مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2021.351825.2862
جلد ۳۶، شماره ۶، صفحه ۹۵۷-۹۴۷ (۱۳۹۹) | شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1399.36.947.104.6.1603.41

کاربرد تکنیک عکس‌برداری بدون سرنشین در تعیین مطلوبیت رویشگاه *Perovskia abrotanoidse* Karel. با استفاده از مدل (MaxEnt)

وحیده ریاضی‌نیا[۱]، مژگان‌سادات عظیمی[۲*]، عادل سپهری[۳]، نرگس کریمی‌نژاد[۴] و جاندیگو کمپتلا[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتع‌داری- گیاهان دارویی و صنعتی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

پست الکترونیک: mojgansadatazimi@gmail.com

۳- استاد، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴- دانش‌آموخته دکتری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۵- دانشیار، دانشگاه کمرینو، ایتالیا

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۹ | تاریخ اصلاح نهایی: شهریور ۱۳۹۹ | تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

گونه دارویی *Perovskia abrotanoides* Karel. از خانواده نعناعیان، گونه‌ای بوته‌ای و با ارزش از نظر حفاظت آب، خاک و دارای اثرهای درمانی متنوعی می‌باشد. در این مطالعه، رویشگاه بالقوه این گونه گیاهی مدل‌سازی شده است. بر این اساس متغیرهای مستقل توپوگرافی و زیستی از لایه رقومی DSM خروجی پهپاد، متغیر اقلیمی از آمار ایستگاه‌های هواشناسی و متغیرهای خاکی پس از شبکه‌بندی محدوده و برداشت نمونه خاک از هر واحد تهیه شد. موقعیت مکانی حضور گونه نیز به‌عنوان متغیر وابسته با استفاده از تصاویر ارتوفتوی پهپاد ثبت گردید. اولویت‌بندی متغیرهای مستقل براساس تأثیرگذاری در وقوع گونه مورد بررسی در دو محدوده مطالعاتی با استفاده از الگوریتم بیشینه آنتروپی (MaxEnt) انجام شد. نتایج حاصل از ارزیابی مدل براساس آماره سطح زیر منحنی (AUC) به‌ترتیب برای محدوده مطالعاتی قشلاقی و ییلاقی ۰/۹۷۴ و ۰/۹۱۴ و در سطح بسیار خوب ارزیابی گردید. بر این اساس مهمترین عوامل محیطی تأثیرگذار در پراکنش گونه *P. abrotanoides* در قشلاق ارتفاع از سطح دریا، میزان پتاسیم و هدایت الکتریکی بود. همچنین در ییلاق ارتفاع، هدایت الکتریکی و درصد سیلت خاک مؤثرین عوامل حضور گونه برآورد گردیدند. نتایج این تحقیق نشان داد، تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه‌های دارویی با تصاویر پهپاد می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در زمینه شناسایی مناطق مستعد انتشار گونه و افزایش تولید گونه در سطوح وسیع‌تر مطالعاتی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تناسب رویشگاه، *Perovskia abrotanoides* Karel.، مدل بیشینه آنتروپی، مراتع استان گلستان.

مقدمه

در سال‌های اخیر تخریب رویشگاه‌های گونه‌های گیاهی در اثر بهره‌برداری بی‌رویه و چرای دام، بسیاری از این گونه‌ها را در معرض خطر انقراض قرار داده است. بر این اساس بسیاری از محققان به مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی به‌منظور حفظ و احیاء آنها روی آورده‌اند. مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها ابزار قدرتمندی است که می‌تواند در مطالعات مربوط به زیست‌شناسی، حفاظت، تغییرات اقلیمی، تغییرات کاربری اراضی، تعیین تناسب رویشگاه‌ها برای گونه‌های گیاهی (Miller, 2005) و مدیریت نحوه کشت و احیاء اجتماعات طبیعی گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. مدل بیشینه آنتروپی (MaxEnt: Maximum entropy modelling) به‌عنوان یکی از جدیدترین مدل‌های تعیین مطلوبیت رویشگاه‌های گیاهی و جانوری شناخته شده است که از پیش‌فرض فقط حضور، برای مدل‌سازی حضور گونه‌ها استفاده می‌کند. Ma و Sun (۲۰۱۸) در پیش‌بینی توزیع گونه *Stipa purpurea* در سراسر فلات تبت از طریق مدل (MaxEnt) به این نتیجه رسیدند که در مقیاس زمانی، مناسب بودن زیستگاه *S. purpurea* از دهه ۱۹۹۰ به ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد. همچنین Mousazade و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی مدل‌سازی تناسب رویشگاه گونه *Astragalus fasciculifolius* در استان فارس، مدل‌های نسبت فراوانی (Frequency Ratio) و حداکثر آنتروپی را مدل‌های خوبی برای تعیین مطلوبیت رویشگاه دانستند که در ارزیابی مدل‌ها نشان دادند که مدل ماکسنت از دقت بالاتری برخوردار است. Zare Chahouki و Abbassi (۲۰۱۸) پیش‌بینی رویشگاه گونه *Rheum ribes* L. در استان یزد و همچنین Abdelaal و همکاران (۲۰۱۹) پیش‌بینی توزیع بالقوه گیاه بومی *Rosa arabica* را در کشور مصر با روش حداکثر آنتروپی بررسی کردند. محققان زیادی تاکنون پیشنهاد داده‌اند که به‌منظور مدل‌سازی با قدرت تفکیک بالا از پهپاد یا هواپیمای بدون سرنشین استفاده شود (Hosseinalizadeh *et al.*, 2018). در این رابطه Cruzan و همکاران (۲۰۱۶) استفاده از تکنیک عکس‌برداری با پهپاد را در تحلیل اجتماعات گیاهی مناسب دانستند.

