مقاله پژوهشی **شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.20080891.1400.15.2.3.0**

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

سحر غفاری[۱]، اردوان قربانی*[۲]، مهدی معمری[۳]، رئوف مصطفی‌زاده[۴] و محمود بیدار لرد[۵] و آزاد کاکه ممی[۶]

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 مراتع 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 مترمربعی برای نمونه‌برداری استفاده شد. برای نمونه‌برداری از خاک هر سایت، ۹ پروفیل حفر و از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. اطلاعات مربوط به خصوصیات خاک با استفاده از روش زمین‌آمار، اطلاعات توپوگرافی از مدل رقومی ارتفاع، اطلاعات اقلیمی با استفاده از داده‌های هواشناسی منطقه و سنجه‌های 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، پتاسیم عمق دوم و شاخص تجمع با همبستگی منفی و شیب و خاک لخت با همبستگی مثبت و براساس روش انتروپی حداکثر، متغیرهای رس عمق اول، تغییرات ضریب اندازه لکه و شیب شیب موثرترین عوامل در حضور گونه در منطقه هستند. گونه *T. kotschyanus* خاک‌هایی با بافت سبک (رس کمتر از ۱۵ درصد)، پتاسیم (کمتر از ۱۸ میلی اکی والان در لیتر)، سیلت (کمتر از ۲۰ درصد)، مناطق مرتفع (۹۰۰ تا ۲۷۰۰ متر) و شیب (۳۵ تا ۵۵ درصد) را ترجیح می‌دهد. بر اساس مقادیر ضریب کاپای محاسبه شده، مدل رگرسیون لجستیک پراکنش رویشگاه گونهٔ مورد 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.

[۱] - دکتری علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
[۲] - استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
*: نویسنده مسئول: a_ghorbani@uma.ac.ir
[۳] - دانشیار گروه علوم گیاهی و گیاهان داروئی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
[۴] - دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
[۵] - استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران.
[۶]- دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

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 پرخطر در معرض تهاجم گونه‌های مهاجم و سمی (۳۷)، و ارزیابی اثرات تصمیمات مدیریتی و یا مخاطرات محیط‌زیستی سود برد (۵۰ و ۵۱).

گونه *Thymus kotschyanus* (آویشن) جزء گونه‌های اصلی مراتع استان اردبیل می‌باشد که هم به‌صورت گونه غالب و هم گونه همراه در این مراتع 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 مدیریت و بهره‌برداری درست از مراتع، 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[1] 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 متمایزکننده 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 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 متمادی و دستیابی به اطلاعات کافی در مورد بوم‌شناسی گونه است (۲۸). از آنجاییکه اطلاعات قابل اعتماد در خصوص عدم حضور توسط مشاهده‌گر به‌دلایل متعددی نظیر دقت مشاهده‌گر، تجهیزات مورد استفاده و نظیر آن، سبب می‌گردد تا آن نقطه به‌عنوان 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 به‌کارگیری داده‌های عدم حضور اشتباه جلوگیری کنند (۴۲). روش انتروپی حداکثر[2] به‌دلیل 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 انتروپی 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

[1] - Species Distribution Models

[2] - Maximum Entropy

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

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 خطا 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 به‌صورت زیر مطرح می‌شود: الف) کارایی روش‌های مختلف مدل‌سازی مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای متفاوت است؛ ب) مطلوبیت بخش‌های مختلف مراتع نیمه شمالی استان اردبیل به‌عنوان 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

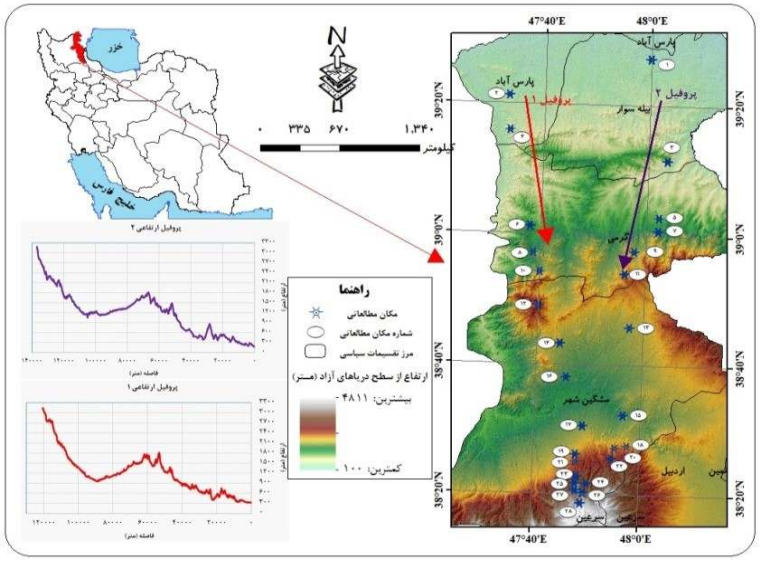
منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی با حدود جغرافیایی '۴۵ °۴۷ تا '۲۳ °۴۸ طول شرقی و '۱۸ °۳۸ تا '۲۷ °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 گرادیان 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 مراتع طبیعی هستند و مراتع 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[1] که براساس مجموع تراکم نسبی، فراوانی نسبی و درصد پوشش نسبی محاسبه شد (۶).

