطلاعات فیزیوگرافی با استفاده از مدل رقومی ارتفاع<sup>۱</sup> (DEM) در نرم‌افزار ArcGIS (نسخه ۱۰/۵) تهیه شدند. استخراج سنجه‌های سرزمین با استفاده از نرم‌افزار Fragstats (نسخه ۴) انجام شد. سپس سنجه‌های سیمای سرزمین مؤثر بر خصوصیات پوشش گیاهی به عنوان متغیر محیطی در هر طبقه ارتفاعی محاسبه و نقشه‌سازی شد. برای توصیف تغییرات مکانی و تهیه نقشه هر متغیر خاک از روش‌های آمار مکانی استفاده شد. برای بررسی و تشریح ارتباط و ساختار فضایی از تجزیه و تحلیل «تغییرنما یا واریوگرام» در نرم‌افزار GS<sup>۵</sup> استفاده شد. در مرحله بعد آنالیز همبستگی مکانی پارامترهای محیطی با استفاده از مدل‌های مختلف واریوگرام (گوسین، نمایی، کروی و خطی) بررسی گردید و با توجه به محدود میانگین مربعات خطأ، مقادیر اثر قطعه‌ای، دامنه و حد آستانه بهترین مدل واریوگرام برای هر یک از متغیرهای محیطی تعیین شد.

جدول ۲: خلاصه نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای محیطی (توبوگرافی، خاک، اقلیم، سنجه‌های سیمای سرزمین و پارامترهای سطحی خاک) برای تعیین متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه

اسیدیته عمق دوم	اسیدیته عمق اول
رس عمق دوم	رس عمق اول
رس عمق اول، رس عمق دوم	شن عمق اول
رس عمق اول، رس عمق دوم، شن عمق اول	شن عمق دوم
ماده‌آلی عمق دوم	ماده‌آلی عمق اول
پتانسیم عمق دوم	پتانسیم عمق اول
درجه حرارت سالانه	ارتفاع
شاخص پراکندگی و مجاورت	تراکم لبه
میانگین شاخص شکل	متوسط سطح لکه
متوسط شاخص بعد فراکتال	میانگین شاخص شکل

در نهایت از ۴۸ متغیر محیطی اولیه، ۲۲ متغیر محیطی در فرآیند مدل‌سازی استفاده شد که در جدول (۳) روش و واحد اندازه‌گیری هر متغیر ذکر شده است.

<sup>۱</sup> - Digital elevation model: DEM

جدول ۳: فهرست متغیرهای استفاده شده در ساخت مدل‌های انتروپی حداکثر و رگرسیون لجستیک

متغیر	سطح پوشش زمین	اقلیم	خصوصیت	روش اندازه‌گیری	واحد اندازه‌گیری	پیامدهای زیست‌محیطی
خاک لخت			برآورد چشمی در سطح (پلات)	درصد (%)	-	-
درون‌بایی داده‌های باران‌سنگی و سیوپتیک	میلی‌متر (mm)	درون‌بایی داده‌های باران‌سنگی و سیوپتیک	متوسط بارندگی سالانه			-
اسیدیته (عمق اول)	PH	PH				-
هدایت الکتریکی (عمق اول و دوم)	دیسی زیمنس بر متر (ds/m)	عصاره گل اشیاع	دیسی زیمنس بر متر (ds/m)	درصد (%)	-	-
آهک (عمق اول و دوم)	تیتراسیون	تیتراسیون				-
پتانسیم (عمق دوم)	فلام‌توتمتری	فلام‌توتمتری	میلی‌اکی والان در لیتر	میلی‌اکی والان در لیتر	میلی‌اکی والان در لیتر	-
کلکسیم (عمق اول)	تیتراسیون	تیتراسیون	میلی‌اکی والان در لیتر	درصد (%)	-	-
رس (عمق اول)	هیدرومتری باپکاس	هیدرومتری باپکاس	هیدرومتری و به صورت نسبتی از کل رس	درصد (%)	-	-
رس قابل انتشار (عمق اول و دوم)	خاک	خاک	هیدرومتری و به صورت نسبتی از کل رس	درصد (%)	-	-
توبوگرافی	ارتفاع از سطح دریا	GPS	DEM	مترا	درصد (%)	-
سنجه سیمای سرزمین	متوجه سطح لکه	نرمافزار Fragstats	نرمافزار Fragstats	هکتار	مریبوط به تکه‌تکه شدن زیستگاه	مریبوط به تکه‌تکه شدن زیستگاه
تفییرات ضریب اندازه لکه	شیب	نرمافزار Fragstats	نرمافزار Fragstats	-	مریبوط به اثر متقابل با مناطق هم‌جوار	مریبوط به اثر متقابل با مناطق هم‌جوار
تراکم لبه		نرمافزار Fragstats	نرمافزار Fragstats	مترا	تأثیر انواع استفاده از زمین‌های مجاور	فاصله تا اثرات انسانی (زمین‌های کشاورزی، جاده‌ها و یا هر ساخت و سازی)
شاخص تجمع		نرمافزار Fragstats	نرمافزار Fragstats	درصد	تعیین اینکه الگوی مکانی زیستگاه کهای است و یا تکه‌تکه	تعیین اینکه الگوی مکانی زیستگاه کهای است و یا تکه‌تکه

نرم‌افزار MAXENT (نسخه ۳.۳.۳e) شدند. در این روش از ۷۰ درصد نقاط حضور به صورت تصادفی برای داده‌های آموزشی و از ۳۰ درصد باقی‌مانده برای ارزیابی مدل استفاده شد. همچنین برای نمونه‌برداری تصادفی از روش نمونه‌برداری بدون جایگذاری نمونه‌های برداشت شده<sup>۱</sup> و ده بار تکرار برای هر مدل سازی استفاده شد.

به دلیل اینکه خروجی مدل انتروپی حداکثر یک نقشه پیوسته است ضروری است که برای تعیین حضور یا عدم حضور گونه‌های مورد نظر، حد آستانه بهینه مشخص شود (۳۱). بعد از تعیین آستانه بهینه با استفاده از روش ترکیبی حساسیت و اختصاصیت برابر، نقشه‌های پیوسته پیش‌بینی به نقشه‌های حضور و عدم حضور گونه‌ها تبدیل شد. این روش یکی از روش‌های رایج برای تعیین حدود آستانه بهینه است که در آن حساسیت<sup>۲</sup> (کسری از حضورهایی که به درستی پیش‌بینی شده است) و اختصاصیت<sup>۳</sup> (کسری از عدم حضورها که به درستی

### مدل انتروپی حداکثر

برای ساخت مدل انتروپی حداکثر، لایه‌های مریبوط به متغیرهای محیطی و اطلاعات مریبوط به نقاط حضور گونه مورد نیاز است.