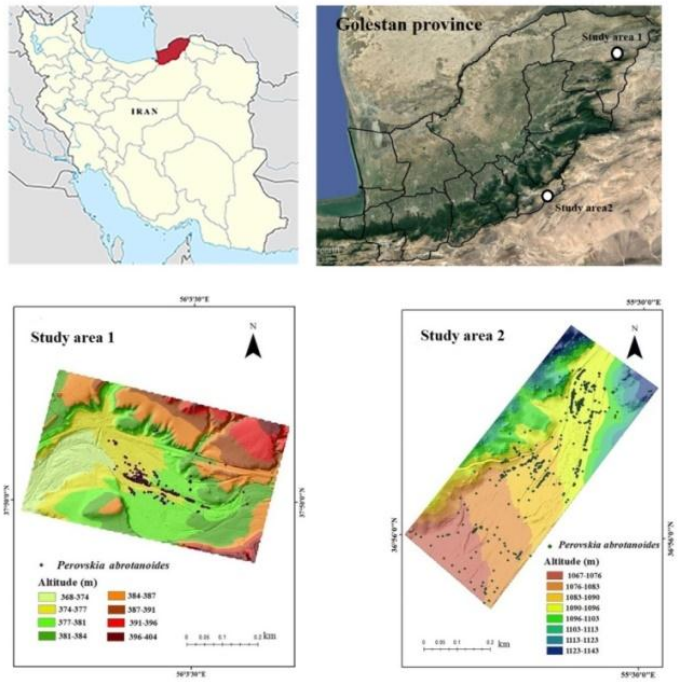
جنس *Perovskia* از خانواده نعناعیان در ایران دارای سه گونه است که *Perovskia abrotanoidse* Karel. با نام محلی برازمبل از بیشترین پراکنش در نواحی شمال‌شرقی کشور برخوردار است. این گیاه بوته‌ای یا نیمه درختچه‌ای با ارتفاع بین ۰/۵ تا ۱/۲ متر با گل‌های به رنگ آبی و بنفش رنگ می‌باشد (Zargari, 2000). اثرهای درمانی مختلف ازجمله درمان دردهای روماتیسمی، درمان سالک، ضد التهاب، ضدتب، خنک‌کننده، ضدباکتری، ضدقارچ و اثرهای ضد سرطانی (Moallem & Niapour, 2008) از این گیاه گزارش شده است (PourHosseini, 2013). به‌طوری که با شناخت اثرهای متقابل متغیرهای محیطی بر روی رویشگاه گیاه برازمبل می‌توان به نتایج مطلوبی مانند تعیین مکان‌های مناسب برای رشد در خارج از زیستگاه‌های اصلی این گیاه، تولید در مقیاس کمّی و کیفی بالاتر و همچنین حفاظت از گونه در برابر عوامل تخریبی و انقراض گونه دست یافت. ازاین‌رو لازم است ارتباط بین عوامل اکولوژیکی و انسانی در رشد و تکثیر این گونه مرتعی دارویی مشخص گردد. هدف از این تحقیق کاربرد تصاویر پهپاد در مدل‌سازی تعیین مطلوبیت رویشگاه گیاه دارویی برازمبل و بررسی عوامل محیطی به‌منظور مدیریت بهتر این جوامع گیاهی از منظر مدیریت توسعه و احیاء پرورش گیاهان دارویی در مراتع ییلاقی و قشلاقی استان گلستان می‌باشد که برای اولین بار در سطح کشور تکنیک عکس‌برداری بدون سرنشین (پهپاد) به‌منظور تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه دارویی استفاده و بکار برده شد.

مواد و روش‌ها

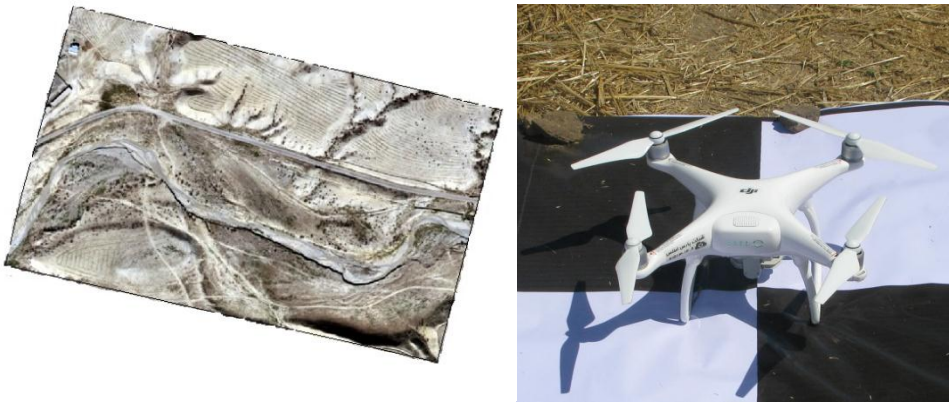
معرفی محدوده‌های مطالعاتی

در این تحقیق به‌دلیل محدودیت استفاده از پهپاد دو سایت با ابعاد ۲۷ هکتار واقع در مراتع قشلاقی شهرستان مراوه‌تپه و مراتع ییلاقی شهرستان آزادشهر از استان گلستان

انتخاب گردید (شکل ۱). مختصات جغرافیایی سایت شماره ۱ (قشلاقی) طول جغرافیایی "۲۱ '۳ °۵۶ و عرض جغرافیایی "۳ '۵۰ °۳۷ و سایت شماره ۲ (ییلاقی) طول جغرافیایی "۵۰ '۲۹ °۵۵ و عرض جغرافیایی "۱۱ '۵۶ °۳۶ می‌باشد. سایت قشلاقی دارای ارتفاع متوسط منطقه ۳۵۲ متر از سطح دریا، بارندگی متوسط ۴۲۵ میلی‌متر در سال و دارای اقلیم نیمه‌خشک است. سایت ییلاقی دارای ارتفاع متوسط منطقه ۱۰۵۰ متر از سطح دریا، بارندگی متوسط ۳۴۲ میلی‌متر در سال و از نظر شرایط اقلیمی دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است.



