مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱
ص ۶۰۵-۵۹۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۳
تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰

بررسی امکان توسعه گونه مرتعی *Dorema ammoniacum* با لحاظ شرایط رویشگاهی و استفاده از مدل آنتروپی حداکثر در بخشی از مراتع خشک استان خراسان جنوبی

❖ **علی طویلی*؛** دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج ایران
❖ **سیده مطهره حسینی؛** دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج ایران
❖ **محمد جعفری؛** استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج ایران
❖ **علی گلکاریان؛** استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

امروزه تولید نقشه پراکنش گونه‌ها در مکان و زمان، اساس بسیاری از پژوهش‌های مختلف در راستای مدیریت برنامه‌های اصلاحی و احیای مراتع می‌باشد. در این مطالعه به منظور بررسی امکان توسعه گونه مرتعی وشا (*Dorema ammoniacum*) و مدل‌سازی رویشگاه بالقوه آن و بررسی برخی عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش این گونه گیاهی در برخی از مراتع شهرستان‌های استان خراسان جنوبی از مدل آنتروپی حداکثر استفاده گردید. داده‌های حضور گونه با استفاده از GPS و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه مورد مطالعه ثبت شد. ۹ لایه اطلاعاتی شامل لایه‌های محیطی سنگ‌شناسی، ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب سطح زمین، جهت شیب، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش‌گیاهی، دمای سطح زمین و متوسط بارندگی و درجه حرارت سالیانه مورد استفاده قرارگرفتند. با استفاده از آنتروپی حداکثر رابطه میان رخداد گونه و عوامل محیطی تعیین گردید و گستره رویشی گونه به صورت نقشه نمایش داده‌شد. نتایج نشان داد گونه گیاهی وشا در محدوده ارتفاعی ۱۰۱۷ تا ۱۹۳۳ متر با درجه حرارت سالیانه ۱۳/۹۶تا ۱۵/۱۷ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارندگی ۱۱۲ تا ۱۳۱ میلی‌متر درسال و محدوده شیب ۱۴-۰ درصد از امکان و احتمال رخداد بیشتری برخوردار است. همچنین گستره رویشی این گونه در ارتباط با عامل محیطی دمای سطح زمین در محدوده ۴- تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد، بیشترین مقدار است و مدل آنتروپی حداکثر برای گونه*Dorema ammoniacum* با AUC برابر با ۹۲ درصد از عملکرد بالایی در پیش‌بینی رخداد گونه برخوردار است. پیشنهاد می‌گردد در راستای احیای بیولوژیک مراتع و پتانسیل‌سنجی گونه‌های بومی و سازگار با شرایط استان مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان: *Dorema ammoniacum*، احیای بیولوژیک، مرتع، رویشگاه بالقوه، خراسان جنوبی

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۳
Email: atavily@ut.ac.ir

۱. مقدمه

بخش وسیعی از مراتع ایران از پوشش‌گیاهی ضعیفی برخوردار است و در گروه مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد [۱]. استان خراسان جنوبی نیز با بارندگی متوسط سالیانه ۱۵۰ میلی‌متر و قرارگرفتن در اقلیمی خشک و بیابانی از این قاعده مستثنی نیست به گونه‌ای که بیش از ۸۰ درصد از سطح کل مراتع استان به مراتع فقیر و کم‌تراکم با اقلیم بیابانی اختصاص دارد [۲۷]. در این مناطق منابع پایه از جمله آب و خاک دارای محدودیت‌هایی هستند که سبب محدودشدن دامنه گسترش گیاهان می‌شوند. احیای بیولوژیک این مناطق به کمک کاشت گیاهان سازگار از طریق بررسی امکان کاشت و توسعه گونه‌های بومی و جدید به بخش اجرا، از اهمیت خاصی برخوردار است [۱۹].

پیش از شناسایی و بررسی امکان کاشت و توسعه گیاهان در هر منطقه باید به این نکته توجه نمود که گسترش هر گونه گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی و روابط بین گونه‌ای است و یک یا چند عامل محیطی بیشترین اثر را در استقرار یک گونه گیاهی خاص دارند. در یک اکوسیستم مرتعی روابط ناگسستنی میان پوشش‌گیاهی و عوامل محیطی حاکم است، اگر به طریقی بتوان این عوامل را برای هر گونه گیاهی تعیین و رفتار گونه را با متغیرهای محیطی بررسی نمود می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی گستره رویشی گونه و امکان توسعه آن دست یافت [۳۹].

این گونه مدل‌های پیش‌بینی کننده، مشاهدات میدانی را به مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی که اغلب بازتاب برخی از عوامل کلیدی رویشگاه هستند ارتباط می‌دهند و در نهایت پیش‌بینی‌های مکانی را که بیانگر مناسب بودن منطقه برای گونه‌ها و جوامع و یا تنوع زیستی هدف است، ارائه می‌نمایند [۱۳]. در برخی از این مدل‌ها تنها از داده‌های حضور گونه استفاده می‌شود و در برخی دیگر از داده‌های حضور و عدم حضور گونه با هم استفاده می‌شود. مهم‌ترین مدل‌هایی که از داده‌های حضور برای تعیین گستره رویشی گونه‌ها استفاده شده‌است، مدل تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی[1] [۱۴] روش الگوریتم ژنتیک[2] و مدل آنتروپی حداکثر[3] [۲۵] بوده است.

با مقایسه شش روش مدل‌سازی بیواقلیم[4]، الگوریتم ژنتیک، آنتروپی حداکثر، درخت تصمیم[5]، رگرسیون اسپلاین تطبیقی چندگانه[6] و رگرسیون ضربی ناپارامتریک[7]، در پیش‌بینی پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی در مقیاس محلی، به این نتیجه رسیدند که از میان این شش روش، دو مدل آنتروپی حداکثر و رگرسیون اسپلاین تطبیقی چندگانه بهترین تکنیک‌ها برای پیش‌بینی رویشگاه گونه‌ها می‌باشند [۳۲]. حتی در مواقعی که اطلاعات مربوط به حضور گونه‌ها کم است نیز عملکرد پیش‌بینی روش آنتروپی حداکثر می‌تواند با روش‌هایی که دقت پیش‌بینی بالایی دارند، رقابت نموده و نتایج قابل قبولی را ارائه نماید به طوری که از این مدل با اهداف گوناگونی در مطالعات متعددی همچون درک رابطه بین حضور گونه‌های مختلف، تهیه نقشه پراکنش و گستره رویشی گونه‌ها و پیش‌بینی رویشگاه و بررسی توسعه مکان‌های جدید حضور گونه استفاده شده‌است [۸].

در ایران نیز از مدل آنتروپی حداکثر برای پیش‌بینی رویشگاه‌های گیاهی استفاده شده‌است [۹، ۱۸، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۲۶، ۴۰]. به عنوان نمونه در تعیین گستره رویشگاه بالقوه گونه علف پشمکی(*Bromus tomentellus*) و بررسی اثر تغییر اقلیم بر رویشگاه این گونه در استان

1 ENFA
2 GARP
3 MAXENT
4 BIOCLIM
5 Logistic Regression Tree (LRT)
6 Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS)
7 NonParametric Multiplicative Regression (NPMR)

اصفهان با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر حضور گونه مورد مطالعه در محدوده ارتفاعی ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متر، شیب ۱۰ تا ۳۰ درجه، بارش سالیانه ۲۴۰ تا ۲۶۰ میلی‌متر و متوسط دمای ۸ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد از احتمال رخداد بیشتری برخوردار است [۵].

