

مدل‌سازی پراکنش و ارتباط رویشگاهی گل‌گندم خوئی در شمال غرب ایران

کامران الماسیه^۱، کاظم نگارش^۲ و محمد محمودی^۳^۱ گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران؛ ^۲ گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعیخوزستان، ملاتانی، ایران؛ ^۳ بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

مسئول مکاتبات: کامران الماسیه، almasieh@asnrukh.ac.ir

چکیده. گل‌گندم خوئی از تیره کاسنیان در شمال غرب کشور پراکنش دارد. مطالعه حاضر با هدف مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی و طراحی ارتباط رویشگاهی این گونه در سه استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و اردبیل انجام شد. هفت متغیر محیطی و ۳۶ نقطه حضور گل‌گندم خوئی در مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی بر اساس شش مدل پراکنش رویشگاهی GLM, GAM, MARS, MaxEnt, RF و GBM استفاده شدند. نقشه اجماعی حاصل از مدل‌ها در طراحی ارتباط رویشگاهی به روش مدارهای الکتریکی استفاده شد. نتایج مدل‌سازی رویشگاهی نشان داد که عمده پراکنش رویشگاهی گل‌گندم خوئی در استان آذربایجان غربی و در شرق استان اردبیل واقع است که متغیرهای فاصله از زمین‌های کشاورزی، میانگین دمای سالانه و فاصله از مراتع بیشترین تأثیر را در مدل‌سازی پراکنش رویشگاه این گونه داشته‌اند. طراحی ارتباط رویشگاهی نشان داد که بیشترین تراکم جریان حرکت، میان مناطق حضور این گونه در استان آذربایجان غربی وجود دارد. تراکم جریان مطلوبی بین مناطق حضور شرق و جنوب شرق استان اردبیل برقرار است، اما تراکم جریان حرکت گل‌گندم خوئی بین دو استان آذربایجان غربی و اردبیل به نسبت ضعیف است و این ارتباط رویشگاهی بیشتر از طریق شمال استان آذربایجان شرقی برقرار شده است. ارتباط رویشگاهی بالا در استان آذربایجان غربی نشان‌دهنده توان بسیار این گونه برای انتشار و پتانسیل آن برای افزایش مناطق تحت پوشش خود در این استان است. نتایج این مطالعه می‌تواند در زمینه محدوده پراکنش و نحوه انتشار گونه به کارشناسان منابع طبیعی کشور کمک نماید.

واژه‌های کلیدی. آذربایجان غربی، تراکم جریان حرکت، مدارهای الکتریکی، مدل پراکنش رویشگاهی، نقشه اجماعی

Habitat distribution and connectivity modelling of *Centaurea glastifolia* in Northwest of IranKamran Almasieh¹, Kazem Negaresh² & Mohammad Mahmoodi³¹Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran²Department of Horticulture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran,³Botany Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Correspondent author: Kamran Almasieh, almasieh@asnrukh.ac.ir

Abstract. *Centaurea glastifolia*, a plant species from the Asteraceae family, is distributed in the Northwest of Iran. This study carried out to determine suitable habitats and habitat connectivity of *Centaurea glastifolia* in three Provinces of West Azarbayejan, East Azarbayejan and Ardabil. Seven habitat variables and 36 presence points were selected for habitat modelling using six habitat distribution models of GLM, GAM, MARS, MaxEnt, RF and GBM. The ensemble map resulting from these models was used for habitat connectivity modelling using electrical-circuit method. Results of habitat evaluation revealed that suitable habitats of the species studied were mainly located in West Azarbayejan and east of Ardabil Provinces, for which distance from agricultural lands, mean annual temperature and distance from rangelands had the highest contribution to the model. Habitat connectivity modelling showed that the current density movement was highest in West Azarbayejan. Current density movement between East and Southeast of Ardabil was evaluated to be significant, whereas the current density movement between West Azarbayejan and Ardabil Provinces was relatively low. The high current density movement in West Azarbayejan indicates the species' high dispersal ability in expanding its range across the area. The results of the current study could facilitate understanding of the distribution and dispersal of *Centaurea glastifolia*.

Key words. current density movement, electrical circuit, ensemble map, habitat distribution model, West Azarbayejan

مقدمه

مدل‌های پراکنش رویشگاهی (Habitat Distribution Models, HDMs) به صورت گسترده در پیش‌بینی مناطق پراکنش گونه‌های گیاهی و جانوری کاربرد دارند (Guisan & Zimmermann, 2000; Alignier et al., 2013; Ghaedi et al., 2020). این مدل‌ها به منظور درک عوامل موثر بر پراکنش گونه، همبستگی بین متغیرهای محیطی و نقاط حضور گونه را مورد بررسی قرار می‌دهند (Blach-Overgaard et al., 2010) و در نهایت، پراکنش بالقوه گونه را تعیین می‌کنند (Araújo & Peterson, 2012). برای دستیابی به مدل پراکنش موفق گونه، انتخاب نوع مدل اهمیت خاصی دارد (Araújo & Guisan, 2006).

مدل‌های پراکنش رویشگاهی متنوعی وجود دارند که توسط پژوهشگران مختلف در ایران به کار برده شده‌اند. برای مثال، با استفاده از روش تحلیل فاکتور آشیان بوم‌شناختی (Ecological Niche Factor Analysis, ENFA)، پراکنش رویشگاهی گونه درمنه کوهی (*Artemisia aucheri* Boiss.) در مراتع استان مازندران (Borna et al., 2020) و چند تیپ پوشش در جنوب استان گلستان (Esfanjani et al., 2017) بررسی شده است. همچنین، در مطالعه‌هایی جداگانه، با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، بررسی پراکنش مکانی دو گونه گیاهی (*Bornm.*) *Limonium iranicum* Lincz. و *Parl.* (Gouan) *Aeluropus littoralis* در اراک (Bagheri et al., 2019) و بررسی پراکنش رویشگاهی چند گونه گیاهی در قم (Piri Sahragard et al., 2016) انجام گردیده است. در مطالعه‌های دیگر، با استفاده از جنگل تصادفی (Random Forest, RF)، پراکنش رویشگاهی مراتع کوهستان تفتان در جنوب شرق ایران (Piri Sahragard et al., 2018) و با استفاده از تحلیل شبکه مصنوعی (Artificial Neural Network, ANN)، رویشگاه چند گونه گیاهی در البرز (Zare Chahuoki et al., 2014) و پراکنش گونه *Seidlitzia rosmarinus* Bunge ex Boiss. جنوب شرق استان سمنان (Khalasi Ahvazi & Zare Chahuoki, 2016) بررسی شده‌اند. همچنین، در مطالعه‌هایی جداگانه با استفاده از مدل بیشینه آنتروپی (Maximum Entropy, MaxEnt)، پیش‌بینی رویشگاه گونه گیاهی *Stipa barbata* در حوزه آبخیز طالقان (Zare Chahuoki et al., 2018)، پیش‌بینی رویشگاه گونه دارویی *Rheum ribes* L. در یزد (Zare Chahuoki & Abbasi, 2018) و مدلسازی رویشگاه‌های گونه گیاهی *Daphne mucronata* Royle در ایران (Tarnian et al., 2017) انجام گردیده است. تنوع مدل‌های پراکنش رویشگاهی، انتخاب مدل مناسب را در یک

مطالعه دشوار می‌سازند (Pearson et al., 2006). بنابراین، در علم بوم‌شناسی از اجماع پیش‌بینی‌های چند مدل در مدلسازی مطلوبیت زیستگاه بهره گرفته شده است (Araújo & New, 2007). مدل اجماعی (Ensemble model) یک رویکرد قدرتمند است که با ترکیب مدل‌های مختلف صحت مدل را بالا می‌برد (Araújo & New, 2007; Shahnasari et al., 2019). در این میان، بسته Biomod (Thuiller et al., 2009) در نرم‌افزار R از این رویکرد استفاده کرده است و با محاسبه میانگین وزنی مدل‌های پیش‌بینی، نقشه اجماعی پراکنش رویشگاهی را تهیه می‌کند (Thuiller et al., 2009).