[1] - Importance value index: IVI

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]



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

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

ارتفاع	شماره سایت روی شکل (۱)	مختصات جغرافیایی	شیب (درصد)	گونه‌های غالب	بارندگی (میلی‌متر)	دما (درجه سلسیوس گراد)	بافت خاک	شاخص اهمیت گونه در سایت
۳۰۰-۱۰۰	۱	۴۸° ۰۱' ۰۷" / ۳۹° ۲۷' ۲۰"	۳	*Lolium perenne -Medicago minima*	۲۷۰	۱۴	سیلت-رسی-لومی	-
۳۰۰-۱۰۰	۲	۴۷° ۳۴' ۲۷" / ۳۹° ۲۱' ۱۹"	۳	*Trigonella monspeliaca-Erodium deserti*	۲۷۴	۱۴	سیلت-رسی-لومی	-
۶۰۰-۳۰۰	۳	۴۸° ۰۴' ۵۳" / ۳۹° ۱۱' ۳۸"	۲۲	*Artemisia austriaca-Trifolium subterraneum*	۲۷۹	۱۳	رسی-لومی	-
۶۰۰-۳۰۰	۴	۴۷° ۳۴' ۵۰" / ۳۹° ۱۶' ۰۲"	۲۲	*Avena eriantha -Artemisia austriaca*	۲۸۲	۱۳	رسی-لومی	-
۹۰۰-۶۰۰	۵	۴۸° ۰۳' ۳۱" / ۳۹° ۰۲' ۵۱"	۳۱	*Trifolium subterraneum*	۲۹۸	۱۲	رسی	-
۹۰۰-۶۰۰	۶	۴۷° ۳۹' ۱۴" / ۳۹° ۰۱' ۱۷"	۱۲	*Trachynia distachya*	۳۰۰	۱۲	رسی-لومی	۰/۴۶
۱۲۰۰-۹۰۰	۷	۴۸° ۰۳' ۲۸" / ۳۹° ۰۰' ۴۸"	۳۸	*Medicago minima-Poa bulbosa-Trifolium resupinatum*	۳۱۱	۱۱	شنی-رسی-لومی	-
۱۲۰۰-۹۰۰	۸	۴۷° ۳۹' ۵۹" / ۳۸° ۵۷' ۱۱"	۳۶	*Bromus arvensis-Thymus kotschyanus*	۳۲۱	۱۱	رسی-لومی	۲۳/۰۵
۱۵۰۰-۱۲۰۰	۹	۴۷° ۵۹' ۰۴" / ۳۸° ۵۷' ۳۲"	۲۱	*Astragalus microcephalus-Festuca ovina*	۳۴۲	۱۰	شنی-لومی	۱۰/۱۳
۱۵۰۰-۱۲۰۰	۱۰	۴۷° ۴۱' ۱۷" / ۳۸° ۵۴' ۱۸"	۹	*Astragalus microcephalus-Medicago minima*	۳۳۵	۱۰	شنی-لومی	۱۳/۸۳
۱۸۰۰-۱۵۰۰	۱۱	۴۷° ۵۷' ۲۳" / ۳۸° ۵۴' ۰۹"	۱۸	*Artemisia austriaca -Festuca ovina*	۳۵۹	۱۰	شنی-لومی	۲/۰۷
۱۸۰۰-۱۵۰۰	۱۲	۴۷° ۴۱' ۱۴" / ۳۸° ۴۹' ۰۵"	۲۸	*Festuca ovina -Dactylis glomerata*	۳۴۸	۹	لومی	-
۱۵۰۰-۱۲۰۰	۱۳	۴۷° ۵۸' ۳۹" / ۳۸° ۴۵' ۵۳"	۱	*Xeranthemum squamosum -Artemisia austriaca*	۳۳۷	۱۰	شنی-لومی	-
۱۵۰۰-۱۲۰۰	۱۴	۴۷° ۴۵' ۴۱" / ۳۸° ۴۳' ۱۶"	۳۰	*Festuca ovina-Trigonella arcuata -Erodium cicutarium*	۳۲۸	۱۰	لومی	۱/۰۰