گونه گیاهی *Dorema ammoniacum* به خانواده *Apiaceae* تعلق دارد و یکی از گیاهان دارویی، صنعتی و علوفه‌ای مهم بومی در بسیاری از نواحی خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران است که در زبان فارسی با نام‌های کندل، کما، اوشک و وشا خوانده می‌شود. بر اساس مطالعات اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت[1] نام این گونه در کتاب داده‌های سرخ ایران[2] به عنوان یک گونه آسیب‌پذیر و در حال انقراض به ثبت رسیده‌است [۱۵]. این گونه گیاهی در بخشی از مراتع شهرستان‌های بیرجند، قاین، سربیشه و درمیان از استان خراسان جنوبی پراکنش داشته‌است و نقش عمده‌ای در صادرات این محصول و درآمدزایی و ایجاد اشتغال برای بهره‌برداران دارد اما متأسفانه خشکسالی‌های اخیر و روش‌های نامناسب برداشت این گونه، موجب مرگ بسیاری از پایه‌های آن شده‌است که نیازمند احیاء و توسعه این گونه گیاهی با ارزش می‌باشد [۲۷]. از آنجا که تا کنون ارزیابی امکان توسعه و کاشت گیاهان جایگزین ارزشمند مرتعی با مقاصد خاص در استان خراسان جنوبی، بیشتر بر اساس مشاهدات و توصیه‌های کارشناسی انجام پذیرفته و پتانسیل اقلیمی-مرتعی اکثر مناطق آن نامعلوم است، لذا در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر، ارتباط میان امکان توسعه گونه ارزشمند مرتعی وشا با هر یک از عوامل مؤثر، به دست آمده و نهایتاً نقشه گستره رویشی این گونه و احتمال حضور موفقیت‌آمیز آن در منطقه‌ی مورد مطالعه براساس اطلاعات مربوط تهیه گردد تا در آینده از اطلاعات پایه و گونه مورد استفاده در برنامه‌های توسعه و احیای بیولوژیک استفاده شود.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

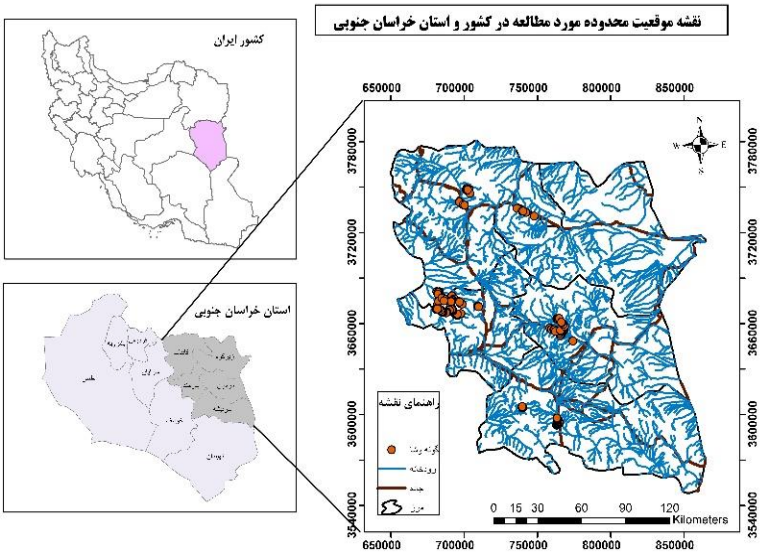
استان خراسان جنوبی به عنوان سومین استان پهناور ایران در شرق کشور، دارای مساحت ۱۵۰۷۹۷۱۷ هکتار و مختصات ´۴۶ ۵۷ تا ´۵۷ ۶۰ طول شرقی و ´۳۵ ۳۰ تا ´۱۴ ۳۴ عرض شمالی می‌باشد. این استان با ارتفاع متوسط ۱۲۹۷ متر و قرارداشتن بر روی کمربند خشک و نیمه‌خشک نیمکره شمالی دارای نزولات جوی کم (متوسط بارندگی سالیانه ۱۵۰ میلی‌متر)، تبخیر سالیانه بسیار شدید و میزان پوشش‌گیاهی ضعیف است. پیش‌بینی پراکنش و امکان‌سنجی توسعه گونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق، در سطح مراتع ۵ شهرستان از استان خراسان جنوبی با نام‌های بیرجند، قاین، سربیشه، درمیان و شهرستان زیرکوه در راستای احیای بیولوژیک و تقویت و توسعه پوشش این مراتع انجام پذیرفت (شکل ۱). در منطقه مورد مطالعه علاوه بر این‌که گونه *Dorema ammoniacum* توانسته‌است به تنهایی تشکیل تیپ گیاهی دهد با سایر گونه‌های گیاهی همچون *Artemisia sieberi*، *Lactuca orientalis*، *Salsola sp*، *Peganum harmala*، *Atriplex canescens* و *Aellenia auricula* نیز تشکیل تیپ داده‌است.

۲.۲. نقاط حضور گونه

برای ثبت مکان‌های حضور گونه مورد تحقیق از مرز و محدوده رویشگاه‌های این گونه در منطقه مورد مطالعه، بازدید میدانی، تجربیات کارشناسان ادارات منابع طبیعی شهرستان‌ها و مردم بومی و محلی مبنی بر مشاهده تک‌پایه‌ها یا لکه‌هایی از این گونه در این شهرستان‌ها، استفاده گردید و نقاط حضور مورد نظر توسط GPS[3] ثبت و جمع‌آوری شد. در این پژوهش از روش تصادفی – سیستماتیک استفاده شده‌است به نحوی که در مناطق

1 IUCN = International Union for Conservation of Nature
2 Red data book of Iran
3Global Positioning System

حضـور گونه‌ها، ترانسـکت‌هایی به طول ۱۰۰ متر به روش شـعاعی حول نقطه مرکزی یک دایره مسـتقر و سپس در امتداد آن و درون دایره به روش خطی اقدام به ثبت حضور و شـمارش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه شده‌است [۲۳]. سـرانجام ۱۶۵۰ موقعیت نقطه حضور مربوط به گونه وشا به عنوان پارامتر وابسـته در فرآیند آموزش و آزمون ثبت شـدند. سـپس این نقاط به نرم‌افزار GIS نسـخه ۱۰/۲ منتقل و به نسبت ۷۰ به ۳۰ در قالب دو نقشه مجزا جهت فرآیند آموزش و آزمون تفکیک شد.



شکل۱. نقشه محدوده مورد مطالعه و موقعیت نقاط برداشت‌شده گونه وشا

۳.۲. عوامل محیطی

حضـور گونه‌های گیاهی در یک منطقه برآیند عوامل محیطی، نیازهای بوم‌شـناسـی هر گونه و دامنه بردباری گونه نسـبت به عوامل محیطی مهم در هر رویشـگاه است [۱۲]. در این پژوهش، عوامل سـنگ‌شـناسـی، ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب سطح زمین، جهت شیب، شاخص رطوبت توپوگرافی[1]، شـاخص نرمال‌شـده تفاوت پوشـش گیاهی[2]، متوسـط بارندگی سـالیانه، متوسط درجه حرارت سالیانه و دمای سطح زمین[3] مورد بررسی قرار گرفت.