ارتباط رویشگاهی، توان جابه‌جایی گیاهان در رویشگاه‌های آن‌ها است (Crooks & Sanjayan, 2006) که باعث جریان ژن، گسترش محدوده پراکنش و استقرار جمعیت‌های جدید می‌شود (McRae et al., 2008). افزایش ارتباط رویشگاهی باعث افزایش محدوده انتشار گیاه می‌شود که می‌تواند یک راهکار تدافعی در مقابله با تغییرات اقلیم محسوب شود (McRae & Beier, 2007). نظریه مدارهای الکتریکی (Electrical-circuit theory) به‌طور گسترده در طراحی ارتباط رویشگاهی و مدل جریان ژن در سیمای سرزمین استفاده می‌شود (McRae, 2006). این نظریه با تکیه بر اصول مدارهای الکتریکی، جریان (موجود زنده) را در میان گره‌های کانونی (نقاط حضور موجود زنده یا لکه‌های رویشگاهی) با در نظر گرفتن ولتاژ (احتمال حرکت موجود زنده) و مقاومت (نفوذپذیری رویشگاه) پیش‌بینی می‌کند (Roever et al., 2013). نظریه مدارهای الکتریکی با شناسایی مسیرهای مختلف ارتباط میان نقاط حضور نسبت به نظریه حداقل هزینه که فقط یک مسیر ارتباط را معرفی می‌کند، برتری دارد (Urban et al., 2009).

تیره کاسنیان (Asteraceae) بزرگ‌ترین تیره از گیاهان گلدار است که بالغ بر ۱۶۰۰ سرده و بدون در نظر گرفتن گونه‌های آمپمیکتیک حدود ۲۳۰۰۰ گونه دارد (Jeffrey, 2007). گل گندم (*Centaurea L.*) یکی از بزرگ‌ترین سرده‌های این تیره است و برای آن از ۴۰۰ تا ۷۰۰ گونه نام برده شده است (Wagenitz, 1983; Bremer, 1994; Wagenitz & Hellwig, 1996). سرده در ایران شامل تا حدود ۱۱۰ گونه است که در تمامی نقاط کشور به‌ویژه غرب و شمال غرب پراکنش دارد (Wagenitz, 1980; Ghahremaninejad et al., 2012; Negaresh, 2019). تعداد حدود ۵۰ گونه انحصاری ایران هستند. یکی از گونه‌های این سرده، گل گندم خوئی (*Centaurea glastifolia L.*) از بخش *Chartolepis* (Cass.) DC. (شکل ۱). این گونه در قفقاز، شرق ترکیه و در شمال غرب ایران در استان‌های آذربایجان غربی و

Melilotus officinalis (L.) Pall. و *Plantago lanceolata* L. اشاره کرد.

آگاهی در مورد پراکنش رویشگاهی گونه گل گندم خوئی و مناطق مستعد انتشار آن می‌تواند به کارشناسان منابع طبیعی در زمینه بوم‌شناسی این گونه کمک نماید. بنابراین، مطالعه‌ای با هدف پیش‌بینی مناطق رویشگاهی گونه گل گندم خوئی در شمال غرب ایران با استفاده از مدل اجماعی و همچنین طراحی ارتباط رویشگاهی این گونه برای مشخص نمودن مناطق با تراکم بالای جریان حرکت گل گندم خوئی با استفاده از روش مدارهای الکتریکی انجام شد. مناطق دارای ارتباط رویشگاهی بالا می‌توانند نواحی انتشار این گونه محسوب شوند.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

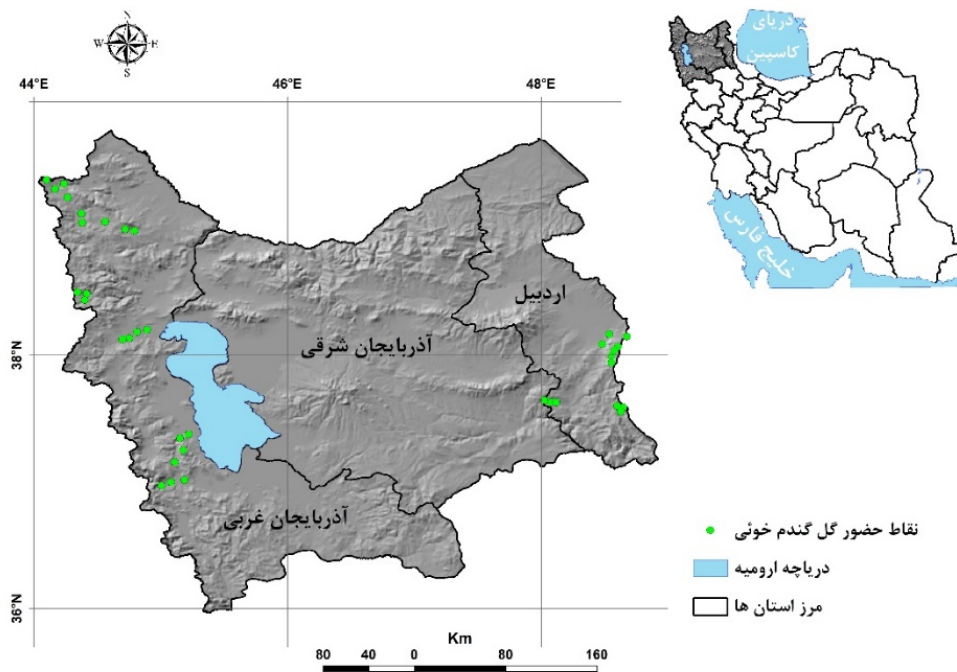
منطقه مورد مطالعه، با مساحت حدود ۱۰۰۹۰۰ کیلومتر مربع شامل استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و اردبیل می‌شود (شکل ۲). این منطقه دارای حداقل ارتفاع ۲۰ و حداکثر ۴۸۰۰ متر از سطح دریا است و میانگین دمای سالانه این مناطق به ترتیب ۱۷ و ۶- درجه سلسیوس است (IRIMO, 2017). بر اساس نقشه پوشش زمین ایران (FRWMO, 2010) و محاسبات انجام شده در محیط نرم‌افزار ArcGIS، به استثنای دریاچه ارومیه، حدود ۵۰ درصد منطقه مورد مطالعه را زمین‌های کشاورزی تشکیل می‌دهد و دومین کاربری زمین منطقه، با ۴۳ درصد، مراتع هستند. جنگل‌ها حدود ۴ درصد و مناطق بایر، نمکزارها و مناطق سکونت انسانی هر کدام حدود یک درصد منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند.

