Archive of SID

مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
ص ۵۹۸-۵۸۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۵
تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۰۶/۲۲

بررسی مطلوبیت رویشگاه و طراحی ارتباط‌های رویشگاهی گیاه مرتعی گل گندم بهبهانی (*Centaurea pabotii*) در جنوب غربی ایران به عنوان مهاجم مزارع گندم

❖ **کامران الماسیه*؛** استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
❖ **امین ذرتی‌پور؛** استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
❖ **کاظم نگارش؛** استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

چکیده

گیاه مرتعی گل گندم بهبهانی (*Centaurea pabotii*) یکی از گونه‌های خانوادهٔ Asteraceae است که اندمیک ایران بوده و به طور عمده در مزارع گندم جنوب غرب کشور پراکنش دارد. مطالعه‌ای با هدف پیش‌بینی مناطق مطلوب رویشگاهی و طراحی ارتباط‌های رویشگاهی این گونه در چهار استان خوزستان، بوشهر، فارس و کهگیلویه و بویراحمد انجام شد. مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه با ۲۵ نقطهٔ حضور گل گندم بهبهانی و هشت متغیر محیط زیستی در بستهٔ Biomod2 در محیط نرم‌افزار R بر اساس شش مدل مطلوبیت رویشگاه انجام شد و نقشهٔ تجمعی حاصل از مدل‌ها در طراحی ارتباط‌های رویشگاهی به روش مدارهای الکتریکی در نرم‌افزار Circuitscape استفاده شد. نتایج مطلوبیت رویشگاه نشان داد که عمدهٔ مناطق مطلوب رویشگاهی گل گندم بهبهانی در استان خوزستان واقع است که متغیرهای ارتفاع، بارندگی سالانه و فاصله از زمین‌های کشاورزی بیشترین تأثیر را در مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه داشته‌اند. طراحی ارتباط‌های رویشگاهی نشان داد که بیشترین تراکم جریان حرکت گل گندم بهبهانی در شمال، شرق و جنوب شرق استان خوزستان واقع است که این جریان حرکت از جنوب شرقی استان خوزستان به سمت استان کهگیلویه و بویراحمد نیز کشیده شده است. اما تراکم جریان حرکت گل گندم بهبهانی در استان‌های بوشهر و فارس بسیار ناچیز بوده و این مناطق منزوی تشخیص داده شدند. در کل، مزارع گندم استان خوزستان بیشتر در خطر هجوم و انتشار گونهٔ گل گندم بهبهانی قرار دارند و اتخاذ تمهیدات خاص از سوی مدیران جهاد کشاورزی استان خوزستان در مواجه با این گونهٔ مهاجم مزارع گندم، ضروری به نظر می‌رسد.

کلید واژگان: بستهٔ Biomod2، تراکم جریان حرکت، جنوب غربی ایران، مدارهای الکتریکی.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۹۹۱۸۸۷۸۶۸۳۳+
Email: almasieh@asnrukh.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

مدل‌های مطلوبیت رویشگاه (HSMs[1]) به صورت گسترده در مدلسازی رویشگاه گونه‌های گیاهی و جانوری کاربرد دارد [۷، ۲]. این مدل‌ها نشان داده‌اند که می‌توانند در پیش‌بینی رویشگاه‌های مطلوب گونه‌های گیاهی و جانوری موفق باشند [۱۶، ۱]. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که مدل‌های مطلوبیت رویشگاه با استفاده از متغیرهای محیط زیستی مانند متغیرهای اقلیمی می‌توانند در مدلسازی توزیع گونه‌های مهاجم گیاهان زراعی مناسب باشند [۱۴، ۸]. نقشه‌های مطلوبیت رویشگاه گیاهی می‌توانند به‌منظور تهیهٔ نقشهٔ ارتباط‌های رویشگاهی[2] مورد استفاده قرار گیرند [۲۵].

ارتباط رویشگاهی به هرگونه جابه‌جایی موجودات زنده در رویشگاه‌های آن‌ها گفته می‌شود [۱۱] و در کل، ارتباط‌های رویشگاهی باعث جریان ژن، گسترش محدودهٔ پراکنش و استقرار جمعیت‌های جدید می‌شود [۲۵، ۱۹]. یک مورد سازگاری گیاهان در مقابل تغییرات اقلیم، افزایش ارتباط‌های رویشگاهی سیمای سرزمین است. این شرایط، فرصت مناسبی را در اختیار گیاهان مهاجم به‌منظور افزایش محدودهٔ انتشار خود قرار می‌دهد [۳۲].

یکی از روش هایی که به طور گسترده در طراحی ارتباط‌های رویشگاهی استفاده می‌شود نظریهٔ مدارهای الکتریکی[3] است که به تازگی به عنوان مدل جریان ژن در سیمای سرزمین به‌کار می‌رود [۲۱]. این نظریه بر اساس گشت تصادفی[4] بوده و از اصول مدارهای الکتریکی استفاده می‌کند. بدین ترتیب، جریان (موجود زنده) در میان گره‌های کانونی[5] (نقاط حضور یا لکه‌های رویشگاهی) با در نظر گرفتن ولتاژ (احتمال حرکت موجود زنده) و مقاومت (نفوذ پذیری رویشگاه) حرکت می یابد [۳۱]. نظریه مدارهای الکتریکی، امکان شناسایی مسیرهای مختلف ارتباط را میان نقاط حضور فراهم می‌آورد و از این لحاظ بر نظریهٔ حداقل هزینه که فقط یک مسیر ارتباط را معرفی می‌کند، برتری دارد [۳۷]. این روش هرچند که به نسبت جدید است اما نشان داده که می‌تواند در مدلسازی جریان ژن در سیمای سرزمین بسیار مفید واقع شود [۲۲].

جنس گل گندم (*Centaurea* L.) متعلق به خانواده آفتابگردان (Asteraceae) است و ۱۰۴ گونه از آن در سرتاسر ایران به صورت خودرو رویش می‌کنند [۳۸،۲۹، ۲۷]. گیاه مرتعی گل گندم بهبهانی (*Centaurea pabotii* Wagenitz) اندمیک ایران بوده و به طور عمده در استان خوزستان پراکنش دارد [۲۸]. گونهٔ گل گندم بهبهانی که در جنوب و جنوب غرب ایران یافت می‌شود به عنوان عنصری زاگرسی شناخته می‌شود که در مزارع گندم و کنار جاده‌ها دیده می‌شود [۲۷]. این گیاه دو ساله بوده و دارای قد تا ۶۰ سانتی‌متر، برگ‌های سخت و منقسم، گل‌آذین کپه، گریبان تخم‌مرغی شکل، فیلاری‌ها چندسری و چرمی، گل‌های زرد رنگ (گلچه‌های کناری نازا و گلچه‌های مرکزی دوجنسی) و میوهٔ فندقه همراه با پاپوس است [۲۸]. با توجه به مجاورت این گیاه با مزارع کشت گندم به نظر می‌رسد که این گیاه می‌تواند به عنوان گونهٔ مهاجم گندم زراعی مطرح باشد [۲].

