مقاله پژوهشی، صفحات ۹۷-۸۲

تحلیل توزیع رویشگاه‌های بالقوه گیاهان دارویی آویشن کوهی و آنغوزه در شهرستان اردکان

مجتبی ادبی اردکانی[۱]، مریم مروتی[۲،۳*]، پیمان کرمی[۴] و مجید صادقی نیا[۵]

[۱] **ایران، اردکان، دانشگاه اردکان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه ارزیابی و آمایش سرزمین.**

[۲] **ایران، اردکان، دانشگاه اردکان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه علوم و مهندسی محیط زیست.**

[۳] **ایران، اردکان، دانشگاه اردکان، پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی.**

[۴] **ایران، ملایر، دانشگاه ملایر، گروه محیط زیست.**

[۵] **ایران، اردکان، دانشگاه اردکان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی طبیعت.**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۵

چکیده

تنوع اقلیم در کنار تنوع پستی و بلندی های ناشی از وجود ارتفاعات متعدد در کشور ایران منجر شده تا ایران به عنوان خواستگاه بسیاری گیاهان دارویی شناخته شود. تولیدات گیاهی به عنوان محصولات فرعی بوسازگان مرتعی در صورت بهره برداری مناسب می تواند نقش مهمی در صادرات غیر نفتی به خصوص برای مناطق گرم و خشک در نظر گرفته شود که البته شناسایی مناطق مستعد رویش این گیاهان همواره به عنوان چالش مطرح بوده است که با استفاده از مدل های توزیع گونه ای تا حدودی از پیچیدگی این چالش کاسته شده است. هدف از این مطالعه، شناسایی رویشگاه های بالقوه گیاهان دارویی آنغوزه(*Ferula assa foetida* L.) و آویشن کوهی(*Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen) با استفاده از روش های توزیع گونه ای در سطح شهرستان اردکان است. به این منظور در خلال سال های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ بازدید های میدانی از رویشگاه های سطح شهرستان به عمل امد و مناطق مشاهده این گونه ها ثبت شد. سپس با استفاده از متغیرهای رویشگاهی مستخرج از خاک شامل میانگین سیلت(Silt)،رس(Clay)،ماسه(Sand)،نیتروژن(N) و کربن آلی خاک(SOC) در عمق ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر در کنار متغیرهای توپوگرافی و بادخیزی و پوشش گیاهی (NDVI) به عنوان متغیرهای رویشگاهی مد نظر قرار گرفتند. مدلسازی با رویکرد اجماع حاصل بر پایه معیار Area under the curve (AUC) از تلفیق روش‌های درخت طبقه بندی و رگرسیون(classification and regression trees)، جنگل تصادفی(Random forest)، درخت چندگانه جمع شدنی(TreeNET) و رگرسیون لجستیک(Logistic regression) به دست امد سپس با اعمال حد آستانه زیستگاه مطلوب گونه شناسایی شد. ارزیابی مدل‌ها با استفاده از معیارهای حساسیت، ویژگی، طبقه بندی صحیح، طبقه بندی اشتباه و AUC انجام گرفت. نتایج نشان داد که ارتفاع به نسبت معیارهای خاک نقش مهم‌تری در توزیع گونه‌های مورد مطالعه داشته و از میان متغیرهای مربوط به خاک نیتروژن(N) نسبت به سایر متغیرها نقش مهم‌تری دارد. همچنین وسعت رویشگاه آویشن ۱۰۳۶۸۱ هکتار و رویشگاه مطلوب آنغوزه ۶۶۵۱۹ هکتار را به خود اختصاص دادند. یافته های پژوهش حاضر می تواند در راستای مدیریت رویشگاه گیاهان مورد مطالعه به منظور بهره وری اقتصادی در سطح شهرستان مثمر ثمر واقع شود.

واژگان کلیدی: رویشگاه طبیعی؛ توزیع گونه؛ توپوگرافی؛ شرایط اکولوژیک؛ اردکان

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: Mymorovati@ardakan.ac.ir

مقدمه

استفاده از گیاهان دارویی از دیرباز ریشه در فرهنگ، مذهب و تجارب نسل‌های قبل داشته و سینه‌به‌سینه به نسل جدید منتقل گردیده است و بسیاری از مسائل اقتصادی، محیط‌زیستی، فرهنگی و اجتماعی را تحت تأثیر خود قرار

داده است (۱). درگذشته این گیاهان از اساسی‌ترین منابع تولید دارو به‌حساب می‌آمدند. با پیشرفت دانش شیمی، اکثر مواد دارویی به‌صورت مصنوعی تهیه می‌شوند، اما اخیراً، با مشاهده عوارض جانبی این داروها، تمایل افراد به مصرف گیاهان دارویی روند افزایشی داشته است. با توجه به نقش گیاهان دارویی در سلامت جوامع ازنظر درمان بیماری‌ها (۱۶) در حال حاضر چیزی حدود یک‌سوم از داروهای مورداستفاده در جوامع از گیاهان طبیعی با خاصیت دارویی تشکیل‌شده است (۷). گیاهان دارویی جز ذخایر طبیعی محسوب می‌شوند که نوع و تنوع آن‌ها متناسب با شرایط محیطی که در هر منطقه غالب است متفاوت است (۳). کشور ایران در میان هفت‌کشور آسیایی که بیشترین گیاهان دارویی را دارند حضور دارد و در طی دهه‌های سپری‌شده مصرف گیاهان دارویی و گرایش به طب سنتی توسط جامعه افزایش یافته است (۲۵). اما در مقابل تمام شرایط ذکرشده مسائلی مانند برداشت بی‌رویه از گیاهان دارویی، بهره‌برداری غیرمجاز از رویشگاه و تخریب رویشگاه بسیاری از گونه‌های با ارزش دارویی را در معرض خطر انقراض قرار داده است (۱۲). ازجمله گیاهان دارویی مهم می‌توان به آویشن کوهی *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen و آنغوزه *Ferula assa foetida* L. اشاره کرد. آنغوزه گیاهی از تیرهUmbelliferae و با ویژگی‌های مانند ساقه خشن و فیبری، برگ‌های بسیار بریده و غباری و ریشه باحالت ضخیم و گوشی است (۶) که در مناطق گرم آسیا در اراضی بایر و خاک‌آهک رویش دارد و در ایران و بخش‌های از افغانستان این‌گونه را می‌توان بخش‌های استپی مشاهده کرد (۱۷). از جمله موانعی محدود کننده استقرار گونه در نواحی بیابانی می‌توان به بارندگی ناچیز و با پراکندگی نامناسب، طول دوره خشکی بالا به همراه تبخیر تعرق اشاره کرد (۸). اما آویشن گیاهی از تیره نعناعیان(Lamiaceae) است و در دامنه‌های خشک و بین تخته‌سنگ‌های نواحی مدیترانه همچنین در بخش‌های شمالی آفریقا و قسمت‌های از آسیا به‌صورت بوته‌های خودروی وحشی رشد دارد (۱۵). لذا متناسب با ارزش‌های مختلف دارویی و همچنین غذایی بررسی و مطالعه این‌گونه توصیه‌شده است (۵). در مدیریت پویایی مراتع، شناسایی رویشگاه گیاهان با ارزش‌های دارویی بسیار حائز اهمیت است (۲۲). اما در مقیاس‌های وسیع هزینه و زمان مطالعات می‌تواند محدودکننده باشد (۱۸). مدل‌های توزیع گونه که با استفاده از مشاهدات میدانی و شناسایی عوامل محیطی تأثیرگذار بر روی گونه اجرا می‌شوند می‌توانند در راستای مدیریت رویشگاه به کار گرفته شوند درواقع این مدل‌ها با بهره‌گیری از قدرت و کارایی سامانه اطلاعات جغرافیایی به درک روابط گونه با پارامترهای محیط کمک کرده و با استفاده از روش‌های آماری و یادگیری ماشین پیچیدگی‌های ارتباط گونه با محیط را کاهش می‌دهند (۹). مطالعات مختلفی در زمینه بررسی ارتباط گونه‌های گیاهی با محیط انجام‌شده است، در پژوهشی رویشگاه بالقوه آنغوزه در استان کرمان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی بررسی گردید. نقشه پیش‌بینی به چهار طبقه از نظر کیفیت رویشگاه تقسیم شد و نتایج نشان داد مساحتی معادل ۴۸۲۶ هکتار از محدوده موردبررسی برای آنغوزه دارای مطلوبیت بالایی است و از میان متغیرهای رویشگاه داشتن EC و pH پایین، ماده آلی بالا ازجمله ویژگی‌های رویشگاه مطلوب می‌باشند (۱۱). در مطالعه‌ای دیگر رویشگاه آویشن در مراتع میانی طالقان با استفاده از تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA) (Ecological Niche Factor Analysis) بررسی شد یافته‌های این مطالعه نشان داد که زیستگاه مطلوب گونه در خاک‌هایی با میزان pH ۷/۵ –۷/۸ EC ۰/۲۰ –۰/۲۵ ds/m و آهک‌کمتر از ۲۱/۵٪ در ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متری از سطح دریا قابل‌تعریف است (۱۰). در مطالعه‌ی دیگر با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک(ENFA) و رگرسیون لجستیک مطلوبیت رویشگاه برای دو گونه *Thymus kotschyanus* و *Achillea millefolium* در منطقه چهار

باغ استان گلستان انجام گرفت. این نشان داد که براساس روش ENFA مهم‌ترین عامل در تعیین مطلوبیت زیستگاه بومادران عامل ارتفاع، بافت خاک و رطوبت اشباع بوده ولی در گونه آویشن، ارتفاع از سطح دریا و بافت خاک جزء عوامل مؤثر نشان داده شدند. همچنین بر اساس روش رگرسیون لوجستیک، حضور گونه آویشن با ارتفاع دارای رابطه مستقیم و با هدایت الکتریکی رابطه عکس داشت (۳). در پژوهشی دیگر ویژگی‌های محیطی- زیستی و بیوشیمیایی آنغوزه در رویشگاه‌های طبیعی آن در قزاقستان بررسی شد یافته‌های این مطالعه نشان دادند که بین جمعیت‌های مختلف ازنظر ترکیبات اسانس، فنل و اسید آلی وجود دارد (۴۷).