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

۱۲۰۰-۹۰۰	۱۵	۴۷° ۵۷' ۵۴" / ۳۸° ۳۲' ۲۲"	۲۴	*Artemisia austriaca*	۳۲۳	۱۱	شنی-رسی-لومی	-
۱۲۰۰-۹۰۰	۱۶	۴۷° ۴۷' ۰۰" / ۳۸° ۳۸' ۰۹"	۱۲	*Artemisia austriaca-Lasiopogon muscoides*	۳۱۶	۱۱	رسی-لومی	-
۱۵۰۰-۱۲۰۰	۱۷	۴۷° ۵۸' ۵۲" / ۳۸° ۲۷' ۳۸"	۳۵	*Astragalus microcephalus -Trifolium arvense-Acantholimon gilliatii*	۳۴۰	۱۰	شنی-رسی-لومی	۱۰/۶۶
۱۵۰۰-۱۲۰۰	۱۸	۴۷° ۵۰' ۲۴" / ۳۸° ۳۰' ۳۸"	۱۲	*Medicago minima-Aegilops triuncialis-Astragalus vegetus*	۳۲۵	۱۰	شنی-لومی	-
۱۸۰۰-۱۵۰۰	۱۹	۴۷° ۵۶' ۳۰" / ۳۸° ۲۷' ۱۷"	۱۴	*Astragalus microcephalus -Taeniatherum caput-medusae*	۳۵۵	۹	رسی-لومی	۱۴/۶۷
۱۸۰۰-۱۵۰۰	۲۰	۴۷° ۴۹' ۱۰" / ۳۸° ۲۶' ۱۵"	۲۰	*Taeniatherum caput-medusae -Medicago sativa*	۳۴۶	۹	شنی-لومی	-
۲۱۰۰-۱۸۰۰	۲۱	۴۷° ۵۵' ۵۵" / ۳۸° ۲۵' ۴۱"	۳۴	*Astragalus microcephalus-Bromus arvensis-Thymus kotschyanus*	۳۶۶	۸	رسی-لومی	۱۶/۰۴
۲۱۰۰-۱۸۰۰	۲۲	۴۷° ۴۹' ۰۹" / ۳۸° ۲۵' ۰۶"	۲۰	*Bromus tectorum*	۳۶۱	۸	لومی-شنی	۱/۱۰
۲۴۰۰-۲۱۰۰	۲۳	۴۷° ۵۱' ۱۹" / ۳۸° ۲۱' ۴۵"	۳۱	*Festuca akhanii-Astragalus eriostylus-Poa pratensis*	۳۸۵	۷	شنی-لومی	۱۰/۳۲
۲۴۰۰-۲۱۰۰	۲۴	۴۷° ۴۹' ۳۱" / ۳۸° ۲۲' ۵۲"	۳۷	*Astragalus aureus-Festuca ovina*	۳۷۹	۷	شنی-لومی	۱۸/۳۶
۲۷۰۰-۲۴۰۰	۲۵	۴۷° ۴۹' ۱۳" / ۳۸° ۲۱' ۴۷"	۳۹	*Festuca ovina- Astragalus aureus*	۳۹۸	۶	شنی-لومی	۱۱/۸۲
۲۷۰۰-۲۴۰۰	۲۶	۴۷° ۵۰' ۵۱" / ۳۸° ۲۰' ۲۱"	۴۰	*Festuca ovina- Trifolium medium*	۳۹۳	۶	شنی-لومی	۹/۶۶
۳۰۰۰-۲۷۰۰	۲۷	۴۷° ۴۹' ۱۶" / ۳۸° ۲۰' ۴۳"	۳۳	*Lolium rigidum-Festuca ovina- Trifolium medium*	۴۰۴	۶	شنی-لومی	-
۳۳۰۰-۳۰۰۰	۲۸	۴۷° ۵۰' ۲۵" / ۳۸° ۱۸' ۴۴"	۱۹	*Festuca ovina-Alopecurus vaginatus*	۴۲۵	۱۱	شنی-لومی	-

جمع‌آوری اطلاعات پوشش گیاهی و عوامل محیطی

به‌منظور شناخت عوامل محیطی موثر در پراکنش گونه *T. kotschyanus* و ارائه مدل‌های پیش‌بینی پراکنش، عوامل محیطی با استفاده از ابزارهایی 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 طریق 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 مترمربع 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 در استان ۳۰ پلات تعیین شد. از آنجا که ریشه‌ی گیاهان مرتعی بیشترین فعالیتشان در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری است (۵۲) نمونه‌برداری خاک از دو عمق ۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری (عمق خاک منطقه و عمق ریشه‌دوانی گیاهان) در پلات‌های اول، پنجم و دهم هر ترانسکت برداشت و با هم مخلوط شد. در مورد 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 لاشبرگ؛ ۲ عامل اقلیمی شامل: میانگین بارندگی سالانه و درجه حرارت سالانه؛ ۳ عامل فیزیوگرافی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

شامل: ارتفاع، شیب 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[1] (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 به‌عنوان 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^{+5} 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 مجذور میانگین مربعات خطا، مقادیر اثر قطعه‌ای، دامنه و حد آستانه بهترین مدل واریوگرام برای هر یک از متغیرهای محیطی تعیین شد (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 متقاطع به‌منظور 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 شود. آزمون همبستگی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) انجام شد.

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

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

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.

[1] - Digital elevation model: DEM

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

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

متغیر	خصوصیت	روش اندازه‌گیری	واحد اندازه‌گیری	پیامدهای زیست‌محیطی
سطح پوشش زمین	خاک لخت	برآورد چشمی در سطح (پلات)	درصد (٪)	-
اقلیم	متوسط بارندگی سالانه	درون‌یابی داده‌های باران‌سنجی و سینوپتیک	میلی‌متر (mm)	-
خاک	اسیدیته (عمق اول)	PH متر	-	-
	هدایت الکتریکی (عمق اول و دوم)	عصاره گل اشباع	دسی زیمنس بر متر (ds/m)	-
	آهک (عمق اول و دوم)	تیتراسیون	درصد	-
	پتاسیم (عمق دوم)	فلم‌فتومتری	میلی اکی والان در لیتر	-
	کلسیم (عمق اول)	تیتراسیون	میلی اکی والان در لیتر	-
	رس (عمق اول)	هیدرومتری بایکاس	درصد (٪)	-
	رس قابل انتشار (عمق اول و دوم)	هیدرومتری و به‌صورت نسبتی از کل رس خاک	درصد (٪)	-
توپوگرافی	ارتفاع از سطح دریا	GPS	متر	-
	شیب	DEM	درصد (٪)	-
سنجه سیمای سرزمین	متوسط سطح لکه	نرم‌افزار Fragstats	هکتار	مربوط به تکه‌تکه شدن زیستگاه
	تغییرات ضریب اندازه لکه	نرم‌افزار Fragstats	-	مربوط به تکه‌تکه شدن زیستگاه
	تراکم لبه	نرم‌افزار Fragstats	متر در هکتار	مربوط به اثر متقابل با مناطق هم‌جوار
	فاصله تا اثرات انسانی (زمین‌های کشاورزی، جاده‌ها و یا هر ساخت و سازی)	نرم‌افزار Fragstats	متر	تأثیر انواع استفاده از زمین‌های مجاور
	شاخص تجمع	نرم‌افزار Fragstats	درصد	تعیین اینکه الگوی مکانی زیستگاه کپه‌ای است و یا تکه‌تکه

مدل انتروپی حداکثر

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

روش انتروپی حداکثر تا حدود زیادی به نرمال بودن و یکسان بودن ویژگی‌های لایه‌های رستری ورودی (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 تهیهٔ نقشهٔ مربوط به همه متغیرهای محیطی، لایه‌های مربوط 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 مربوط به حضور گونه و همچنین لایه‌های محیطی وارد نرم‌افزار MAXENT (نسخه 3.3.3e) شدند. در این روش از ۷۰ درصد نقاط حضور به‌صورت 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[1] و ده بار تکرار برای هر مدل‌سازی استفاده شد.