شکل ۱- موقعیت محدوده‌های مورد مطالعه



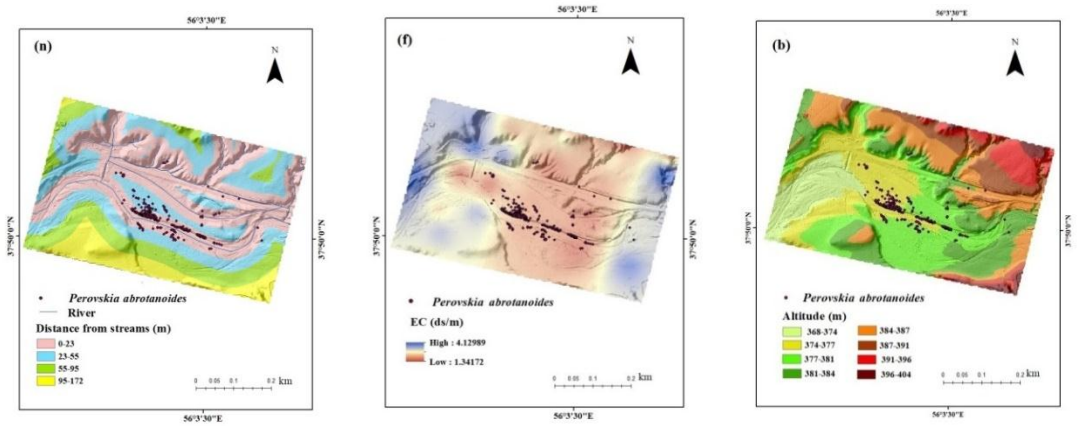
شکل ۲- نمونه‌ای از تصاویر ارتوموزائیک پهپاد مدل فانتوم پرو ۴ در محدوده مطالعاتی قشلاقی

تکنیک عکس‌برداری بدون سرنشین (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) در تهیه مدل‌های رقومی متغیرهای محیطی مؤثر در حضور گونه

این تحقیق با استفاده از تکنیک عکس‌برداری بدون سرنشین (پهپاد) با نام تجاری فانتوم پرو۴ با دوربین ۲۰ مگاپیکسل و قدرت تفکیک مکانی ۵۰ سانتی‌متر از ارتفاع ۲۲۰ متری از سطح زمین و در چهار خط پرواز انجام گردید. بر این اساس تعداد ۲۸۰ قطعه عکس برای منطقه ییلاقی و تعداد ۳۶۰ قطعه عکس برای منطقه قشلاقی از ارتفاع ۱۲۰ متری سطح زمین برداشت شد (شکل ۲). ازاین‌رو تعداد ۳۳۹ نقطه حضور گونه در منطقه قشلاقی و ۴۵۸ نقطه حضور گونه در منطقه ییلاقی با استفاده از اورتوفتوی تهیه شده از تصویر پهپاد ثبت گردید.

جمع‌آوری داده‌های حضور گونه و اطلاعات محیطی

برای ساخت مدل‌های توزیع گونه‌ای، رابطه میان حضور گونه با شرایط محیطی یک فرض اساسی است. در رابطه با متغیرهای وابسته (داده‌های حضور گونه)، پس از بازدید صحرایی یک تیپ گیاهی به نام *Artemisia aucheri*-*Perovskia abrotanoides* در محدوده مطالعاتی ییلاقی و یک تیپ گیاهی در منطقه قشلاقی به نام *P. abrotanoides*–*Peganum harmala* مشاهده گردید. در مرحله بعد نسبت به شناسایی رویشگاه‌های خالص گونه برازمبل اقدام شد. سپس برای برداشت موقعیت مکانی حضور گونه از تصاویر پهپاد استفاده گردید. در این تحقیق به‌منظور شناخت عوامل مؤثر بر رشد و توسعه *P. abrotanoides*، ۲۰ عامل محیطی مشتمل بر ۱۱ عامل خاکی، ۲ عامل اقلیمی و ۳ عامل فیزیوگرافی مؤثر بر حضور و گسترش این گونه مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های خاک پس از شبکه‌بندی کل محدوده‌های مطالعاتی از هر سایت به تعداد ۵۰ نمونه با در نظر گرفتن این نکته که عمق مؤثر ریشه در بیشتر گونه‌های مرتعی تا ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک می‌باشد (Zare Chahouki & Abbassi, 2018) از عمق ۳۰-۰ نمونه‌برداری انجام گردید. سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک که معرف شاخص‌های تخریبی، رطوبتی و حاصلخیزی هستند شامل: درصد شن، سیلت، رس، پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم، ازت، اسیدیته، هدایت الکتریکی و ماده آلی در آزمایشگاه آنالیز و اندازه‌گیری شدند. در نهایت از روش درون‌یابی (IDW) نقشه خصوصیات خاک تهیه گردید. برای تهیه لایه‌های رقومی ارتفاع، شیب، جهت شیب و انحنای سطح از لایه رقومی DSM تهیه شده از پهپاد با قدرت تفکیک مکانی ۰/۵×۰/۵ استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۳- نمونه‌ای از نقشه‌های طبقه‌بندی شده معیارهای تأثیرگذار بر تناسب رویشگاهی *Perovskia abrotanoides*