مطالعهٔ پیشین بر روی گونهٔ گل گندم بهبهانی، افزایش محدودهٔ پراکنش آن را تا سال ۲۰۷۰ میلادی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی پیش‌بینی کرد [۲]. مطالعهٔ حاضر با هدف تعیین مناطق مطلوب رویشگاهی گونهٔ گیاه مرتعی گل گندم بهبهانی با یک رویکرد تجمعی و همچنین، طراحی ارتباط‌های رویشگاهی این گونه برای مشخص نمودن مناطق با تراکم بالای جریان حرکت گل گندم بهبهانی انجام شد. مناطق دارای ارتباط‌های رویشگاهی بالا می‌توانند نواحی انتشار گونهٔ گل گندم بهبهانی محسوب شوند که

[1] Habitat Suitability Models
[2] Habitat connectivity
[3] Electrical circuit theory
[4] Random walk
[5] Focal nodes

www.SID.ir

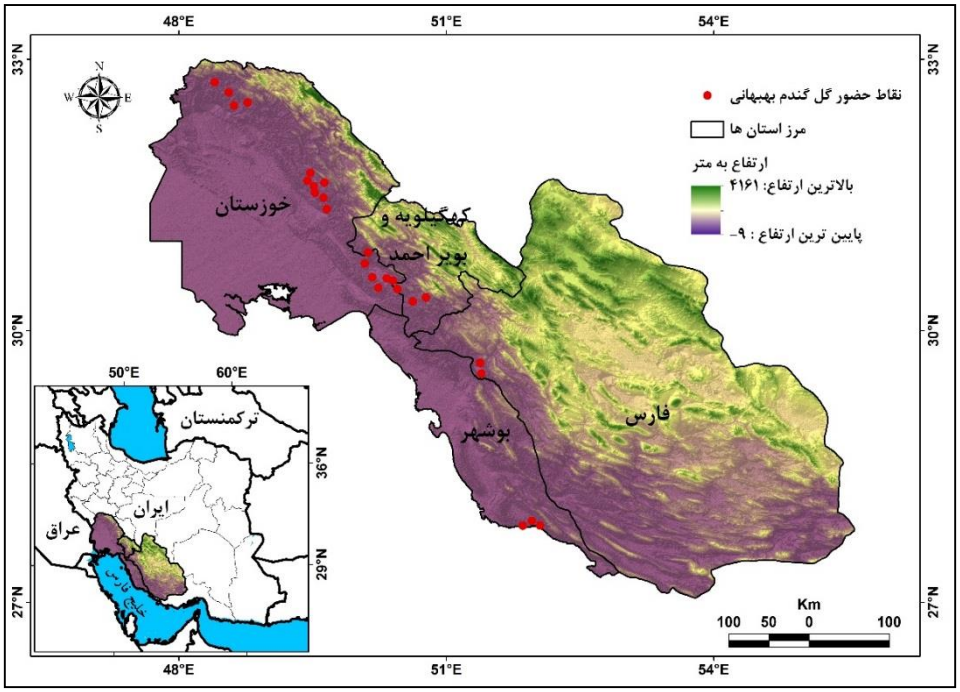
Archive of SID

باید در زمینهٔ مزارع کشت گندم این مناطق، ملاحظه‌های جدی توسط مدیران جهاد کشاورزی اتخاذ گردد.

۲. روش‌شناسی

۱،۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه شامل استان‌های خوزستان، بو شهر، فارس و کهگیلویه و بویراحمد ا ست که م ساحت آن به حدود ۲۲۳۰۰۰ کیلومتر مربع می‌رسد (شکل ۱). در منطقهٔ مورد مطالعه، دو موقعیت پستی و بلندی کاملاً مجزا وجود دارد. یک موقعیت، دشت‌های وسیع در جنوب و شرق استان خوزستان و در جنوب بوشهر است که دارای تابستان های گرم با میانگین دمای حدود ۳۷ درجهٔ سلسیوس و زمستان‌های ملایم با میانگین دمای حدود ۱۷ درجهٔ سلسیوس است (بر اساس میانگین ایستگاه‌های هواشناسی شهرهای آبادان، اهواز، رامهرمز، امیدیه، بندردیلم و بوشهر در سال ۲۰۱۰ میلادی) [۲۰]. موقعیت دیگر، مناطق کوهستانی شمال و شرق خوز ستان، شرق بوشهر و مناطق عمدهٔ دو استان فارس و کهگیلویه و بویراحمد است که دارای تابستان‌های معتدل با میانگین دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس و زمستان‌های سرد با میانگین دمای ۶ درجهٔ سلسیوس است (بر اساس میانگین ای ستگاه‌های هوا شنا سی شهرهای آباده، اقلید، شیراز و یاسوج در سال ۲۰۱۰ میلادی) [۲۰].



شکل ۱. منطقهٔ مورد مطالعه شامل استان‌های خوزستان، بوشهر، فارس و کهگیلویه و بویراحمد به همراه نقاط حضور گونهٔ گل گندم بهبهانی

سه تیپ غالب گیاهی شامل *Hordeum marinum*-*Lolium perenne-Sinapis arvensis*، *Avena barbata*-*Phalaris minor-Eremostachys laevigata-Hordeum marinum* و *Lolium perenne-Plantago exigua* در منطقهٔ مورد مطالعه مشاهده شدند. از گونه‌های گیاهی مرتعی همراه گل گندم بهبهانی در منطقهٔ مورد مطالعه می توان به *Salvia syriaca* L.، *Salvia compressa* Vent.، *Sinapis arvensis* L.، *Lolium perenne* L.، *Hordeum marinum* L.، *Physorrhynchus chamaerapistrum* (Boiss.) Boiss.، *Ixiolirion*

www.SID.ir

Archive of SID

Anchusa italica Retz. ،*tataricum* (Pall.) Herb. *Anagalis* ،*Torilis leptphylla* (L.) Reichenb. *Phalaris* ،*Matricaria recutita* L. ،*arvensis* L. ،*Eremostachys laevigata* Bunge ،*minor* Retz. ،*Galium verum* L. ،*Allium eriophyllum* Boiss. *Onosma bulbotrichum* ،*Plantago exigua* Murray *Arvena barbata* ،*Carduus pycnocephalus* L. ،DC. *Serratula khuzestanica* و L. subsp. *Barbata* (Mozaff.) Mozaff. اشاره کرد.