در پژوهشی دیگر با تاکید بر روی مدلسازی اجماع (Ensemble) و مدل آنتروپی بیشینه(MaxEnt) تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر روی گیاهان دارویی در کشور مصر بررسی شد. در این مطالعه ۸ مدل مختلف جنگل تصادفی، آنتروپی بیشینه، ماشین بردار پشتیبان(SVM)(support-vector machine)، حداکثر احتمال(Maxlike)، رگرسیون درختی تقویتی(BRT)(Boosted Regression Trees)، درخت طبقه بندی و رگرسیون، آنالیز تشخیصی انعطاف پذیر(FDA)(Flexible Discriminant Analysis) و مدل خطی تعمیم یافته(GAM) (Generalised Linear Models) در کنار ۱۴۳۹۶ نقطه حضور گیاهان دارویی و سناریوهای تغییر اقلیم A2a، B2a از مدلCMIP3 و RCP 2.6 و RCP 8.5 از مدل CMIP5 استفاده شدند. در این مطالعه نتایج مدل آنتروپی بیشینه در مقابل مدل های همادی مورد استفاده کارایی قابل توجهی داشت(۳۷).

در مطالعه دیگر اتصال و ارتباط بین زیستگاه‌های مختلف گونه آویشن در ۱۲ جمعیت این‌گونه در جنوب فرانسه مطالعه شد یافته‌های این مطالعه نشان داد که شرایط محیطی این جمعیت‌های به دسته گرم و خشک و صخره‌ای و همچنین گونه‌های در زیستگاه سردتر قابل تقسیم است (۴۳). شهرستان اردکان در استان یزد به‌عنوان یکی از شهرستان‌های گرم خشک و دارای پتانسیل حضور گونه‌های دارویی شناخته‌شده است ولی تاکنون مطالعه‌ی بر روی وضعیت توزیع گونه‌های دارویی این شهرستان انجام نگرفته است. هدف پژوهش حاضر ارزیابی توان اکولوژیک این شهرستان از جنبه حضور گیاهان دارویی آنغوزه و آویشن است.

مواد و روشها

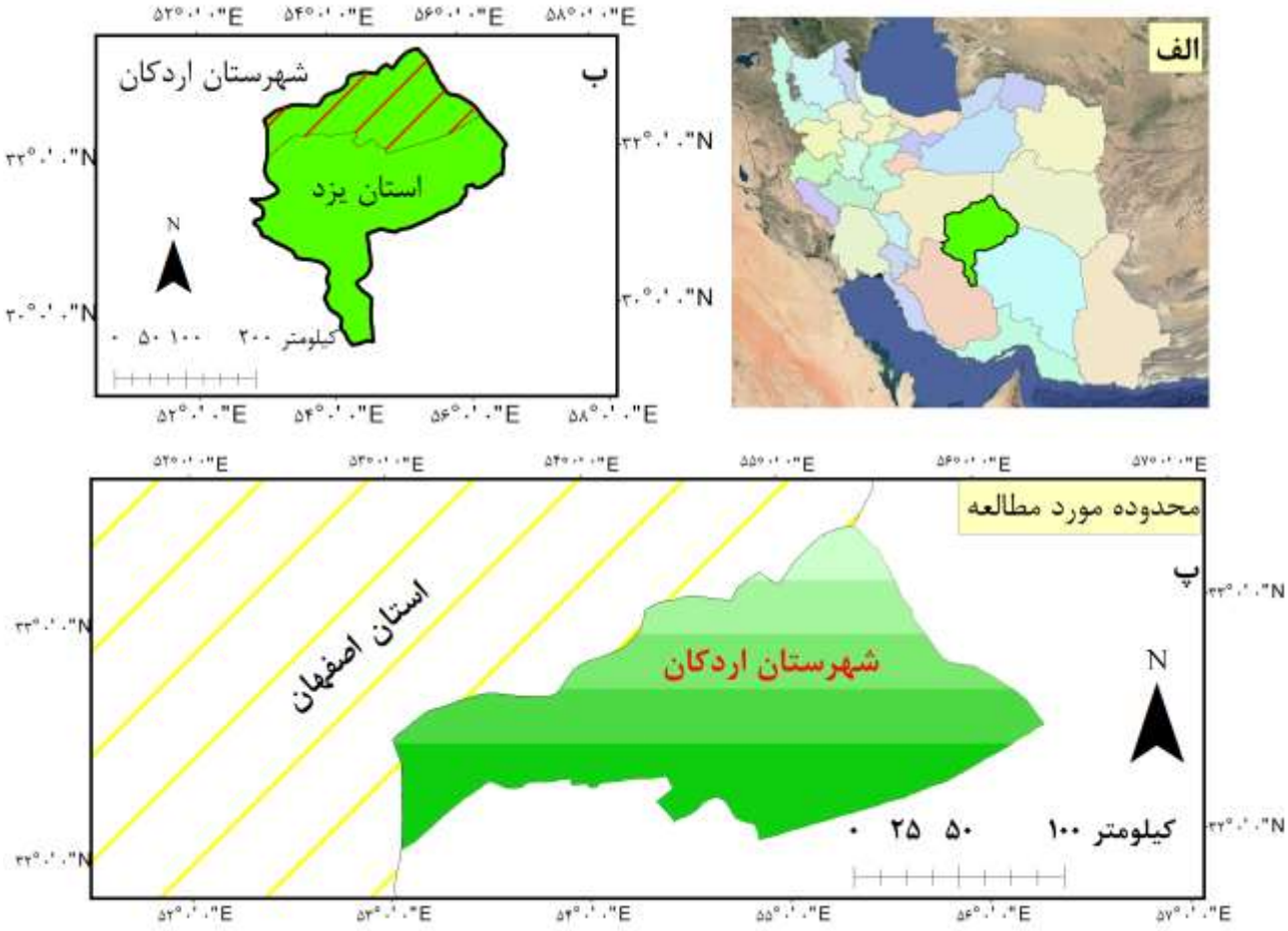
معرفی منطقه موردمطالعه:

شهرستان اردکان از ″۱۹ ′۳ °۵۳ طول شرقی و ″۸۰ ′۲۰ °۳۲ عرض شمالی آغاز شده به طرف شرق تا ″۳۶ ′۱۷ °۵۶ طول شرقی و ″۷۵ ′۲۸ °۳۲ عرض شمالی ادامه دارد از جنوب نیز از حدود ″۴۹ ′۵۰ °۵۴ طول شرقی و ″۵۸ ′۰۱ °۳۲ عرض شمالی آغاز شده و تا ″۰۶ ′۲۲ °۵۵ طول شرقی و ″۳۳ ′۲۱ °۳۳ عرض شمالی ادامه می‌یابد (شکل ۱) و شهر اردکان مرکز این شهرستان است.. شهرستان اردکان با بیش از ۲۴۰۰۰ کیلومتر مربع بزرگ‌ترین شهرستان استان محسوب می‌شود. پردازش‌های توپوگرافی این مطالعه نشان داد، بخش عمده شهرستان با خط تراز تقریبی ۱۵۰۰ متر محدود می‌شود. تنها حدود ۵٪ مساحت شهرستان کوهستانی بوده و ارتفاع متوسط شهرستان از سطح دریا ۱۰۴۰ متر است.

گونه مورد مطالعه و ثبت نقاط حضور

در پژوهش حاضر از میان گیاهان دارویی مختلفی که در سطح شهرستان وجود دارند بر اساس گستردگی انتشار، ارزش اقتصادی و دارویی دو گونه آویشن کوهی *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen و آنغوزه *Ferula assa foetida* L. برای مطالعه انتخاب شدند. به‌منظور ثبت نقاط حضور گونه ابتدا تأکید بر روی شناسایی پهنه‌های حضور گونه بود، در این راستا ابتدا با استفاده بررسی‌های محلی و همچنین مراجعه به اداره منابع طبیعی شهرستان اردکان،

موقعیت نسبی قرارگیری رویشگاه‌های گونه‌ها در سطح شهرستان مشخص شد.



شکل ۱. موقعیت شهرستان اردکان در تقسیم‌بندی سیاسی و کشوری (الف)، در سطح استان (ب) و نسبت به استان مجاور (پ)

سپس بازدیدهای میدانی از مناطق موردمطالعه به عمل آمد و موقعیت مکانی نقاط حضور با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب مکانی ثبت شد. در هر فصل از سال یک بازدید میدانی به عمل آمد و در مجموع در سراسر ارتفاعات شهرستان تعداد بازدیدهای میدانی به ۲۰ بازدید رسید.