به‌دلیل اینکه خروجی مدل انتروپی حداکثر یک نقشه پیوسته است ضروری است که برای تعیین حضور یا عدم‌حضور 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 عدم‌حضور گونه‌ها تبدیل شد. این روش یکی از روش‌های رایج برای تعیین حدود آستانه بهینه است که در آن حساسیت[2] (کسری از حضورهایی که به‌درستی پیش‌بینی شده است) و اختصاصیت[3] (کسری از عدم حضورها که به‌درستی

[1] - Cross Validation
[2] - Sensitivity
[3] - Specificity

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

پیش‌بینی شده است) در حدود آستانه صفر تا یک مورد محاسبه قرار می‌گیرد. برای تعیین اهمیت متغیرهای محیطی از روش جک‌نایف[1] استفاده شد و تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده[2] و مساحت زیر منحنی[3] 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

به‌منظور دست‌یابی به بهترین ترکیب از متغیرهای پیش‌بینی در مدل رگرسیون لجستیک از روش پیشرو[4] 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[5] استفاده شد. آماره هوسمر- لمشاو برای آزمون تطابق تعداد موارد مشاهده‌ای و پیش‌بینی به‌کار می‌رود و بالا بودن مقادیر آن نشان‌دهنده تطابق بیش‌تر است. بدین شکل که اگر معنی‌داری آن از ۰/۰۵ بیش‌تر باشد مدل به‌دست آمده معتبر است و در غیر این صورت مدل معتبر نیست (۲۵ و ۲۹). 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 به‌خوبی پیش‌بینی کند؛ این مقدار مابین ۰/۵ تا ۱ است. رقم ۰/۵ نشان‌دهنده تصادفی بودن مدل، رقم بالای ۰/۷ بیانگر صحت خوب مدل و سطح بالای ۰/۹ نشان‌دهنده صحت بالای مدل است (۲۲). اگر آماره والد[6] 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 به‌دست 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 به‌عنوان عدم حضور گونه و ۱-۰/۵ را به‌عنوان حضور گونه در نظر گرفته شد (۱۱ و ۴۹) و نقشه خروجی نهایی براساس این دو طبقه حضور و عدم‌حضور 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 به‌دست 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.

جدول ۴- طبقه‌بندی مقادیر شاخص کاپا

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

[1] - Jackknife
[2] - Receiver Operating Characteristic curve: ROC
[3] - Area Under the Curve: AUC
[4] - Forward: LR
[5] - Hosmer & Lemeshow test
[6] - Wald

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

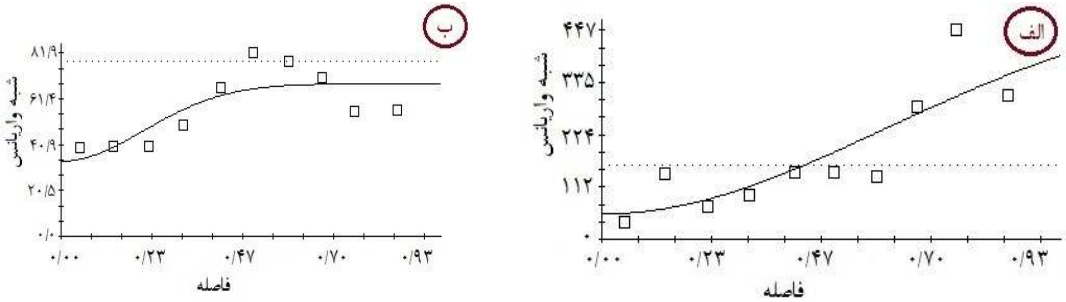
نتایج

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

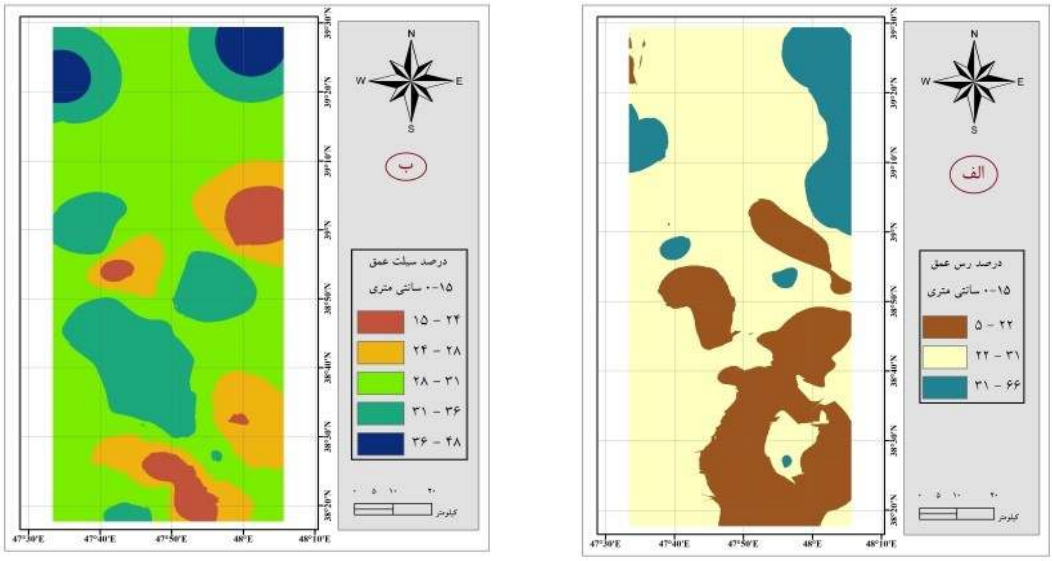
جدول ۵: اجزای مربوط به تغییرنمای (واریوگرام) خصوصیات خاک انتخاب شده برای تولید نقشه