اردبیل پراکنش دارد (Wagenitz, 1980). این گیاه در شرق ترکیه به عنوان یک گیاه دارویی شناخته شده است که دارای مصارف پزشکی است (Öksüz & Topcu, 1994; Altundağ & Gürdal, 2008). با بررسی میدانی به عمل آمده مشخص گردید که این گیاه در میان مردم شمال غرب ایران نیز به عنوان یک گیاه با خاصیت دارویی شناخته شده است. همچنین مطالعات اخیر نشان داده است که عصاره متانولی استخراج شده از بخش‌های هوایی این گیاه دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی قابل توجهی است (Almasi et al., 2015). از ویژگی‌های تشخیصی این گونه می‌توان به داشتن گل‌های زرد، ضمائم غشایی و قهوه‌ای رنگ و نیز فقدان خار و مژه‌ها اشاره کرد (Wagenitz, 1980) (شکل ۱). از گیاهان همراه گونه گل گندم خوئی می‌توان به *Psephellus zuvandicus* Sosn. ex Sosn. *Arctium platylepis* (Boiss. & Bal.) Sosn. *Cerinthe minor*, *Symphytum asperum* Lepech. *Grossh.* *Cirsium congestum* L. *Cirsium arvense* (L.) Scop. *L.* *Cirsium echinus* (M.Beib.) Hand.- var. *congestum* *Carduus*. *Carduus onopordioides* Fisch. ex M.B. Mzt. *Jhamolusus* Ehrh. subsp. *hystrix* (C.A.Mey.) Kazmi *Tanacetum polycephalum* Sch.-Bip. subsp. *Poa bulbosa* L. *argyrophyllum* (C.Koch) Podl. *Stachys byzantina* C.Koch *Bromus tomentollus* Boiss. *Salvia xanthocheila* Boiss. ex *Stachys pubescens* Ten. *Lamium album* L. *Salvia limbata* C.A.Mey. Benth. *Lolium perenne* *Medicago lupulina* L. subsp. *album* *Onopordum leptolepis* DC. *Cichorium intybus* L. *L.*



شکل ۱- گونه گل گندم خوئی در اطراف شهر خلخال در استان اردبیل و رویشگاه طبیعی آن (تصویر از کاظم نگارش).

Figure 1. *Centaurea glastifolia* around Khalkhal city from Ardabil Province and its natural habitat (Photo by Kazem Negaresh).



شکل ۲- منطقه مورد مطالعه (استان های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و اردبیل) به همراه نقاط حضور گونه گل گندم خوئی.
Figure 2. Study area (West Azarbayejan, East Azarbayejan and Ardabil provinces) with the presence points of *Centaurea glastifolia*.

گردآوری نقاط حضور

پیمایش صحرایی در منطقه مورد مطالعه در طول ماه های تابستان سال های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۷ به منظور یافتن نقاط حضور گل گندم خوئی انجام شد. از فلور ایرانیکا (Wagenitz, 1980) و فلور فارسی ایران (Mozaffarian, 2018) جهت اطلاع از محدوده و مناطق پراکنش گونه استفاده شد. علاوه بر مناطق ذکر شده در این دو فلور، در مناطق با احتمال زیاد حضور گونه نیز به صورت تصادفی پیمایش صحرایی انجام شد. نقاط حضور گل گندم خوئی توسط دستگاه موقعیت یاب جهانی (Global Positioning System, GPS) با خطای کمتر از ۱۰ متر ثبت شد. با توجه به اینکه فصل تابستان زمان بلوغ و گلدهی این گونه است، این بازه زمانی برای پیمایش گونه در طی پنج سال متمادی انتخاب گردید. شناسایی گونه گل گندم خوئی بر اساس خصوصیات برگ، گل و میوه بر اساس فلور ایرانیکا صورت گرفت. در مجموع ۴۳ نقطه حضور از گونه مورد نظر گردآوری شد. با توجه به وجود مناطق پست و مرتفع در منطقه مورد مطالعه، نقشه ناهمگونی مکانی (Spatial heterogeneity map) منطقه با ابزار Focal Statistic و از نقشه مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation Model, DEM) منطقه تهیه شد. برای کاهش خودهمبستگی میان نقاط حضور، از دو فاصله ۱ و ۲ کیلومتر به ترتیب برای مناطق مرتفع و پست (با توجه به قدرت بیشتر

انتشار گونه ها در مناطق دشتی نسبت به مناطق کوهستانی) برای حذف نقاط حضور نزدیک به هم استفاده شد. برای این کار از دستور Spatially Rarify Occurrence Data در نرم افزار SDMtoolbox استفاده شد (Brown, 2014). در نهایت، تعداد ۳۶ نقطه حضور در مدل سازی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی استفاده گردید (شکل ۲). با توجه به اینکه، تعداد حداقل ۲۵ نقطه برای گونه های با وسعت رویشگاهی زیاد می تواند کافی باشد (van Proosdij et al., 2016) این تعداد نقطه از گونه گل گندم خوئی می تواند در مدل سازی پراکنش رویشگاهی آن کفاف دهد.

متغیرهای محیطی

انتخاب متغیرهای محیطی نباید صرفاً مربوط به یک قلمرو خاص مانند داده های اقلیمی باشد. مطالعات نشان داده اند که کاربرد همزمان داده های مربوط به پستی و بلندی، اقلیم و پوشش گیاهی در مدل سازی پراکنش رویشگاهی گونه ها می تواند بهترین مدل پراکنش گونه را نمایش دهد (Sirami et al., 2016). بنابراین، این سه نوع متغیر در مدل سازی پراکنش رویشگاهی گونه گل گندم خوئی استفاده شدند (جدول ۱). متغیر مدل رقومی ارتفاع با اندازه سلول یک کیلومتر به عنوان یک متغیر مهم پستی و بلندی در مدل سازی پراکنش رویشگاهی انتخاب شد. همچنین، از این متغیر برای تهیه متغیر میزان شیب

و متغیر سختی (Roughness، انحراف معیار نقشه ارتفاع) در ابزار Spatial Analyst استفاده شد. با توجه به مرتعی بودن این گیاه و نزدیکی به مزارع کشاورزی دو متغیر فاصله از مراتع و فاصله از زمین‌های کشاورزی با اندازه سلول یک کیلومتر از نقشه پوشش زمین ایران با ابزار Euclidean Distance استخراج شدند. نقشه فاصله از رودخانه‌ها نیز به همین ترتیب تهیه گردید. تمام ابزارهای ذکر شده در محیط ArcGIS نسخه ۱۰/۳ موجود است. نقشه MODIS MOD13A1 V6 به‌عنوان شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) با اندازه سلول ۵۰۰ متر از درگاه <http://earthexplorer.usgs.gov> دانلود گردید و به اندازه سلول یک کیلومتر تغییر یافت. نوزده متغیر اقلیمی موجود در درگاه www.worldclim.org (Fick, & Hijmans, 2017) به‌دلیل تأثیر دما و رطوبت بر پراکنش، فیزیولوژی و مورفولوژی گونه‌های گیاهی (Jafari et al., 2014; Almasieh et al., 2018)، برای مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی با اندازه سلول یک کیلومتر دانلود و انتخاب شدند.