(از راست به چپ: نقشه طبقات ارتفاعی، هدایت الکتریکی، فاصله از آبراهه)

مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گیاه *P. abrotanoides*

بعد از جمع‌آوری اطلاعات و تهیه نقشه‌های مورد نیاز، بررسی از مدل آنتروپی حداکثر در نرم‌افزار MaxEnt 3.3 برای مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه مورد استفاده قرار گرفت. بدین‌منظور لایه‌های ورودی به فرمت (ascii) تنظیم شده و کلیه نقاط برداشت حضور گونه در قالب فایل اکسل با فرمت (csv) تهیه گردیدند. در این مطالعه شدت هم‌خطی متغیرهای مستقل توسط عامل تورم واریانس (Variance Inflation Factor :VIF) آزمون شد. سپس داده‌های حضور گونه به‌عنوان متغیر وابسته و تمامی لایه‌های محیطی به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد نرم‌افزار شدند (جدول ۱). به‌منظور تعیین اولویت عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه از آزمون جک‌نایف استفاده گردید. لازم است یادآوری شود در این پژوهش پس از اجرای مدل نتایج حاصل از مدل‌سازی، براساس وقوع گروه اعتبارسنجی (۳۰٪) و آموزش مدل (۷۰٪) در قالب روش منحنی تشخیص عملکرد نسبی (ROC) اعتبارسنجی و مساحت زیر این منحنی (AUC) به‌عنوان معیار کمّی برای اعتبارسنجی استفاده شد. در نهایت نقشه‌های مطلوبیت رویشگاه گونه مورد بررسی در دو منطقه مطالعاتی تهیه گردید. به دلیل برداشت کلیه نقاط حضور گونه برازمبل در رویشگاه‌های خالص آن و انطباق مکانی ۱۰۰٪ آنها بر روی تصاویر ارتوموزاییک پهپاد (UAV) نقشه نهایی پیش‌بینی مطلوبیت رویشگاه با واقعیت زمینی آن منطبق شد.

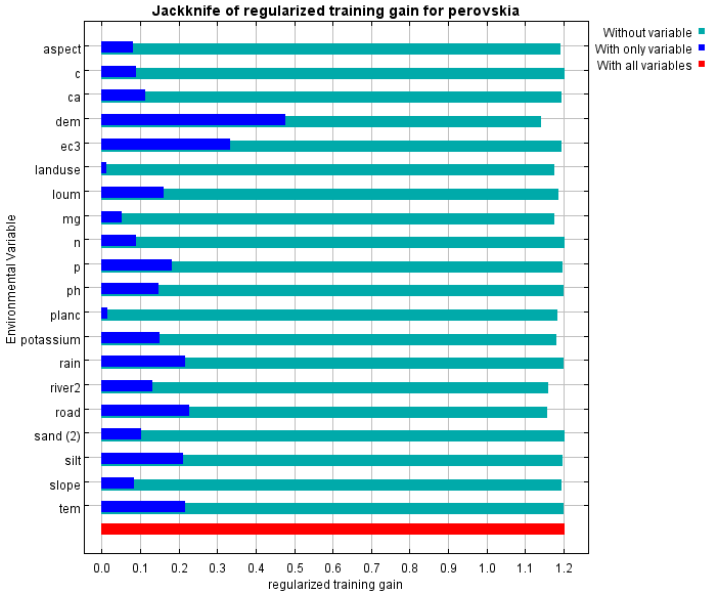
جدول ۱- فهرست متغیرهای اندازه‌گیری شده در تحقیق

ردیف	متغیرهای مستقل	واحد اندازه‌گیری شده	علامت اختصاری	ردیف	متغیرهای محیطی	واحد اندازه‌گیری شده	علامت اختصاری
۱	بارندگی سالانه	میلی‌متر	Rain	۱۱	سیلت	درصد	silt
۲	دمای سالانه	سانتی‌گراد	T	۱۲	شن	درصد	sand
۳	فاصله از جاده	متر	Dis of roads	۱۳	کربن آلی	درصد	O.M
۴	فاصله از آبراهه	متر	Dis of sreams	۱۴	ازت	درصد	N
۵	ارتفاع	متر	Abs	۱۵	هدایت‌الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	EC
۶	جهت	–	asp	۱۶	اسیدیته	-log[h+]	PH
۷	شیب	درصد	slop	۱۷	پتاسیم	Ppm	K
۸	کاربری اراضی	-	land	۱۸	منیزیم	Ppm	Mg
۹	رس	درصد	clay	۱۹	کلسیم	Ppm	Ca
۱۰	انحنای سطح	–	palnc	۲۰	فسفر	Ppm	P