۲.۲. گردآوری نقاط حضور

عملیات میدانی در منطقهٔ مورد مطالعه در طول ماه‌های اسفند تا اردیبهشت سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ انجام شد. شناسایی گونهٔ گل گندم بهبهانی به وسیله فلور ایرانیکا [۳۸] و بررسی تاکسونومی مجدد این گونه توسط [۲۹و۲۸] صورت گرفت. نقاط حضور توسط دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS[1]) با خطای کمتر از ۱۰ متر ثبت شد. با توجه به اینکه فصل بهار زمان رشد و گلدهی گونهٔ گل گندم بهبهانی است این بازهٔ زمانی برای شناسایی گونه در سه سال متمادی انتخاب گردید. در مجموع ۳۱ نقطهٔ حضور از گونهٔ مورد نظر گردآوری شد (شکل ۱). برای کاهش خودهمبستگی میان نقاط حضور، میان دو نقطه یا چند نقطه حضور که فاصلهٔ آن‌ها کمتر از یک کیلومتر بود یک نقطهٔ حضور باقی ماند. برای این کار از دستور Spatially Rarify Occurrence Data در نرم‌افزار SDMtoolbox استفاده شد [۱۰]. در نهایت، تعداد ۲۵ نقطهٔ حضور برای مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی استفاده شد (شکل ۱).

۳،۲. مدلسازی مطلوبیت رویشگاه

مدلسازی مطلوبیت رویشگاه به منظور تعیین مناطق مطلوب رویشگاهی گیاه گل گندم بهبهانی و به کارگیری نقشهٔ مطلوبیت رویشگاه در طراحی ارتباط‌های رویشگاهی این گیاه انجام گرفت. نقشهٔ رویشگاه‌های مطلوب گل گندم بهبهانی در منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از بستهٔ Biomod2 [۳۶] در محیط نرم‌افزار آماری R تهیه شد [۳۰]. در این پژوهش از سه مدل پایه-رگرسیون (مدل خطی تعمیم یافته (GLM[2])، مدل افزایشی تعمیم یافته (GAM[3]) و رگرسیون چند متغیره تطبیقی (MARS[4])) و سه مدل ماشین یادگیری (بیشینهٔ آنتروپی (MaxEnt[5])، جنگل تصادفی (RF[6]) و مدل افزایشی تعمیم یافته (GBM[7])) برای تعیین مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی استفاده شد و در نهایت، نقشهٔ تجمعی[8] مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی از میانگین وزنی ارزش‌های شش مدل ذکر شده تهیه گردید [۳۶].

متغیرهای محیط زیستی شامل متغیرهای پستی و بلندی[9]، اقلیم و پوشش زمین در مدلسازی مطلوبیت رویشگاه گونهٔ گل گندم بهبهانی استفاده شدند. متغیر مدل رقومی ارتفاع (DEM[10]) با اندازهٔ سلول یک کیلومتر به عنوان یک متغیر مهم پستی و بلندی در مدلسازی مطلوبیت رویشگاه به کار برده شد. از متغیر مدل رقومی ارتفاع برای تهیهٔ متغیر شیب در ابزار Spatial Analyst استفاده شد. تابش خورشیدی[11] بر پراکنش، ترکیب و تولید گیاهان از طریق تاثیر بر فتوسنتز و چرخهٔ آب و

[1] Global Positioning System
[2] Generalized Linear Model
[3] Generalized Additive Model
[4] Multivariate Adaptive Regression Splines
[5] Maximum Entropy
[6] Random Forest
[7] Generalized Boosting Model
[8] Ensemble map
[9] Topography
[10] Digital Elevation Model
[11] Solar radiation

www.SID.ir

Archive of SID

تعرق از سطح گیاهان اثرگذار است [۴]. بنابراین، متغیر تابش خورشیدی بر حسب کیلوژول در مترمربع در روز ($kJ\ m^{-2}\ day^{-1}$) که بر اساس ماه‌های سال تفکیک شده است (میانگین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ میلادی) [۱۳]، به عنوان متغیر دیگر وابسته به پستی و بلندی به کار برده شد. در این مطالعه، تابش خورشیدی ماه‌های اسفند تا اردیبهشت (مارس تا می میلادی) در ابزار Raster Calculator میانگین گرفته شد. علت انتخاب این سه ماه این بود که این قسمت از سال برای رشد و گلدهی گل گندم بهبهانی حائز اهمیت است. با توجه به وابستگی گیاه گل گندم به مزارع گندم، طبقهٔ پوشش زمین‌های کشاورزی که عمدهٔ آن مزارع گندم است از نقشهٔ پوشش سرزمین موجود [۱۵] برداشت شده و نقشهٔ فاصله از زمین‌های کشاورزی با استفاده از ابزار Euclidean Distance تهیه گردید. تمام ابزارهای ذکر شده در محیط ArcGIS نسخه ۱۰/۳ موجود است.

متغیرهای اقلیمی موجود در درگاه www.worldclim.org از میانگین ماهانهٔ دما، حداکثر و حداقل دما و بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی جهانی، منطقه‌ای، ملی و محلی در طول سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ میلادی گردآوری و درونیابی شده‌اند [۱۳، ۱۷]. از میان ۱۹ متغیر اقلیمی موجود در این درگاه، متغیرهای اقلیمی میانگین دمای سالانه (BIO1[1])، بازهٔ دمای سالانه (BIO7[2])، بارندگی سالانه (BIO12[3])، بارندگی مرطوب‌ترین ماه (BIO13[4]) و بارندگی مرطوب‌ترین چهارک (سه ماه) (BIO16[5]) انتخاب گردیدند. این متغیرها به دلیل اینکه بیشترین تأثیر را بر فیزیولوژی گونهٔ گل گندم بهبهانی داشتند، برای مدلسازی مطلوبیت رویشگاه این گونه به کار برده شدند [۹]. در خاتمه، همبستگی میان متغیرهای محیط زیستی موجود بررسی گردید و با توجه به همبستگی بالای متغیر رقومی ارتفاع با میانگین دمای سالانه، متغیر میانگین دمای سالانه حذف گردید. همچنین، به‌منظور بررسی همبستگی چندگانه میان هشت متغیر محیط زیستی باقیمانده، ۵۰۰۰ نقطهٔ تصادفی در منطقهٔ مورد مطالعه ایجاد شد و در نرم‌افزار USDM [۲۶] در محیط نرم‌افزار R، شاخص تورم واریانس[6] بررسی گردید. شاخص تورم واریانس برای متغیرها در بازهٔ ۱/۷۳ تا ۲/۹۳ قرار داشت که با توجه به آستانهٔ عدد سه برای این شاخص به منظور حذف متغیرها [۴۲]، در مجموع، تعداد هشت متغیر مدل رقومی ارتفاع، شیب، تابش خورشیدی، فاصله از زمین‌های کشاورزی، بازهٔ دمای سالانه، بارندگی سالانه، بارندگی مرطوب‌ترین ماه و بارندگی مرطوب‌ترین چهارک برای مدلسازی مطلوبیت رویشگاه گونهٔ گل گندم بهبهانی در منطقهٔ مورد مطالعه استفاده شدند.