روش انتروپی حداکثر تا حدود زیادی به نرمال بودن و یکسان بودن ویژگی‌های لایه‌های رستری و روودی (مختصات، قدرت تفکیک، ...) حساسیت دارد و عدم رعایت این اصل سبب انحراف از محاسبات صحیح و تولید خروجی‌ها، بی‌اعتبار خواهد شد؛ بنابراین، تمامی نقشه‌ها بر اساس یک قالب در نرم‌افزار ArcGIS، یکسان‌سازی شدند و پس از تهیه نقشه مریبوط به همه متغیرهای محیطی، لایه‌های مریبوط به متغیرهای محیطی برای ورود به نرم‌افزار MAXENT، به فرمت ASCII تبدیل شدند. موقعیت جغرافیایی نقطه حضور گونه که در بازدید میدانی ثبت شده بود، در فایلی با فرمت CSV ذخیره شد. سپس اطلاعات مریبوط به حضور گونه و همچنین لایه‌های محیطی وارد

<sup>۱</sup> - Specificity

<sup>۲</sup> - Cross Validation

<sup>۳</sup> - Sensitivity

بالای ۰/۷ بیانگر صحت خوب مدل و سطح بالای ۰/۹ نشان‌دهنده صحت بالای مدل است (۲۲). اگر آماره والد<sup>۶</sup> برای متغیری معنی‌دار باشد (سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ باشد)، آن متغیر در مدل انتخاب می‌شود (۱۰). رابطه رگرسیونی با عوامل محیطی با نرم‌افزار SPSS انجام شد. سپس مدل آماری به دست آمده در محیط نرم‌افزار ArcGIS تعریف و نقشه پراکنش بالقوه گونه‌های مورد بررسی تولید گردید. نقشه خروجی حاصل از مدل شامل مقادیر احتمال حضور بین صفر تا یک برای رویشگاه مورد نظر است، که در این پژوهش احتمال حضور ۰/۵-۰ به عنوان عدم حضور گونه و ۰/۵-۰ را به عنوان حضور گونه در نظر گرفته شد (۱۱) و (۴۹) و نقشه خروجی نهایی براساس این دو طبقه حضور و عدم حضور برای هر گونه تعریف شد.

#### ارزیابی کارایی مدل‌ها و نقشه‌های پیش‌بینی

در این تحقیق برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی حاصل از انتروپی حداکثر از تحلیل سطح زیر منحنی مشخصه عملکرد و برای رگرسیون لجستیک از آزمون نیکویی برازش مدل هوسمر و لمشاو استفاده شد. بعد از تعیین حدود آستانه بهینه و تهیه نقشه‌های پیش‌بینی مرتبط به هر گونه، ارزیابی میزان تطابق نقشه‌های واقعی با نقشه به دست آمده از هر مدل از طریق محاسبه ضریب کاپا در نرم‌افزار ArcGIS بررسی شد. ضریب کاپا بیانگر میزان توافق مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده است و مقدار آن از صفر تا یک تغییر می‌کند. هر چه مقدار کاپا به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده توافق بهتر مدل با دنیای واقعی است و از بهترین و مشهورترین شاخص‌های مورد استفاده به این منظور است (۵). مقادیر شاخص کاپا در جدول (۴) ارائه شده است.

پیش‌بینی شده است) در حدود آستانه صفر تا یک مورد محاسبه قرار می‌گیرد. برای تعیین اهمیت متغیرهای محیطی از روش جکنایف<sup>۱</sup> استفاده شد و تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده<sup>۲</sup> و مساحت زیر منحنی<sup>۳</sup> برای ارزیابی کیفیت کلی مدل مورد استفاده قرار گرفت. AUC با امتیاز ۱ به معنی پیش‌بینی کامل و AUC با امتیاز ۰/۵ به معنی پیش‌بینی تصادفی است. مقدار AUC بین ۰/۵ تا ۰/۷ بیانگر مدل ضعیف، بین ۰/۷ تا ۰/۹ مدل متوسط/منطقی و بیش از ۰/۹ بیانگر پیش‌بینی عالی مدل است (۳۲ و ۴۳).

#### مدل‌سازی با روش رگرسیون لجستیک

به منظور دست‌یابی به بهترین ترکیب از متغیرهای پیش‌بینی در مدل رگرسیون لجستیک از روش پیشرو<sup>۴</sup> استفاده شد که نوعی روش گام به گام است. در این روش ورود متغیرها به مدل براساس معنی‌داری آماره نسبت به درست‌نمایی و خروج متغیرها از تحلیل براساس احتمال این آماره و با توجه به برآوردهای حداکثر درست‌نمایی جزئی یا تفکیکی انجام می‌شود (۴۴). برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی حاصل از رگرسیون لجستیک از آزمون نیکویی برازش آزمون هوسمر- لمشاو<sup>۵</sup> استفاده شد. آماره هوسمر- لمشاو برای آزمون تطابق تعداد موارد مشاهده‌ای و پیش‌بینی به کار می‌رود و بالا بودن مقادیر داری آن از تطابق بیشتر است. بدین شکل که اگر معنی‌داری آن از ۰/۰۵ بیشتر باشد مدل به دست آمده معتبر است و در غیر این صورت مدل معتبر نیست (۲۵ و ۲۶). 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 است. رقم ۰/۵ نشان‌دهنده تصادفی بودن مدل، رقم

جدول ۴- طبقه‌بندی مقادیر شاخص کاپا

توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی	مقدار کاپا	ردیف	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی	مقدار کاپا	ردیف
خوب	۰/۵۵-۰/۷۰	۵	عدم توافق	<۰/۰۵	۱
خیلی خوب	۰/۰-۰/۸۵	۶	خیلی ضعیف	۰/۰۵-۰/۲۰	۲
عالی	۰/۰-۰/۸۵/۹۹	۷	ضعیف	۰/۲۰-۰/۴۰	۳
کامل	۰/۱۰۰-۰/۸۵	۸	متوسط	۰/۴۰-۰/۵۵	۴

<sup>۴</sup> - Forward: LR

<sup>۵</sup> - Hosmer & Lemeshow test

<sup>۶</sup> - Wald

<sup>۱</sup> - Jackknife

<sup>۲</sup> - Receiver Operating Characteristic curve: ROC

<sup>۳</sup> - Area Under the Curve: AUC

## نتایج

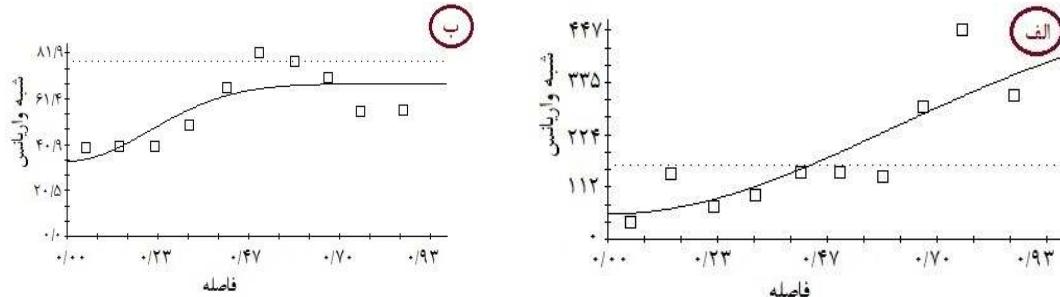
کریجینگ تطابق بیشتری دارند که به عنوان نمونه در جدول (۵) نتایج مربوط به متغیرهای رس و سیلت عمق اول ارائه شده است.