برای انتخاب متغیرهای مهم و تأثیرگذار در مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی از دو روش استفاده شد. از بسته MaxentVariableSelection (Jueterbock, 2015) در محیط نرم‌افزار R میزان مشارکت بالاتر از یک درصد، افزایش-دهنده تنظیمی (Regularization Multiplier) بین یک تا پنج با فواصل ۰/۵ و همبستگی پایین‌تر از ۷۰ درصد برای انتخاب متغیرها استفاده شد. در نهایت، بهترین ترکیب متغیرها در مدلی با بیشترین مقدار سطح زیر منحنی (AUC) ویژگی عامل دریافت‌کننده (ROC) و کمترین مقدار معیار اطلاعات آکاییکه (AIC) برای مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی انتخاب شد (جدول ۱). همچنین، متغیرهای انتخاب شده، با شاخص تورم واریانس (VIF) در بسته USD (Naimi et al., 2014) در محیط نرم‌افزار R و آستانه VIF بزرگتر از عدد سه برای حذف متغیرها بررسی شدند (Zuur et al., 2010).

مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی

مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی به‌منظور تعیین مناطق رویشگاهی گل گندم خوئی و به‌کارگیری نقشه پراکنش رویشگاهی در طراحی ارتباط رویشگاهی این گیاه انجام شد. نقشه پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از بسته Biomod2 در محیط نرم‌افزار آماری R نسخه 3.6.0 تهیه شد (R Development Core Team, 2018). در این پژوهش از سه مدل بر پایه رگرسیون (مدل خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Model, GLM)، مدل

افزوده تعمیم یافته (Generalized Additive Model, GAM) و رگرسیون چند متغیره تطبیقی (Multivariate Adaptive Regression Splines, MARS) و از سه مدل مبتنی بر یادگیری ماشین (RF, MaxEnt) و مدل افزایشی تعمیم یافته (Generalized Boosting Model, GBM) برای تعیین پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی استفاده شد. مدل-سازی برای هر مدل در ۱۰ تکرار انجام شد (Alavi et al., 2019). ۷۵ درصد نقاط حضور و زمینه به عنوان داده‌های تعلیمی و ۲۵ درصد مابقی به عنوان داده‌های آزمون در نظر گرفته شدند (Sousa-Silva et al., 2014). با توجه به نیاز مدل‌های ذکر شده به داده‌های زمینه‌ای (فقدان دروغین)، تعداد ۵۰۰۰ نقطه شبه فقدان در منطقه مورد مطالعه و بیرون از شعاع دو کیلومتری نقاط حضور به‌صورت تصادفی در نظر گرفته شد. آماره‌های AUC و TSS (True Skill Statistic) برای ارزیابی اعتبار و کیفیت هر یک از مدل‌ها و مدل اجماعی استفاده شد. به این ترتیب که، مقادیر $>0/9$ برای AUC و مقادیر $>0/75$ برای TSS نشان‌دهنده صحت عالی مدل هستند (Eskildsen et al., 2013). میزان مشارکت هر یک از متغیرها در هر یک از مدل‌ها محاسبه و همچنین منحنی‌های پاسخ نقاط حضور گل گندم خوئی به هر یک از متغیرهای محیطی در هر یک از مدل‌ها تعیین شدند. در نهایت، نقشه اجماعی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی از میانگین وزنی ارزش‌های شش مدل ذکر شده تهیه گردید (Thuiller et al., 2009).

طراحی ارتباط رویشگاهی

طراحی ارتباط رویشگاهی به روش مدارهای الکتریکی به منظور نمایش تراکم شدت جریان بالقوه میان نقاط حضور گیاه گل گندم خوئی در نرم‌افزار Circuitscape نسخه ۴ (McRae & Shah, 2009) انجام شد. نقشه اجماعی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی بر اساس روش نمایی منفی به نقشه مقاومت (نقشه مقاومت = $1 \times$ نقشه پراکنش) (۱۰۰۰) و به بازه یک تا ۱۰۰ تبدیل شد (Wan et al., 2019). نقشه تهیه شده به‌عنوان نقشه مقاومت جریان حرکت و نقاط حضور گل گندم خوئی به‌عنوان گره کانونی به نرم‌افزار معرفی شدند. در این نرم‌افزار از روش همه برای یکی (All to one) برای طراحی ارتباط رویشگاهی استفاده شد. زیرا هنگامی که، هدف به‌دست آوردن یک نقشه با تمامی ارتباط‌ها میان گره‌های کانونی است این روش می‌تواند مفید واقع شود (McRae et al., 2008). همچنین، هشت سلول اطراف هر یک از سلول‌ها، برای هدایت جریان در نظر گرفته شد. مناطق با مقاومت کمتر، تراکم جریان حرکت بیشتری از گل گندم خوئی را نشان می‌دهند و بالعکس.

جدول ۱- متغیرهای محیطی منتخب و نهایی در مدل سازی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی در منطقه مورد مطالعه.

Table 1. Chosen and final environmental variables for habitat distribution modelling of *Centaurea glastifolia* in the study area.

نوع متغیر	نام متغیر منتخب	متغیر نهایی بر اساس بیشترین AIC و کمترین	مقدار VIF
پستی و بلندی	ارتفاع	*	۱/۳۸
	میزان شیب		
	سختی		
پوشش و آب	فاصله از مراتع	*	۱/۱۸
	فاصله از زمین های کشاورزی	*	۱/۳۲
	NDVI	*	۱/۰۵
	فاصله از رودخانه ها	*	۱/۱۱
اقلیمی	میانگین دمای سالانه (BIO1)	*	۱/۳۲
	بازه میانگین روزانه دما (BIO2)		
	ایزوترمالیتی (BIO3)		
	تنوع فصلی دما (BIO4)		
	بالاترین دمای گرم ترین ماه سال (BIO5)		
	پایین ترین دمای سردترین ماه سال (BIO6)		
	بازه سالانه دما (BIO7)		
	میانگین دمای مرطوب ترین چارک (BIO8)		
	میانگین دمای خشک ترین چارک (BIO9)		
	میانگین دمای گرم ترین چارک (BIO10)		
	میانگین دمای سردترین چارک (BIO11)		
	بارندگی سالانه (BIO12)	*	۱/۳۳
	بارندگی مرطوب ترین ماه (BIO13)		
	بارندگی خشک ترین ماه (BIO14)		
	تنوع فصلی بارندگی (BIO15)		
	بارندگی مرطوب ترین چارک (BIO16)		
	بارندگی خشک ترین چارک (BIO17)		
	بارندگی گرم ترین چارک (BIO18)		
	بارندگی سردترین چارک (BIO19)		

جدول ۲- مقادیر AUC و TSS (کمترین، بیشترین، میانگین و انحراف معیار) برای هر یک از مدل های استفاده شده در ۱۰ تکرار و مدل اجماعی در مدل سازی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی در منطقه مورد مطالعه.

Table 2. AUC and TSS values (minimum, maximum, mean and standard deviation) for each model in 10 replication and ensemble model used in habitat distribution of *Centaurea glastifolia* in the study area.

مدل	مقادیر AUC				مقادیر TSS			
	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار
GLM	۰/۹۰۱	۰/۹۶۸	۰/۹۴۱	۰/۰۲۲	۰/۸۰۷	۰/۹۱۵	۰/۸۶۷	۰/۰۴۴
GAM	۰/۸۶	۰/۹۳	۰/۹۰۳	۰/۰۲	۰/۷۳۲	۰/۸	۰/۷۶۵	۰/۰۲۴
MARS	۰/۹۳۹	۰/۹۹۳	۰/۹۶۸	۰/۰۱۷	۰/۸۷	۰/۹۷۵	۰/۹۲۱	۰/۰۳۵
MaxEnt	۰/۹۸۴	۰/۹۳۵	۰/۹۶۴	۰/۰۱۴	۰/۸۶	۰/۹۵	۰/۹۰۲	۰/۰۲۹
RF	۰/۹۷۷	۰/۹۴۹	۰/۹۶۳	۰/۰۰۹	۰/۷۶	۰/۸۵	۰/۸۰۸	۰/۰۳۳
GBM	۰/۹۷۶	۰/۹۰۵	۰/۹۴	۰/۰۲۴	۰/۸۱	۰/۹۰۵	۰/۸۴۶	۰/۰۳۵
مدل اجماعی	-	-	۰/۹۴۵	-	-	-	۰/۸۵۲	-

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار مشارکت نسبی هر یک از متغیرهای محیطی در شش مدل مورد استفاده در پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی در منطقه مورد مطالعه.