با توجه به نیاز مدل‌های ذکر شده به داده‌های زمینه‌ای (شبه‌عدم حضور[7])، تعداد ۵۰۰۰ نقطهٔ شبه عدم حضور در منطقهٔ مورد مطالعه و بیرون از شعاع یک کیلومتری نقاط حضور در نظر گرفته شد. سطح زیر منحنی (AUC[8]) ویژگی عامل دریافت کننده (ROC[9]) و مدل آمارهٔ مهارت واقعی (TSS[10]) برای ارزیابی اعتبار و کیفیت هر یک از مدل‌ها، استفاده شد. به این ترتیب، که مقادیر ۰/۹< برای AUC و مقادیر ۰/۷۵< برای TSS نشان‌دهندهٔ صحت عالی مدل هستند [۳۳، ۱۲]. میزان مشارکت هر یک از متغیرها در هر یک از مدل‌ها و همچنین، منحنی‌های پاسخ نقاط

[1] Annual mean temperature
[2] Temperature annual range
[3] Annual precipitation
[4] Precipitation of wettest month
[5] Precipitation of wettest quarter
[6] Variance Inflation Factor (VIF)
[7] Pseudo-absence points
[8] Area under the Curve
[9] Receiver Operating Characteristic
[10] True Skill Statistic

www.SID.ir

Archive of SID

حضـــور گل گندم بهبهانی به هر یک از متغیرهای محیط زیستی در هر یک از مدل‌ها تعیین شدند. در نهایت، نقشهٔ تجمعی مطلوبیت رویشـــگاه گل گندم بهبهانی از میانگین وزنی شش مدل ذکر شده تعیین شد.

۴،۲. طراحی ارتباط‌های رویشگاهی

طراحی ارتباط های رویشـــگاهی به روش مدار های الکتریکی به منظور نمایش تراکم شدت جریان بالقوه میان نقـاط حضـــور گیـاه گـل گنـدم بهبهـانی در نرم‌افزار Circuitscape نســخهٔ ۴ [۲۴] انجام شـــد. مطابق روش [۴۰]، نقشهٔ تجمعی مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی بر ا ساس روش خطی منفی به نق شهٔ مقاومت تبدیل شد (۱+[نقشهٔ تجمعی مطلوبیت رویشگاه]-۱۰۰۰) و سپس با تابع تبدیل نمایی (ابزار Rescale by Function در Spatial Analyst Tools) به بازهٔ یک تا ۱۰۰ تبدیل شـــد. نقشـــهٔ تهیهٔ شـده به عنوان نقشـهٔ مقاومت جریان حرکت و نقاط حضـور گل گندم بهبهانی به عنوان گره کانونی به نرم‌افزار معرفی شـــدند. در این نرم‌افزار از روش همه برای یکی[1] برای طراحی ارتباط‌های رویـ شگاهی ا ستفاده شد [۳۱]. زیرا هنگامی‌که، هدف به د ست آوردن یک نقشه با تمامی ارتباط‌ها میان گره‌های کانونی اســـت این روش می‌تواند مفید واقع شـــود [۲۳]. دلیل دیگر اســـتفاده از این روش، نیاز زیاد به RAM رایانه در نرم‌افزار Circuitscape اســـت که یک محدودیت برای این نرم‌افزار تلقی می‌گردد [۳۱]. روش به‌کار برده شده به RAM کمتری از رایانه نیاز دارد. همچنین، هشـت سـلول اطراف هر یک از سـلول‌ها، برای هدایت جریان در نظر گرفته شـد [۲۳]. مناطق با مقاومت کمتر، تراکم جریان حرکت بیشـتری از گل گندم بهبهانی را نشان می‌دهند و بالعکس.

۳. نتایج

۱،۳. مدلسازی مطلوبیت رویشگاه

مقدار AUC و TSS برای مدل‌ها به ترتیب ۰/۹< و ۰/۷۵< تعیین شد که نشان‌دهندهٔ صحت عالی برای هر یک از مدل‌ها اسـت (جدول ۱). نتایج میانگین مشـارکت هر یک از متغیرها در شش مدل تعیین مطلوبیت رویشگاه گونه‌ای نشـــان داد که متغیر مدل رقومی ارتفاع دارای بیشترین اهمیت در مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی در منطقهٔ مورد مطالعه اســـت. بعد از آن به ترتیب، متغیرهای بارندگی سالانه، فاصله از زمین‌های کشاورزی و بارندگی مرطوبترین ماه دارای بیشـــترین اهمیت بوده و متغیر شیب دارای کمترین اهمیت بوده است (جدول ۲).

منحنی های پاســـخ حضـــور گل گندم بهبهانی به متغیرهای محیط زیستی نشان داد که گل گندم بهبهانی ارتفاع های زیر ۱۰۰۰ متر، شـــیب های زیر ۱۰ درجه و تابش خورشـیدی ۲۱۵۰۰-۲۱۰۰۰ کیلوژول در متر مربع در روز را ترجیح می‌دهد. با افزایش فاصـــله از زمین‌های کشـــاورزی، احتمال حضـــور گل گندم بهبهانی کاهش می یابد. در نهایت، گل گندم بهبهانی بارندگی ســـالانهٔ ۴۵۰-۳۵۰ میلی‌متر، بارندگی مرطوب‌ترین ماه بیشـــتر از ۶۰ میلی‌متر و بارندگی بیشـــتر از ۲۰۰ میلی‌متر را در مرطوب‌ترین چارک سال ترجیح می‌دهد (شکل ۲).