مدل‌سازی توزیع

به‌منظور بررسی گستره انتشار گیاهان دارویی مورد استفاده در پژوهش حاضر از مدل‌های توزیع گونه‌ای به شرح درخت طبقه‌بندی و رگرسیون (CART)، رگرسیون لجستیک (LR)، درخت چندگانه جمعشانی (TreeNET) و جنگل تصادفی (RF) استفاده گردید (۴۱، ۴۲). این دسته از مدل‌ها برای اجرا به داده‌های دو وجهی یا دو طبقه‌ای نیاز داشت که شامل نقاط حضور و عدم حضور یا شبه عدم حضور بود. لذا برای اجرای مدل‌های اشاره شده از ۱۰۰۰ نقاط شبه عدم حضوری استفاده شد (۱۸) که به‌صورت تصادفی (۴۰) ایجاد شدند. ثبت نقاط تصادفی در نرم‌افزار QGIS3.6.1 انجام گرفت. پس از ثبت نقاط حضور، به‌منظور کاهشی خود همبستگی مکانی (spatial autocorrelation) بین نقاط حضور از فاصله ۵۰۰ متری که دو برابر قدرت تفکیک مکانی لایه‌های مطالعاتی استفاده شد. این عمل با

استفاده از ماژول Distance در نرم افزار ArcGIS انجام گرفت.

اعتبارسنجی مدل

به‌منظور بررسی کارایی مدل از مساحت سطح زیر منحنی ROC (Receiver operator characters) که AUC (Area under the curve) نام دارد، استفاده شد. منحنی ROC نمودار یک شمای گرافیکی است که با استفاده از میزان مثبت واقعی بر روی محور X و میزان مثبت کاذب بر روی محور Y در آستانه‌های مختلف که بر اساس مقادیر حساسیت و ویژگی است ایجاد می‌شوند (۱۳). طبقه‌بندی مقادیر مختلف سطح زیر منحنی AUC در منحنی ROC نمایش داده‌شده است (جدول ۱).

جدول ۱. طبقه‌بندی مقادیر مختلف سطح زیر منحنی AUC در منحنی ROC(۱۸)

میزان دقت (شاخصی از کارایی مدل)	AUC
پایین	۰/۵- ۰/۷
متوسط	۰/۷- ۰/۹
بالا	۰/۹ <

علاوه بر اعتبارسنجی با AUC به‌عنوان معیاری غیر وابسته به حد آستانه برای ارزیابی عملکرد حد آستانه از معیارهای وابسته به حد آستانه نیز استفاده شد. حد آستانه مقداری است عددی که با اعمال مقدار آن بر روی لایه اطلاعاتی احتمال مطلوبیت رویشگاه، لایه اطلاعاتی باینری مطلوبیت رویشگاه حاصل شد که در این لایه‌ها مقادیر یک برابر رویشگاه مطلوب و مقادیر صفر رویشگاه نامطلوب را برای گونه نمایش می‌دهند. بعد از اعمال حد آستانه در مدل-سازی متریک‌های وابسته به حد آستانه قابل‌محاسبه هستند مانند حساسیت که قدرت مدل را در تشخیص مجموعه داده به‌کاربرده شده به‌عنوان نقطه حضور را ارزیابی و معین می‌کند نقاط ورودی با برچسب حضور، تا چه حد مجدد توسط حد آستانه نیز حضور شناسایی‌شده‌اند. عامل ویژگی، عکس حالت قبل بود و قدرت مدل را در تشخیص مجموعه داده‌های عدم حضور ارزیابی کرد. طبقه‌بندی صحیح، قدرت تقسیم‌بندی داده‌های حضور/شبه عدم حضور را ازنظر طبقه‌بندی صحیح ارزیابی کرد تا قدرت حد آستانه را ارزیابی کند. طبقه‌بندی اشتباه، قدرت تقسیم‌بندی داده‌های فوق را ازنظر طبقه‌بندی اشتباه ارزیابی کرد. جمع مقدار این شاخص با طبقه‌بندی صحیح یک است. معیارهای وابسته به حد آستانه بر اساس مقدار پیش-فرض در نرم‌افزار SPM (Salford Predictive Modeler) محاسبه شدند.

متغیرهای رویشگاهی

از معیارهای شیمیایی خاک مقدار نیتروژن(N) و کربن آلی خاک(SOC) و از پارامترهای فیزیکی خاک ماسه(Sand)، سیلت(silt) و رس(clay) استفاده شدند. متغیرهای مربوط به شرایط خاک به‌صورت میانگین در عمق ۵ تا ۱۵cm از سطح زمین از تارنمای https://soilgrids.org تهیه شدند؛ که در بررسی زیستگاه گونه های جانوری نیز مورد استفاده قرار گرفته اند(۱۸). انتخاب این عمق به دلیل رشد جوانه و همچنین تأثیری است که عمق در سه هفته اول در فرآیند استقرار دارد (۳۰). مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ۳۰m از پایگاه dwtkns.com تهیه شد. از متغیر ارتفاع شاخص رطوبت توپوگرافیCTI به دست آمد. شاخص CTI، ترکیب پستی‌وبلندی است که نسبت بین شیب‌ها را در حوضه به نمایش می‌گذارد و به شاخص خیسی نیز معروف است. CTI، شاخصی از توزیع مکانی رطوبت خاک در طول چشم‌انداز زمین است که به‌وسیله‌ی رابطه‌ی ۱ محاسبه گردید (۱۸).

$$CTI = \ln\left(\frac{A_s}{\tan\beta}\right)$$ رابطه (۱)

در رابطه فوق، A_s مساحت حوضه‌ی آبخیز و $\boldsymbol{\beta}$ برابر گرادیان شیب بر حسب درجه است. شاخص ناهمواری زمین درواقع به‌نوعی اختلاف ارتفاع یک پیکسل با هشت پیکسل اطراف خود است. برای این کار ارتفاع هر پیکسل از پیکسل‌های اطراف خود کم شد و برای مثبت کردن این اعداد آن‌ها را به توان دو رسانده، از آن‌ها میانگین گرفته و دوباره ریشه‌ی دوم آن محاسبه گردید و به پیکسل موردنظر نسبت داده شد (۱۸). از دیگر متغیرهای که با استفاده از مدل رقومی ارتفاع قابل‌محاسبه است متغیر شکل زمین را می‌توان نام برد.

با استفاده از مدل رقومی ارتفاع طبقات مختلف شاخص موقعیت توپوگرافی TPI تهیه و با در نظر گرفتن این شاخص طبقات مختلف شکل زمین محاسبه شد (۴۵). مراحل مختلف محاسبه این شاخص در نرم‌افزار SAGA GIS قرار دارد (۲۷). به‌منظور بررسی اثر باد بر روی رویشگاه گونه از شاخص بادخیزی استفاده شد مقادیر کمتر از یک در این شاخص به معنای مناطقی زیر سایه Sheltered باد و مقادیر بیش از یک بخش‌های در معرض باد را نمایش می‌دهند (۲۸). شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) از شناخته‌شده‌ترین و ساده‌ترین شاخص‌های گیاهی مورداستفاده در پردازش تصاویر ماهواره‌ای قلمداد می‌شود مقدار این شاخص بین ۱+ تا ۱- در نوسان است. مقادیر ۰/۱-۰/۰۵ مناطق گیاهی تنک، ۰/۵-۰/۱ مناطق گیاهی معمولی، و مقادیر بیش از ۰/۴۸ مناطقی با پوشش گیاهی بسیار متراکم و غنی را نمایش داد آب و برف و یخ نیز دارای مقادیر کمتر از ۰/۵ بیانگر خاک بود در این شاخص ابر دارای مقادیر حول‌وحوش صفر است (۲۰). این شاخص با استفاده از تصاویر ماهواره مودیس و به‌صورت میانگین یک‌ساله مدنظر قرار گرفت. استخراج شاخص مذکور در سامانه گوگل ارث انجین میسر است (۳۱). پیش از ورود متغیرهای رویشگاهی به فرآیند مدل‌سازی، میزان همبستگی بین آن‌ها بررسی شد تا آن دسته از متغیرهای که دارای همبستگی بیش از ۰/۷۵ هستند از تحلیل کنار گذاشته شوند.