خصوصیت	مدل تغییرنما	اثر قطعه‌ای (C_0)	آستانه (C_0+C)	فاصله گام (متر)	شعاع تأثیر (متر)	نسبت $C/(C_0+C)$	ضریب همبستگی R^2	مجموع مربعات خطا
رس عمق اول	کروی	-۱۰۰	-۳۵۹۴۰	۱/۹۹	۱/۹۹	۰/۹۹	۰/۶۳	۴/۰۳
سیلت عمق اول	نمایی	۲۵/۳۰	۶۹/۵۷	۰/۲۴	۰/۷۲	۰/۶۳	۰/۵۳	۱۰۶۷

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



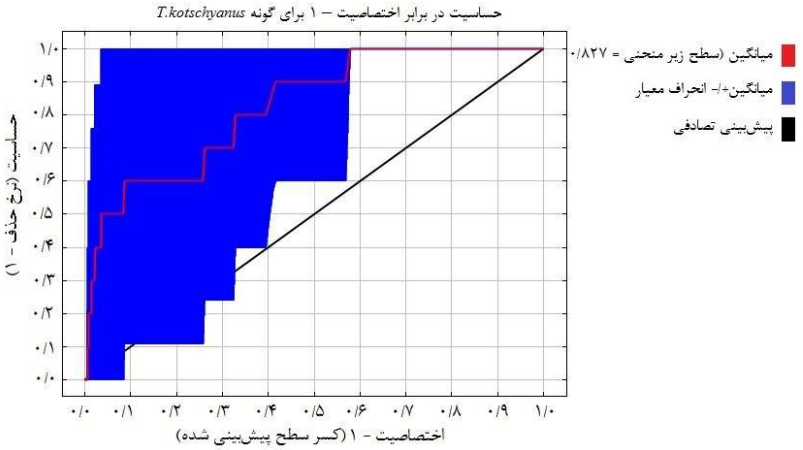
شکل ۲: مدل واریوگرام متغیرهای رس عمق اول (الف) و سیلت عمق اول (ب)



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

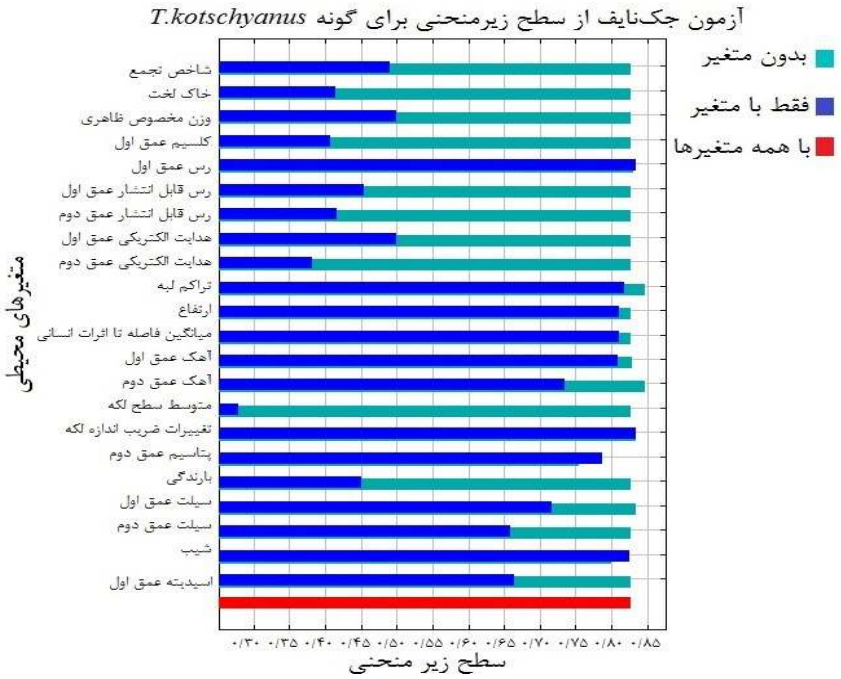
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

اعتبار سنجی مدل انتروپی حداکثر میزان سطح زیر منحنی *ROC* برای گونه مورد مطالعه ۰/۸۲ (متوسط/منطقی) است (شکل ۴).