جدول ۱. مقادیر سطح زیر منحنی (AUC) و مدل آمارهٔ مهارت واقعی (TSS) برای هر یک از مدل‌های استفاده شده در مدلسازی مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی در منطقهٔ مورد مطالعه

	GLM	GAM	MARS	MaxEnt	RF	GBM
AUC	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۴
TSS	۰/۹۸	۰/۷۶	۰/۸۸	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۷۷

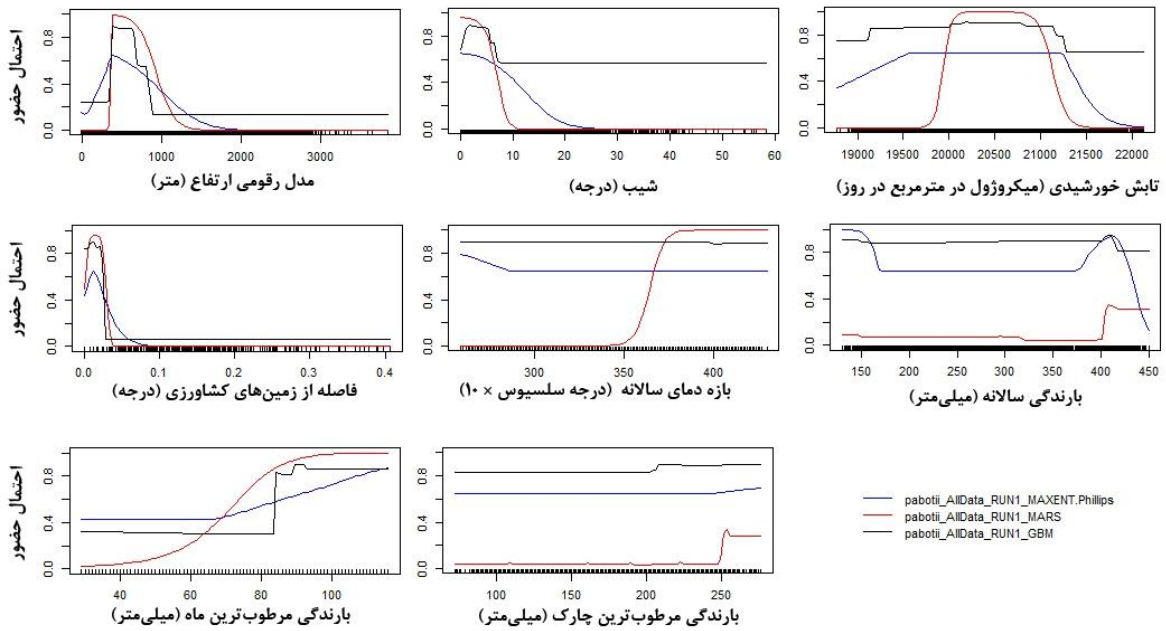
[1] All to one

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار مشارکت نسبی هر یک از متغیرهای محیط زیستی در شش مدل مورد استفاده در مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی در منطقهٔ مورد مطالعه

	مدل رقومی ارتفاع	شیب	تابش خورشیدی	فاصله از زمین‌های کشاورزی	بازه دمای سالانه	بارندگی سالانه	بارندگی مرطوب‌ترین ماه	بارندگی مرطوب‌ترین چارک
میانگین مشارکت نسبی (٪)	۲۱/۸۳	۴/۶۴	۱۱/۵۶	۱۳/۸۵	۹/۰۹	۱۸/۲۷	۱۲/۶	۸/۱۶
انحراف معیار مشارکت نسبی (٪)	۳/۶۴	۱/۹	۲/۲۸	۳/۰۸	۲/۸	۳/۷۳	۲/۸۶	۱/۴۴



شکل ۲. منحنی‌های پاسخ حضور گل گندم بهبهانی به هر یک از متغیرهای محیط زیستی در هر یک از مدل‌های مطلوبیت رویشگاه گونه (به منظور سهولت نمایش، فقط سه مدل MaxEnt با خط آبی نگ، MARS با خط قرمز و GBM با خط سیاه نمایش داده شده است.)

شکل (۳) نقشهٔ مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی در منطقهٔ مورد مطالعه را در هر یک از مدل‌های GLM، GAM، MaxEnt MARS، RF، GBM و نقشهٔ تجمعی حاصل از میانگین وزنی این مدل‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می شود عمدهٔ مناطق مطلوب رویشگاهی گل گندم بهبهانی در شمال، شرق و جنوب شرق استان خوزستان واقع است. در سایر استان‌ها نیز مناطق به نسبت مطلوب رویشگاهی گونهٔ گل گندم بهبهانی در جنوب استان‌های بوشهر و فارس و در غرب و جنوب استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده‌اند (شکل ۳).