دقت روش درون‌یابی برای همه متغیرهای خاک با روش تقاطعی بررسی شد؛ نتایج نشان داد که مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده در مورد متغیرهای خاک با روش

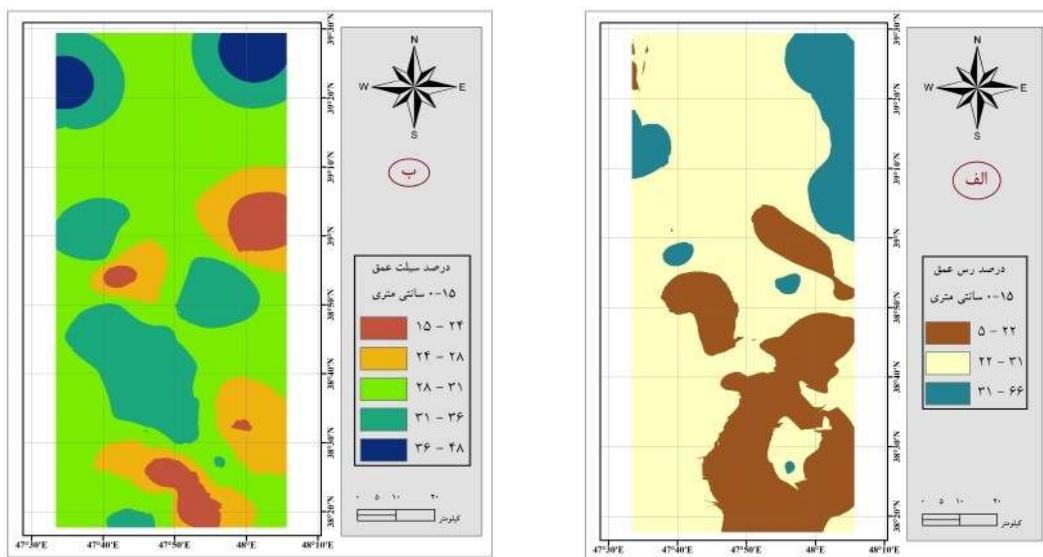
جدول ۵: اجزای مربوط به تغییرنما (واریوگرام) خصوصیات خاک انتخاب شده برای تولید نقشه

خصوصیت	مدل تغییرنما	اثر قطعه‌ای ( $C_0$ )	آستانه ( $C_0+C$ )	فاصله گام (متر)	شعاع تأثیر (متر)	نسبت $C/(C_0+C)$	ضریب همبستگی	مجموع مربعات خطای $R^2$
رس عمق اول							-۳۵۹۴۰	۴/۰۳
سیلت عمق اول							-۱۰۰	۱۰۶۷
نمایی							۶۹/۵۷	۰/۵۳
							۲۵/۳۰	

در شکل (۲) مدل تغییرنما و در شکل (۳) نقشه زمین آمار مربوط به متغیر رس و سیلت عمق اول ارائه شده است.

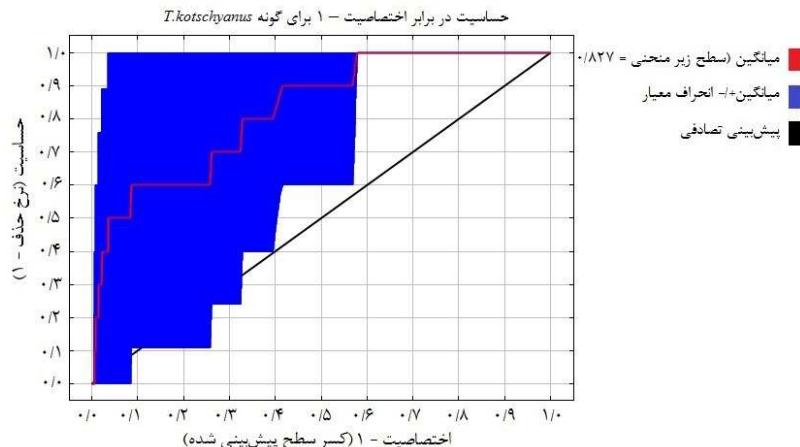


شکل ۲: مدل واریوگرام متغیرهای رس عمق اول (الف) و سیلت عمق اول (ب)



شکل ۳: نقشه زمین آمار متغیرهای رس عمق اول (الف) و سیلت عمق اول (ب)

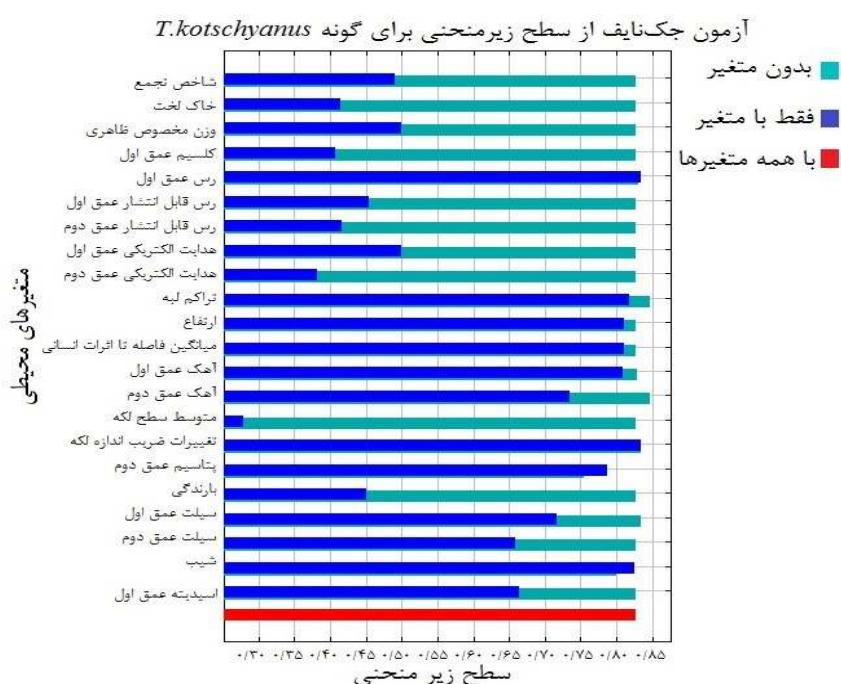
اعتبار سنجی مدل انتروبی حداکثر میزان سطح زیر منحنی  $ROC$  برای گونه مورد مطالعه ۰/۸۲ (متوجه/منطقی) است (شکل ۴).



شکل ۴: نمودار سطح زیر منحنی  $ROC$  برای اعتبار سنجی مدل مطلوبیت زیستگاه *T. kotschyanus* براساس روش انتروبی حداکثر

پتانسیم بودند و کمترین تأثیر را متغیرهای متوسط سطح لکه، هدایت الکتریکی عمق دوم، کلسیم عمق اول و خاک لخت داشتند (شکل ۵).