Table 3. Relative contributions (mean and standard deviation) for each environmental variable used in habitat distribution of *Centaurea glastifolia* in the study area.

میانگین مشارکت نسبی (%)	انحراف معیار مشارکت نسبی (%)	شیب	فاصله از مراتع	فاصله از زمین‌های کشاورزی	NDVI	فاصله از رودخانه‌ها	میانگین دمای سالانه	شیب
۴/۷۶	۱/۶	۳/۶۳	۴/۰۳	۲/۰۴	۲/۳۱	۱۹/۰۲	۸/۷۲	۱/۹۵

نتایج

مدل سازی پراکنش رویشگاهی

هفت متغیر شیب، فاصله از مراتع، فاصله از زمین‌های کشاورزی، NDVI، فاصله از رودخانه‌ها، میانگین دمای سالانه (BIO1) و بارندگی سالانه (BIO12) در مدلی با بیشترین مقدار AUC و کمترین مقدار AIC انتخاب شدند. مقدار VIF این متغیرها نیز از عدد سه کمتر بود. بنابراین، همه آن‌ها برای مدلسازی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی استفاده شدند (جدول ۱). در مدلسازی پراکنش رویشگاهی، میانگین مقدار AUC و TSS برای شش مدل استفاده شده به ترتیب $0/9 >$ و $0/75 >$ تعیین شد. همچنین، مقدار AUC و TSS برای مدل اجماعی به ترتیب $0/945$ و $0/852$ تعیین شد که نشان‌دهنده صحت عالی برای هر یک از مدل‌ها و مدل اجماعی است (جدول ۲). نتایج میانگین مشارکت هر یک از متغیرها در شش مدل تعیین پراکنش رویشگاه گونه‌ای نشان داد که متغیر فاصله از زمین‌های کشاورزی دارای بیشترین اهمیت در پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی در منطقه مورد مطالعه است. بعد از آن به ترتیب، متغیر میانگین دمای سالانه، فاصله از مراتع و NDVI دارای بیشترین اهمیت بوده و متغیر شیب دارای کمترین اهمیت است (جدول ۳).

منحنی‌های پاسخ حضور گل گندم خوئی به متغیرهای محیطی نشان داد که گل گندم خوئی شیب کمتر از ۱۵ درجه، میانگین دمای سالانه کمتر از ۱۲ درجه سلسیوس و بارندگی سالانه بیشتر از ۳۵۰ میلی‌متر را ترجیح می‌دهد. با افزایش فاصله از مراتع، زمین‌های کشاورزی و رودخانه‌ها، احتمال حضور گل گندم خوئی کاهش می‌یابد. در نهایت، با افزایش میزان تراکم پوشش گیاهی، احتمال حضور گل گندم خوئی افزایش می‌یابد (شکل ۳).

شکل ۴ نقشه اجماعی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی در منطقه مورد مطالعه حاصل از میانگین وزنی مدل‌های

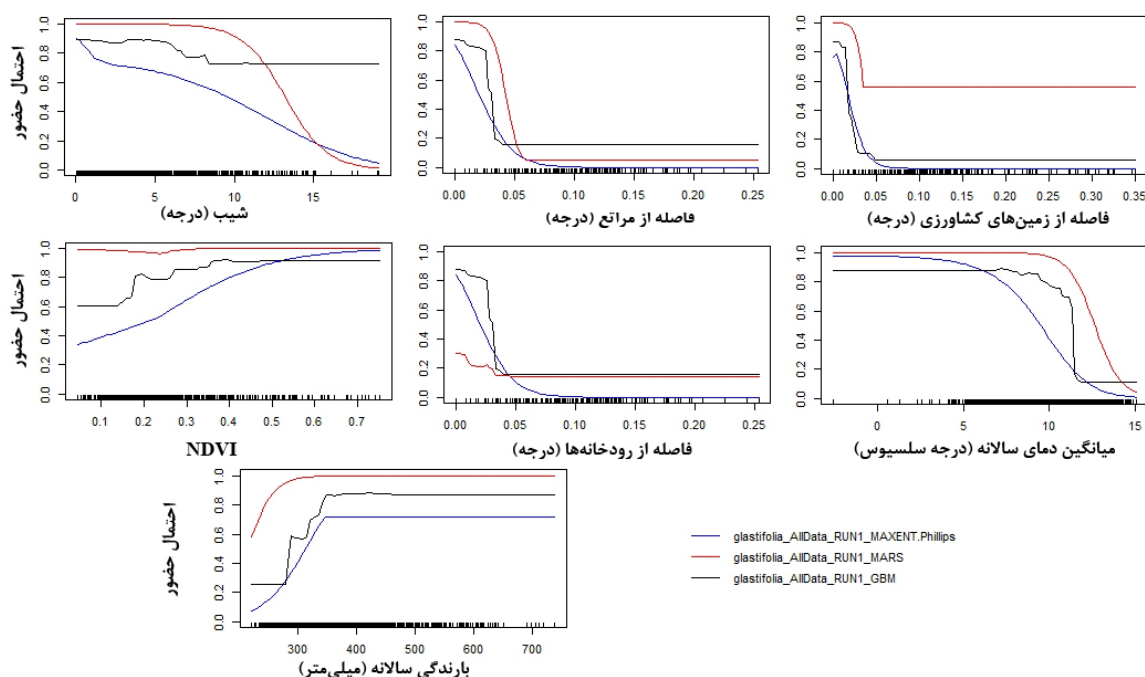
GLM، GAM، MARS، MaxEnt، RF، GBM را نشان می‌دهد. مناطق پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی به صورت عمده در شمال و مرکز استان آذربایجان غربی و شرق و جنوب شرق استان اردبیل واقع است. در مناطق شمالی و مرکزی استان آذربایجان شرقی نیز با وجود نبود نقطه حضور، مناطق مستعد رویشگاهی گونه گل گندم خوئی وجود دارند (شکل ۴).

طراحی ارتباط رویشگاهی

طراحی ارتباط رویشگاهی گونه گل گندم خوئی به روش مدارهای الکتریکی نشان داد که بیشترین تراکم جریان حرکت میان مناطق حضور این گونه در استان آذربایجان غربی وجود دارد (شکل ۵). تراکم جریان مطلوبی بین مناطق حضور شرق و جنوب شرق استان اردبیل برقرار است اما مناطق حضور جنوب غرب استان اردبیل، ارتباط به نسبت ضعیفی با مناطق حضور شرق و جنوب شرق این استان دارند. تراکم جریان حرکت گل گندم خوئی بین دو استان آذربایجان غربی و اردبیل به نسبت ضعیف است و این ارتباط رویشگاهی بیشتر از طریق شمال استان آذربایجان شرقی برقرار شده است (شکل ۵).