شکل ۴: نمودار سطح زیر منحنی ROC برای اعتبارسنجی مدل مطلوبیت زیستگاه *T. kotschyanus* براساس روش انتروپی حداکثر

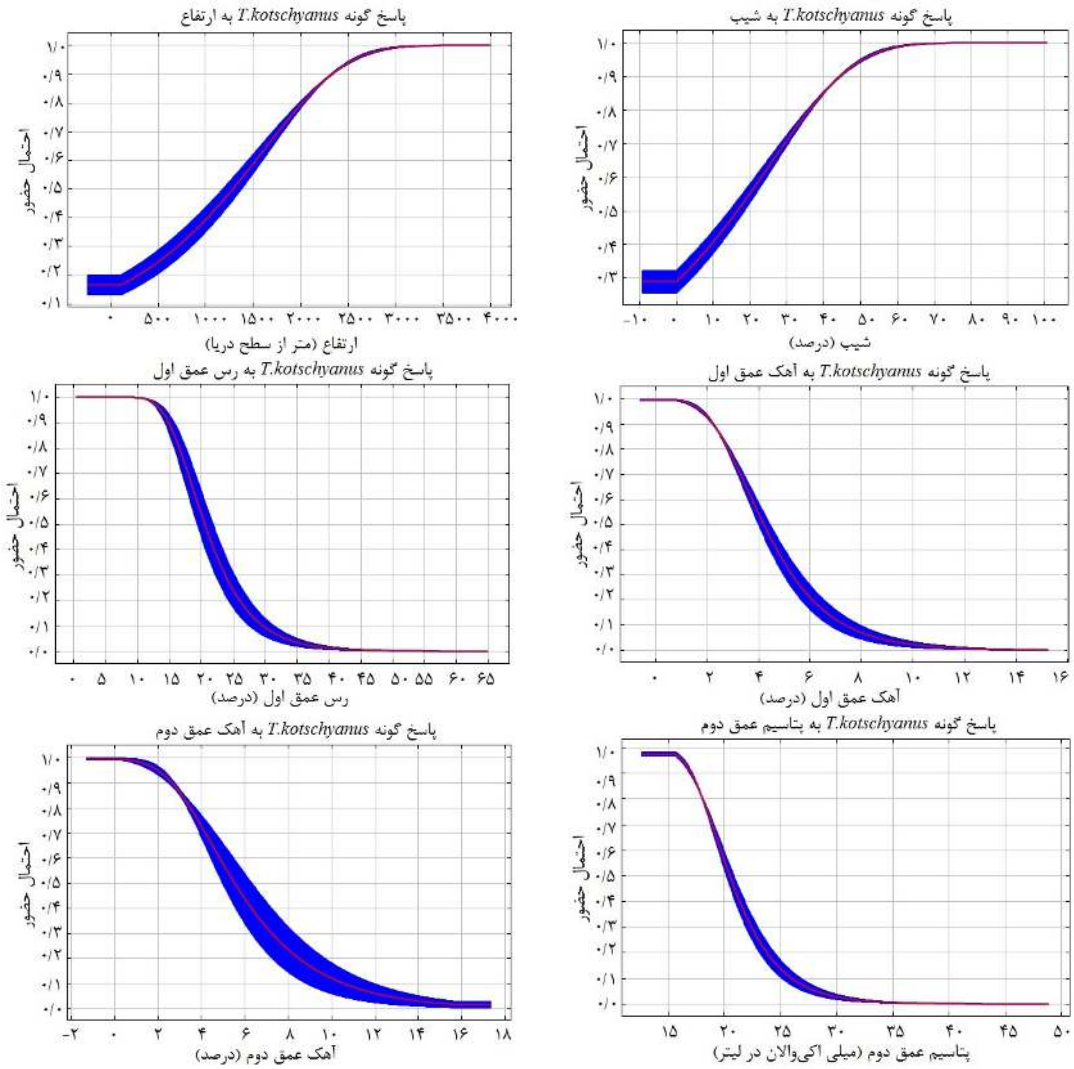
طبق نتایج به‌دست آمده از آزمون جک‌نایف مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه به ترتیب شامل متغیرهای رس عمق اول، تغییرات ضریب اندازه لکه، شیب، تراکم لبه، ارتفاع، فاصله تا اثرات انسانی، آهک عمق اول و پتاسیم بودند و کم‌ترین تأثیر را متغیرهای متوسط سطح لکه، هدایت الکتریکی عمق دوم، کلسیم عمق اول و خاک لخت داشتند (شکل ۵).



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

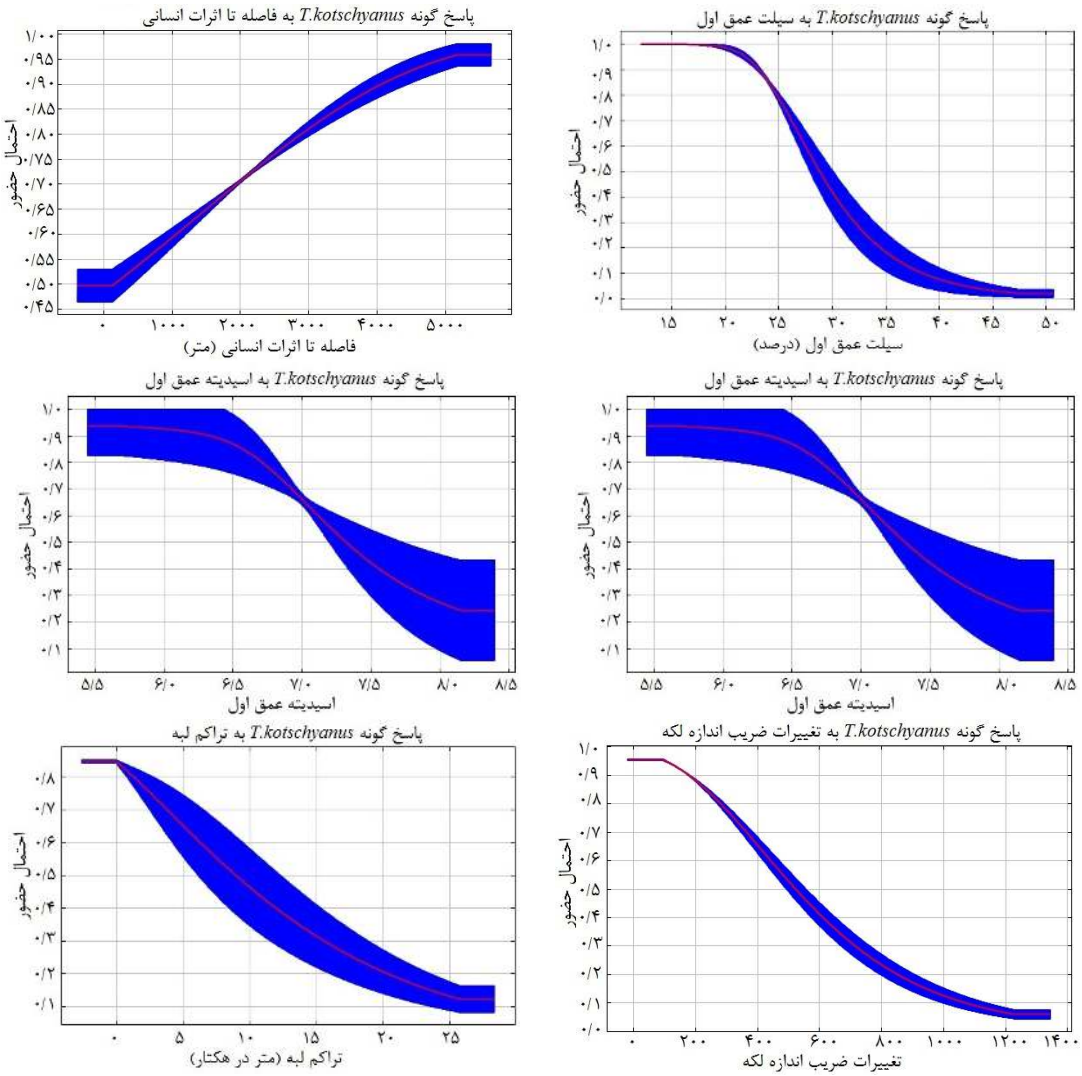
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