سـنگ‌ها به واسطه زمین‌شناسی و ساختار متنوع دارای پایداری و مقاومت مختلفی بوده و خاک‌های تشـکیل شـده بر روی آن‌هـا نیز متفـاوت می‌باشـد [۳]. لایه اطلاعاتی سـنگ‌شناسی از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی متعلق به سـازمان زمین‌شـناسـی تهیه شد. لایه‌های اطلاعاتی هر یک از عوامل فیزیوگرافی ارتفاع از سـطح دریا، درصد شیب سـطح زمین، جهت شـیب، و شـاخص رطوبت توپوگرافی با اسـتفـاده از مـدل رقومی ارتفاع[4] و الحاقی‌های مختلف در محیط نرم‌افزارهای ArcGIS تهیه و طبقه‌بندی گردید.

لایه‌های اطلاعاتی عوامل اقلیمی (متوسط درجه حرارت سـالیانه و متوسـط بارندگی سـالیانه) با کمک آمارهای ایسـتگاه‌های هواشـناسـی نزدیک به منطقه مورد مطالعه،

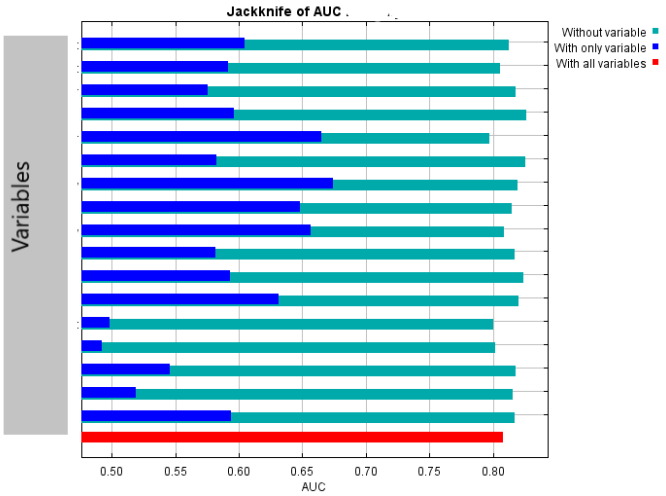
1 Topographic wetness Index (TWI)
2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
3 Land surface temperature (LST)
4 Digital Elevation Model (DEM)

تهیه گردید و پس از طی مراحلی، در محیط نرم‌افزار ArcGIS و از طریق روش درون‌یابی (IDW)[1] آماده شدند. شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش‌گیاهی اولین بار توسط Rouse و همکارانش در سال ۱۹۷۳ معرفی شد [۱۶]. پس از آن، این شاخص توسط محققین زیادی برای نشان‌دادن تغییرات پوشش از نظر رشد، تراکم و مقدار کاهش یا افزایش استفاده شده‌است. این شاخص کاربردی‌ترین و معروف‌ترین شاخص پوشش‌گیاهی است که در مطالعات مختلف در زمینه پوشش‌گیاهی به کار رفته‌است.

لایه اطلاعاتی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش‌گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای ماه June سال ۲۰۱۸ در نرم‌افزار Google Earth Engine تهیه گردید. در سال‌های اخیر، مطالعاتی در رابطه با بررسی ارتباط میان پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در ایران و دیگر کشورها انجام گرفته‌است [۱۷، ۶، ۱۰، ۲۲].

۴.۲. مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای

آنتروپی حداکثر یکی از الگوریتم‌های بسیار رایج یادگیری ماشینی است. این مدل در سال ۲۰۰۶ به طور خاص برای مدل‌سازی محیط زیست و ارزیابی توزیع گونه‌ها، زمانی که تنها داده‌های حضور برای مدل‌سازی موجود است طراحی شد. که در آن از ۷۵ درصد داده‌ها به عنوان داده‌های آموزشی و ۲۵ درصد آن‌ها به عنوان داده‌های آزمون استفاده شد و آزمون جکنایف[2] برای ارزیابی اهمیت هر یک از متغیرهای محیطی در فرآیند مدل‌سازی به کاررفت [۲۵]. نمودار حاصل از آزمون جکنایف (شکل ۲) حاوی سه نوع اطلاعات است. زمانی که هر عامل به تنهایی در مدل وارد می‌شود (این بخش در نمودار با رنگ آبی مشخص شده‌است)، حالتی که دقت مدل با حذف یک عامل خاص و حضور عوامل باقی‌مانده بررسی می‌شود (بخش سبز رنگ نمودار گویای این حالت هست) و شرایطی که همه عوامل در مدل‌سازی دخیل هستند (بخش قرمزرنگ نمودار) (۲۰). با تحلیل مساحت زیر منحنی[3] به ارزیابی کیفیت کلی مدل پرداخته‌شد. دامنه این شاخص از صفر تا یک متغیر است. مقدار ۰/۵ یعنی مدل کاملاً تصادفی است و توانایی پیش‌بینی حضور و غیاب مکان‌های جدید را ندارد و مقادیر نزدیک به یک بیانگر مدل با قدرت پیش‌بینی بالا می‌باشند [۳۱].



شکل ۲. نمودار حاصل از آزمون جکنایف

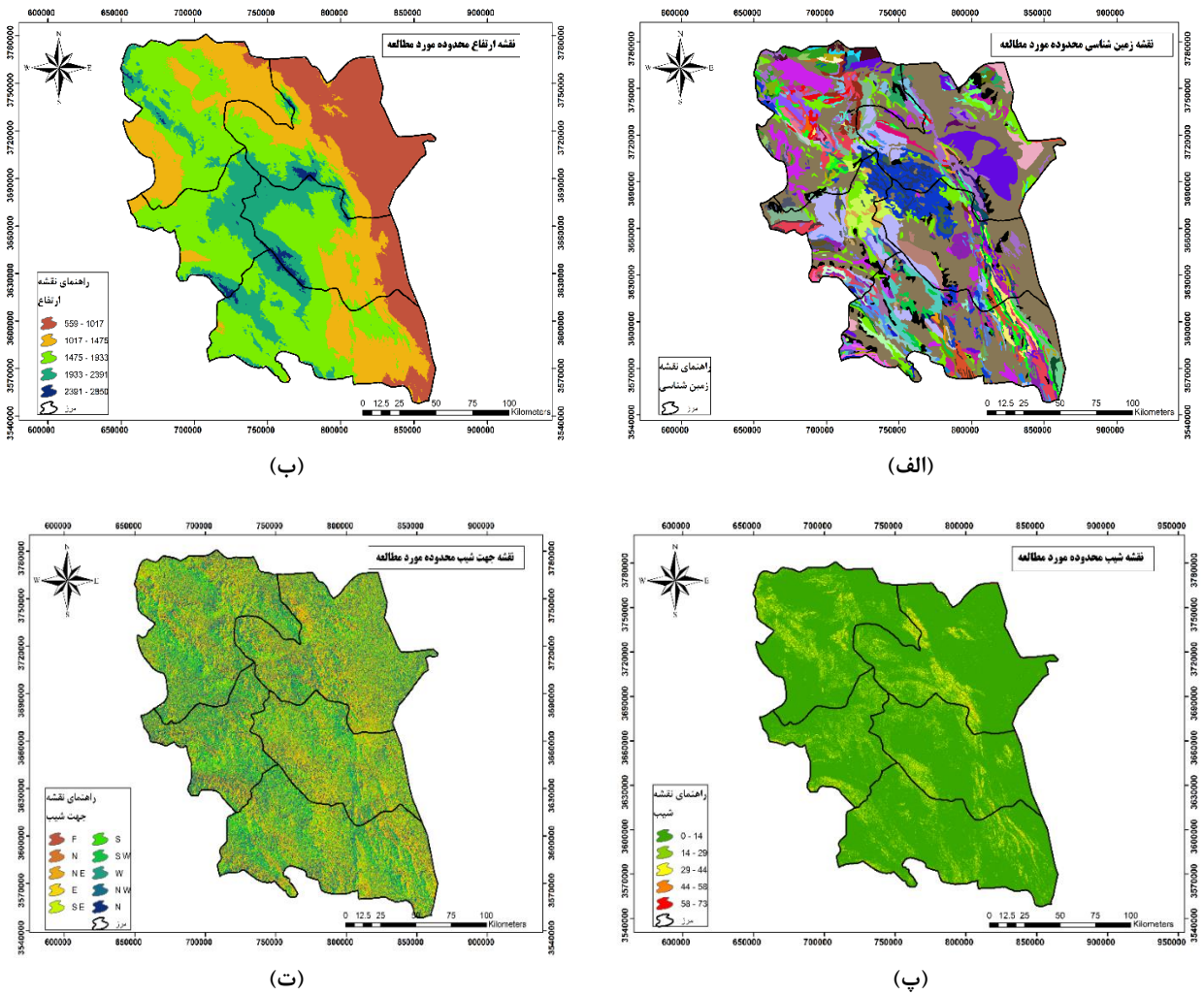
1 Inverse Distance Weighted
2 Jackknife
3 AUC