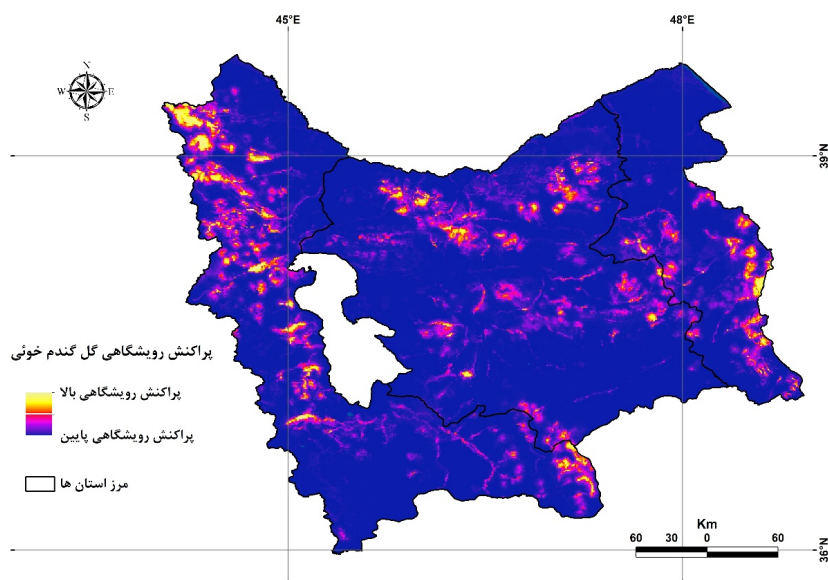
بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف پیش‌بینی مناطق پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی و طراحی ارتباط رویشگاهی آن در شمال غرب کشور انجام شد. متغیرهای فاصله از زمین‌های کشاورزی، میانگین دمای سالانه، فاصله از مراتع و NDVI بیشترین اهمیت را در پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی در منطقه مورد مطالعه داشتند. طراحی ارتباط رویشگاهی این گونه، بیشترین تراکم جریان حرکت گل گندم خوئی را میان مناطق حضور استان آذربایجان غربی نشان داد.



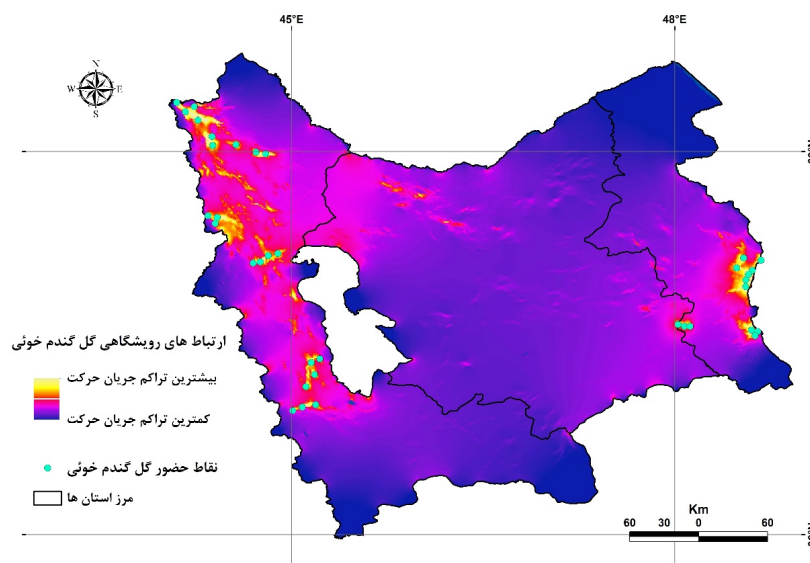
شکل ۳- منحنی‌های پاسخ حضور گل گندم خوئی به هر یک از متغیرهای محیطی در هر یک از مدل‌های پراکنش رویشگاهی گونه (به منظور سهولت نمایش، فقط یک تکرار سه مدل MaxEnt با خط آبی رنگ، MARS با خط قرمز و GBM با خط سیاه نمایش داده شده است).

Figure 3. Response curves of *Centaurea glastifolia* presence to each environmental variable in each habitat distribution model (for better presentation, only one replication of three models; MaxEnt with blue line, MARS with red line and GBM with black line were presented.).



شکل ۴- نقشه اجماعی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی در منطقه مورد مطالعه حاصل از میانگین وزنی شش مدل پراکنش رویشگاهی GAM, GLM, GBM و RF, MaxEnt, MARS.

Figure 4. Ensemble habitat distribution map of *Centaurea glastifolia* in the study area result from mean-weighted of six habitat distribution model values i.e., GLM, GAM, MARS, MaxEnt, RF and GBM.



شکل ۵- نقشه ارتباط رویشگاهی طراحی شده گونه گل گندم خوئی در محدوده پراکنش آن در ایران بر اساس روش مدارهای الکتریکی.

Figure 5. Designed habitat connectivity map of *Centaurea glastifolia* in its distribution area in Iran based on electrical-circuit method.

همچنین، میزان ارتباط رویشگاهی و جریان حرکت بین دو استان آذربایجان غربی و اردبیل، مستلزم در نظر گرفتن استان آذربایجان شرقی بود.

نتایج میزان مشارکت متغیرها در مدل، نزدیکی حضور گل گندم خوئی را به زمین‌های کشاورزی به اثبات می‌رساند. پژوهش‌های دیگر نیز زمین‌های کشاورزی را برای گل گندم بهبهانی در جنوب غرب ایران (Almasieh et al., 2018) و همچنین، زمین‌های کشاورزی را برای پنج گونه گیاهی در سطح جهان (Wang and Wan, 2020) مطلوب تشخیص دادند. گل گندم خوئی، مناطق سردسیر را ترجیح می‌دهد و دماهای بالاتر عاملی محدودکننده برای حضور آن است. در پژوهشی دیگر نیز اهمیت دما در پراکنش گونه *Daphne mucronata* در ایران نشان داده شده است (Tarnian et al., 2017). همچنین، میانگین دمای سالانه، دومین متغیر تاثیرگذار در پراکنش رویشگاهی گونه گیاهی *Bromus tomentellus* در استان اصفهان تشخیص داده شده است (Bazrmanesh et al., 2017). گل گندم خوئی در مراتع حضور دارد و با افزایش تراکم گیاهی، احتمال حضور آن افزایش می‌یابد. تخریب مراتع چالشی جدی در مدیریت منابع طبیعی بوده و جلوگیری از تخریب مراتع حائز اهمیت است (Hamzeh'ee et al., 2020). منابع رودخانه‌ای برای گونه اهمیت دارند هرچند که این گونه، مناطق با بارندگی مطلوب و شیب ملایم را ترجیح می‌دهد. مطالعه‌های پیشین نیز اهمیت بارندگی را در پراکنش رویشگاهی گونه‌های گیاهی نشان داده‌اند (Ardestani et al., 2015; Tarnian et al., 2017; Almasieh et al., 2018).