منحنی‌های مربوط به متغیرهای محیطی مهم و دارای بیش‌ترین تأثیر در پراکنش گونه *T. kotschyanus* 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 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. به‌عبارت دیگر این گونه خاک‌هایی با بافت سبک و میزان پتاسیم، آهک و سیلت پایین را ترجیح می‌دهد. این گونه در شیب‌های ۳۵ تا ۵۵ درصد حداکثر حضور را دارد (شکل ۶).



[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]



شکل ۶- منحنی‌های پاسخ متغیرها برای گونه *T. kotschyanus*

روش رگرسیون لجستیک

با توجه به آماره والد متغیرهای شیب و خاک لخت با همبستگی مثبت و با متغیرهای شاخص تجمع و پتاسیم با همبستگی منفی داشتند بنابراین در مدل انتخاب شدند (جدول ۵).

$$p = \frac{\exp\left((\text{شیب}\times ۰/۱۲۲) + (-۰/۱۱۶\times\text{پتاسیم عمق دوم}) + (-۰/۲۹۲\times\text{شاخص تجمع}) + (۰/۱۰۰\times\text{خاک لخت}) + ۲۶/۰۱۸\right)}{۱+\exp\left((\text{شیب}\times ۰/۱۲۲) + (-۰/۱۱۶\times\text{پتاسیم عمق دوم}) + (-۰/۲۹۲\times\text{شاخص تجمع}) + (۰/۱۰۰\times\text{خاک لخت}) + ۲۶/۰۱۸\right)}$$

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

جدول ۵: نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیونی مدل‌ها

متغیر	ضریب	اشتباه معیار	آماره والد	سطح معنی‌داری
شیب	۰/۱۲۲	۰/۰۳۳	۱۳/۴۲	۰/۰۰**
پتاسیم	-۰/۱۱۶	۰/۰۴۲	۷/۷۴	۰/۰۰**
شاخص تجمع	-۰/۲۹۲	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*

آماره هوسمر و لمشاو برای تطابق تعداد موارد مشاهده شده و پیش‌بینی به کار می‌رود. با توجه به جدول (۶)، مقدار سطح معنی‌داری برای آماره هوسمر و لمشاو بالاتر از ۰/۰۵ است؛ در نتیجه رابطه لجستیک برای گونه مورد بررسی تطابق خوبی به داده‌ها داشته و معنی‌دار است. مقدار ضریب تعیین شده براساس شاخص *Cox & Snell R Square* برابر ۰/۴۶ است و نشان می‌دهد که تنها ۴۶ درصد تغییرات متغیر پاسخ توسط متغیرهای پیش‌بینی بیان می‌شود.

جدول ۶: نتایج معیارهای ارزیابی کننده صحت مدل رگرسیون لجستیک

Chi-Square value	۴۷/۱۹
سطح معنی‌داری	۰/۰۰
درجه آزادی	۴
آزمون هوسمر- لمشاو	
Chi-Square value	۲/۶۳
سطح معنی‌داری	۰/۹۵
درجه آزادی	۸
ROC	۰/۹۰
سطح معنی‌داری	۰/۰۰
اشتباه معیار	۰/۰۳
Cox & Snell R Square	۰/۴۶
Nagelkerke R square	۰/۶۱