۳. نتایج

بر اساس بازدیدهای میدانی از منطقه مورد مطالعه و برداشت موقعیت‌های حضور گونه *Dorema ammoniacum* و شناسایی عوامل مؤثر بر رویشگاه آن، در محیط نرم‌افزار Arc GIS اقدام به تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به عوامل سنگ‌شناسی، ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب سطح زمین، جهت شیب، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی، متوسط بارندگی سالیانه، متوسط درجه حرارت سالیانه و دمای سطح زمین شد (شکل ۳).

از میان لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر بر پراکنش و استقرار گونه وشا، عوامل سنگ‌شناسی، ارتفاع از سطح دریا، متوسط دمای سالیانه هوا و متوسط بارندگی سالیانه به ترتیب بیشترین تأثیر را بر مدل‌سازی گستره رویشی گونه مورد مطالعه نشان می‌دهند (جدول ۱).

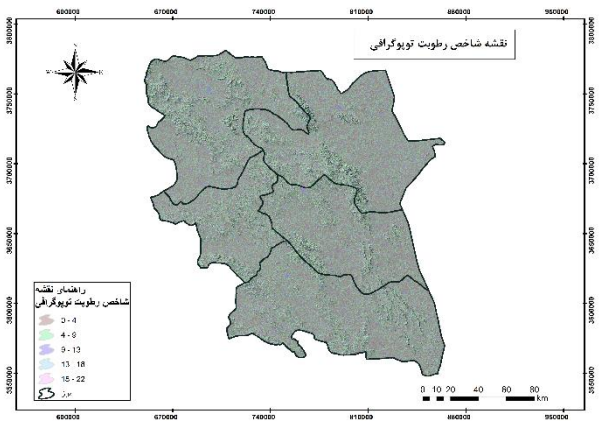
نتایج مدل آنتروپی حداکثر برای گونه *Dorema ammoniacum* با AUC برابر با ۹۲ درصد نشان از عملکرد بالای مدل در مدل‌سازی و پیش‌بینی رخداد گونه است (شکل ۴). به عبارتی با توجه به مقادیر AUC و بر اساس طبقه‌بندی سطح زیرمنحنی Sweet [۳۱] دقت مدل پیش‌بینی برای گونه عالی برآورد می شود.



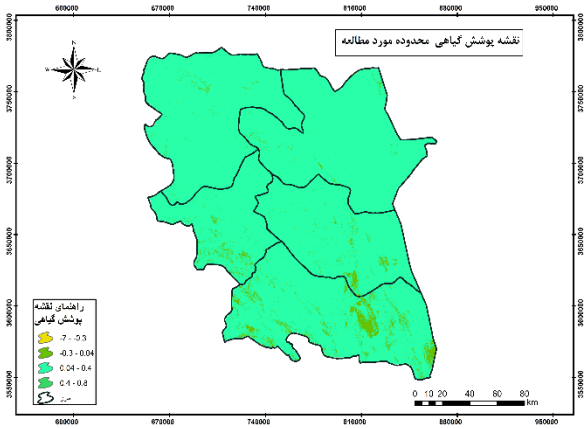
(الف) (ب)

(پ) (ت)

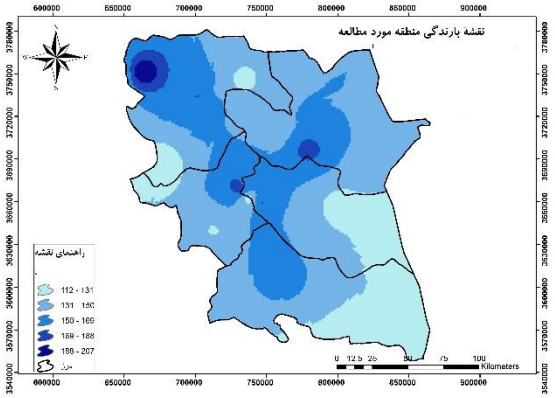
شکل ۳. عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه وشا. (الف) سنگ‌شناسی، (ب) ارتفاع از سطح دریا، (پ)درصد شیب سطح زمین، (ت) جهت شیب، (ث) شاخص رطوبت توپوگرافی، (ج) شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش‌گیاهی، (چ) متوسط بارندگی سالیانه، (ح) متوسط درجه حرارت سالیانه، (خ) دمای سطح زمین



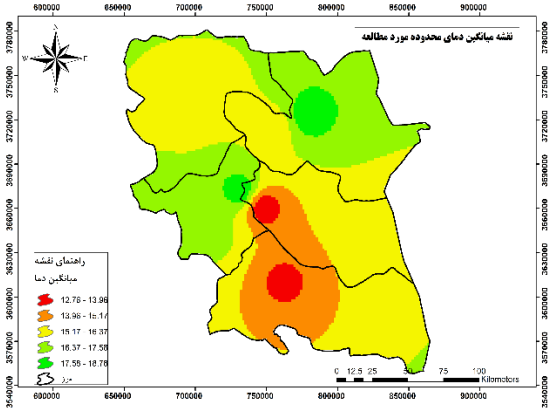
(ث)



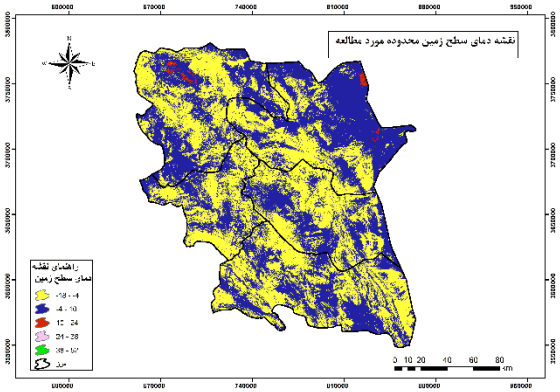
(ج)



(چ)



(ح)

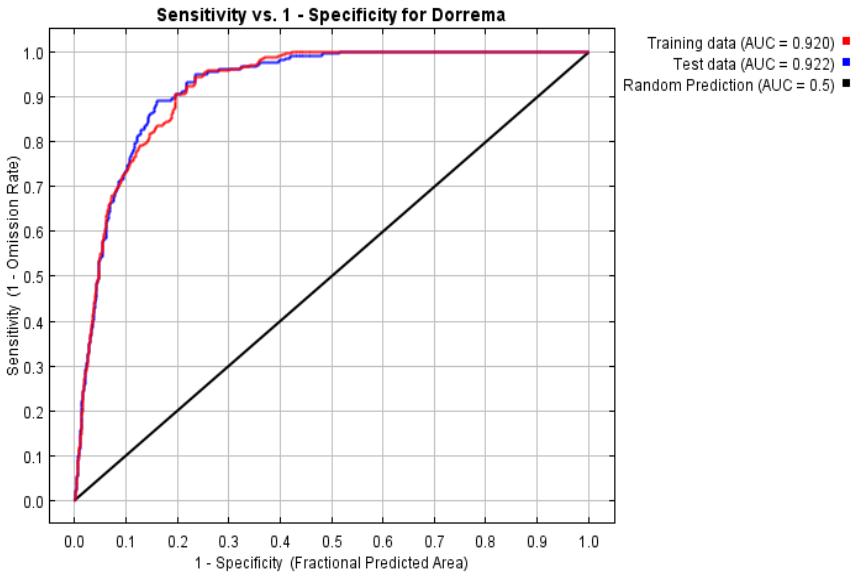


(خ)

ادامه شکل ۳.