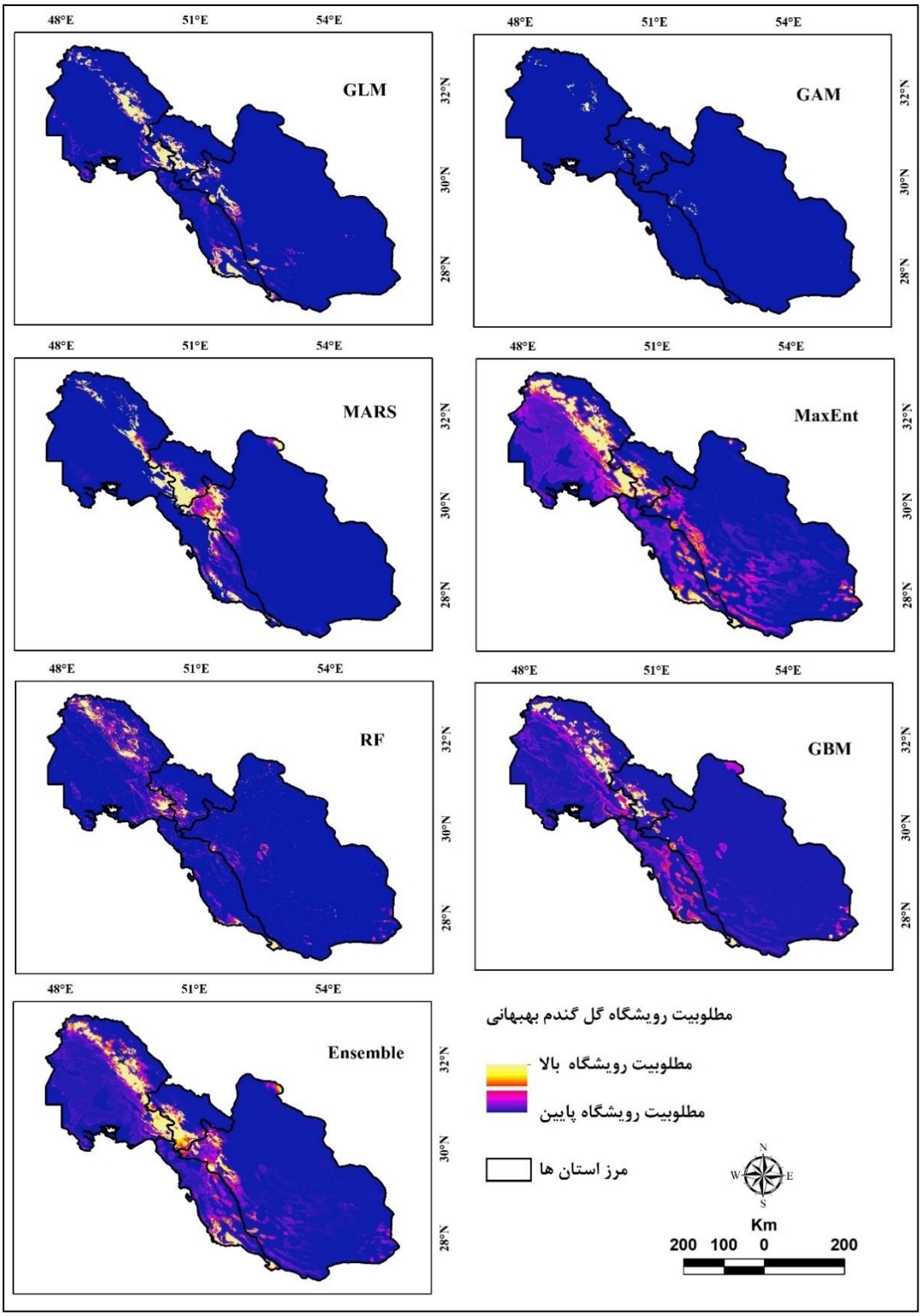
۲،۳. طراحی ارتباط‌های رویشگاهی

طراحی ارتباط‌های رویشگاهی گونهٔ گل گندم بهبهانی به روش مدارهای الکتریکی نشان داد که بیشترین تراکم جریان حرکت در استان خوزستان وجود دارد (شکل ۴). تراکم جریان حرکت گل گندم بهبهانی از شمال استان خوزستان شروع شده و با جریان حرکت به نسبت مطلوبی به شرق این استان می‌رسد. در شرق استان خوزستان تراکم جریان حرکت مطلوبی به سمت جنوب شرق این استان وجود دارد که در ادامه، به سمت استان کهگیلویه و

www.SID.ir

Archive of SID

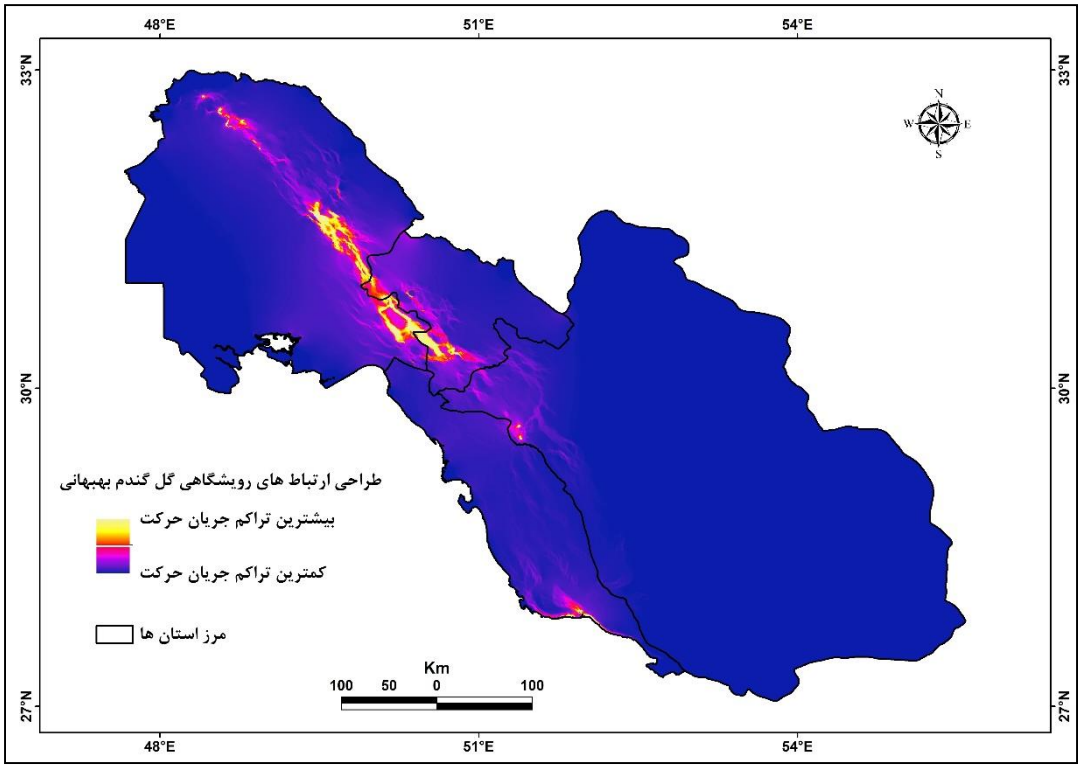
بویر احمد نیز کشیده شده است. تراکم جریان حرکت در استان‌های بوشهر و فارس ضعیف بوده و این مناطق، منزوی تشخیص داده شدند (شکل ۴).



شکل ۳. نقشه‌های مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی در منطقهٔ مورد مطالعه
بر اساس شش مدل مطلوبیت رویشگاه و نقشهٔ تجمعی حاصل از میانگین وزنی ارزش‌های این شش مدل.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. نقشهٔ ارتباط‌های رویشگاهی طراحی شده گونهٔ گل گندم بهبهانی در محدودهٔ پراکنش آن در جنوب غربی ایران بر اساس روش مدارهای الکتریکی

۴. بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف تعیین مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی و طراحی ارتباط‌های رویشگاهی آن در جنوب غرب کشور انجام شد. متغیرهای مدل رقومی ارتفاع، بارندگی سالانه، فاصله از زمین‌های کشاورزی و بارندگی مرطوبترین ماه، بیشترین اهمیت را در مطلوبیت رویشگاه گل گندم بهبهانی در منطقهٔ مورد مطالعه داشتند. طراحی ارتباط‌های رویشگاهی این گونه، بیشترین تراکم جریان حرکت گل گندم بهبهانی را در شرق و جنوب شرق استان خوزستان و غرب و جنوب استان کهگیلویه و بویر احمد نشان داد.

علاوه بر متغیرهای استفاده شده در مدلسازی مطلوبیت زیستگاه گل گندم بهبهانی، متغیر خاک و پارامترهای مربوط به آن نیز در این مطالعه مد نظر بوده اما در سطح منطقهٔ مورد مطالعه، داده‌برداری پارامترهای خاک امکان‌پذیر نبود. همچنین، فایل‌های چنین متغیرهایی در دسترس نبودند و یا در صورت وجود با کاستی‌ها و عدم داده در بعضی مناطق مواجه بودند که عملاً استفاده از آن‌ها را غیرممکن می‌سازد. متغیر شیب با تأثیر بر رطوبت و فرسایش خاک [۱۸] و متغیر تابش خورشیدی با تأثیر بر حرارت خاک و تبخیر از سطح خاک [۱۶] در این مطالعه به کار برده شدند تا کمبود وجود متغیر خاک و پارامترهای آن به حداقل ممکن برسد. در مطالعه‌های پیشین نیز که در سطح وسیع و بدون داده‌برداری پارامترهای خاک انجام شده است صرفاً از متغیرهای اقلیمی و پستی و بلندی در مدلسازی پراکنش رویشگاهی گونه‌های مرتعی استفاده شده است [۳۵، ۴۱، ۳، ۵، ۶].