نتایج

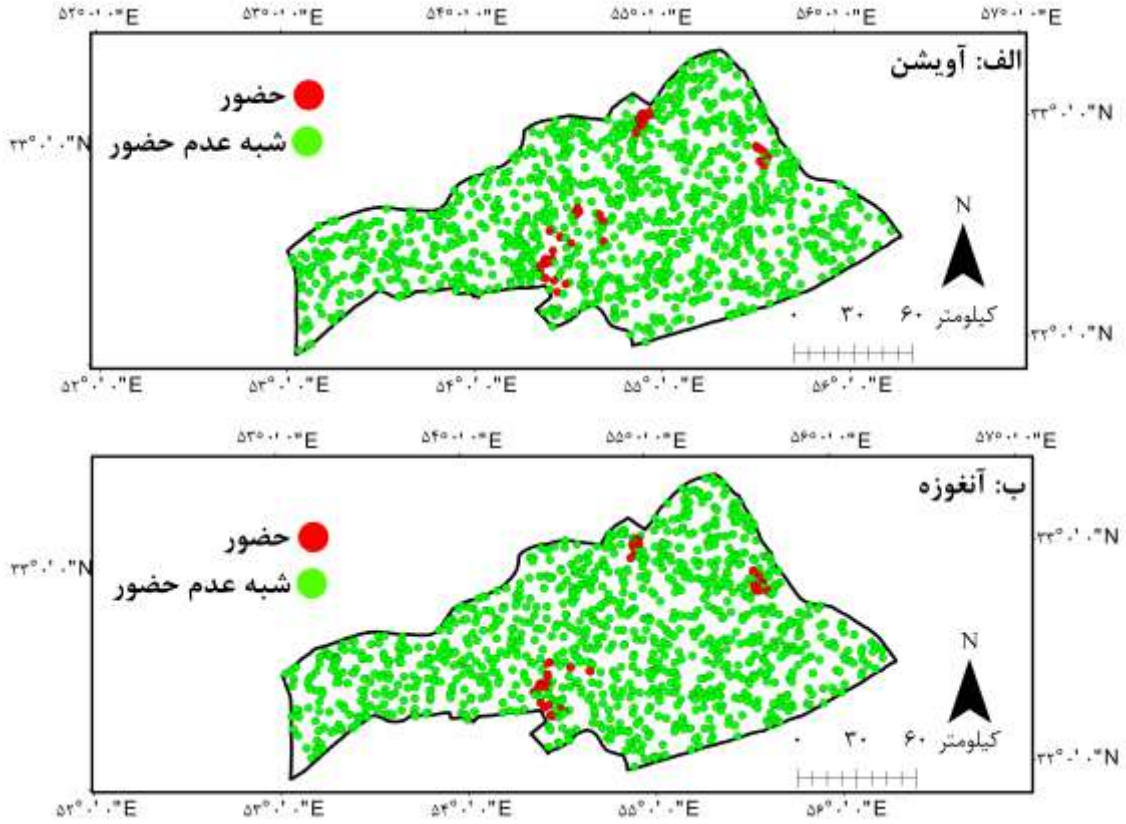
پیش‌پردازش‌های مدل‌سازی

پس از کاهش خود همبستگی مکانی میان نقاط حضور، این نقاط در کنار نقاط شبه عدم حضور آویشن (الف) و آنغوزه (ب) قرار گرفتند (شکل ۲). بر این اساس برای آویشن در مجموع تعداد ۲۰۸ نقطه حضور و برای آنغوزه درمجموع تعداد ۱۲۰ نقطه حضور در سطح شهرستان اردکان ثبت گردید. با استفاده از این تحلیل تعداد نقاط آویشن از ۲۰۸ نقطه حضور به ۵۴ نقطه و نقاط حضور آنغوزه نیز از ۱۲۰ نقطه حضور به ۴۷ نقطه تقلیل پیدا کرد. پس از انجام تحلیل خودهمبستگی بین متغیرهای رویشگاهی مشخص شد که بین هیچ‌کدام از متغیرهای رویشگاهی آماده شده همبستگی بالای ۰/۷۵ وجود نداشت لذا در پژوهش حاضر هیچ کدام از متغیرهای رویشگاهی از تحلیل حذف نشدند.

نتایج ارزیابی مدل‌های رویشگاهی

اعتبارسنجی مدل‌های مورداستفاده به تفکیک معیارهای وابسته و غیر وابسته به حد آستانه ذکرشده‌اند. بر اساس نتایج ROC مدل CART به نسبت سایر مدل‌های مورداستفاده باقدرت بالاتری به پیش‌بینی پرداخته است. بر اساس مقدار ویژگی، مدل RF به نسبت سایر مدل‌ها ضعیف‌تر عمل کرده که نشان می‌دهد این مدل توانسته است ۵۲/۴۸٪ از نقاط شبه عدم حضور واردشده در مدل-سازی را به‌عنوان شبه عدم حضور تشخیص دهد. اما مقدار حساسیت برای این مدل برابر ۱۰۰ محاسبه‌شده است که مقدار قابل‌توجهی است. بر اساس معیارهای مورداستفاده، به نظر می‌رسد که پیش‌بینی رویشگاه مطلوب آنغوزه به نسبت آویشن باقدرت بالاتری انجام‌گرفته است چراکه

مقدار متریک‌های وابسته و غیر وابسته به حد آستانه در این دسته از مدل‌ها به نسبت بالاتر است (جدول ۲).



شکل ۲. نقاط حضور و شبه عدم حضور گونه آویشن (الف) و آنغوزه (ب)

مطلوبیت رویشگاه

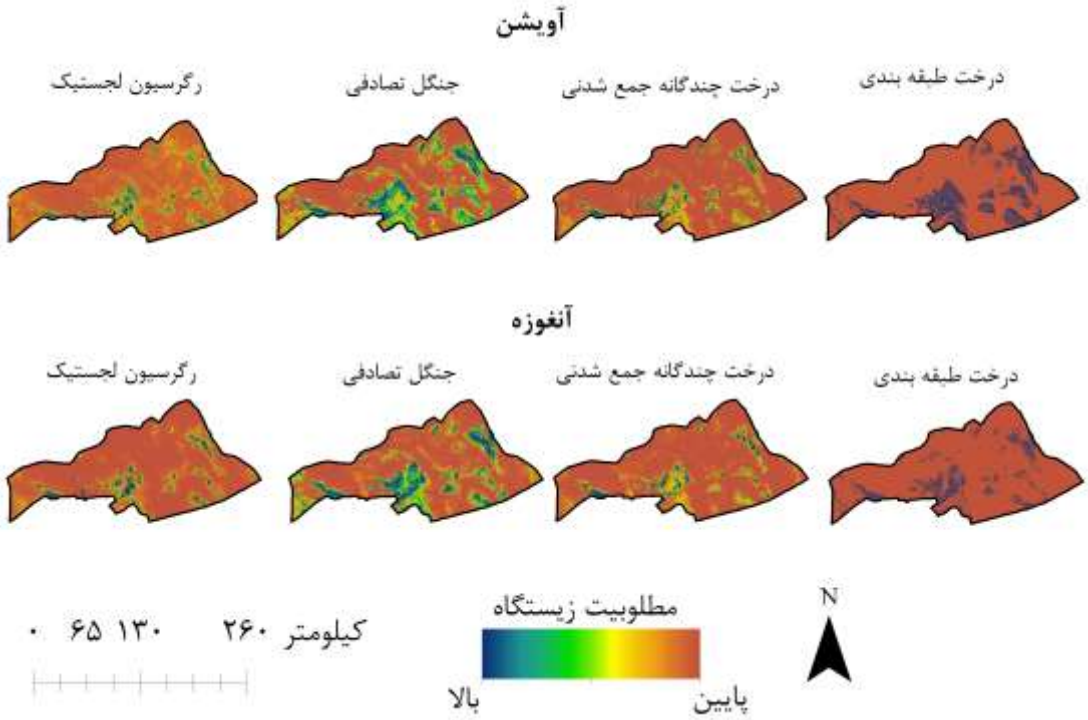
شکل ۳ نتایج اجرای مدل‌های منفرد را در به تفکیک دو گونه آویشن *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen و آنغوزه *Ferula assa foetida* L. نمایش می‌دهد. هر یک از این نقشه‌ها به‌عنوان نقشه احتمال پیش‌بینی شناخته‌شده و مطلوبیت رویشگاه معادل احتمال حضور است. به این معنا که رنگ آبی در این نقشه مناطقی با احتمال حضور بالا و رنگ قهوه‌ای مناطقی با احتمال حضور پایین را نمایش می‌دهند. بر این اساس نتایج مدل CART رویشگاه آویشن در ارتفاعات رباط پشت بادام، خرانق، دره انجیر، گزستان، درند، انجیرآوند، حاجی‌آباد، زرین و چک‌چک مطلوب است. ارتفاعات چک‌چک، خرانق، رباط پشت بادام شهرستان بیشترین پوشش را از رویشگاه گونه آویشن دارند از طرفی همین ارتفاعات برای گونه آنغوزه نیز مطلوبیت بالایی دارند.

مدل‌های منفرد مورداستفاده (شکل ۳) تلفیق‌شده و مدل اجماع تشکیل‌شد (شکل ۴). در این شکل رنگ قرمز نشان‌دهنده مناطقی با مطلوبیت رویشگاه بالا و رنگ آبی نشان‌دهنده رویشگاه باکیفیت پایین برای گونه‌های آویشن و آنغوزه است.