متغیر خاک و پارامترهای مربوط به آن نیز در این مطالعه، علاوه بر متغیرهای استفاده شده در مدل‌سازی پراکنش زیستگاه گل گندم خوئی مد نظر بوده اما در سطح منطقه مورد مطالعه، فایل‌های چنین متغیرهایی در دسترس نبوده و یا در صورت وجود با کاستی‌ها و نبود داده در بعضی مناطق مواجه بودند که عملاً استفاده از آنها را غیرممکن می‌سازد. در مطالعه‌های پیشین نیز که در سطح وسیع و بدون امکان داده‌برداری پارامترهای خاک انجام شده است صرفاً از متغیرهای اقلیمی و پستی و بلندی در مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی گونه‌های گیاهی استفاده شده است (Yang et al., 2013; Ardestani et al., 2015; Tarnian et al., 2017; Bazrmanesh et al., 2019). مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی نشان داد که مطلوب‌ترین زیستگاه‌ها برای رویش این گونه در استان آذربایجان غربی قرار دارند. مناطق مطلوب رویشگاهی این گونه در شرق و جنوب شرق استان اردبیل نیز وجود دارند. مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی در این استان‌ها، علاوه بر مناطق نقاط حضور، برخی مناطق دیگر مانند جنوب شرقی استان آذربایجان غربی را نیز به نسبت مطلوب تشخیص داده است که پیمایش صحرایی به‌منظور بررسی این مناطق می‌تواند صورت گیرد. در این مطالعه علاوه بر دو استان آذربایجان غربی و اردبیل، استان آذربایجان شرقی نیز با وجود عدم ثبت نقطه حضور به‌عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. چرا که، مناطق پیش‌بینی مطلوب رویشگاهی شمال و مرکز استان آذربایجان شرقی می‌تواند به منظور ثبت مناطق حضور گل گندم خوئی مورد پیمایش صحرایی قرار گیرد.

REFERENCES

- Alavi, S.J., Ahmadi, K., Hosseini, S.M., Tabari, M. & Nouri, Z. 2019. The response of English yew (*Taxus baccata* L.) to climate change in the Caspian Hyrcanian Mixed Forest ecoregion. *Regional Environmental Change* 19: 1495-1506.
- Alignier, A., Ricci, B., Biju-Duval, L. & 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.
- Almasi, N., Karamian, R. & Karimi, F. 2015. Antioxidant and antibacterial activity of the methanolic *Centaurea* L. species (Asteraceae) from Iran extracts of three. *Journal of Plant Research* 28: 224-234. (In Persian).
- Almasieh, K., Zoratipour, A., Negaresh, K. & 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: e0304.
- Altundağ, E. & Gürdal, B. 2008. Anatomical characteristics of *Centaurea glastifolia* L. (Asteraceae) used as folk medicine in east Anatolia. *Journal of Pharmacy of Istanbul University* 40: 57-64.
- Araújo, M.B. & Guisan, A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33: 1677e1688.
- Araújo, M.B. & New, M. 2012. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution* 22: 42-47.
- Araújo, M.B. & Peterson, A.T. 2012. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology* 93: 1527e1539.
- Ardestani, E.G., Tarkesh, M., Bassiri, M. & Vahabi, M.R. 2015. Potential habitat modeling for reintroduction of three native plant species in central Iran. *Journal of Arid Land* 7: 381-390.
- Bagheri, H., Ghorbani, A., Zare Chahouki, M.A., Jafari, A. & Sefidi, K. 2019. Spatial distribution modelling of two species of *Limonium iranicum* and *Aeluropus littoralis* using regression logistic (case study: Kavir Mighan rangelands in Arak). *Journal of Rangeland* 13: 560-569. (In Persian).
- Bazrmanesh, A., Tarkesh, M., Bashari, H. & 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: 857-867. (In Persian).
- Blach-Overgaard, A., Svenning, J.C., Dransfield, J., Greve M. & Balslev, H. 2010. Determinants of palm species distributions across Africa: the relative roles of climate, non-climatic environmental factors, and spatial constraints. *Ecography (Cop.)* 33: 380e391.
- Borna, F., Tamartash, R., Tatian M.R. & Gholami V. 2020. Predicting distribution habitat of *Artemisia aucheri* using Ecological Niche Factor Analysis (Case study: Summer Rangeland of Baladeh, Nour). *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research* 27: 98-111. (In Persian).
- Bremer, K. 1994. Asteraceae: Cladistics and Classification. Timber Press, Portland. 752 pp.
- ارتباط 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 می‌شوند (McRae & Beier, 2007). نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین تراکم جریان حرکت گل گندم خونی در استان آذربایجان غربی قرار دارد. این گیاه، پتانسیل خوبی برای انتشار در این استان دارد و همه مناطق حضور آن، ارتباط بالقوه مطلوبی با همدیگر دارند. در استان اردبیل این انتشار بیشتر در شرق استان قرار دارد و منطقه حضور غربی این استان در مطالعه حاضر، منزوی تشخیص داده شد. همچنین، به نظر می‌رسد که ارتباط این دو استان از طریق استان آذربایجان شرقی بسیار ضعیف باشد و اگر این ارتباط برقرار شود به‌طور عمده از شمال استان آذربایجان شرقی خواهد بود. نتایج این مطالعه به‌عنوان اولین مطالعه رویشگاهی بر روی گونه گل گندم خونی می‌تواند در زمینه‌های آشنایی با مشخصات زیستگاهی، محدوده پراکنش، نحوه انتشار، جریان ژن، پویایی جمعیت و دوام گونه کمک نماید.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت تأمین هزینه‌های پژوهش حاضر، تقدیر و تشکر می‌نمایند.