جدول ۱. درصد سهم نسبی هریک از متغیرهای محیطی در بررسی امکان توسعه و مدل‌سازی گونه وشا به روش آنتروپی حداکثر

متغیر	نام اختصاری	درصد سهم
سنگ‌شناسی	Litology	۴۷/۷
ارتفاع از سطح دریا	Elevation	۳۰/۲
متوسط دمای سالیانه هوا	Temperature	۱۱/۶
دمای سطح زمین	LST	۱/۸
متوسط بارندگی سالیانه	Precipitation	۳/۵
شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی	NDVI	۳/۴
درصد شیب	Slope	۰/۴
جهت شیب	Aspect	۰/۹
شاخص رطوبت توپوگرافی	TWI	۰/۵



شکل۴. منحنی ROC داده های آموزش و تست

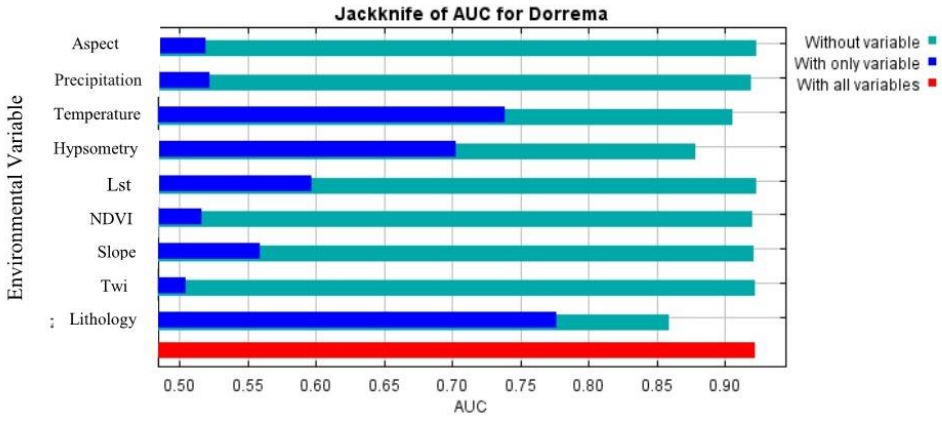
بر اساس نتایج آزمون جکنایف (شکل۵)، اجرای مدل با هریک از عوامل به طور مستقل، نشان داد بیشترین تأثیر در میان متغیرهای محیطی رویشگاه گونه *Dorema ammoniacum*، با بالاترین میزان AUC، مربوط به متغیر سنگ‌شناسی است. سپس عامل متوسط درجه حرارت سالیانه، در مرحله بعدی متغیر ارتفاع از سطح دریا و در اولویت چهارم متغیر دمای سطح زمین است.

نتایج اجرای حذف هر عامل در مدل (قسمت سبز رنگ منحنی جکنایف) نیز نشان می‌دهد که بیشترین کاهش در سطح زیر منحنی نرخ پیش‌بینی، با حذف عامل سنگ‌شناسی به دست آمده‌است. بنابراین حساسیت مدل به تغییر در این عامل بالا بوده و در صورت حذف آن، سایر عوامل قادر به جبران تاثیر خاص آن نبوده و در نتیجه دقت مدل کاهش می‌یابد.

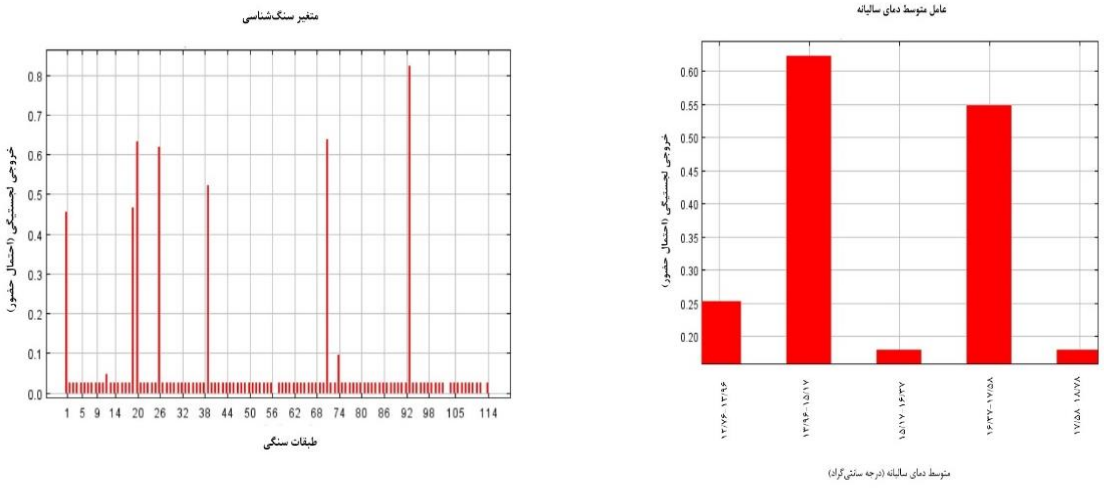
با توجه به منحنی‌های پاسخ گونه *Dorema ammoniacum* نسبت به متغیرهای محیطی

مؤثر بر پراکنش اقلیمی آن (شـــکل ۶) در ارتباط با عامل متوسـط درجه حرارت سـالیانه، بیشـترین احتمال حضور گونه در مناطقی با درجه حرارت متوسط ۱۳/۹۶تا ۱۵/۱۷ درجه سـانتی‌گراد اسـت، همچنین طبقات ارتفاعی ۱۰۱۷ تا ۱۹۳۳ متر دارای بیشـترین امکان رشـد و توسـعه گونه مورد مطالعه می‌باشند (شکل ۵). به طوری که این افزایش ارتفاع تا حدی بر پراکنش حداکثر گونه، مؤثر اسـت و از آن به بعد تأثیر منفی بر حضـور آن دارد. متوسط بارندگی ۱۱۲ تا ۱۳۱ میلی‌متر درسال، بیشترین دامنه حضور گونه وشـا را داراسـت. همچنین محدوده شـیب ۱۴-۰ درصـد گسـتره مناسـبی از شـیب سـطح زمین برای حضور گونه موردنظر اسـت. ارتباط حضور گونه وشا در ارتباط با عامل محیطی دمـای ســطح زمین در طبقـه ۴- تـا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار است.