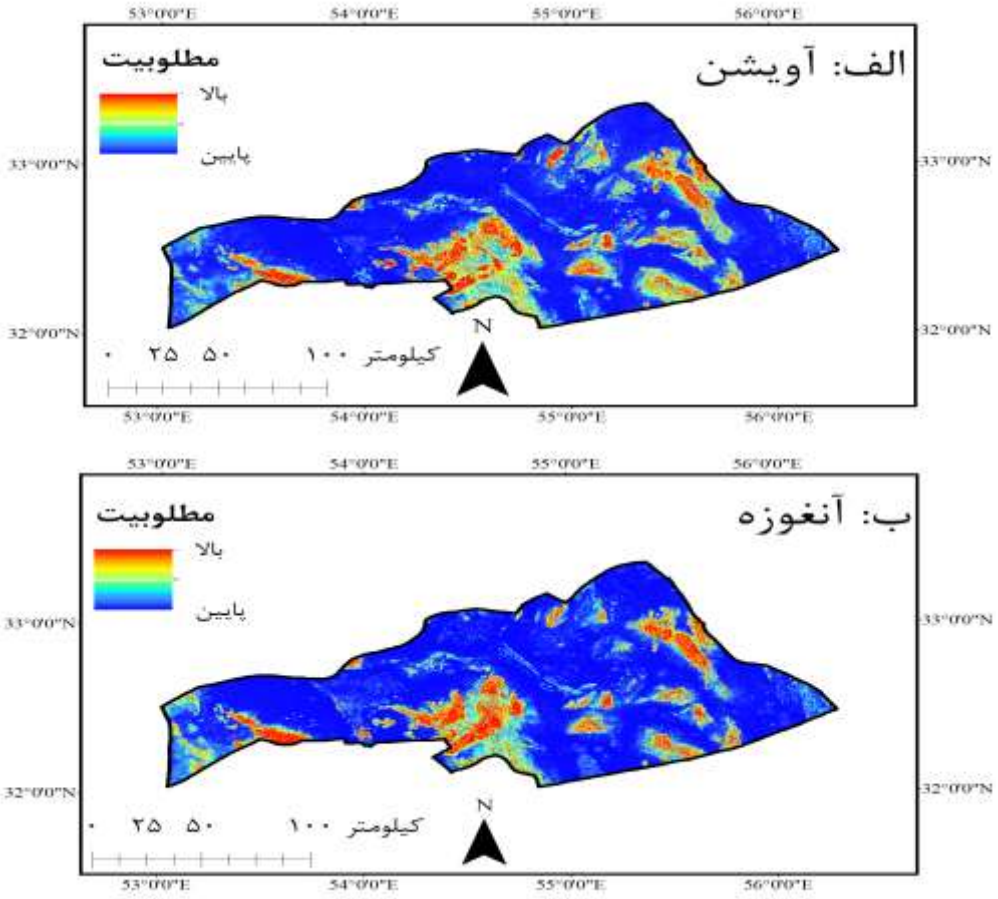
مقاله پژوهشی، صفحات ۹۷-۸۲

جدول ۲. نتایج اعتبارسنجی مدل‌های مورداستفاده به تفکیک گونه

مدل	نام آماره	آویشن		آنغوزه	
		داده یادگیری	داده آزمون	داده یادگیری	داده آزمون
CART	ROC	۰/۹۷	۰/۸۸	۰/۹۵	۰/۸۳
	خطای طبقه‌بندی	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۴
	دقت طبقه‌بندی	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۸۹
	ویژگی	۹۴/۸۸	۹۱/۰۹	۹۱/۲۰	۹۰/۶۰
	حساسیت	۱۰۰	۸۴/۶۲	۱۰۰	۷۶/۶۰
Tree net	ROC	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۸	۰/۹۴
	خطای طبقه‌بندی	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴
	دقت طبقه‌بندی	۰/۸۹	۰/۷۸	۰/۸۹	۰/۸۷
	ویژگی	۸۴/۷۹	۷۸/۲۲	۸۹/۴۰	۸۷/۶۰
	حساسیت	۱۰۰	۹۲/۳۱	۱۰۰	۸۲/۹۸
Random Forest	ROC	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۴
	خطای طبقه‌بندی	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۱۶
	دقت طبقه‌بندی	۰/۶۶	۰/۵۴	۰/۶۷	۰/۶۰
	ویژگی	۶۴/۵۶	۵۲/۴۸	۶۶/۲۸	۵۹/۴۱
	حساسیت	۱۰۰	۱۰۰	۹۷/۲۲	۱۰۰
رگرسیون لجستیک	ROC	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۸۹
	خطای طبقه‌بندی	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵
	دقت طبقه‌بندی	۰/۸۵	۰/۷۴	۰/۸۷	۰/۸۲
	ویژگی	۷۸/۱۹	۷۳/۹۳	۸۵/۶۵	۸۲/۵۱
	حساسیت	۸۲/۹۳	۹۲/۳۱	۸۸/۸۹	۸۱/۸۲



شکل ۳. مطلوبیت رویشگاه گونه‌های آویشن کوهی (الف) و آنغوزه (ب)



شکل ۴. مدل‌سازی اجماع برای رویشگاه آویشن (الف) و آنغوزه (ب)

اهمیت متغیرهای رویشگاهی

بر اساس جداول زیر، هر یک از مدل‌های مورداستفاده متغیرهای را به‌عنوان متغیر تأثیرگذار شناسایی کردند. به طور مثال برای گیاه آویشن در مدل درخت طبقه‌بندی و رگرسیون نیتروژن(N) و ارتفاع بیشترین تأثیر را بر روی مطلوبیت رویشگاه گونه داشت و یا در روش جنگل تصادفی، شیب و ارتفاع بیشترین تأثیر را داشت. در روش رگرسیون لجستیک نیز بر پایه مقادیر T-test و *P-Value* متغیرهای شکل زمین، شیب و تراکم پوشش گیاهی تأثیر بسزایی بر روی توزیع آویشن گذاشت. درواقع هر چه مقدار *P-value* به صفر نزدیک‌تر شد و هر مقدار، قدر مطلق t-test بزرگ‌تر گردید متغیر قدرت پیش‌بینی بیشتری پیدا کرد (جدول های ۳ و ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

استان یزد به دلیل شرایط خاص اکولوژیک از جایگاه ویژه‌ای در سطح کشور ازنظر جایگاه گیاهان دارویی است. در این راستا پژوهش حاضر باهدف بررسی وضعیت حضور گیاهان دارویی در شهرستان اردکان واقع در شمال استان یزد انجام گرفت. لذا تلاش شد تا با استفاده از داده‌های حضور گونه و همچنین متغیرهای خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی رویشگاه‌های مطلوب برای گونه‌ها آویشن و آنغوزه در سطح شهرستان شناسایی شود. سپس تلاش شد تا اهمیت متغیرهای محیطی بر روی حضور گونه بررسی شود.

مقاله پژوهشی، صفحات ۹۷-۸۲

جدول ۳. اهمیت متغیرهای تأثیرگذار بر روی رویشگاه آویشن

متغیر	Random Forest	Cart	LR		Tree Net
			T-test	*P-Value*	
ارتفاع	**۴۳/۱۹**	**۹۳/۴۲**	–	–	۵۲/۵۱
شیب	**۱۰۰**	**۸۳/۵۹**	۲/۸۹	۰/۰۰۳	**۱۰۰**
N	**۳۸/۹۷**	**۱۰۰**	–	–	۴۵/۲۸
شکل زمین	۳۷/۳۵	۱۸/۲۹	۳/۳۱	۰/۰۰۰	**۷۳/۹۲**
بادخیزی	۳۸/۵۶	۶۵/۸۳	–	–	۴۱/۳۰
SOC	۹/۸۱	۵۸/۶۲	۲/۲۲	۰/۰۲	۲۹/۹۹
سایه‌روشن	۲۰/۱۱	۲۹/۵۲	–	–	**۷۵/۵۰**
Clay	۴/۴۲	۳۸/۱۰	–	–	۳۲/۵۹
Sand	۱۳/۴۵	۲۵/۹۳	–	–	۲۸/۵۹
Silt	۳/۸۱	۱۶/۵۵	–	–	۴۰/۸۳
رطوبت توپوگرافی	۵/۸۳	۴۸/۱۷	–	–	۴۶/۸۹
NDVI	۱۸/۹۷	۱۲/۸۵	۲/۴۱	۰/۰۱	۵۸/۹۲

جدول ۴. اهمیت متغیرهای تأثیرگذار بر روی آنغوزه

متغیر	Random Forest	Cart	LR		Tree Net
			T-test	*P-Value*	
ارتفاع	۶۲/۷۲	۸۲/۳۵	–	–	**۶۱/۸۴**
شیب	۱۰۰	۱۰۰	–	–	۵۶/۳۳
N	۴۱/۲۳	۸۷/۷۱	–	–	**۳۹/۲۰**
شکل زمین	۱۸/۴۸	۱۷/۲۸	۳/۳۲	۰/۰۰۰	**۹۷/۸۳**
بادخیزی	۵۱/۴۵	۷۹/۰۶	–	–	۴۳/۹۵
SOC	۴/۵۵	۳۸/۹۳	۱/۹۹	۰/۰۴	۴۰/۱۰
سایه‌روشن	۸/۶۷	۳/۲۹	–	–	۵۴/۲۲
clay	۳۰/۷۲	۶۶/۵۹	–	–	۲۲/۶۸
sand	۷/۷۵	۱۲/۵۳	–	–	۲۰/۴۴
Silt	۳/۳۶	۶/۹۱	–	–	۲۵/۳۷
رطوبت توپوگرافی	۵/۱۳	۱۲/۵۹	–	–	۳۱/۷۷
NDVI	۶۳/۴۷	۲۹/۸۸	۴/۲۲	۰/۰۰۰	۱۰۰