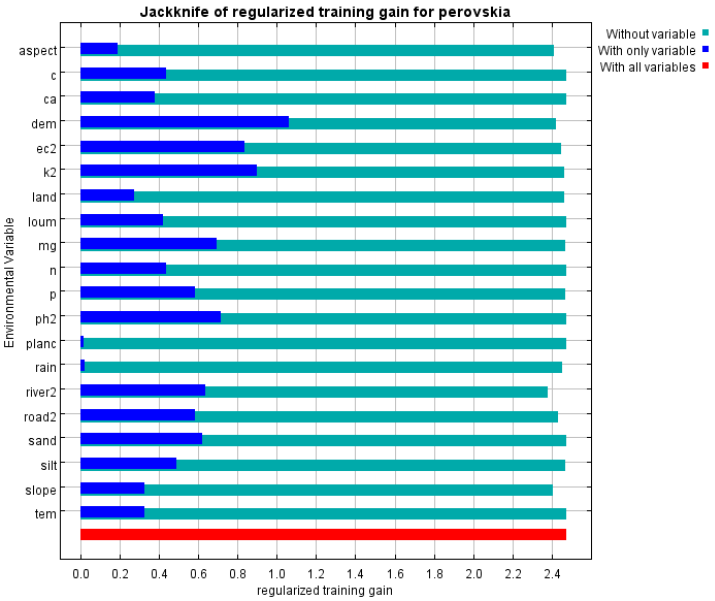
نتایج

نتایج مقادیر آزمون تورم واریانس نشان داد که تمامی متغیرهای مستقل استفاده شده در این مطالعه دارای مقادیر کمتر از ۵ بوده، در نتیجه بین متغیرهای مستقل هم‌خطی وجود ندارد. همچنین شکل‌های ۴ و ۵ نتایج آزمون جک‌نایف در مدل حداکثر آنتروپی را نشان می‌دهد. بر این اساس مشخص گردید که مهمترین عامل محیطی تأثیرگذار در پراکنش گونه *P. abrotanoide* در منطقه قشلاقی ارتفاع از سطح دریا، میزان پتاسیم، هدایت الکتریکی، اسیدیته و فاصله از آبراهه می‌باشد. نتایج آزمون جک‌نایف برای عوامل محیطی منطقه مطالعاتی ییلاقی حکایت از معنی‌دار بودن اهمیت عواملی مانند ارتفاع، هدایت الکتریکی، درصد

سیلت خاک و فاصله از آبراهه و جاده در حضور گونه برازمبل دارد. براساس تحلیل منحنی‌های پاسخ (جدول ۲) در مورد پراکنش گونه *P. abrotanoides* نشان داده شد که بیشترین حضور گونه در ییلاق در طبقات ارتفاعی ۱۰۹۳ متر به میزان ۵۶/۸٪ و در قشلاق در طبقه ارتفاعی ۳۷۷ متر با ۶۳/۴٪ حضور اتفاق افتاده است. عامل هدایت الکتریکی، دیگر عامل محدودکننده در وقوع و گسترش رویشگاه گونه *P. abrotanoides* محسوب شده، بنابراین مطلوب‌ترین دامنه EC برای حضور این گونه گیاهی ۱/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر با میزان ۸۳/۲٪ حضور می‌باشد. در محدوده ییلاقی بیشترین شانس حضور گونه در طبقه هدایت الکتریکی کمتر از ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر و به‌میزان ۶۲/۴٪ است.



شکل ۴- نتایج آزمون جک‌نایف در پیش‌بینی رویشگاه ***P. abrotanoides*** در محدوده ییلاقی



شکل ۵- نتایج آزمون جک‌نایف در پیش‌بینی رویشگاه ***P. abrotanoides*** در محدوده قشلاقی

همچنین نتایج نشان می‌دهد در محدوده قشلاق با افزایش پتاسیم خاک تعداد گونه افزایش می‌یابد، به‌طوری که ۷۹/۴٪ وقوع گیاه *P. abrotanoides* در ۴ سطح میزان پتاسیم اتفاق افتاده است. از نظر اسیدیته این گونه خاک‌های خنثی با اسیدیته بین ۷/۵ را می‌پسندد. دوری و نزدیکی به منابع آبی از دیگر پارامترهای مؤثر بر حضور این گیاه در هر دو محدوده مطالعاتی است، به‌طوری که در منطقه ییلاقی تا فاصله ۳۱ متری از آبراهه بیشترین تجمع این گونه بوده و این مسئله در مورد منطقه قشلاقی تا فاصله ۲۳ متری از آبراهه صدق می‌کند. در مورد تأثیر متغیر فاصله از جاده در منطقه ییلاقی بر گونه *P. abrotanoides* نیز با توجه به منحنی پاسخ گونه به متغیر مذکور تا فاصله ۴۴ متر از جاده بیشترین حضور گونه محتمل است. از نظر بافت خاک نیز نتایج منحنی پاسخ نشان می‌دهد که تکرار این گونه در شرایط رویشگاهی منطقه ییلاقی حضور گونه در خاک‌های با ۴۴٪ سیلت پررنگ‌تر می‌باشد. مطابق شکل ۶ نقشه‌های مطلوبیت رویشگاه *P. abrotanoides* در دو منطقه قشلاقی و ییلاقی در قالب چهار کلاس خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم طبقه‌بندی شده است. به‌دلیل استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی دوفرکانسه در زمین، مرجع نمودن لایه رقومی DSM حاصل از پهپاد و برداشت ۱۰۰٪ نقاط حضور گونه و همچنین قدرت تفکیک مکانی ۵۰ سانتی‌متر ورودی های مدل، نتایج مدل پیش‌بینی انطباق کامل با واقعیت زمینی دارد.

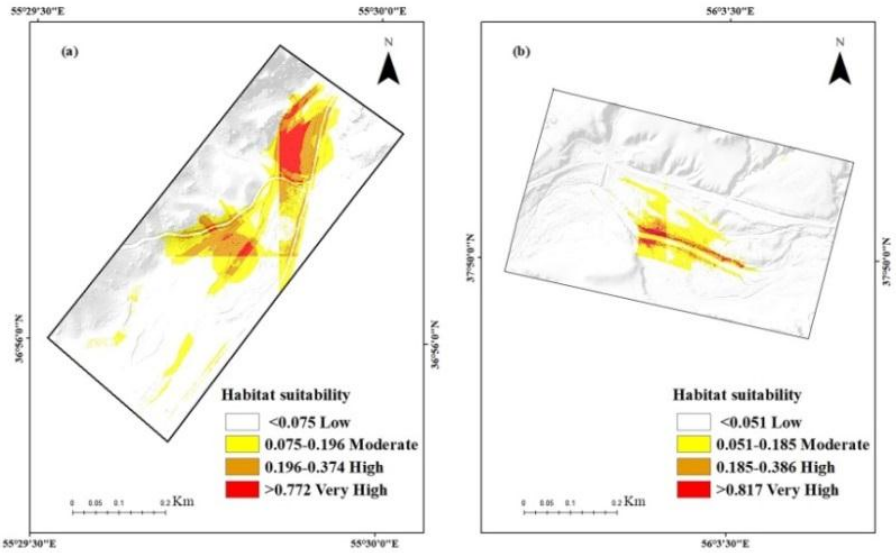
جدول ۲- نتایج آستانه مطلوب رشد گونه *P. abrotanoides* در پاسخ به مهمترین متغیرهای مستقل در محدوده‌های مطالعاتی (براساس منحنی‌های پاسخ)