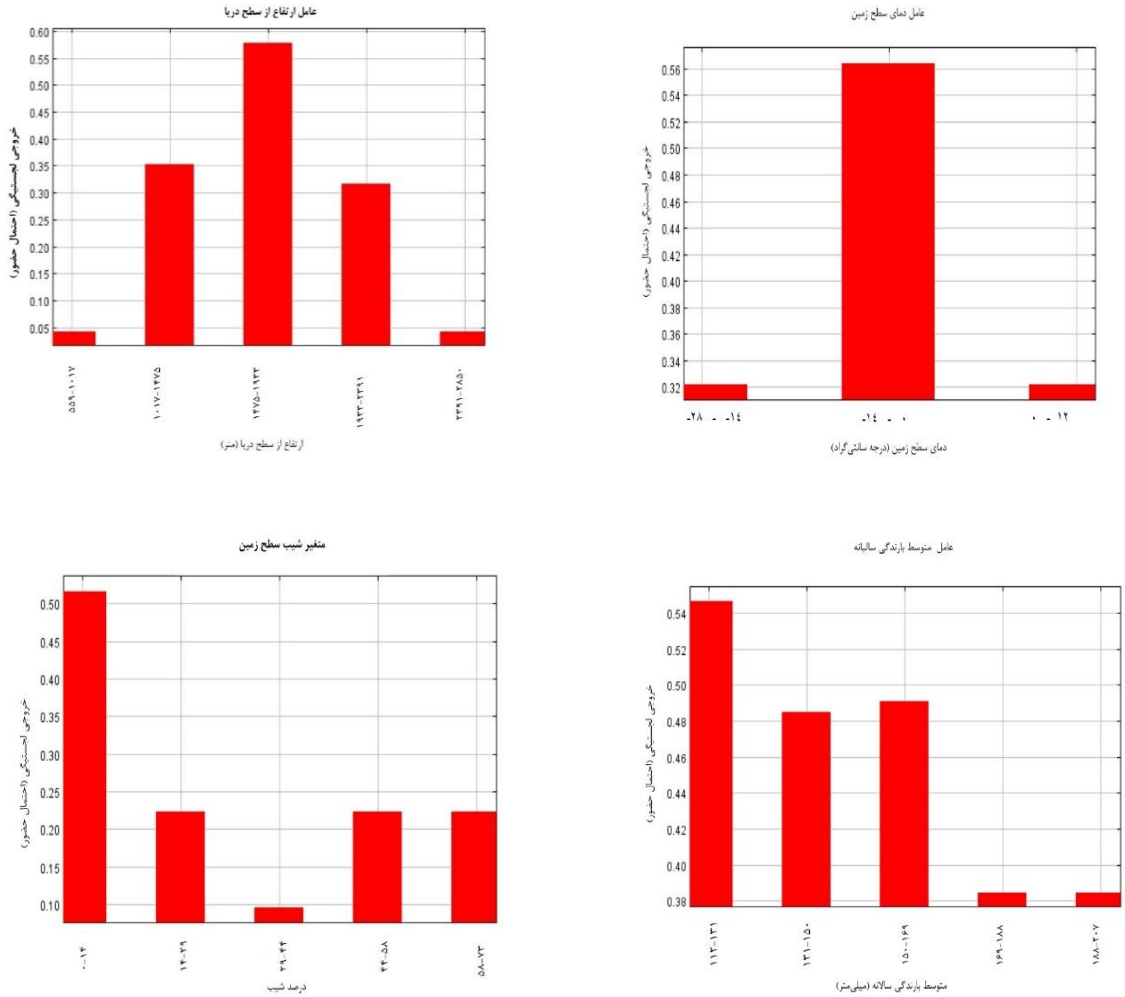
در نهایت نقشـه پیش‌بینی رویشـگاه و گستره رویشی گونـه وشـــا پس از طبقـه‌بنـدی در محیط ArcGIS ارائه شده‌است (جدول ۲ و شکل ۷).



شکل ۵. آزمون جکنایف به‌منظور بررسی اهمیت هر یک از متغیرهای محیطی در امکان‌سنجی توسعه گونه گیاهی وشا در بخشی از مراتع استان خراسان جنوبی



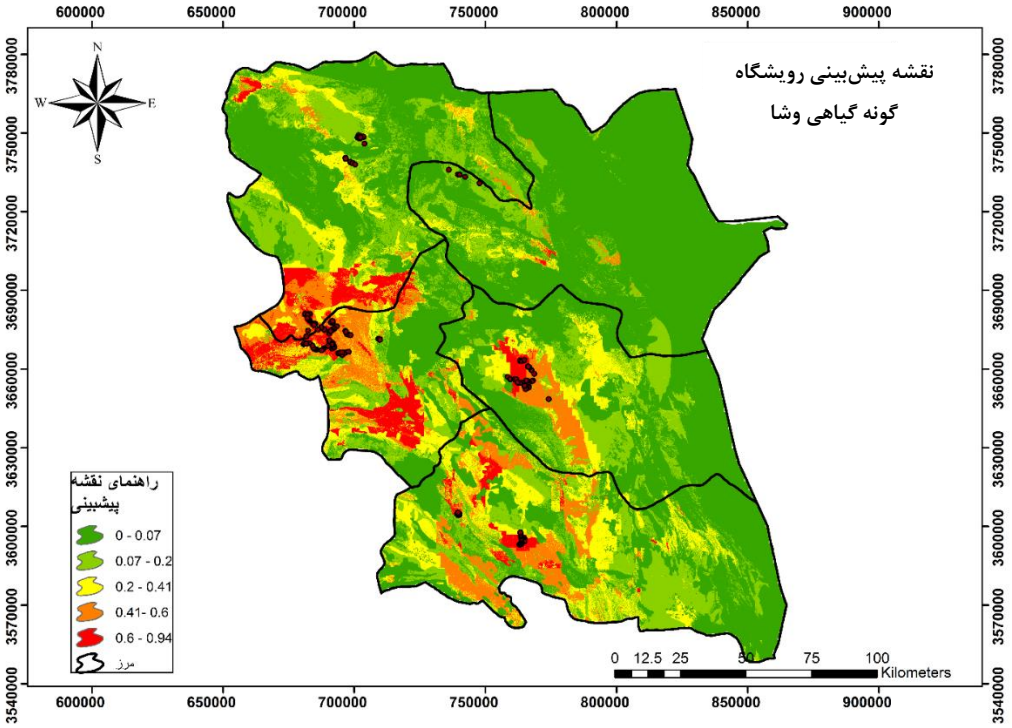
شکل ۶. مهمترین منحنی‌های پاسخ گون وشا به عوامل محیطی



ادامه شکل ۶.

جدول ۲. مساحت و درصد طبقات احتمال گسترش گونه وشا در بخشی از مراتع استان خراسان جنوبی با استفاده از روش آنتروپی حداکثر

طبقات	مساحت	مساحت (درصد)	درصد گونه وشا
۰-۰/۰۷	۰/۰۷۲۰۹۸	۷/۲۰۹۸	۳/۲
۰/۰۷-۰/۲	۰/۱۴۰۷۸۴	۱۴/۰۷۸۴	۷/۹
۰/۲-۰/۴۱	۰/۷۲۷۹۳۴	۷۲/۷۹۳۴	۱۸/۷۷
۰/۴۱-۰/۶	۰/۰۴۶۷۷۳	۴/۶۷۷۳	۴۸/۳۹
۰/۶-۰/۹۴	۰/۰۱۲۴۱	۱/۲۴۱	۲۱/۶۸



شکل ۷. نقشه پیش‌بینی رویشگاه و بررسی امکان توسعه گونه گیاهی وشا در بخشی از مراتع استان خراسان جنوبی

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به چندین سال خشکسالی متوالی و فشار مضاعف چرای دام مازاد، مراتع استان خراسان جنوبی دچار قهقرایی و تخریب در پوشش‌گیاهی و خاک شده‌است. یکی از راهکارهای کاهش فشار مضاعف چرای دام مازاد بر مراتع، بررسی پتانسیل و امکان جایگزینی گونه‌های ارزشمند حفاظتی و اقتصادی سازگار با شرایط استان است.