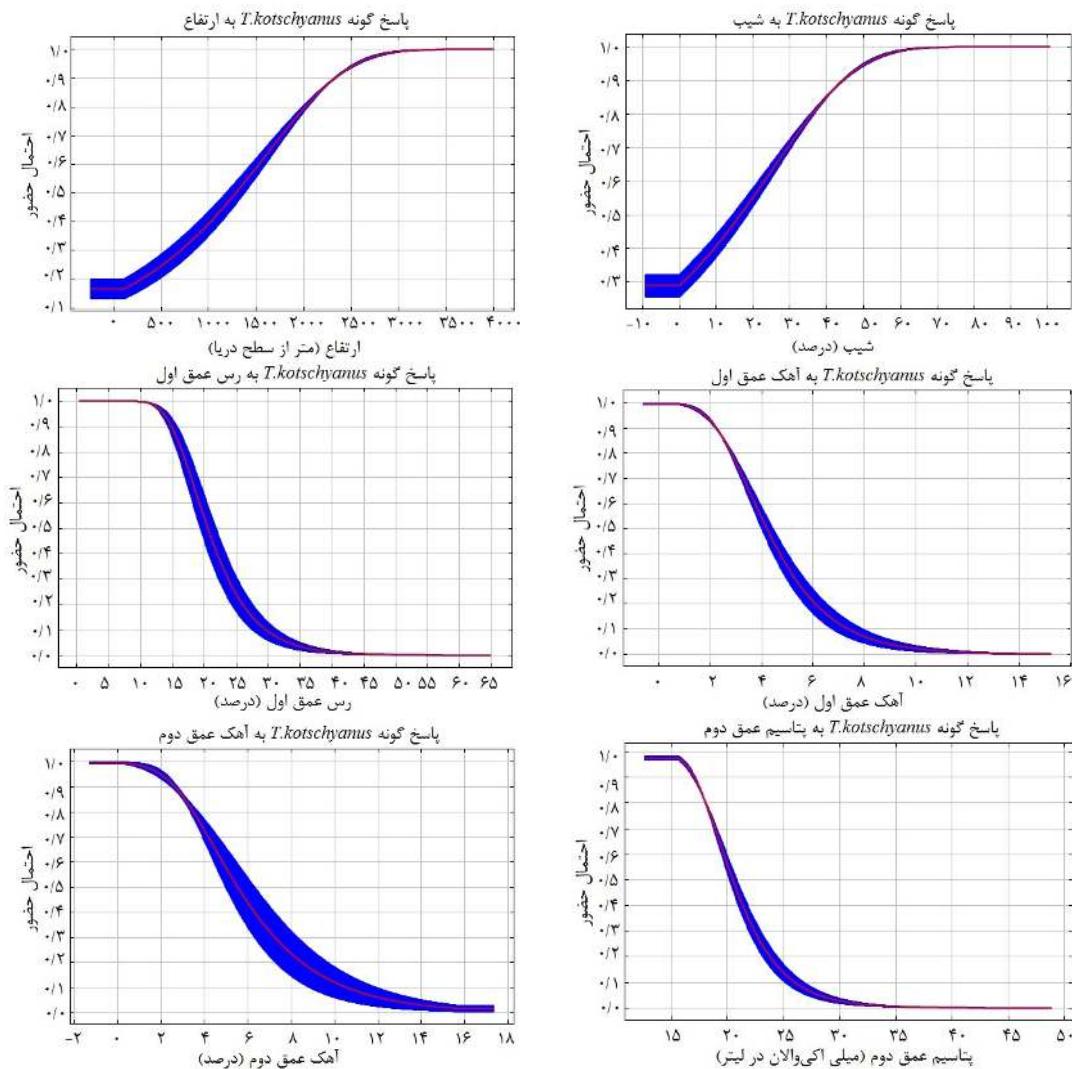
طبق نتایج به دست آمده از آزمون جکنایف مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه به ترتیب شامل متغیرهای رس عمق اول، تغییرات ضربی اندازه لکه، شبی، تراکم لبه، ارتفاع، فاصله تا اثرات انسانی، آهک عمق اول و

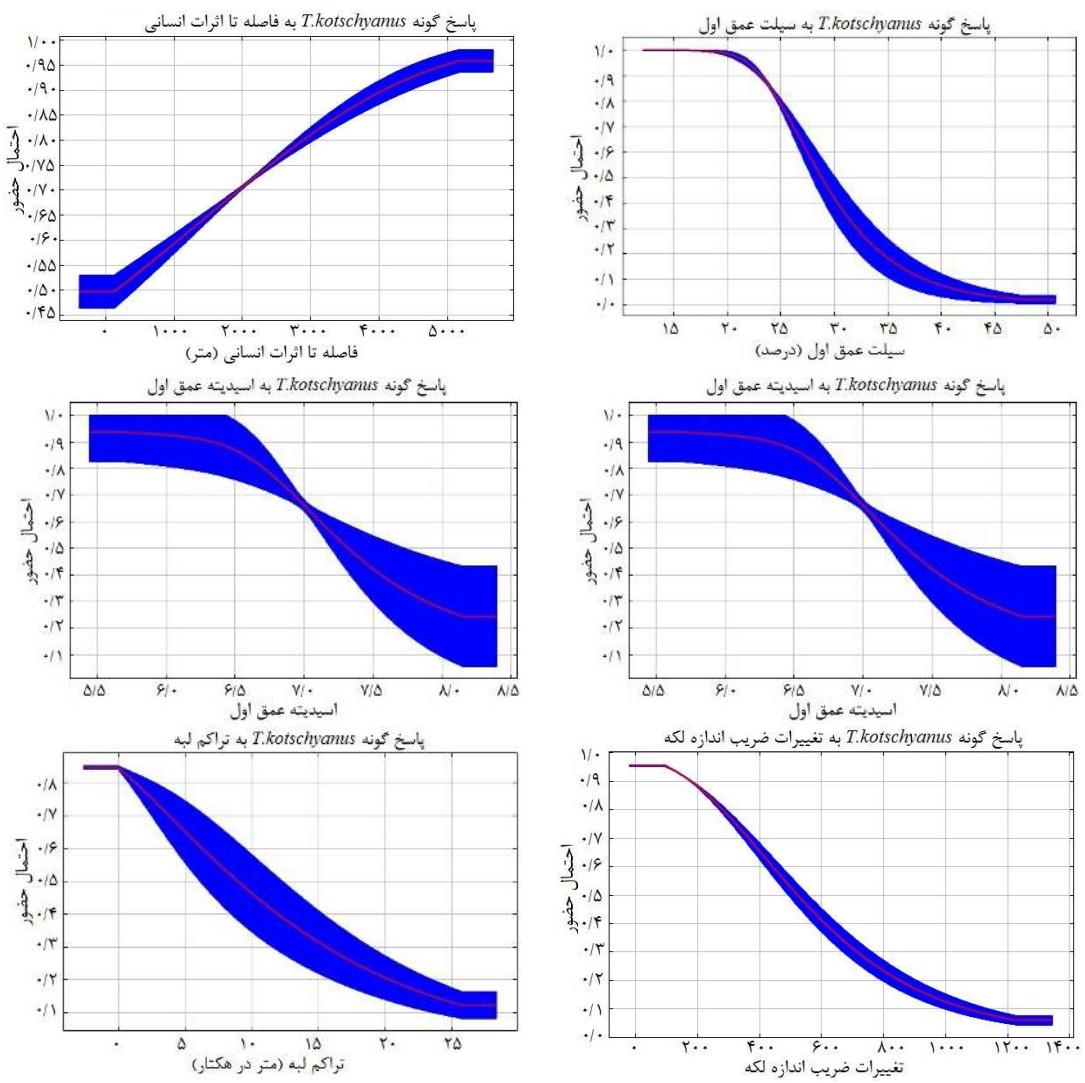


شکل ۵- نمودار جکنایف برای بررسی اهمیت هر یک از متغیرها بر مدل مطلوبیت زیستگاه *T. kotschyanus*

پتاسیم کمتر از ۱۸ میلی اکی والان در لیتر و رس کمتر از ۱۵ درصد رخ داده است؛ که این موضوع نشان‌دهنده آن است که افزایش رس و سنگین شدن بافت خاک عاملی است که باعث عدم تناسب رویشگاه برای گونه مذکور شده است. به عبارت دیگر این گونه خاک‌هایی با بافت سبک و میزان پتاسیم، آهک و سیلت پایین را ترجیح می‌دهد. این گونه در شبیه‌های ۳۵ تا ۵۵ درصد حداکثر حضور را دارد (شکل ۶).