ردیف	مهمترین عوامل تأثیرگذار در رشد گونه در منطقه قشلاقی	آستانه مطلوب برای رشد گونه *P. abrotanoides* در منطقه قشلاقی	مهمترین عوامل تأثیرگذار در رشد گونه در منطقه ییلاقی	آستانه مطلوب برای رشد گونه *P. abrotanoides* در منطقه ییلاقی
۱	ارتفاع (m)	۳۷۷	ارتفاع (m)	۱۰۹۳
۲	پتاسیم (ppm)	۴	هدایت الکتریکی (ds/m)	۱/۶
۳	هدایت الکتریکی (ds/m)	۱/۶۵	سیلت (٪)	۴۴
۴	اسیدیته	۷/۵	فاصله از آبراهه (m)	۳۱
۵	فاصله از آبراهه (m)	۲۳	فاصله از جاده (m)	۴۴

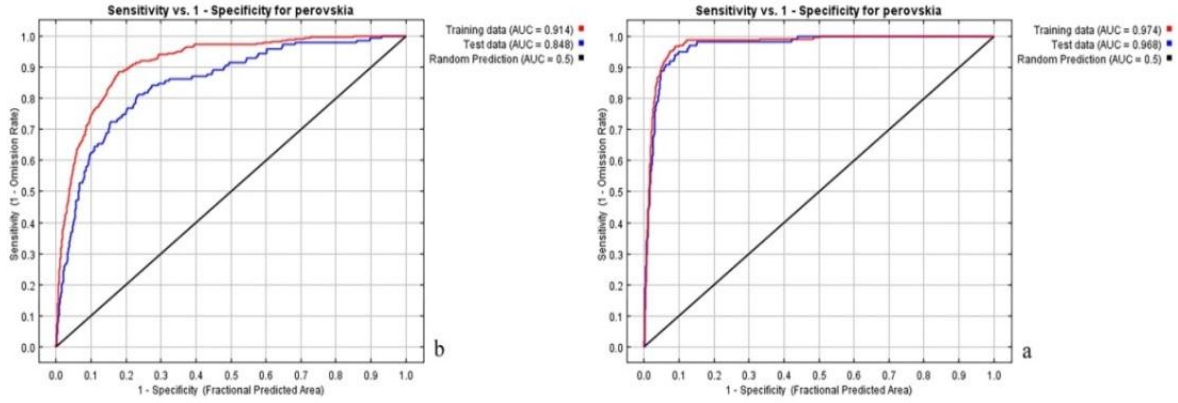
ارزیابی مدل

منحنی تشخیص عملکرد نسبی (ROC) یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها در ارائه دقت شرایط احتمالی و پیش‌بینی مدل در توصیف حضور پدیده می‌باشد (شکل ۷).

هر چه سطح زیر منحنی (AUC) بیشتر باشد اعتبار تمایز بین زیستگاه‌های مناسب و نامناسب گونه مورد تحقیق بالاتر خواهد بود. دامنه کمی سطح زیر منحنی بین ۰ تا ۱ می‌باشد (Kurpis *et al*., 2019) که میزان آن در منطقه قشلاقی برای داده‌های آموزش مدل برابر با ۰/۹۷۴ و برای منطقه مطالعاتی ییلاقی برابر ۰/۹۱۴ است که نشان‌دهنده پیش‌بینی دقیق با دقت عالی مدل در تعیین رویشگاه مناسب گونه *P. abrotaniodes* در هر دو مناطق مطالعاتی است.



شکل ۶– a و b نقشه مطلوبیت رویشگاه بالقوه گونه برازمبل به‌ترتیب در محدوده مطالعاتی ییلاقی و قشلاقی



شکل ۷– a و b منحنی ROC و مقدار AUC برای ارزیابی مدل به‌ترتیب در محدوده مطالعاتی قشلاقی و ییلاقی

بحث

در این مطالعه موقعیت مکانی گونه *P. abrotanoides* و نقشه‌های رقومی عوامل محیطی مؤثر بر گستره جغرافیایی این گیاه با هدف بالا بردن دقت در برداشت مناطق معرف گونه *P. abrotanoides* با استفاده از تصویربرداری پهپاد فتوگرامتری انجام شد. در این راستا کار با پهپاد به‌ویژه در مناطق دور افتاده برای نظارت بر کمّیت پوشش گیاهی و در صورت وجود کنتراست زیاد گونه امکان تخمین کافی از پوشش گیاهی مورد مطالعه را فراهم می‌کند. در این رابطه پژوهشگران دیگری نیز در مطالعات خود به این نتیجه رسیده‌اند (Cruzan *et al.*, 2016). میزان تطابق نقشه پیش‌بینی رویشگاه تولید شده با مدل با نقشه واقعی حاصل از فتوگرامتری پهپاد پراکنش گونه *P. abrotanoides* نشان‌دهنده کارایی بالای مدل (MaxEnt) در این زمینه است. ارزیابی عملکرد نرم‌افزار و درستی پیش‌بینی مدل با استفاده از آماره سطح زیر منحنی (AUC) که به‌ترتیب در