در پژوهش حاضر با استفاده از مدل‌های مطلوبیت، رویشگاه بالقوه گیاهان دارویی آویشن و آنغوزه شناسایی شد. روش‌های مورداستفاده در این مطالعه جز پرقدرت‌ترین روش‌های طبقه و کلاسه‌بندی محسوب می‌شوند (۴۱، ۴۲)، که در مطالعات گیاهی و جانوری مورداستفاده قرار می‌گیرند (۴۶، ۳۹، ۵۱، ۳۴، ۳۸). نتایج نشان داد که در پیش‌بینی توزیع آویشن مدل CART به نسبت سایر مدل‌ها باقدرت بالاتری به رویشگاه را پیش‌بینی کرده است. این قدرت مدل هم در متریک‌های وابسته به حد آستانه و هم در متریک‌های غیر وابسته به

حد آستانه مشخص است. به‌طور مثال مقدار حساسیت برای این مدل برابر ۸۶/۶۲٪ محاسبه‌شده که نشان می‌دهد مدل در شناسایی مجدد نقاط حضور موفق عمل کرده است، این مقدار برای ویژگی برابر ۸۴/۶۲٪ ارزیابی شد. بر اساس متریک حساسیت برای داده‌های آزمون روش جنگل تصادفی به بهترین شکل عمل کرد به‌نحوی‌که مقدار حساسیت برای آن برابر ۱۰۰ محاسبه گردید. این در حالی است که مقدار حساسیت برای این روش برابر ۵۲/۴۸٪ اندازه‌گیری شده است. مدل‌های مختلف مورداستفاده بر پایه الگوریتم‌های مختلف بوده و این امر باعث شده که هریک از آن‌ها در نتایج متفاوت از یکدیگر عمل کنند ازاین‌رو در این دسته از مطالعات تمایل به استفاده از مدل‌های اجماع است (۱۸). چراکه با استفاده از این مدل‌ها مقدار کارایی و ضعف‌های موجود در مدل‌ها پوشانیده خواهد شد.

متریک‌های اندازه‌گیری شده (جدول ۲) برای گیاه آنغوزه اما نشان داد که جنگل تصادفی به‌عنوان روش قدرتمند مورداستفاده در پژوهش حاضر مطرح است. به‌نحوی‌که از میان روش‌های مورداستفاده در پژوهش حاضر به نسبت دارای نتایج اعتبارسنجی مناسب‌تری بوده است. مطالعه‌ای که بر روی مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی *Ovis orientalis* با استفاده از روش‌های درخت پایه انجام گرفت. نتایج نشان داد که در مقابل مدل CART روش RF به نسبت باقدرت بیشتری عمل کرده است که مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر است (۱۹). از طرفی مطالعاتی دیگری نیز به قدرت بالای روش جنگل تصادفی اذعان کرده‌اند (۳۲، ۲۹). الگوریتم جنگل تصادفی به دلیل غیر پارامتری بودن در بهره‌گیری از متغیرهای توصیفی مختلف، دارای انعطاف‌پذیری بوده و می‌تواند روابط غیرخطی متغیرهای پاسخ و متغیرها توضیحی و همچنین برهم‌کنش سلسله مراتبی بین آن‌ها را آشکار کند. که به‌عنوان یک ویژگی بسیار مهم تلقی می‌شود.

گیاه آویشن در اشکال زمین شامل آبراهه، زهکش‌های مرتفع،یال‌های مرتفع و قله کوه پراکنش دارد. در مناطق وسیعی از نواحی شمالی، مرکزی و غربی ایران از جمله گیلان، مازندران، اطراف تهران، کردستان، آذربایجان و برخی مناطق دیگر می‌روید (۲۳). این حضور گونه در اشکال مختلف می‌تواند نشان از توانایی گونه برای اشغال آشیان‌های اکولوژیک مختلفی است که این مناطق ایجاد کرده‌اند. حضور گونه در بخش‌های عمیق و آبراهه‌ها می‌تواند به دلیل رطوبتی باشد که این مناطق دارند و در کنار آن حضور گونه در سایر مناطق می‌تواند به دلیل نقشی باشد که آن طبقات از شکل زمین در افزایش گستره انتشار خواهند داشت.

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، در رویشگاه آویشن مقدار شیب، ارتفاع و N خاک تأثیر بسزایی بر روی حضور گونه دارند. دو مولفه اول که بیان‌کننده شرایط توپوگرافی منطقه هستند و نشان می‌دهند که آویشن گونه‌ای است که در ارتفاعات حضور دارد و با تأثیری که ارتفاع می‌تواند بر روی سایر مؤلفه‌ها و تشکیل گرادیان‌های محیطی داشته باشد بسیاری از مؤلفه‌های فیزیکی و زیستی رویشگاه نیز از این عامل تأثیرپذیری دارند. این یافته در راستای مطالعاتی است که اشاره داشته‌اند که ویژگی‌های توپوگرافی مانند ارتفاع، شیب و جهت شیب عامل اصلی الگوی پراکنش پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی هستند (۴۸، ۴۴). در مطالعه‌ای که بر روی مطلوبیت رویشگاه این‌گونه در استان گلستان انجام گرفت نیز نتایج نشان داد که ارتفاع و بافت خاک بر روی توزیع آویشن تأثیر داشته‌اند که در راستای یافته‌های پژوهش حاضر است (۳). در مطالعه دیگر بر روی گونه آویشن کوهی *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. در مراتع طالقان نیز نتایج نشان داد که متغیر ارتفاع، عمق، آهک، pH، EC، جهت شرقی و شمالی بیشترین تأثیر را بر روی رویشگاه داشتند که نشان از اهمیت خاص ارتفاع برای گونه است. در مطالعه مذکور حداکثر ارتفاع حضور گونه ۲۳۵۸ متر و حداقل آن برابر ۷۱۹ متر

اندازه‌گیری شد (۱۰). در مطالعه دیگری که بر روی این‌گونه در طالقان انجام گرفت نیز نتایج ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۲۸۰۰ متر را به‌عنوان رویشگاه مطلوب گونه در نظر گرفته بودند که نشان می‌دهد ارتفاع حضور گونه در عرض‌های جغرافیایی بالا به نسبت محدوده توزیع گونه در مرکز ایران بالاتر است (۳۳). با توجه به اینکه با افزایش ارتفاع، میزان بارندگی افزایش و درجه حرارت کاهش پیدا می‌کند (۳) که شرایط مناسبی را برای آویشن ایجاد کرده است. از طرفی ارتفاع می‌تواند بر روی تشکیل خاک مؤثر باشد (۱۰). همچنین حضور آویشن در ارتفاعات بالا می‌تواند به دلیل مقاومتی باشد که گونه در مقابل سرما دارد (۳۵). این نتایج با توصیف‌هایی که از رویشگاه آویشن در نواحی شمالی کشور به‌عمل‌آمده همخوانی دارد. به‌طور مثال در مطالعه‌ای در بررسی تاکسونومی عددی *Thymus* نتایج نشان داد که رویشگاه گونه در دامنه‌های کوهستانی، در شکاف سنگ‌ها و در ارتفاعات بالای منطقه خزری و ایرانی-تورانی ذکرشده است (۱۴).

بررسی‌ها نشان داد که از میان متغیرهای رویشگاهی مورداستفاده برای مدل‌سازی گونه گیاهی آنغوزه متغیر ارتفاع تأثیر بسزایی بر روی مطلوبیت رویشگاه گونه دارد. اما در کنار این متغیر بر اساس درصد اهمیت متغیرها، میانگین N و همچنین NDVI نیز تأثیرگذار هستند. ارتفاع‌های متوسط کوهپایه‌ها و دامنه‌ها مناسب‌ترین محیط برای رشد و نمو گیاهان مرتعی می‌باشند که با افزایش ارتفاع و افزایش میزان بارش به دلیل شیب زیاد عناصر غذایی خاک شسته می‌شود (۴). همچنین در مطالعه‌ای همبستگی مثبت بین متوسط ارتفاع از سطح دریا و فنل کل مشاهده شد که بیانگر نقش ارتفاع در رشد این گونه است (۲۴). یکی از دلایل مهم وابستگی این‌گونه به ارتفاع می‌تواند نقشی باشد که ارتفاع در شکل‌گیری سایر گرادیان‌های محیطی مانند بارش و رطوبت دارد این عامل بر روی گیاه آنغوزه در شمال شرق ایران نیز جز متغیرهای با تأثیرگذاری بالا محسوب می‌شود (۲۱). که در کنار این عامل سایر عواملی مانند واحد اراضی، دمای فصلی، سازند زمین‌شناسی و شیب نیز مؤثر بودند، لذا بالا بودن غلظت بیشتر عناصر در گیاهان ارتفاع پایین می‌تواند دلیلی مناسب برای شرایط خاک این منطقه برای رشد به نسبت سایر رویشگاه‌ها باشد (۳۶). تأثیر افزایش ارتفاع بر روی افزایش کیفیت گیاه ازنقطه‌نظر عرض برگ، وزن خشک و وزن‌تر در بررسی رویشگاه این‌گونه در خوزستان نیز مشخص‌شده است (۲). یافته های مطالعه مذکور نشان داد با افزایش ارتفاع از سطح دریا صفاتی مانند فسفر، و سدیم در نمونه‌ها کاهش و صفاتی مانند پتاسیم، کربوهیدارات، کلروفیل و پروتئین برگ افزایش داشتند. مطالعه نتایج حاصل از ارتباط رویشگاه آنغوزه با اشکال مختلف زمین نشان داد که این گیاه در اشکال زمین دره‌های عمیق، قله-های مرتفع حضور دارد. ویژگی‌های مرتبط شکل زمین شامل یال‌های مرتفع و یال‌های شیب میانی تشکیل‌شده است و بخش مهمی از محیطی هستند که اکوسیستم‌ها در آن توسعه‌یافته و جریان مواد و انرژی در آن اتفاق می‌افتد (۴۹). اشکال زمین به‌واسطه تفاوت در بسترهای زمین‌شناسی، شکل سطح و پستی‌وبلندی‌های خود بر تغییرات مکانی موجود در فاکتورهای اکولوژیکی مانند در دسترس بودن آب و قرار گرفتن در معرض انرژی تابشی خورشید تأثیر می‌گذارند. علاوه بر این لندفرم‌ها از طریق ایجاد تفاوت در ارتفاع و درجه شیب سطح زمین و برهمکنش با اقلیم، بر فرآیندهای هیدرولوژیکی و تشکیل خاک اثر می‌گذارند. حضور آنغوزه در در اشکال نامبرده زمین همانطور که اشاره شد می‌تواند به دلیل بارش و مولفه مرتبط با آن یعنی رطوبت باشد. در مطالعه‌ی که بر روی تعیین رویشگاه بالقوه این گیاه در منطقه چترود استان کرمان انجام گرفت. یافته ها بیانگر آن بود که بارش دارای تاثیر زیادی در مطلوبیت زیستگاه است(۱۱) به همین دلایل لند فرم‌ها به بهترین شکل، همبستگی بین پوشش گیاهی و الگوهای خاک را در مقیاس مزو و میکرو نشان می‌دهند (۲۶). علیرغم اهمیت Geodiversity در تنوع و انتشار گونه-