منحنی‌های مربوط به متغیرهای محیطی مهم و دارای بیشترین تأثیر در پراکنش گونه *T. kotschyanius* حاکی از آن است که این گونه رویشگاه‌هایی با تغییرات ضریب اندازه لکه پایین را ترجیح می‌دهند. با افزایش میزان اثرات حاشیه حضور این گونه کاهش می‌یابد که روند مشابه با ضریب تغییرات اندازه لکه دارد. با افزایش میزان پتاسیم و آهک عمق دوم، رس و سیلت عمق اول احتمال حضور گونه کاهش می‌یابد. بیشترین حضور این گونه در خاک‌هایی با



شکل ۶- منحنی های پاسخ متغیرها برای گونه *T. kotschyanus*

همبستگی منفی داشتند بنابراین در مدل انتخاب شدند  
(جدول ۵).

#### روش رگرسیون لجستیک

با توجه به آماره والد متغیرهای شب و خاک لخت با  
همبستگی مثبت و با متغیرهای شاخص تجمع و پتانسیم با

$$p = \frac{\exp((0.122 \times 18) + 0.261 \times \text{خاک لخت} + 0.100 \times \text{شب}) + (\text{شاخص تجمع} - 0.292 \times 16) \times \text{پتانسیم عمق دوم}}{1 + \exp((0.122 \times 18) + 0.261 \times \text{خاک لخت} + 0.100 \times \text{شب}) + (\text{شاخص تجمع} - 0.292 \times 16) \times \text{پتانسیم عمق دوم}}$$

جدول ۵: نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیونی مدل‌ها

متغیر	ضریب ثابت مدل	آشتباه معیار	آماره وارد	سطح معنی‌داری
شیب	-۰/۱۲۶	۰/۰۳۳	۱۲/۲۲	۰/۰**
پتانسیم	-۰/۱۱۶	۰/۰۴۲	۷/۷۴	۰/۰**
شاخص تجمع	-۰/۱۹۲	۰/۱۲۵	۵/۴۲	۰/۰۲*
خاک لخت	۰/۱۰۰	۰/۰۴۳	۵/۴۴	۰/۰۲*
ضریب ثابت مدل	۲۶/۰۱۸	۱۱/۴۶۶	۵/۱۴	۰/۰۲*

تعیین شده براساس شاخص *Cox & Snell R Square* برابر  $0/46$  است و نشان می‌دهد که تنها  $46$  درصد تغییرات متغیر پاسخ توسط متغیرهای پیش‌بینی بیان می‌شود.

آماره هوسمور و لمشاو برای تطبیق تعداد موارد مشاهده شده و پیش‌بینی به کار می‌رود. با توجه به جدول (۶)، مقدار سطح معنی‌داری برای آماره هوسمور و لمشاو بالاتر از  $0/05$  است؛ در نتیجه رابطه لجستیک برای گونه مورد بررسی تطبیق خوبی به داده‌ها داشته و معنی‌دار است. مقدار ضریب

جدول ۶: نتایج معیارهای ارزیابی کننده صحت مدل رگرسیون لجستیک

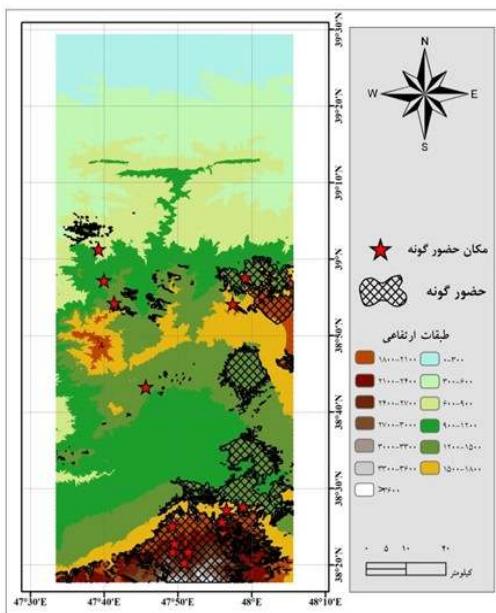
سطح معنی‌داری	Chi-Square value	درجه آزادی	آزمون هوسمور- لمشاو
سطح معنی‌داری	Chi-Square value	۴	۲/۶۳
درجه آزادی	Chi-Square value	۰/۹۵	۰/۰۰
ROC	ROC	۸	۰/۹۰
اشتباه معیار	اشتباهم معیار	۰/۰۰	۰/۰۳
Cox & Snell R Square	Cox & Snell R Square	۰/۴۶	۰/۷۹
Nagelkerke R square	Nagelkerke R square	۰/۶۱	

نقشه نهایی مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه براساس دو مدل انتروپی حداکثر و رگرسیون لجستیک در اشکال (۷ و ۸) نشان داده شده است. حضور واقعی گونه‌ها با ستاره قرمز رنگ در شکل نشان داده شده است.

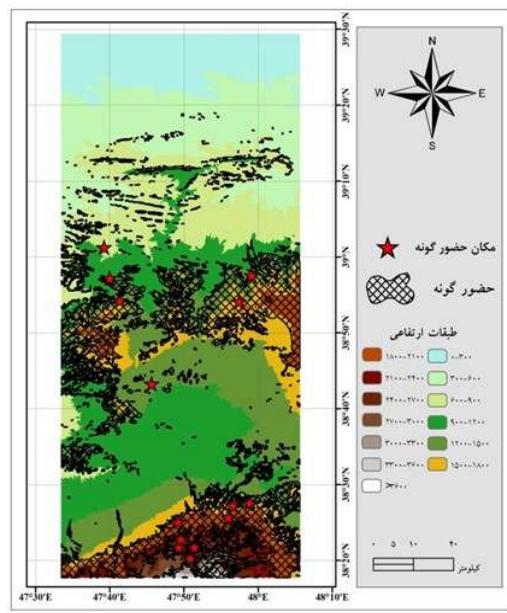
نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های پیش‌بینی به دست آمده با نقشه واقعی نشان می‌دهد که براساس مقادیر شاخص کاپای محاسبه شده، بیشترین ( $0/64$ ) میزان تطبیق مربوط روش رگرسیون لجستیک است (جدول ۷).

جدول ۷: تعیین تواافق مقادیر پیش‌بینی و واقعی برای نقشه‌های پیش‌بینی با استفاده از ضریب کاپا

رگرسیون لجستیک	انتروپی حداکثر	مدل	ضریب کاپا	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و مقادیر واقعی
۰/۶۴	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	متوسط
۰/۶۱				خوب



شکل ۷: نقشه نهایی مدل سازی مطابقت زیستگاه *T. kotschyanus* براساس روش انتروپی حداکثر



شکل ۸: نقشه نهایی مدل سازی مطابقت زیستگاه *T. kotschyanus* براساس روش رگرسیون لجستیک

بوم‌شناسخنی مؤثر بر حضور گونه *T. kotschyanus* معرفی کردند.