منطقه قشلاقی و ییلاقی مورد تحقیق ۰/۹۷۴ و ۰/۹۱۴ بدست آمده، در سطح خوب قرار داشته و با نتایج محققان دیگر همخوانی دارد (Çoban *et al*., 2020). همانطور که در نتایج آزمون جک‌نایف و منحنی‌های پاسخ گونه به متغیرهای محیطی آمده است، عامل ارتفاع برای هر دو منطقه نقش کلیدی در فراوانی وقوع گونه *P. abrotanoides* دارد. به‌طوری که با افزایش ارتفاع شانس حضور گونه کم‌رنگ می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات ارتفاعی هر منطقه عامل مؤثری بر تنوع و غنای گونه‌ای محسوب می‌شود. البته نقش ارتفاع در پراکنش گونه‌های گیاهی در پژوهش‌های دیگر نیز تأیید شده است (Abdelaal *et al*., 2019؛ Zare Chahouki & Piry Sahragard, 2016). خاک‌های با بافت‌های سنگین از منظر حفظ املاح در خاک کارایی بهتری داشته و در اثر آب‌شویی املاح کمتری از دست می‌دهند (Jafari Haghighi, 2003)، به همان نسبت کمتر بودن میزان هدایت الکتریکی در خاک‌های با بافت سبک تا متوسط را به قابلیت کم این نوع خاک‌ها در تجمع املاح در آن نسبت می‌دهند (Naghizadeh Asl *et al*., 2016). بر این اساس هدایت الکتریکی محدودیت املاح خاک را نشان می‌دهد. در این مطالعه پراکنش گونه برازمبل رابطه قوی با میزان پایین بودن مقدار EC دارد. در تحقیقات مشابه هدایت الکتریکی از عوامل مهم پراکنش گونه‌های گیاهی محسوب شده است (Jafari Haghighi, 2003)، به‌نحوی که افزایش پتاسیم خاک در منطقه قشلاقی مورد تحقیق تأثیر مثبت بر حضور گونه *P. abrotanoides* داشته است. در پژوهشی توسط Bagheri (۲۰۱۷) نقش افزایش پتاسیم در حضور گونه مورد مطالعه مورد تأیید قرار گرفته است. در حالی‌که در منطقه ییلاقی رابطه معنی‌داری بین میزان پتاسیم و حضور گونه دیده نشد. از نظر اسیدیته نتایج حکایت از آن دارد که این گونه در هر دو منطقه خاک‌های خنثی با اسیدیته بین ۷/۴ تا ۷/۷ را می‌پسندد. اما عامل pH در منطقه قشلاقی در حضور این گونه حیاتی‌تر است، زیرا این عامل با در اختیار قراردادن عناصر غذایی مورد نیاز تأثیر غیرمستقیم در رشد گیاه دارد و چون منطقه قشلاقی محدودیت بیشتری در میزان حاصلخیزی خاک و غنی بودن آن نسبت به رویشگاه ییلاقی دارد، نقش عامل اسیدیته کاملاً مشهود است. بر این اساس تاکنون تحقیقات متعددی مؤثر بودن این مدل را در پیش‌بینی پراکنش گونه‌های جانوری و گیاهی تأیید کرده‌اند (Ghayoumi *et al*., 2019؛ Ye *et al*., 2020). این تحقیق قابلیت بالای مدل آنتروپی حداکثر را در تعیین ارجحیت رویشگاه‌های گونه برازمبل در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد. این مدل برای یک گونه توسط تعدادی از لایه‌های زیست محیطی به همراه تعدادی نقاط حضور، مطلوبیت هر سلول در رویشگاه را به‌صورت تابعی از متغیرهای زیست محیطی بیان می‌کند. به‌دلیل عدم انجام مطالعات زیست محیطی، تخریب رویشگاه‌ها و عدم شناسایی رویشگاه‌های خالص گیاه دارویی *P. abrotanoides* سیر قهقرایی در وسعت ذخیره‌گاههای ژنتیکی آن بوجود آمده است (Shahraki *et al*., 2012). خواص متعدد دارویی، منحصر به فرد بودن، گستره جغرافیایی نسبتاً وسیع و کم بودن اطلاعات در زمینه شرایط زیستگاهی این گونه، ضرورت انجام این تحقیق را دوچندان کرده است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد با استفاده از مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه‌های گونه‌های با ارزش، اثرهای متقابل متغیرهای محیطی شامل عوامل فیزیوگرافی، ادافیکی، اقلیمی و انسانی را بر روی رویشگاه گیاهی شناخت و به نتایج مطلوبی مانند تعیین مکان‌های مناسب برای رشد در خارج از زیستگاه‌های اصلی دست یافت.

منابع مورد استفاده

- Abdelaal, M., Fois, M., Giuseppe, F. and Bacchetta, G., 2019. Using MaxEnt modeling to predict the potential distribution of theendemic plant *Rosa arabica* Crép. Ecological Informatics, 50: 68-75.
- Bagheri, H., 2017. Modeling distribution of index halophyte plants in the Mighan playa of Arak. Ph.D thesis, Department of Agricalture and Natural Resource, The Mohaghegh Ardebili University, Iran.
- Çoban, H., Örücü, Ö. and Arslan, S., 2020. MaxEnt modeling for predicting the current and future potential geographical distribution of *Quercus libani* Olivier. Sustainability, 12(7): 1-17-.