ها این مهم به‌ندرت موردبررسی قرارگرفته است (۵۰). این تمایل آنغوزه و آویشن به آبراهه‌های عمیق می‌تواند به دلیل وجود رطوبت و خاک عمیق این مناطق باشد.

منابع

۱. احمدی، ش.، دهقانی بیدگلی، ر. و حیدری سورشجانی، ر. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر قابلیت اقتصادی گیاهان دارویی مرتعی بر توسعه گردشگری (مطالعه موردی: منطقه آبدانان استان ایلام). نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۶ (۳)، ۴۹۶- ۵۰۸.

۲. آبیار، س.، فاخری، ب. و مهدی نژاد، ن. ۱۳۹۵. مطالعه اکومورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی آنغوزه (*Ferula assa-foetida* L.) در رویشگاه‌های جنوب غربی کشور. فصلنامه فیزیولوژی محیطی گیاهی (پژوهش های اکوفیزیولوژِی گیاهی ایران)، ۱۱ (۴۴)، ۵۵- ۶۵.

۳. بهمنش، ب.، طبسی، ع.، فخیره، ا. و خلاصی اهوازی، ل. ۱۳۹۷. مدلسازی پراکنش گیاهان دارویی *Thymus kotschyanus* Boiss و *Achillea millefolium* با روش تحلیل آشیان بوم شناختی و رگرسیون لجستیک. حفاظت از زیست بوم گیاهان، (۱۳) ۶، ۹۱- ۱۲۰.

۴. جلالی زنور، م. ج. ۱۳۹۱. اصول نوین پرورش گوسفند. انتشارات پرتو واقعه، ۳۶۰ صفحه.

۵. حسنی، ج. و نیک باهر، ز. ۱۳۹۲. بررسی نیازهای اکولوژیکی گونه‌های مختلف آویشن (*Thymus* L.) در رویشگاه‌های استان کردستان. فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۱ (۳)، ۲۲- ۳۴.

۶. خسروی، ح. و مهرابی، ع. ا. ۱۳۸۴ بررسی اقتصادی برداشت گونه آنغوزه در منطقه طبس. نشریه منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۴)، ۹۳۳- ۹۴۳.

۷. درویژه، ح.، زاهدی، م.، عباس‌زاده، ب. و رومانی، ا. ۱۳۹۵. اهمیت کشت و تولید گیاهان دارویی در اقتصاد و صنعت کشور با مطالعه موردی گیاه سرخارگل. نخستین همایش ملی گیاهان دارویی و معطر ادویه‌ایی، گنبد کاووس.

۸. دستوری بیلندی، ز. و فرزام، م. ۱۴۰۱. اثر تیمارهای حفظ رطوبت خاک بر استقرار اولیه نهال گیاه آنغوزه *Ferula foetida*. مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۷۵ (۱)، ۱۹- ۳۴.

۹. زارع چاهوکی، م. ع.، محمدی، ج.، آذرنیوند، ح.، مقدم، م. ر.، فرج پور، م. و شفیع‌زاده نصرآبادی، م. ۱۳۸۶. کاربرد روش رگرسیون لجستیک در بررسی رابطه بین حضور گونه‌های گیاهی با عوامل محیطی در مراتع پشتکوه یزد. پژوهش و سازندگی، (۳) ۲۰، ۱۳۶- ۱۴۳.

۱۰. زارع چاهوکی، م. ع. و عباسی، م. ۱۳۹۵. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen) با روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی). دوماهنامه علمی – پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۲ (۴)، ۵۶۱- ۵۷۳.

۱۱. سعادت‌فر، ا.، توسلیان، ا. و حسین جعفری، س. ۱۳۹۷. تعیین رویشگاه بالقوه گیاه دارویی آنغوزه *(Ferula assa foetida)* با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه چترود، کرمان). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۹ (۴)، ۱۳۹- ۱۵۵.

۱۲. صفایی، م. و ترکش اصفهانی، م. ۱۳۹۲. حفاظت از رویشگاه گیاهان دارویی *Ferula ovina* Boiss. با استفاده از روش مدل-سازی رویشگاه پتانسیل (مدل پیشنهادی: تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک). حفاظت از زیست بوم گیاهان، (۱) ۱، ۱۰۵- ۱۲۲.

۱۳. صفری، ف.، کریمی، س. و نورائی صفت، ا. ۱۳۹۶. مکانیابی نیروگاه گازی با استفاده از مدل فازی و بولین در محیط GIS (مطالعه موردی: استان گیلان). فصلنامه انسان و محیط‌زیست، (۵۹)، ۱۵۹- ۱۷۲.

۱۴. طبسی، ا.، ذکایی، م.، جعفری، ا. و واعظی، ج. ۱۳۹۴. تاکسونومی عددی آویشن (*Thymus*) از تیره Lamiaceae در شمال شرق ایران. فصلنامه تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۷ (۲۱)، ۸۲- ۹۲.

۱۵. عباسی، ا. و دانشیار، م. ۱۳۹۹. تأثیر مصرف سطوح مختلف مخلوط گیاهان پونه و آویشن بر رشد، ویژگی‌های لاشه و سیستم ایمنی بلدرچین‌های ژاپنی. نشریه دامپزشکی ایران، ۱۶ (۱)، ۷۱- ۸۱.

۱۶. قوام، م. و عبدالله‌پور، ز. ۱۳۹۵. شناخت گیاه دارویی صبر زرد (*Aloe vera* (L.) Burm.f) و کابرد آن در طب سنتی. طب سنتی اسلام و ایران، (۴) ۷، ۴۹۷- ۴۸۹.

۱۷. کرمی، ا.، ضیائی، ن. و اسماعیلی‌پور، ا. ۱۳۹۶. اثر صمغ آنغوزه بر عملکرد و برخی فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی. نشریه علوم دامی (پژوهش و سازندگی)، (۱۱۶)، ۷۹- ۸۸.

۱۸. کرمی، پ. ۱۴۰۰. شناسایی و تحلیل توزیع نواحی داغ زیستگاهی مهره‌داران شاخص از منظر سیمای سرزمین در استان کرمانشاه. رساله دکتری آمایش محیط زیست. دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر. ۴۲۰ صفحه.

۱۹. کرمی، پ. و شایسته ک. ۱۳۹۹. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*) در استان مرکزی با استفاده از مدل‌های درخت پایه. زیست‌شناسی جانوری تجربی، (۴) ۸، ۱۰۹- ۱۲۱.

۲۰. مختاری، س.، سلطانی‌فرد، ه. و یاوری، ا. ر. ۱۳۸۸. خودسازمان دهی در تالاب بزرگ هورالعظیم/هورالهویزه بر تاکید اکولوژی سیمای سرزمین. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، ۴۱ (۷۰)، ۹۳- ۱۰۵.

۲۱. مومنی دمنه، ج.، اسماعیل‌پور، ی.، غلامی، ح. و فراشی، آ. ۱۴۰۰. پیش‌بینی مناطق مناسب رویش گونه آنغوزه (Ferula assa-foetida. L) درشمال شرق ایران با استفاده از روش آنتروپی بیشینه. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۸ (۳)، ۵۷۸- ۵۹۲.

۲۲. نجفی، م.، وهابی، م. ر. و ترکش اصفهانی، م. ۱۳۹۴. کاربرد مدل-سازی رویشگاه در حفاظت از رویشگاه لاله واژگون (*Fritillaria imperialis* L.). حفاظت از زیست بوم گیاهان، (۷) ۳، ۱۱۳- ۱۲۷.