این پژوهش با بررسی نتایج AUC حاصل از خروجی مدل آنتروپی حداکثر (ارزیابی مدل) نشان داد که عملکرد این مدل در پیش‌بینی پراکنش گونه مرتعی با ارزش *Dorema ammoniacum* عالی است. تحقیقات زیادی نشان داده‌است که مدل آنتروپی حداکثر توانایی بالایی در پیش‌بینی پراکنش و تعیین گستره رویشی گونه‌ای داراست [۹، ۱۸، ۳۳، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۴۰]. دراین پژوهش، حساسیت مدل نسبت به تغییر در عامل سنگ‌شناسی بالاترین میزان بوده و حذف آن تأثیر زیادی بر کاهش دقت مدل دارد که بیانگر درجه اهمیت بالای این عامل محیطی نسبت به سایر عوامل مؤثر به کاررفته در مدل است. همچنین با توجه به منحنی پاسخ گونه مورد مطالعه با توجه به منحنی پاسخ گونه وشا به عامل سنگ‌شناسی منطقه، از میان ۱۱۴ نوع جنس سنگ موجود در منطقه مورد مطالعه، سازندهای آذرین (بازالتی)، گدازه‌های آتشفشانی و سطوح رسی از بیشترین بسترهای حضور و استقرار گونه گیاهی وشا محسوب می‌شوند که احتمال رخداد گونه در آن‌ها بالاست. نقش جنس سنگ و سازند زمین‌شناسی در پراکنش و استقرار گونه‌های گیاهی توسط برخی مطالعات مورد تأکید قرار گرفته‌است که با نتایج این تحقیق نیز همخوانی دارد [۳، ۳۴]. پس از عامل سنگ‌شناسی حساسیت مدل به عوامل ارتفاع از سطح دریا و متوسط درجه حرارت سالیانه نیز بالاست. ارتفاع از سطح دریا به عنوان یکی از عوامل مهم

محدودکننده گسترش گیاهان، می‌تواند از طریق تأثیر بر درجه حرارت، فشار هوا، ازدیاد اشعه فرابنفش و تغییر در نوع و میزان بارندگی باعث تغییر در شرایط اقلیمی هر رویشگاه شود. با توجه به این نکته، گونه‌های مختلف گیاهی با توجه به نیازهای بوم‌شناختی خود هر کدام در یک محدوده ارتفاعی استقرار می‌یابند. در یک پژوهش در بررسی تأثیر عوامل بوم‌شناختی بر حضور و عدم حضور گونه‌های مورد مطالعه مشخص گردید عوامل دمای هوا و ارتفاع از سطح دریا و میزان بارندگی با بیشترین میزان در تابع کانونی اول از مؤثرترین عوامل در انتشار و تفکیک گونه‌ها هستند [۲]. همچنین در بررسی رویشگاه گونه *Amygdalus scoparia*، عامل ارتفاع از سطح دریا و نوع سازند آذرین بازالتی به عنوان عوامل دارای تأثیر مثبت در پراکنش این گونه مورد تأکید قرار گرفتند [۲۶].

در این پژوهش با توجه به منحنی‌های پاسخ، در ارتباط با عامل متوسط درجه حرارت سالیانه، بیشترین احتمال حضور گونه وشا و گستره رویشی آن در مناطقی با درجه حرارت متوسط سالانه ۱۳/۹۶تا ۱۵/۱۷ درجه سانتی گراد است، همچنین طبقات ارتفاعی ۱۰۱۷ تا ۱۹۳۳ متر دارای بیشترین امکان استقرار و توسعه گونه گیاهی مورد مطالعه می‌باشند. این در حالی است که این افزایش ارتفاع تا اندازه‌ای بر پراکنش حداکثر گونه، مؤثر است و از آن به بعد تأثیر منفی بر حضور آن دارد. بیشترین دامنه حضور گونه وشا در محدوده متوسط بارندگی ۱۱۲ تا ۱۳۱ میلی‌متر درسال است. همچنین محدوده شیب ۱۴-۰ درصد، گستره مناسبی از شیب سطح زمین برای حضور گونه موردنظر است.

ارتباط حضور گونه وشا در ارتباط با عامل محیطی دمای سطح زمین در طبقه ۴- تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار است. به عبارتی رابطه میان دمای سطح زمین با مکان‌های حضور این گونه زمانی که دما از یک حد مشخصی بالاتر می‌رود، شکلی منفی به خود گرفته و پتانسیل حضور گونه مورد نظر کاهش می‌یابد که مؤید نتایج برخی تحقیقات در این زمینه است. [۷، ۳۰، ۲۹]

گونه گیاهی *Dorema ammoniacum* یکی از گیاهان دارویی، صنعتی و علوفه‌ای مهم بومی نواحی خشک و نیمه‌خشک همچون استان خراسان جنوبی است و نقش عمده‌ای در صادرات این محصول و درآمدزایی و ایجاد اشتغال برای بهره‌برداران استان دارد. اما متأسفانه خشکسالی‌های اخیر، چرای بی رویه دام و روش‌های نامناسب برداشت این گونه موجب مرگ بسیاری از پایه‌های آن شده‌است که نیازمند احیاء و توسعه این گونه گیاهی با ارزش می‌باشد. ارائه نقشه گستره رویشی و پتانسیل حضور این گونه مرتعی بومی و ارزشمند از نتایج این پژوهش است که می‌تواند در برنامه‌های توسعه این گونه گیاهی و احیای بیولوژیک بخش‌هایی از مراتع استان خراسان جنوبی مورد استفاده قرارگیرد.

References

[1] Abrisham, E., Jafari, M. and Tavili, A. (2015). The effect of drought and zeolite application on some soil properties and vegetative characteristics of *Halothamnus glaucus* in arid lands. Journal of Rangeland, 9(2): 120-128.

[2] Aghajanlou, F., Ghorbani, A., Zare Chahouki, M.A. ,Mostafazadeh, R. and Hashemi Majed, K. (2018). Ecological Survey of the Presence and Absence of Ferula ovina (Boiss.) Boiss. and Ferula persica Willd. in North-Western Rangelands of Iran (Case Study: Zanjan Province). Journal of Rangeland Science, 8(4): 352-362.

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

[4] Ayalew, L and Yamagishi, H. (2005). The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. Geomorphology 65, 15–31.

[5] Bazrmanesh, A., Tarkesh Esfahani, M. and Bashari, H. (2018). The effect of climate change on climatic ecologic niche of *Bromus tomentellus* Boiss using in Maxent model in Esfahan province. Journal of Range and Watershed Management, 71(4): 857-867.

[6] Bokaie, M., Kheirkhah Zarkesh, M., Daneshkar Arasteh, P. and Hosseini, A. (2016). Assessment of Urban Heat Island based on the relationship betweenland surface temperature and Land Use/ Land Cover in Tehran. Sustainable Cities and Society. 23, 94–104

[7] Dashtakian, K. and Dehghani, M.A. (2007). Investigation of land surface temperature in relation to vegetation and urban development using RS and GIS in desert areas, case study, Ashkezar-Yazd. Journal of Pajuhesh & Sazandegi, 77: 160-179.

[8] Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrie, S., Guisan A., Hijmans R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A.L.J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Peterson, T.A., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti –Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E. (2006). Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. Ecography, 29 (2): 129 –151.