نتایج نشان داد گونه مذکور تمایل به استقرار در خاک‌هایی با بافت متوسط تا سبک دارد و با افزایش مقدار رس از حضور گونه کاسته می‌شود و به این ترتیب می‌توان گفت این گونه بافت خاک را ترجیح می‌دهد. زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی در مراعط اطراف روستای وشته طالقان میانی رویشگاه گونه *T. kotschyanus* را در طیف وسیعی از خاک‌های با بافت متوسط تا سنگین، بدون شوری و قلیاییت و اغلب آهکی گزارش کردند. در تحقیقی دیگر زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۵) در مراعع قره‌باغ استان آذربایجان غربی حضور گونه را در مناطقی با میزان شن پایین (بافت سنگین) و مقدار آهک بالا (۱۲/۴) درصد) گزارش کردند که در تضاد با پژوهش حاضر است. قربانی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی عوامل مؤثر بر پراکنش گونه در مراعع جنوب استان اردبیل بیان کردند که در خاک‌های شنی، با سنگ و سنگریزه و سیلت بیشتر رشد بهتری دارد. در تحقیق دیگری درویشی و همکاران (۲۰۱۳) حضور این گونه را در خاک‌های ماسه‌ای و لومی گزارش کردند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

## بحث و نتیجه‌گیری

پتاسیم در هر دو روش مدل سازی انتروپی حداکثر و *T. kotschyanus* لجستیک بر پراکنش گونه مذکور شناخته شد. افزایش پتاسیم در منطقه مورد مطالعه سبب کاهش حضور گونه شده است که با نتایج زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۵) در مراعع قره‌باغ که افزایش پتاسیم را در گسترش گونه عاملی اثرگذار معرفی کردند در تضاد است.

در مطالعه حاضر مشخص شد که افزایش شیب (تا حدود ۵۰ درصد) تأثیر مثبتی بر حضور و پراکنش گونه دارد. اثر شیب بر روی عمق خاک ظاهر می‌شود، بهنحوی که افزایش یا کاهش درجه شیب باعث کاهش یا افزایش عمق خاک شده که بر روی استقرار ریشه مؤثر است که با نتایج زارع چاهوکی و عباسی (۲۰۱۶) که افزایش شیب را عامل منفی در پراکنش این گونه دانستند تقابل دارد. شکراللهی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود در پلور آمل گزارش کردند که این گونه در مناطقی با شیب زیاد پراکنش دارد که با پژوهش حاضر مطابقت دارد. محققان دیگری همچون لارتی و همکاران (۲۰۱۳)، درویشی و همکاران (۲۰۱۳) و بازیار و همکاران (۲۰۱۸) شیب را از عوامل

پاسخ *T. kotschyanus* نسبت به اسیدیته خاک همنوای کاهشی است. در تحقیق دیگر قربانی و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند متغیر اسیدیته را در پراکنش گونه *T. kotschyanus* تأثیرگذار نیست که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد اما در تضاد با نتایج زارع چاهوکی و عباسی (۲۰۱۶) در طالقان است؛ با توجه به نتایج متفاوت حاصل توسط محققین متفاوت در این پارامتر خاک توصیه می‌گردد مطالعات بیشتری در مناطق با شرایط اکولوژیک متفاوت و با نوسانات بیشتری انجام گیرد تا نتایج قطعی تری به دست آید.

نتایج نشان داد گونه مورد مطالعه در بارندگی ۳۴۰ تا ۴۰۰ میلی متر گسترش دارد. لارتی و همکاران (۲۰۱۳) نتایج حاصل از بررسی رویشگاهی نشان داد که گونه *T. kotschyanus* در دامنه‌های ارتفاعی ۱۴۵۰-۲۵۰۰ متر و در شیب‌های ۲۰-۶۰ درصد و با میانگین بارش ۴۰۰-۶۰۰ میلی متر رویش دارد. قربانی و همکاران (۲۰۱۷) بیشترین حضور گونه را در ارتفاع ۱۹۰۰-۱۵۰۰ و در دامنه‌ی بارندگی ۳۵۰ تا ۴۵۰ میلی متر گزارش کردند.

گونه *T. kotschyanus* به طور عمده مراتعی را ترجیح می‌دهند که به دور از سکونتگاه‌های انسانی به عنوان یک عامل تهدید کننده باشد. با توجه به ارزش دارویی گونه با تکه‌تکه شدن زیستگاهها که باعث جدایی لکه‌های زیستگاهی و هجوم و اشغال به وسیله گیاهان مهاجم و فرستطلب می‌شود در مهاجرت و استقرار این گونه‌های گیاهی نقش سوئی داشته و احتمال حضور گونه‌ها کاهش می‌یابد. لکه‌های زیستگاهی بزرگ و نسبتاً یکپارچه به ویژه در مناطق مرتفع زیستگاه مهم و ایده‌آلی را برای گونه‌گرفراهم می‌سازند و این مناطق باید در اولویت حفاظتی قرار گیرند (۱)؛ بنابراین اگر فعالیت‌های انسانی مانند تغییر کاربری، چرای دام و برداشت گیاهان برای مصارف مختلف به متغیرهای مورد بررسی در مدل اضافه شوند، ممکن است زیستگاه‌های مطلوب واقعی از آنچه در پژوهش حاضر برآورده شده است کوچک‌تر و مجازات‌شود (۴۱).

با مقایسه اعتبار مدل‌ها (براساس ضریب کاپای حاصل از نقشه‌ها میزان تطابق نقشه‌های پیش‌بینی و واقعی) بین روش‌های انترووی حداقل و رگرسیون لجستیک مشخص گردید مدل مطلوبیت زیستگاه به دست آمده با روش

گونه مورد مطالعه در محدوده ارتفاعی ۹۰۰-۲۷۰۰ متری مشاهده شد و با افزایش ارتفاع احتمال حضور گونه افزایش یافت. جمشیدی و همکاران (۲۰۰۶) حضور گونه *T. kotschyanus* در ارتفاعات بالا را نشان‌دهنده مقاومت این گونه نسبت به سرما و شرایط سخت ارتفاعات دانستند. حبیبی و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه بر روی گونه *T. kotschyanus* در منطقه طالقان در ارتفاع ۱۸۰۰-۲۸۰۰ بیان کردند که در ارتفاعات جنوبی البرز در منطقه طالقان با افزایش ارتفاع جمعیت و تراکم این گونه افزایش پیدا می‌کند؛ به حدی که گیاه غالب در ارتفاعات ۲۸۰۰ متری این منطقه است. عصری (۲۰۱۲) طیف ارتفاعی وسیعی از ارتفاع (۶۵۰-۳۹۰۰ متری) برای گونه گزارش داد. در مطالعه زارع چاهوکی و عباسی (۲۰۱۶) در منطقه طالقان مناطقی با ارتفاع بیشتر از ۲۰۰۰ متر را مناسب گونه گزارش کردند. بازیار و همکاران (۲۰۱۸) در عکس العمل گونه *T. kotschyanus* نسبت به برخی متغیرهای محیطی با استفاده ازتابع *HOF* در مراتع حوزه آبخیز گلندرود بیان کردند منحنی پاسخ گونه به ارتفاع، آستانه‌ای افزایشی است. با توجه به اینکه در مطالعات مختلف طیف ارتفاعی متفاوتی برای این گونه ذکر شده است؛ به نظر می‌رسد یا عامل ارتفاع در کنار عوامل دیگر اثری متفاوت در انتشار گونه *T. kotschyanus* دارد و یا واریته‌های متفاوتی از این گونه در مناطق گسترش دارد. لذا توصیه می‌گردد در مطالعات آینده با توجه به گسترش وسیع این گونه در ایران (عصری، ۲۰۱۲)، اولاً مطالعات دیگری در سایر مناطق ایران انجام گیرد، ثانیاً به واریته‌های این گونه نیز توجه بیشتری گردد. محققان دیگر (۲۶، ۲۷، ۳۶ و ۳۹) نیز عامل ارتفاع را از عوامل اثرگذار در پراکنش گونه *T. kotschyanus* مورد مطالعه نتایج نشان داد اسیدیته در انتشار گونه مورد مطالعه سههم اثری پایینی دارد و در خاک‌هایی با اسیدیته ۵/۵ تا ۸ گونه مشاهده شد و با افزایش قلیاییت خاک حضور گونه کاهش یافت. پوربابایی و همکاران (۲۰۱۵) مهم‌ترین عامل در حضور گونه مورد مطالعه را اسیدیته معرفی کرده است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد. شکراللهی و همکاران (۲۰۱۲) و معتمدی و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقات خود به حضور گونه مذکور با درصد اسیدیته بالا اشاره کردند. بازیار و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند منحنی