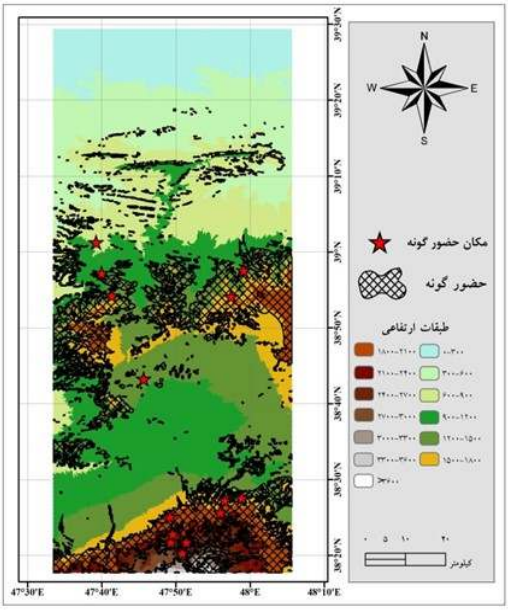
نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های پیش‌بینی به‌دست آمده با نقشه واقعی نشان می‌دهد که براساس مقادیر شاخص کاپای محاسبه شده، بیش‌ترین (۰/۶۴) میزان تطابق مربوط روش رگرسیون لجستیک است (جدول ۷). نقشه نهایی مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه براساس دو مدل انتروپی حداکثر و رگرسیون لجستیک در اشکال (۷ و ۸) نشان داده شده است. حضور واقعی گونه‌ها با ستاره قرمز رنگ در شکل نشان داده شده است.

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

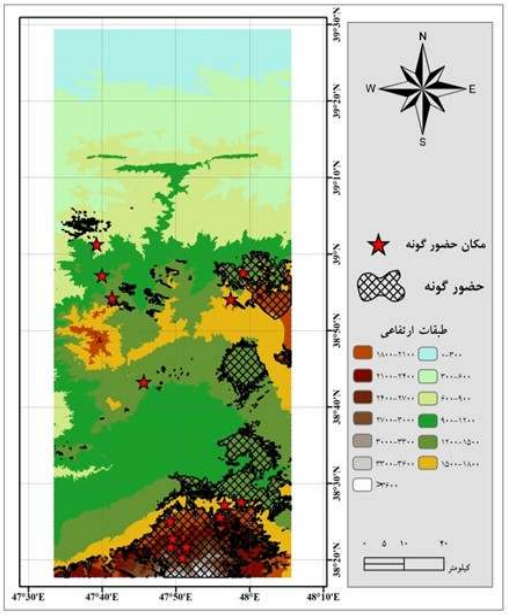
مدل	ضریب کاپا	توافق بین مقادیر پیش‌بینی و مقادیر واقعی
انتروپی حداکثر	۰/۴۲	متوسط
رگرسیون لجستیک	۰/۶۴	خوب

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]



شکل ۷: نقشه نهایی مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه *T. kotschyanus* براساس روش رگرسیون لجستیک



شکل ۸: نقشه نهایی مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه *T. kotschyanus* براساس روش انتروپی حداکثر

بحث و نتیجه‌گیری

پتاسیم در هر دو روش مدل‌سازی انتروپی حداکثر و رگرسیون لجستیک بر پراکنش گونه *T. kotschyanus* اثرگذار شناخته شد. افزایش پتاسیم در منطقه مورد مطالعه سبب کاهش حضور گونه شده است که با نتایج زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۵) در مراتع قره‌باغ که افزایش پتاسیم را در گسترش گونه عاملی اثرگذار معرفی کرده‌اند 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 بوم‌شناختی 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 سبک خاک را ترجیح می‌دهد. زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی در مراتع 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 مراتع 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 مراتع 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.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

گونه مورد مطالعه در محدوده ارتفاعی ۲۷۰۰-۹۰۰ 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 ۲۸۰۰-۱۸۰۰ 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 (۳۹۰۰-۶۵۰ 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 عکس‌العمل گونه *T. kotschyanus* نسبت به برخی متغیرهای محیطی با استفاده از تابع *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)، اولا مطالعات دیگری در سایر مناطق ایران انجام گیرد، ثانیا 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* دانستند.

نتایج نشان داد اسیدیته در انتشار گونه مورد مطالعه سهم 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 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 قطعی‌تری به‌دست آید.

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

گونه *T. kotschyanus* به‌طور عمده مراتعی را ترجیح می‌دهند که به دور از سکونتگاه‌های انسانی به‌عنوان یک عامل تهدید کننده باشد. با توجه به ارزش دارویی گونه با تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها که باعث جدایی لکه‌های زیستگاهی و هجوم و اشغال به‌وسیله گیاهان مهاجم و فرصت‌طلب می‌شود در مهاجرت و استقرار این گونه‌های گیاهی نقش سوئی داشته و احتمال حضور گونه‌ها کاهش می‌یابد. لکه‌های زیستگاهی بزرگ و نسبتاً یکپارچه به‌ویژه در مناطق مرتفع زیستگاه مهم و ایده‌آلی را برای گونه فراهم 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 مجزاتر شود (۴۱).

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

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

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 بوم‌شناختی گونه‌ها قرار می‌گیرد (۳۴).

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 بوم‌شناختی 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 نویسندگان از حمایت این معاونت سپاسگزاری می‌کنند.

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 enviroment, 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. Dianatitilaki & 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. Felicisimo, A.M., Fracces, E., Gonzalez, A., & J. Varas, 2002. Modeling the potential distribution of Forests With a GIS. Journal of Photogrammetric enginieering & 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.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

(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-Tabatabaee & M. Bigdeli. 2007. Effect of altitude on essential oil and components in wild thyme (*Thymus kotschyanu*s 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. Poyry & 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 Bavaghar & 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. Motamedi, 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 soltan 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

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]

(A case study in western Taftan, Khash City). Iranian Journal of palnt 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. Dianatitilaki, 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 palnt 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 palnt researches (Iranian Journal of biology). 31(1): 29-44. (In Persian)
50. Zare Chahouki, M.A., N. Nasseri Hesari & 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.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-08-08]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.2.4.1]