مدل سازی مطلوبیت رویشگاه نشان داد که بیشترین مناطق با مطلوبیت بالای رویشگاهی گل گندم بهبهانی در

www.SID.ir

Archive of SID

استان خوزستان قرار داشتند که با اطلاعات پیشین آن در مورد پراکنش این گونه مطابقت داشت [۲۸]. مناطق به نسبت مطلوب رویشگاهی این گونه در استان‌های بوشهر، فارس و کهگیلویه و بویراحمد نیز وجود داشتند. مدلسازی مطلوبیت رویشگاه در این استان‌ها، علاوه بر مناطق نقاط حضور، برخی مناطق دیگر را نیز به نسبت مطلوب تشخیص داده است که پیمایش صحرایی به منظور بررسی این مناطق می‌تواند صورت گیرد.

نتایج میزان مشارکت متغیرهای محیط زیستی نشان داد که مدل رقومی ارتفاع بیشترین میزان مشارکت را در مدلسازی مطلوبیت رویشگاه گونه گل گندم بهبهانی داشته است که این امر نشان می‌دهد ارتفاع عاملی محدود کننده برای این گونه محسوب می‌شود. در مطالعه‌های جداگانه نیز [۳] و [۶] ارتفاع را مهمترین عامل در مدلسازی پراکنش رویشگاهی به‌ترتیب گونه‌های *Astragalus cyclophyllon* و *Bromus tomentellus* در استان اصفهان نشان دادند. بر اساس نتایج مطالعهٔ حاضر، مناطق ارتفاعی کمتر از ۱۰۰۰ متر به عنوان مناطق مستعد حضور گونهٔ گل گندم بهبهانی در منحنی‌های پاسخ پیش‌بینی شده‌اند که در مطالعهٔ پیشین نیز این گونه به عنوان یک گونهٔ زاگرسی در محدودهٔ ارتفاعی ۴۵۰-۳۰۰ متر معرفی شده بود [۲۸]. متغیرهای بارندگی سالانه و بارندگی مرطوب‌ترین ماه به‌ترتیب به عنوان متغیرهای مهم دوم و چهارم در مدلسازی مطلوبیت رویشگاه گونهٔ گل گندم بهبهانی شناخته شده‌اند که اهمیت و حیاتی بودن بارندگی را در طول سال و به‌ویژه در مرطوب‌ترین ماه که فصل رشد این گونه محسوب می‌شود نشان می‌دهند. در مطالعهٔ [۳]، بارندگی مرطوب‌ترین ماه به عنوان دومین متغیر مهم در مدلسازی پراکنش رویشگاهی *Astragalus caragana* در مرکز ایران تشخیص داده شد. مطالعه‌های دیگر نیز اهمیت بارندگی را در پراکنش رویشگاهی گونه‌های گیاهی در سطح وسیع نشان داده‌اند [۳۵، ۳۴]. متغیر فاصله از زمین‌های کشاورزی به دلیل مشاهدهٔ گونهٔ گل گندم بهبهانی در مزارع گندم استفاده شد که با مشخص شدن این متغیر به عنوان متغیر سوم با میزان بالای مشارکت، انتخاب این متغیر منطقی و درست به نظر می‌رسد. در مطالعهٔ [۳۹] نیز زمین‌های کشاورزی برای پنج گونهٔ مرتعی مهاجم در سطح جهان، مطلوب تشخیص داده شد. منحنی‌های پاسخ، افزایش احتمال حضور گل گندم بهبهانی در اطراف مزارع کشاورزی در منطقهٔ مورد مطالعه را تأیید کردند.

ارتباط‌های رویشگاهی در یک منطقه می‌تواند به انتشار و پراکنش گونه‌ها کمک نماید. در نتیجه، مناطق با تراکم جریان حرکت بالای افراد یک گونه، مانع لکه‌ای شدن رویشگاه آن گونه و موجب سهولت جریان ژن می‌شود [۲۲]. این موضوع می‌تواند مدیران بخش کشاورزی را در مورد گونه‌های مهاجم مزارع کشاورزی، دچار مشکل نماید [۱]. ارتباط رویشگاهی بالا در استان خوزستان نشان‌دهندهٔ توان بالای این گونه برای انتشار در این استان نسبت به استان‌های مجاور است که عمدهٔ تراکم جریان حرکت این گونه، شرق و جنوب شرق استان خوزستان است. بنابراین، مزارع گندم استان خوزستان بیشتر در خطر هجوم گونهٔ گل گندم بهبهانی قرار دارند و مدیران جهاد کشاورزی این استان باید تمهیدات لازم را مورد مواجه با این گونهٔ مهاجم مزارع گندم اتخاذ نمایند. مناطق با تراکم جریان بالای استان خوزستان با استان کهگیلویه و بویر احمد نیز در ارتباط هستند و با توجه به افزایش محدودهٔ پراکنش این گونه در آینده تحت تأثیر تغییرات اقلیمی [۲]، این گونهٔ مرتعی توانایی انتشار به استان کهگیلویه و بویراحمد را نیز دارد. در نهایت، با توجه به منزوی بودن مناطق حضور گل گندم بهبهانی در استان‌های بوشهر و فارس، احتمال افزایش انتشار آن به دیگر مزارع گندم این دو استان ضعیف به نظر می‌رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

References

[1] Alignier, A., Ricci, B., Biju-Duval, L. and Petit, S. (2013). Identifying the relevant spatial and temporal scales in plant species occurrence models: The case of arable weeds in landscape mosaic of crops. Ecological Complexity,15,17-25.

[2] Almasieh, K., Zoratipour, A., Negaresh, K. and Delfan-Hasanzadeh K. (2018). Habitat quality modelling and effect of climate change on the distribution of *Centaurea pabotii* in Iran. Spanish Journal of Agricultural Research, 16 (3), e0304.

[3] Ardestani, E.G., Tarkesh, M. Bassiri, M. and Vahabi, M.R. (2015). Potential habitat modeling for reintroduction of three native plant species in central Iran. Journal of Arid Land, 7(3), 381–390.

[4] Austin M.P. (2002) Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling, Ecological Modelling, 157, 101–118.

[5] Barik, S.K. and Adhikari, D. (2011). Predicting geographic distribution of an invasive species Chromolaena odorata L. (King) & H.E. Robins. In: Bhatt, J.R., Singh, J.S., Tripathi, R.S., Singh, S.P. and Kohli, R.K. (Eds.), Invasive Alien Plants – An Ecological Appraisal for the Indian Sub-continent. CABI, Oxfordshire, pp. 77–88.