در نهایت با توجه به اهمیت گونه مورد مطالعه که از گسترش وسیعی در منطقه مورد مطالعه برخوردار می‌باشد و همچنین از لحاظ ارزش دارویی و حفاظت خاک این گونه در مناطق کوهستانی و شیب‌دار که خاک‌ها حساسیت بالایی به فرسایش دارند، انجام مطالعات بوم‌شناسختی و کاربردی بر روی این گونه‌ها می‌تواند در زمینه حفاظت و حمایت بهمنظور مدیریت اصولی مورد استفاده قرار گیرند.

#### سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی انجام شده است. بدین‌وسیله نویسنده‌گان از حمایت این معاونت سپاسگزاری می‌کنند.

رگرسیون لجستیک برای گونه مورد مطالعه نسبت به روش انتروپی حداکثر به واقعیت نزدیک‌تر بود. با توجه به نتایج اعتبارسنجی مدل‌ها، می‌توان گفت که تقریباً گونه مورد بررسی در منطقه مورد بررسی دامنه پراکنش وسیعی دارند و محدود به شرایط فیزیوگرافی خاصی نیست؛ مدل‌های ارائه شده برای آن قوی نیست.

در مجموع مقایسه عملکرد دو روش مدل‌سازی رگرسیون لجستیک و انتروپی حداکثر نشان می‌دهد که کارایی روش‌های مورد استفاده در مدل‌سازی رویشگاه گونه‌های مختلف متفاوت است و عملکرد پیش‌بینی مدل‌ها، علاوه بر ماهیت روش مورد استفاده و الگوریتم مدل‌سازی، تحت تأثیر خصوصیات مربوط به گونه‌ها مانند دامنه جغرافیایی پراکنش و نیازهای بوم‌شناسختی گونه‌ها قرار می‌گیرد (۳۴).

#### References

1. Ashrafzadeh, M.R. & A.R. Nazarian, 2018. Habitat suitability modelling for the Caspian Snowcock (*Tetraogallus caspius*), as a typical high-montane species. Iranian Journal of Natural environment, 70(4): 745-756. (In Persian)
2. Asri, Y., 2012. Range plants of Iran, vol. 2: Dicotyledons. Publications of Research Institute of Forests and Rangelands.
3. Bagheri, H., A. Ghorbani, M.A. Zare Chahouki, A.A. Jafari & K. Sefidy, 2017. Halophyte species distribution modeling with MaxEnt model in the surrounding rangelands of Meighan playa, Iran. Applied Ecology and Environmental Research, 15(3): 1473- 1484.
4. Baziar, F., Gh.A. Dianatilaki & S.J. Alavi, 2018. Investigating the response of *Thymus kotschyanus* Boiss. Et Hohen to some environmental variables using HOF function in Galandrood watershed rangeland. Iranian Journal of environmental science and technology. (In Persian)
5. Cohen, J., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and psychological measurement, 20: 37-46.
6. Curtis, J.T. & P.R. McIntosh., 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. Journal of Ecology, 31: 434-455.
7. Darvishi, L., M.A. Zare Chahouki, M. Jafari, H. Azarnivand & M. Yousefi Valikchali, 2013. Study on the Environmental Factors Contributing to Distribution of *Thymus kotschyanus* in Taleghan Basin, Iran. Journal of Rangeland Science, 4(1): 82-90.
8. Elith, J., Graham, C.H., & Anderson, R.P. 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. Ecography, 29: 129-151.
9. Esfanjani, J., A. Ghorbani & M.A. Zare Chahouki, 2018. MaxEnt Modeling for Predicting Impacts of Environmental Factors on the Potential Distribution of *Artemisia aucheri*, *Bromus tomentellus* and *Festuca ovina* in Iran. Journal of Environmental Studies, 27(3): 1041-4147.
10. Etter, A., C. McAlpine, K. Wilson, S. Phinn & H. Possingham, 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment, 114: 369-386.
11. Felicísimo, A.M., Fracces, E., Gonzalez, A., & J. Varas, 2002. Modeling the potential distribution of Forests With a GIS. Journal of Photogrammetric engineering & Remote sensing, 68(5):455-461.
12. Ghafari, S., A. Ghorbani, M. Moameri, R. Mostafazadeh & M. Bidarlord, 2018. Composition and structure of species along altitude gradient in Moghan-Sabalan rangelands, Iran. Journal of Mountain Science, 15(6): 1209-1228.
13. Ghorbani, A., V. Ahmadalei & A. Asghari, 2014. Study the effect of distance from village on plant diversity and composition in rangeland of Southeastern Sabalan. Rangeland, 8(2): 178-191. (In Persian)
14. Ghorbani, A. & B. Bahrami, 2017. The influence environmental factors on the Distribution of Plant Species in the Southeast Rangelands of Sabalan. Iranian Journal of Watershed Management Research, 30(2): 15-29.