[9] Esfanjani, J., Ghorbani, A., Moameri, M., Zare Chahouki, M.A., Esmaili, A. and Mirzaei Mossivand, A. (2020). Prediction of distribution of Prangos uloptera using two modeling techniques in Southern rangelands of Ardabil province, Iran. Journal of Rangeland Science, 10(.2): 137-148.

[10] Fathizad, H., Tazeh, M., Kalantari, S. and Shojaei, S. (2017). The investigation of spatiotemporal variations of land surface temperature based on land use changes using NDVI in southwest of Iran. Journal of African Earth Sciences. 134: 249-25

[11] Ferreira, S. L. and Duarte, D.H.S. (2019). Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. Urban Climate, 27:105-123.

[12] Guisan, A., Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology Letter, 8: 993-1009.

[13] Hidalgo, P.J., Marin, J.M., Quijada, J., Moreira, J.M. (2008). A spatial distribution model of cork oak (Quercus suber) in southwestern Spain: A suitable tool for reforestation. Forest Ecology and Management, 255: 25–34.

[14] Hirzel, A.H. and A. Guisan ., (2002). Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. Ecological Modelling, 157 (2 –3): 331 –341.

[15] Jalili, A. and Jamzad, Z., (1999). Red data book of Iran, frist ed, Research Institute of Forests and Rangelands, Ministry of Jahad-e Sazandegi, Iran, pp 657-669.

[16] Kass, A. (1990). Drought risk monitoring for Sudan using NDVI, Master Degree, University College London, 47 pp.

[17] Kayet, N., Pathak, K., Chakrabarty, A. and Sahoo, S. (2016). Urban heat island explored by corelationship between land surface temperature vs multiple vegetation indices. Spatial Information Research. 24(5), 515-529

[18] Khalasi Ahvazi, L., Zare Chahouki, M.A. and Hosseini, S.Z. (2016). Habitat distribution modeling of *Artemisia aucheri* and *Artemisia sieberi* based on MAXENT and ENFA methods. Journal of Research of Renewable Natural Resources, 19(1):57-73.

[19] Kianipoor, A. (2003). Understanding the ecological capability areas. Final report research project sheets Aran. Research Institute of forests and rangelands. 79P

[20] Mehraban, M. (2018). Evaluation of gully erosion sensitivity based on machine learning method (case study: Shorlough region). 2018. MSc thesis, Ferdowsi University, Mashad.

[22] Muro, J., Strauch, A., Heinemann, S., Steinbach, S., Thonfeld, F., Waske, B. and Diekkrüger, B. (2018). Land surface temperature trends as indicator of land use changes in wetlands. Int J Appl Earth Obs Geoinformation. 70, 62-71.

[23] Oneill, A. L. (1994). Reflectance spectra of microphytic soil crusts in semi-arid Australia. International Journal of Remote Sensing, 15(3): 675-681.

[24] Philips, S.J. and Dudik, M. (2008). Modelling of species distribution with Maxent: New extensions and a comprehensive evalution. Ecography, 31 (2): 161-175.

[25] Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190(3 –4): 231 –259.

[26] Piri Sahragard, H., Zare Chahouki, M.A. and Azarnivand, H. (2017). Maxent method application in modeling of plants habitat distribution, case study Khalajestan region of Qom province. Journal of Range and Watershed management, 69(4): 819-834.

[27] Southern Khorassan rangelands landscape (2021). Bureau of Natural Resources and Watershed Management, Southern Khorassan branch.

[28] Stockwell, D. and Peters, D. (1999). The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. International Journal of Geographical Information Science 13(2): 143 –158.

[29] Sun Y.J., Wang J.F., Zhang R.H., Gillies R.R., Xue Y. and Bo, Y.C. (2004). Air temperature retrieved from remote sensing data based on thermodynamics. Theor. Appl. Climatol., published online.

[30] Susaki J., Pothithep S., Ooka R., Yasuoka Y., Endo T. and Kawamoto, Y. (2005). Extraction of parameters from remote sensing data for environmental indices for urban sustainability. 4th International symposium on new technologies for urban safty of mega cities in Asia, October 18-19, 2005, Singapore.

[31] Sweet, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science, 240: 1289-1293.

[32] Tarkesh, M and Jetschke, M. (2012). Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. Journal of Environ Ecol stat, 19, 437-457.

[33] Tarnian, F., Azarnivand, H., Yazdanparast, R., Zare Chahouki, M.A., Jafari, M. and Kumar, S. (2018). The most important factors effect on distribution of Daphne mucronate and modeling its potential habitsts. Journal of Rangeland. 42(2): 179-193.

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

[35] Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, Remote Sens. Environ., 8: 127– 150.

[36] Zare Chahouki, M.A. and Abbasi, M. (2017). *Ephedara astrobilacea* habitat modelling in Poshtkuh rangelands of Yazd using maximum entropy method. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 4(9): 195-212.

[37] Zare Chahouki, M.A. and Abbasi, M. (2018). Prediction modeling of *Rheum ribes* L. in Chahtorsh rangeland of Yazd province using MAXENT. Journal of Natural Resources, 71(2): 371-379.

[38] Zare Chahouki, M.A., Naseri Hesar, N. and Jafari, M. (2018). Plant distribution modeling using maximum entropy method, case study: rangelands of Eshtehard industrial town. Journal of Range and Desert Research, 25(2): 298-309.

[39] Zare Chahouki, M.A. (2007). Application of logistic regression method to investigate plants presence with environmental agents in Poshtkuh rangelands in Yazd province. Journal of Pajuhesh & Sazandegi, 76(1): 136-143.

[40] Zarrabi, M., Haghdadi, R. and Yusefi, H. (2017). Modeling suitable habitate of *Pistacia vera* in Sarakhs foresty area – Khorassan Razavi province using MAXENT. Ecohydrology, 4(3): 817-824.

Journal of Range and Watershed Management
Volume 75, No. 4, Winter 2023

pp. 591-605

Accepted: 2022-07-14

Received: 2022-09-11

Investigation of development probability of *Dorema ammoniacum* in a part of arid rangelands of Southern Khorasan regarding environmental conditions using Maximum Entropy

❖ **Ali Tavily*;** Associate Prof. Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
❖ **Seyedeh Motahareh Hosseini;** Graduated MSc. Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
❖ **Mohammad Jafary;** Prof. Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
❖ **Ali Golkarian;** Assistant Prof. Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

Today, the production of species distribution maps is the basis of many different researches in order to management of improvement programs and reclamation of rangelands. MaxEnt model was used to evaluate the probability of *Dorema ammoniacum* development in rangelands of some cities of Southern Khorasan. Presence data of *D. ammoniacum* was recorded based on field survey and GPS and GIS. Nine environmental information layers were used to model potential habitat of the understudy species. Relationship between species presence and environmental parameters was determined using Maximum Entropy. Map of species distribution was achieved. Results showed that the probability of *D. ammoniacum* is higher in regions with the following environmental characteristics; elevation of 1017-1933 m, average temperature of 13.96 to 15.17 ºC, average precipitation of 112- 131 mm, slope of 0-14% and LST range between -4 to 10ºC. An AUC of 92 demonstrated that MaxEnt is a suitable model for prediction of *D. ammoniacum* distribution and potential habitat. It is suggested to be used in the reclamation and potential assessment of native species of province.

Keywords: *Dorema ammoniacum*, Biological reclamation, Rangeland, Potential habitat, Southern Khorasan

*Corresponding Author: Tel: +98 2632249313 Email: atavily@ut.ac.ir