۲۳. نژاد حبیب‌وش، ف. و دانشگر، م. ۱۳۹۸. تغییرات اسانس سرشاخه‌های آویشن کوهی (Thymus kotschyanus Boiss. & Hohen.) در مراحل مختلف رشد. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۳۲ (۲)، ۴۷۴- ۴۸۶.

۲۴. نصیری بزنجانی، س.، رضوی‌زاده، ر. و علومی، ح. ۱۳۹۶. بررسی محتوای ترکیبات فنیل پروپانوئیدی شیرابه و ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه آنغوزه (Ferula assa-foetida L.) در برخی رویشگاه‌های طبیعی استان کرمان. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۳۰ (۳)، ۶۷۴- ۶۸۷.

۲۵. نیرومند، پ. د. و ریزوندی، م. ۱۳۹۵. بررسی فناوری‌های گیاهان دارویی و چالش‌های موجود آن در ایران، ارائه راهکارها. پنجمین همایش پژوهش‌های نوین در علوم و فناوری، کرمان.

26. Bailey, R. G. 2004. Role of landform in differentiation of ecosystems at the mesoscale (landscape mosaics). USDA Forest Service, Inventory & Monitoring Institute, Washington, DC.

27. Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V. and Böhner, J. 2015. System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1. 4. Geoscientific Model Development, 8 (7), 1991- 2007.

28. Downie, A. L., Vieira, R. P., Hogg, O. T. and Darby, C. 2021. Distribution of vulnerable marine ecosystems at the South Sandwich Islands: results from the Blue Belt Discovery Expedition deep-water camera surveys. Frontiers in Marine Science, 2021 (8), 1- 21.

29. Gallardo, B. and Aldridge, D. C. 2013. Evaluating the combined threat of climate change and biological invasions on endangered species. Journal of Biological Conservation, 160, 225- 233.

30. Gomaa, N. H. and Picó, F. X. 2011. Seed germination, seedling traits, and seed bank of the tree Moringa peregrina (*Moringaceae*) in a hyper-arid environment. American Journal of Botany, 98 (6), 1024- 1030.

31. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote sensing of Environment, 202, 18- 27.

32. Grenouillet, G., Buisson, L., Casajus, N. and Lek, S. 2011. Ensemble modelling of species distribution: the effects of geographical and environmental ranges. Journal of Ecography, 34 (1), 9- 17.

33. Habibi, H., Mazaheri, D., Fakhr-Tabatabaee, M. and Bigdeli, M. 2006. Effect of altitude on essential oil and components in wild thyme (*Thymus kotschyanus Boiss.*) Taleghan region. Pajouhesh & Sazandegi, 73, 2- 10.

34. Hopkins, L. M., Hallman, T. A., Kilbride, J., Robinson, W. D. and Hutchinson, R. A. 2022. A comparison of remotely sensed environmental predictors for avian distributions. Landscape Ecology, 37 (4), 997- 1016.

35. Jamshidi, A. H., Aminzade, M., Azarnivand, H. and Abedi, M. 2006. Effect of altitude on quality and quantity of essential oil of *Thymus kotschyanus.* Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 15 (18), 17- 22.

36. Jewell, P., Kauferle, L. D., Gusewell, S., Berry, N. R., Kreuzer, M. and Edwards, P. J. 2007. Redistribution of phosphorus by cattle on a traditional mountain pastures in the Alps. Agriculture, Ecosystems and Environment, 122, 377- 386.

37. Kaky, E., Nolan, V., Alatawi, A. and Gilbert, F., 2020. A comparison between Ensemble and MaxEnt species distribution modelling approaches for conservation: A case study with Egyptian medicinal plants. Ecological Informatics, 60, p.101150.

38. Landau, V. A., Noon, B. R., Theobald, D. M., Hobbs, N. T. and Nielsen, C. K. 2022. Integrating Presence-only and Occupancy Data to Model Habitat Use for the Northernmost Population of Jaguars. Ecological Applications, 32 (6), 1- 15.

39. Lucas, J. and Harris, R. 2021. Changing climate suitability for dominant eucalyptus species may affect

future fuel loads and flammability in Tasmania. Fire, 4 (1), 1- 17.

40. Mateo, R. G., Croat, T. B., Felicísimo, Á. M. and Munoz, J. 2010. Profile or group discriminative techniques? Generating reliable species distribution models using pseudo-absences and target-group absences from natural history collections. Diversity and Distributions, 16 (1), 84- 94.

41. Mi, C., Huettmann, F. and Guo, Y. 2018. How to assess species distribution model accuracy: using internal-aspatial or external-spatial methods?. Peerj Preprints.1- 41.

42. Mi, C., Huettmann, F., Guo, Y., Han, X. and Wen, L. 2017. Why choose Random Forest to predict rare species distribution with few samples in large undersampled areas? Three Asian crane species models provide supporting evidence. Peerj, 1- 22.

43. Millan, M., Roweb, N. P. and Edelinc, C. 2019. Deciphering the growth form variation of the Mediterranean chamaephyte *Thymus vulgaris* L. using architectural traits and their relations with different habitats. Flora, 251, 1– 10.

44. Mirdavoodi, H. R. and Zahedi Pour, H. 2005. Determination of suitable species diversity model (Semnan rangelands, Iran). Polish Journal of Ecology, 60 (2), 105- 117.

45. Mokarram, M. and Sathyamoorthy, D. 2016. Relationship between landform classification and vegetation (case study: southwest of Fars province, Iran). Open Geosciences, 8 (1), 302- 309.

46. Rahmanian, S., Pourghasemi, H. R., Pouyan, S. and Karami, S. 2021. Habitat potential modelling and mapping of *Teucrium polium* using machine learning techniques. Environmental Monitoring and Assessment, 193 (11), 1- 21.

47. Sartayeva, Kh., Sarsembayeva, M., Zhussipova, G., Zhapparbergenova, E. and Sartbayeva, G. 2018. Investigation of ecological-biological and biochemical features of ferula (*Ferula assafoetida*) in natural populations of Southern Kazakhstan. Journal of Biotechnology, 280 (2018), 32– 91.

48. Shokri, M., Bahmanyar, M. A. and Tatian, M. R. 2003. An ecological investigation of vegetation cover in Estival Rangelands of Hezarjarib (Behshahr). Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Recources), 56 (1-2), 131- 141.

49. Swanson, F. J., Kratz, T. K., Caine, N. and Woodmansee, R. G. 1988. Landform effects on ecosystem patterns and processes. BioScience, 38 (2), 92- 98.

50. Tukiainen, H., Kiuttu, M., Kalliola, R., Alahuhta, J. and Hjort, J. 2019. Landforms contribute to plant biodiversity at alpha, beta and gamma levels. Journal of Biogeography, 46 (8), 1699- 1710.

51. Wang, J., Qian, Q., Zhang, F., Jia, X. and He, J. 2022. The possible future changes in potential suitable habitats of *Tetrastigma hemsleyanum* (*Vitaceae*) in China predicted by an ensemble model. Global Ecology and Conservation, 35 (2022), 1- 13.

مقاله پژوهشی، صفحات ۹۷-۸۲

Analysis of the distribution of potential habitats of *Thymus vulgaris* L. *and Ferula assafoetida* L. medicinal plants in Ardakan city

Adabi Ardakani M.[1], Morovati M.[2,3], Karami P.[4] and Sadeghinia M.[5]

[1] Dept. of Assessment and Land Use Planning, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, I.R. of Iran

[2] Dept. of Environmental Sciences & Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources,Ardakan University, Ardakan, I.R. of Iran

[3] Medicinal and Industrial Plants Research Institute,Ardakan University, Ardakan, I.R. of Iran

[4] Dept. of Environmental Science, University of Malayer, Malayer, I.R. of Iran

[5] Dept. of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, I.R. of Iran

Abstract

The climate variety along with the variety of low and high altitudes caused by the existence of many heights in Iran has led Iran to be known as the birthplace of many medicinal plants. Plant productions as by-products of pastures can play an important role in non-oil exports, especially for hot and dry regions, if used properly. Of course, identifying areas prone to the growth of these plants has always been a challenge, which has been somewhat reduced by using species distribution models. The aim of this study is to identify potential habitats of medicinal plants Ferula assa foetida L. and mountain thyme (Thymus kotschyanus Boiss. & Hohen) using species distribution methods in Ardakan city. For this purpose, during the years 1400 to 1401, field visits were made to the habitats of the city and the observation areas of these species were recorded. Then, using habitat variables extracted from the soil, including average silt, clay, sand, Nitrogen (N) and Soil Organic Carbon (SOC) at a depth of 5 to 15 cm, along with topographical and windy variables and Vegetation (NDVI) were considered as habitat variables. Modeling with the consensus approach based on the criterion (AUC) Area were obtained under the curve from the combination of classification and regression trees, random forest, treeNET and logistic regression. Then, by applying the threshold limit, the optimal habitat of the species was identified. Evaluation of the models was done using the criteria of sensitivity, specificity, correct classification, wrong classification and AUC. The results showed that the height has a more important role in the distribution of the studied species compared to the soil criteria, and nitrogen (N) has a more important role among the variables related to the soil than other variables. Also, the area of *Thymus kotschyanus* habitat was 103,681 hectares and the optimal *Ferula assa foetida* habitat was 66,519 hectares. The findings of the present research can be effective in managing the habitat of the studied plants for economic productivity at the county level.

Keywords: Natural habitat; Species distribution; Topography; Ecological conditions; Ardakan