- (In Persian)
15. Ghorbani, A., A. Pournemati, Z.S. Ghasemi & A. Shokuhian 2017. Comparison of some effective environmental factors on distribution of *Dactylis glomerata* L. and *Thymus kotschyanus* Boiss and Hohen. in South of Ardabil province. Iranian Journal of range and watershed management, 70(2): 449-464. (In Persian)
  16. Ghorbani, A., S. Mohammadi Moghaddam, K. Hashemi Majd & N. Dadgar, 2018. Spatial variation analysis of soil properties using spatial statistics: a case study in the region of Sabalan mountain, Iran. Journal of Eco.mont, 10(1): 60-70.
  17. Giovanelli, J.G.R., M.F. de Siqueira, C.F.B. Haddad & J. Alexandrino, 2010. Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: How the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. Journal of Ecological Modelling, 221: 215-224.
  18. Habibi, H., D. Mazaheri, N. Majnoon Hosseini, M.R. Chaeechi, M. Fakhr-Tabatabaei & M. Bigdeli. 2007. Effect of altitude on essential oil and components in wild thyme (*Thymus kotschyanus* Boiss) Taleghan region. Iranian Journal of Pajouhesh & Sazandegi, 73: 2-10. (In Persian)
  19. Jamshidi, A., M. Aminzadeh, H. Azarnivand & M. Abedi, 2006. Effect of evaluation for quality and quantity of essential oil Thymus kotschyanus (Damavand-Tar). Iranian Journal of medicinal plants, 2 (18): 17-22. (In Persian)
  20. Larti, M., S. Ghasempour, E. Sharifi Ashorabadi & B. Alizadeh, 2013. The study of some ecological characteristics of *Thymus kotschyanus* Boiss. et Hohen and *Thymus pubescens* Boiss. & Kotschy ex Celak in West Azarbaijan. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29(2): 412-424. (In Persian)
  21. Latimer, A.M., WU, S.S., Gelfand, A.E., & Silander, J.A. 2006. Building statistical models to analyze species distribution. Ecological Applications 16: 33-50.
  22. Linkie, M., R.J. Smith & N. Leader-Williams, 2004. Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. Journal of Biodiversity and Conservation, 13: 1809-1818.
  23. Luoto, M., R.K. Heikkinen, J. Pöry & K. Saarinen, 2006. Determinants of biogeographical distribution of butterflies in boreal regions. Journal of Biogeography, 33:1764-1778.
  24. Martínez, I., F. Carreño, A. Escudero & A. Rubio, 2006. Are threatened lichen species well-protected in Spain? Effectiveness of a protected areas network. Journal of Biological Conservation, 133: 500-511.
  25. Modares Gorji, H., M. Pir Bavaghār & L. Ghahramani, 2015. Comparison of Logistic Regression and Discriminate Analysis in Recognition of the Factors Affecting on the Distribution of *Quercus Libanii* of Armardeh Forests at Baneh, Kurdistan Province. Iranian Journal of Applied Ecology Isfahan University of Technology, 4(13): 79-87. (In Persian)
  26. Mohtashamnia, S., Gh. Zahedi & H. Arzani. 2008. An investigation on synecology of semi-steppe vegetation in relation to Edaphic and Physiographical factors (case study: eghlid rangelands of Fars). Iranian Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(6): 111-123. (In Persian)
  27. Motamed, J., F. Alilou, E. Sheidai Karkaj, F. Keivan Behjou & R. Goreishi, 2013. Investigation on relationship environmental factors and grazing intensity with vegetation cover in Khoy rangeland ecosystems. Iranian Journal of Plant Ecosystem Conservation, 1(3): 73-90. (In Persian)
  28. Naqibzadeh, A., N. Razaei, J. Sarhangzadeh & N. Sayedi, 2018. Ideal modeling of wild Sheep habitat in wildlife refuge of Burueiyeh in Yazd province by using Maximum Entropy Model (MaxEnt). Iranian Journal of animal environment, 10(4): 75-82. (In Persian)
  29. Padalia, H., R.R. Bharti. Y.P.S. Pundir & K.P. Sharama, 2010. Geospatial multiple logistic regression approach for habitat characterization of scarce plant population: A case study of *Pittosporum eriocarpum* Royle (an endemic species of Uttarakhand, India). Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 38(3): 513-521.
  30. Pearson, R.G., 2007. Species distribution modeling conservation educators and practitioners. Synthesis. New York. American Museum of Natural History.
  31. Peterson, A.T. & J. Shaw., 2003. Lutzomyia vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. International Journal for Parasitology, 33: 919-931.
  32. Peterson, A.T., J. Soberón, R.G. Pearson, R.P. Anderson, E. Martínez-Meyer, M. Nakamura & M.B. Araujo, 2011. Ecological Niches and Geographic Distributions. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 328p.
  33. Phillips, S.J., R.P. Anderson & R.E. Schapire, 2006. Maximum entropy modeling of speciesgeographic distributions. Journal of Ecological Modelling, 190: 231-259.
  34. 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. Journal of Ecological Modelling, 309-310: 64-71.
  35. Piri Sahragard, H., 2018. Predictive modeling of plant species habitat distribution using logistic regression

- (A case study in western Taftan, Khash City). Iranian Journal of plant researches (Iranian Journal of biology), 30(4): 917-928. (In Persian)
36. Pourbabaei, H., V. Rahimi & M.N. Adel, 2015. Effect of Environmental Factors on Rangeland Vegetation Distribution in Divan-Darre Area, Kurdistan. Iranian Journal of Applied Ecology, 4(11): 27-39. (In Persian)
  37. Qin, Z., J.E. Zhang, A.D. Tommaso, R.L. Wang & R.S. Wu, 2015. Predicting invasions of *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc with Maxent and GARP models. Journal of Plant Research, 128: 763-775.
  38. Safaei, M., M. Tarkesh, M. Basiri & H. Bashari, 2013. Determining the potential habitat of *Astragalus verus* Olivier using the geostatistical and logistic regression methods. Iranian Journal of Arid Biome Scientific and Research, 3(1):42-55. (In Persian)
  39. Shokrollahi, SH., H.R. Moradi & GH.A. Dianatitlaki, 2012. The investigation of some environmental factors affecting on *Thymus kotschyanus* Boiss in Polur summer rangelands. Iranian Journal of Plant and Ecosystem, 30(8): 69-87. (In Persian)
  40. Soberón, J. & A.T. Peterson, 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. Journal of Biodiversity Informatics, 2: 1-10.
  41. Wang, B., Y. Xu & J. Ran, 2017. Predicting suitable habitat of the Chinese monal (*Lophophorus lhuysii*) using ecological niche modeling in the Qionglai Mountains, China. PeerJ, 5, e3477.
  42. Zaniewski, A.E., A. Lehmann & J.M. Overton, 2002. Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. Journal of Ecological modelling, 157(2-3): 261-280.
  43. Zare Chahouki, M.A., H. PirySahragard & H. Azarnivand, 2013. Habitat distribution modeling of some halophyte plant species using Maximum Entropy Method (Maxent) in HozeSoltan rangelands of Qum Province. Rangeland, 7(3): 212-221. (In Persian)
  44. Zare Chahouki, M.A., M. Abbasi & H. Azarnivand, 2015a. Evaluation of logistic regression model in provides the spatial distribution map of plant species (Case Study: Taleghan Miany rangelands). Rangeland, 4: 320-332. (In Persian)
  45. Zare Chahouki, M.A., M. Mashgholi & H. Jafari, 2015b. Classification of vegetation cover related to environmental factors (case study: Gharabagh rangelands of Azarbaijan province). Iranian Journal of Plant research (Iranian journal of biology), 28(5): 995-1005). (In Persian)
  46. Zare Chahouki, M.A., M. Hosseini & A. Tavili, 2016. Effective environmental factors on of plants diversity in Taleghan rangelands (Case study: Veshteh rangelands). Iranian Journal of plant researches (Iranian Journal of biology), 28(2): 307-315. (In Persian)
  47. Zare Chahouki, M.A. & M. Abbasi., 2016. Habitat suitability modeling for *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. Using ecological-niche factor analysis (case study: rangeland of middle Taleghan. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32(4): 561-573. (In Persian).
  48. Zare Chahouki, M.A., & M. Abbasi., 2017. Habitat suitability modeling *Stipa barbata* species using Ecological Niche Factor Analysis (case study: Taleghan Rangelands). Iranian Journal of natural ecosystem of Iran, 7(4): 1- 16. (In Persian)
  49. Zare Chahouki, M.A. & N. Nasseri Hesari., 2018. Habitat distribution modeling of some plant species using logistic regression in the semi-arid rangelands. (Case study: Eshtehard rangelands). Iranian Journal of plant researches (Iranian Journal of biology). 31(1): 29-44. (In Persian)
  50. Zare Chahouki, M.A., N. Nasseri Hessari & M. Jafari, 2018. Habitat distribution modeling of plant species using Maximum Entropy Method (Case study: rangeland of Eshtehard). Iranian Journal of Range and Desert Research, 25(2): 298-309. (In Persian)
  51. Zare Chahouki, M.A., M. Abbasi & H. Azarnivand, 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).
  52. Zhang, K., L. Yao, J. Meng & J. Tao, 2018. Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change. Journal of Science of the Total Environment, 634: 1334-1326.