Safaeian, R. and Cerdà, A., 2019. Maxent data mining technique and its comparison with a bivariate statistical model for predicting the potential distribution of *Astragalus fasciculifolius* Boiss. in Fars, Iran. Sustainability, 11(12): 1-23.
- Naghizadeh Asl, F., Jafari, H., Azarnivand, M. and Zare Chahouki, M., 2016. Study of the role of soil properties in creating differences between plant communities. Iranian Journal of Natural Resources, 69(3): 765-776.
- PourHosseini, S.H., 2013. Investigation of genetic and phytochemical diversity of native populations of Brazmble in Iran. Master Thesis, Shahid Beheshti University of Tehran, 130p.
- Shahraki, S., Mahdavi, S.Kh., Hosseini, S.A., Mazandarani, M. and Tavan, M., 2012. Evaluation of quantity and quality of *Proveskia abrotanoides* essential oil of the medicinal plant (case study of Golestan and Kiasar national parks). Journal of Ecophytochemistry of Medicinal Plants, 3: 68-81.
- Ye, X.Z., Zhao, G.H., Zhang, M.Z., Cui, X.Y., Fan, H.H. and Liu, B., 2020. distribution pattern of endangered plant semiliquidambar cathayensis (Hamamelidaceae) in response to climate change after the last interglacial Perio. Journal of Forests, 11(4): 434.
- Zare Chahouki, M.A. and Abbassi, M., 2018. Maxent modelling for distribution of plant *Rhoum ribes* L. In Rangeland of chah torsh Province of yazd. Iranian Journal of Natural Resources, 71(2): 379-391.
- Zare Chahouki, M.A. and Piry Sahragard, H., 2016. Maxent modelling for distribution of plant species habitats of rangelands (Iran). Polish Journal of Ecology, 3: 303-317.
- Zargari, A., 2000. Medicinal Plants (Volume 4). University of Tehran Press, 923p.
- Cruzan, M.B., Weinstein, B.G., Grasty, M.R., Kohrn, B.F., Hendrickson, E.C., Arredondo, T.M. and Thompson, P.G., 2016. Small unmanned aerial vehicleS (micro-uavS, droneS) in plant ecology. Applications in Plant Sciences, 4(9): 160004.
- Ghayoumi, R., Ebrahimi, A., Hosseini Taifeh, F. and Keshtkar, M., 2019. Predicting the effects of climate change on the distribution of mangrove forests in Iran using the maximum entropy model. Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resources, 10(2): 34-47.
- Hosseinalizadeh, M., Kariminejad, N., Campetella, G., Jalalifard, A. and Alinejad, M., 2018 Spatial point pattern analysis of piping erosion in loess-derived soils in Golestan province, Iran. Geoderma, 328: 20-29.
- Jafari Haghighi, M., 2003. Methods of Soil Analysis: sampling and physical and chemical analysis with emphasis on the theoretical and practical importance. Tehran University Press, 236p.
- Kurpis, J., Cruz, M. and Arroyo, T., 2019. Modeling the effects of climate change on the distribution of *Tagetes lucida* Cav. (Asteraceae). Global Ecology and Conservation, 20: e00747.
- Ma, B. and Sun, J., 2018. Predicting the distribution of *Stipa purpurea* across the Tibetan Plateau via the MaxEnt model. BMC Ecology, 18(10): 1-12 .
- Miller, J., 2005. Incorporating spatial dependence in predictive vegetation models: residual interpolation methods. The Professional Geographer, 57(2): 169-184.
- Moallem, S.A. and Niapour, M., 2008. Study of embryotoxicity of *Perovskia abrotanoides*, an adulterant infolk-medicine, during organogenesis in mice. Ethnopharmacology, 117: 108-114.
- Mousazade, M., Ghanbarian, G., Pourghasemi, H.,

Application of photogrammetric drone method to determine the habitat suitability of *Perovskia abrotanoidse* Karel. using MaxEnt model

V. Riazinia[1], M. Azimi[2*], A. Sepehri[3], N. Kariminejad[4] and G. Campetella[5]

1- M.Sc. student, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2*- Corresponding author, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran, E-mail: mojgansadatazimi@gmail.com
3- Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran
4- Ph.D. graduate, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
5- Schools of Biosciences & Veterinary Medicine - Plant Diversity and Ecosystems Management Unit, University of Camerino, Italy

Received: September 2020 Revised: September 2020 Accepted: October 2020

Abstract

Perovskia abrotanoides Karel., belonging to the Lamiaceae, is a valuable plant species in terms of water and soil protection, and has a variety of therapeutic effects. In this study, the potential habitat of this plant species was modeled. Independent topographic and biological variables were prepared from the digital DSM layer of the UAV output, climatic variables from the statistics of meteorological stations, and soil variables after grid range and soil sampling from each grid unit. The location of the species was also recorded as a dependent variable using UAV orthophoto images. Prioritization of independent variables was done based on the effect on the occurrence of the studied species in two study areas using the Maximum Entropy (MaxEnt) algorithm. The results of model evaluation based on sub-curve surface statistics (AUC) for the warm and rural study areas were 0.974 and 0.914, respectively, and were evaluated at a very good level. Altitude, potassium content, and electrical conductivity were obtained as the most important environmental factors influencing the distribution of *P. abrotanoides* in the winter quarters. Also, in the countryside, altitude, electrical conductivity, and soil silt percentage were the most effective factors in the presence of the species. The results of this study showed that determining the suitability of medicinal species habitat with the UAV images can be used in the management planning to identify the areas prone to the species distribution and increase the species production at wider levels of study.

Keywords: Habitat suitability, *Perovskia abrotanoides* karel., maximum entropy model, rangeland of Golestan province.