- 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: 694-700.
- Crooks, K.R. & Sanjayan, M.** 2006. Connectivity conservation. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 730p.
- Esfanjani, J., Zare Chahouki, M.A., Rouhani, H., Mohammad Esmali, M. & Behmanesh, B.** 2017. Suitability habitat modeling species using Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) in rangelands Chaharbagh of Golestan province, Iran. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research* 23: 516-526. (In Persian).
- Eskildsen, A., Roux, P.C., Heikkinen, R.K., Høye, T.T., Kissling, W.D., Pöyry, J., Wisz, M.S. & Luoto, M.** 2013. Testing species distribution models across space and time: high latitude butterflies and recent warming. *Global Ecology and Biogeography* 22: 1293-1303.
- Fick, S.E. & Hijmans, R.J.** 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302-4315. www.worldclim.org [accessed on 20 May 2019].
- FRWMO (Forest, Range and Watershed Management Organization of Iran).** 2010. Iranian Forests, Range and Watershed Management Organization National Land use/Land cover map.
- Ghaedi, Z., Saberi-Pirooz, R., Ebrahimi, E., Badri, S. & Ahmadzadeh, F.** 2020. Genetic diversity within the Iranian spiny-tailed lizard and predicting species distribution in climate change conditions. *Nova Biologica Reperta* 7: 192-205. (In Persian).
- Ghahremaninejad, F., Fereidounfar, S. & Mozaffarian, V.** 2012. *Centaurea kabirkuhensis*, a new name for *Centaurea procera* Mozaff. (Asteraceae). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie B* 114: 133-134.
- Guisan, A. & Zimmermann, N.E.** 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Hamzeh'ee, B., Koshnevis M., Ashouri, P., Mozaffarian, V. & Ravanbakhsh, H.** 2020. The effect of fire on vegetation diversity indices, a case study: Sirachal research station. *Nova Biologica Reperta* 7: 92-105. (In Persian).
- IRIMO (Islamic Republic of Iran Meteorological Organization).** 2017. Climate data-base, Iranian cities, from 1993 to 2017.
- Jafari, S.M., Zarre, S., Alavipanah, S.K. & Ghahremaninejad, F.** 2014. Exploring the generality of associations between plant functional traits: evidence within ecological groups along an altitudinal gradient in Hyrcanian forest. *Plant Species Biology* 29: e31-e39.
- Jeffrey, C.** 2007. Compositae, Introduction with key to tribes. In: Kadereit, J.W. & Jeffrey, C. (eds.), *The families and genera of vascular plants*, Springer, Heidelberg, Germany, pp. 61-87.
- Jueterbock, A.** 2015. 'Maxent Variable Selection' vignette. 10p.
- Khalasai Ahvazi, L. & Zare Chahouki, M.A.** 2016. Preparing the distribution of *Seidlitzia rosmarinus* in Semnan East rangeland using ANN model. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research* 23: 275-287. (In Persian).
- McRae, B.H.** 2006. Isolation by resistance. *Evolution* 60: 1551-1561.
- McRae, B.H. & Beier, P.** 2007. Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 104: 19885-19890.
- McRae, B.H., Dickson, B.G. Keitt, T.H. & Shah, V.B.** 2008. Using Circuit theory to model connectivity in ecology, evolution and conservation. *Ecology* 89: 2712-2724.
- McRae, B.H. & Shah, V.B.** 2009. Circuitscape user's guide. The University of California, Santa Barbara, www.circuitscape.org [accessed on 20 April 2016]
- Mozaffarian, V.** 2018. *Centaurea* L. In: Assadi, M., Maassoumi, A.A. & Safavi, S.R. (eds.), *Flora of Iran* 144: 262-391. Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran. (In Persian).
- Naimi, B., Hamm, N.A.S., Groen, T.A., Skidmore, A.K. & Toxopeus, A.G.** 2014. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? *Ecography* 37: 191-203.
- Negararesh, K.** 2019. *Centaurea khosraviana* (Asteraceae, Cardueae), a new species from NW Iran. *Annales Botanici Fennici* 56: 115-122.
- Öksüz, S. & Topcu, G.** 1994. Guaianolides from *Centaurea glastifolia*. *Phytochemistry* 37: 487-490.
- Pearson, R.G., Thuiller, W., Araújo, M.B., Martinez-Meyer, E., Brotons, L., McClean, C., Miles, L., Segurado, P., Dawson, T.P. & Lees, D.C.** 2006. Model-based uncertainty in species range prediction. *Journal of Biogeography* 33: 1704-1711.
- Piri Sahragard, H., Zare Chahuoki, M.A. & Azarnivand, H.** 2016. Developing predictive distribution map of plant species habitats using logistic regression (Case study: Khalajestan rangelands of Qum province). *Journal of Rangeland*, 9: 222-233. (In Persian).
- Piri Sahragard, H., Ajorlo, M. & Karami, P.** 2018. Modeling habitat suitability of range plant species using random forest method in arid mountainous rangelands. *Journal of Mountain Science* 15: 2159-2171.
- R Development Core Team.** 2018. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, <https://www.R-project.org> [accessed on 10 May 2019].
- Roever, C.L., van Aarde, R.J. & Leggett, K.** 2013. Functional connectivity within conservation networks: Delineating corridors for African elephants. *Biological Conservation* 157: 128-135.
- Shahnasari G., Hemami, M-R., Khosravi, R., Malakoutikhah, S., Omid, M. & Cushman, S.A.** 2019. Contrasting use of habitat, landscape elements, and corridors by grey wolf and golden jackal in central Iran. *Landscape Ecology* 34:1263-1277.
- Sirami, C., Caplat, P., Popy, S., Clamens, A., Arlettaz,**

- R., Jiguet, F., Brotons, L. & Martin, J.-L. 2016. Impacts of global change on species distributions: obstacles and solutions to integrate climate and land use. *Global Ecology and Biogeography* 26: 385-394.
- Sousa-Silva, R., Alves, P., Honrado, J. & Lomba, A. 2014. Improving the assessment and reporting on rare and endangered species through species distribution models. *Global Ecology and Conservation* 2: 226-237.
- Tarnian, F., Azarnivand, H., Yazdanparast, R., Zare Chahouki, M.A., Jafari, M., & Kumar, S. 2017. Identifying potential habitats and influencing variables on *Daphne mucronata* Royle distribution. *Journal of Rangeland* 11: 179-192. (In Persian).
- Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R. & Araújo, M.B. 2009. BIOMOD-A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography* 32: 369-373.
- Thuiller, W., Georges, D., Engler, R. & Breiner, F. 2016. Biomod2: ensemble platform for species distribution modeling. R package version 3.4.6. <http://CRAN.R-project.org/package=biomod2> [accessed on 10 March 2020].
- Urban, D.L., Minor, E.S., Treml, E.A. & Schick, R.S. 2009. Graph models of habitat mosaics. *Ecology Letters* 12: 260-273.
- van Proosdij, A.S.J., Sosef, M.S.M., Wieringa, J.J. & Raes, N. 2016. Minimum required number of specimen records to develop accurate species distribution models. *Ecography* 39: 542-552.
- Wagenitz, G. 1980. *Centaurea* L. In: Rechinger, K.H. (ed.), *Flora Iranica*, 139b: 313-420, Akademische Druck-und, Verlagsanstalt, Graz.
- Wagenitz, G. 1983. *Centaurea* and Index Kewensis. *Taxon* 32: 107-109.
- Wagenitz, G. & Hellwig, F.H. 1996. Evolution of characters and phylogeny of the Centaureinae. In: Hind, D.J.N. & Beentje H.G. (eds.), *Compositae: Systematics Proceedings of the International Compositae Conference*, Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 491-510.
- Wan, H.Y., Cushman, S.A. & Ganey, J.L. 2019. Improving habitat and connectivity model predictions with multi-scale resource selection functions from two geographic areas. *Landscape Ecology* 34: 503-519.
- Wang, C.J. & Wan, J.Z. 2020. Assessing the habitat suitability of 10 serious weed species in global croplands. *Global Ecology and Conservation* 23: e01142.
- Yang, X.Q., Kushwaha, S.P.S., Saran, S., Xu, J. & 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.
- Zare Chahouki, M.A., Abbasi, M. & Azarnivand, H. 2014. Evaluating the ability of artificial neural network model in predicting the spatial distribution of plant species (case study: rangeland of Taleghan miany). *Journal of Rangeland*, 8: 106-114. (In Persian).
- Zare Chahouki, M.A., Abbasi M. & Azarnivand, H. 2018. Prediction of potential habitat for *stipa barbata* species using maximum entropy model (case Study: Taleghan Miany Rangelands). *Journal of Rangeland* 12: 35-46. (In Persian).
- Zare Chahouki, M.A. & Abbasi, A. 2018. Habitat prediction model medicinal species of *Rheum ribes* L. with Maximum Entropy model in Chahtorsh rangeland of the Yazd province. *Journal of Range and Watershed Management* 71: 379-391. (In Persian).
- Zuur, A.F., Ieno, E.N. & Elphick, C.S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution* 1: 3-14.

How to cite this article:

Almasieh, K., Negaresh, K., & Mahmoodi, M. 2021. Habitat distribution and connectivity modelling of *Centaurea glastifolia* in northwest of Iran. *Nova Biologica Reperta* 8: 142-153. (In Persian).

الماسیه، ک.، نگارش، ک. و محمودی، م. ۱۴۰۰. مدل‌سازی پراکنش و ارتباط رویشگاهی گل گندم خونی در شمال غرب ایران. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۸: ۱۴۲-۱۵۳.