[6] Bazrmanesh, A., Tarkesh, M., Bashari, H. and Poormanafi, S. (2019). Effect of climate change on the Ecological Niches of the climate Of Bromus tomentellus Boiss using Maxent in Isfahan province. Journal of Range and Watershed Management, 71(4): 857-867. (In Persian)

[7] Beier, P., Majka, D. and Jenness, J. (2007). Conceptual steps for designing wildlife corridors. www.corridordesign.org, accessed on 20 June 2013.

[8] Bohan, D.A., Powers, S.J., Champion, G., Haughton, A.J., Hawes, C., Squire, G., Cussans, J. and Mertens, S.K. (2011). Modelling rotations: can crop sequences explain arable weed seedbank abundance. Weed Research, 51, 422–432.

[9] Bradley, B.A. (2014). The biogeography of invasive plants – projecting range shifts with climate change, In: Ziska, L.H. and Dukes, J.S. Invasive species and Global climate change. Wallingford, UK: CABI, 368 pp.

[10] Brown J.L. (2014). SDMtoolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic, and species distribution model analyses. Methods in Ecology and Evolution, 5(7), 694–700.

[11] Crooks, K.R and, Sanjayan, M. (2006). Connectivity conservation. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 730 p.

[12] Eskildsen, A., Roux, P.C., Heikkinen, R.K., Høye, T.T., Kissling, W.D., Pöyry, J., Wisz, M.S. and Luoto, M. (2013). Testing species distribution models across space and time: high latitude butterflies and recent warming. Global Ecology and Biogeography, 22, 1293–1303.

[13] Fick, S.E. and Hijmans, R.J. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology.

[14] Fried, G., Petit, S. and Reboud, X. (2010). A specialist-generalist classification of the arable flora and its response to changes in agricultural practices. BMC Ecology, 10, 1–20.

[15] FRWMO (Forest, Range and Watershed Management Organization of Iran). (2010). Iranian Forests, Range and Watershed Management Organization National Land use/Land cover map.

[16] Guisan, A. and Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135, 147–186.

[17] Hijmans, R.J, Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. and Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, 25, 1965-1978.

[18] Hoersch, B., Braun, G. and Schmidt, U. (2002) Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach. Computers, Environment and Urban Systems, 26, 113–139.

[19] Hu, X.G., Jin, Y., Wang, X.R., Mao, J.F. and Li, Y. (2015). Predicting impacts of future climate change on the distribution of the widespread conifer *Platycladus orientalis*. PLoS ONE 10(7), e0132326.

www.SID.ir

Archive of SID

[20] IRIMO (Islamic Republic of Iran Meteorological Organization). (2010). Climate data-base, Iranian cities, from 1950 to 2010. http:// www.weather.ir/English/, accessed on 20 August 2015.

[21] McRae, B. H. (2006). Isolation by resistance. Evolution, 60, 1551–1561.

[22] McRae, B. H. and Beier, P. (2007). Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 104, 19885–19890.

[23] McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H. and Shah, V. B. (2008). Using Circuit theory to model connectivity in ecology, evoloution and conservation. Ecology, 89 (10), 2712–2724.

[24] McRae, B. H. and Shah, V. B. (2009). Circuitscape user's guide. The University of California, Santa Barbara, www.circuitscape.org, accessed on 20 April 2016.

[25] McRae, B., Shah, V. and Edelman, A. (2016). Circuitscape: modeling landscape connectivity to promote conservation and human health. DOI: 10.13140/RG.2.1.4265.1126.

[26] Naimi, B., Hamm, N.A.S., Groen, T.A., Skidmore, A.K. and Toxopeus, A.G. (2014). Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? Ecography 37(2), 191-203.

[27] Negaresh, K. and Rahiminejad, M.R. (2015a). The identity and revised circumscription of *Centaurea iranshahrii* (Asteraceae, Cardueae–Centaureinae) in Iran. Feddes Repertorium, 126(3–4), 55–66.

[28] Negaresh, K. and Rahiminejad, M.R. (2015b). A taxonomic revision of *Centaurea* sect. *Microlophus* (Asteraceae, Cardueae–Centaureinae) and three new records for the flora of Iran. Nordic Journal of Botany, 33, 335–353.

[29] Negaresh, K. and Rahiminejad, M.R. (2016). *Centaurea rahiminejadii* sp. nov. and a new record in the genus *Centaurea* (Asteraceae, Cardueae–Centaureinae) from Iran. Nordic Journal of Botany, 34, 15–22.

[30] R Development Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

[31] Roever, C.L., van Aarde, R.J. and Leggett, K. (2013). Functional connectivity within conservation networks: Delineating corridors for African elephants. Biological Conservation, 157, 128–135.

[32] Scott, J.K., Murphy, H., Kriticos, D.J., Webber, B.L., Ota, N. and Loechel, B. (2014). Weeds and climate change: supporting weed management adaptation. CSIRO, Australia.

[33] Swets, J.A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science, 240(4857), 1285–1293.

[34] Swaine, M., 1996. Rainfall and soil fertility as factors limiting forest species distributions in Ghana. Journal of Ecology, 84: 419–428.

[35] Tarnian, F., Azarnivand, H., Yazdanparast, R., Zare Chahouki, M.A., Jafari, M. and Kumar, S. (2017). Identifying potential habitats and influencing variables on *Daphne mucronata* Royle distribution. Journal of Rangeland, 11(2): 179–192. (In Persian)

[36] Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R. and Araújo, M.B. (2009). BIOMOD-A platform for ensemble forecasting of species distributions. Ecography, 32, 369–373.

[37] Urban, D.L., Minor, E.S., Treml, E.A. and Schick, R.S. (2009). Graph models of habitat mosaics. Ecology Letters, 12, 260–273.

[38] Wagenitz, G. (1980). *Centaurea* L. In: Rechinger, K.H. (ed) Flora Iranica, 139b, 313-420, Akademische Druck-und, Verlagsanstalt, Graz.

[39] Wang, C.J and Wan, J.Z. (2020). Assessing the habitat suitability of 10 serious weed species in global croplands. Global Ecology and Conservation, 23, e01142.

[40] Wilkinson, J.W. and Starnes, T. (2016). Ten years of Jersey Toadwatch: Analysis & recommendations. ARC Research Report 16/01.

[41] Yang, X.Q., Kushwaha, S.P.S., Saran, S., Xu, J. and Roy. P.S. (2013). Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. Ecological Engineering, 51, 83−87.

[42] Zuur, A.F., Ieno, E.N. and Elphick, C.S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods in Ecology and Evolution, 1, 3–14.

www.SID.ir