Research Article

Nova Biologica Reperta 8(2): 142-153 (2021)

Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115

https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI: 10.29252/nbr.8.2.142

مقاله پژوهشی

یافته‌های نوین در علوم زیستی

جلد ۸، شماره ۲، صفحات ۱۴۲ الی ۱۵۳ (۱۴۰۰)

انتشارات دانشگاه خوارزمی

مدل‌سازی پراکنش و ارتباط رویشگاهی گل‌گندم خوئی در شمال‌غرب ایران

کامران الماسیه[۱]، کاظم نگارش[۲] و محمد محمودی[۳]

[۱] گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران؛ [۲] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، 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. گل گندم خوئی از تیره کاسنیان در شمال‌غرب کشور پراکنش دارد. مطالعه حاضر با هدف مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی و طراحی ارتباط رویشگاهی این گونه در سه استان آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی و اردبیل انجام شد. هفت متغیر محیطی و ۳۶ نقطه حضور گل گندم 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 گل گندم 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 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. ارتباط رویشگاهی بالا در استان آذربایجان‌غربی 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. آذربایجان‌غربی، تراکم جریان حرکت، مدارهای الکتریکی، مدل پراکنش رویشگاهی، نقشه اجماعی

Habitat distribution and connectivity modelling *of Centaurea glastifolia* in Northwest of Iran

Kamran Almasieh[1], Kazem Negaresh[2] & Mohammad Mahmoodi[3]

[1]Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran [2]Department of Horticulture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, [3]Botany 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

Received 16.07.2020/ Revised 26.08.2020/ Accepted 13.10.2020/ Published 01.07.2021

دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۶/ اصلاح: ۱۳۹۹/۰۶/۰۵/ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۲/ انتشار: ۱۴۰۰/۰۴/۱۰

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]

[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]

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 به‌منظور 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 (*Limonium iranicum* (Bornm.) Lincz. و *Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.) 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 جنوب‌شرق 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. در جنوب‌شرق 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* Desf. 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; Shahnaseri 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 آپومیکتیک 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). این سرده در ایران شامل تا حدود ۱۱۰ گونه است که در تمامی نقاط کشور به‌ویژه غرب و شمال‌غرب پراکنش دارد (Wagenitz, 1980; Ghahremaninejad et al., 2012; Negaresh, 2019). از این تعداد حدود ۵۰ گونه انحصاری ایران هستند. یکی از گونه‌های این سرده، گل گندم خوئی (*Centaurea glastifolia* L.) از بخش *Chartolepis* (Cass.) DC. است (شکل ۱). این گونه در قفقاز، شرق ترکیه و در شمال‌غرب ایران در استان‌های آذربایجان‌غربی و

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]

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 شمال‌غرب 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.، *Arctium platylepis* (Boiss. & Bal.) Sosn. ex Grossh.، *Cerinthe minor* L.، *Symphytum asperum* Lepech.، *Cirsium arvense* (L.) Scop. var. *congestum* (M.Beib.) Hand.-Mazz.، *Cirsium echinus* L.، *Carduus onopordioides* Fisch. ex M.B. Mzt. *Carduus hamolusus* Ehrh. subsp. *hystrix* (C.A.Mey.) Kazmi، *Tanacetum polycephalum* Sch.-Bip. subsp. *argyrophyllum* (C.Koch) Podl.، *Poa bulbosa* L.، *Bromus tomentollus* Boiss.، *Stachys byzantina* C.Koch، *Stachys pubescens* Ten.، *Salvia xanthocheila* Boiss. ex Benth.، *Salvia limbata* C.A.Mey.، *Lamium album* L. subsp. *album*، *Medicago lupulina* L.، *Lolium perenne* L.، *Cichorium intybus* L.، *Onopordum leptolepis* DC.، *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 گیاه گل گندم خوئی در شمال‌غرب 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.

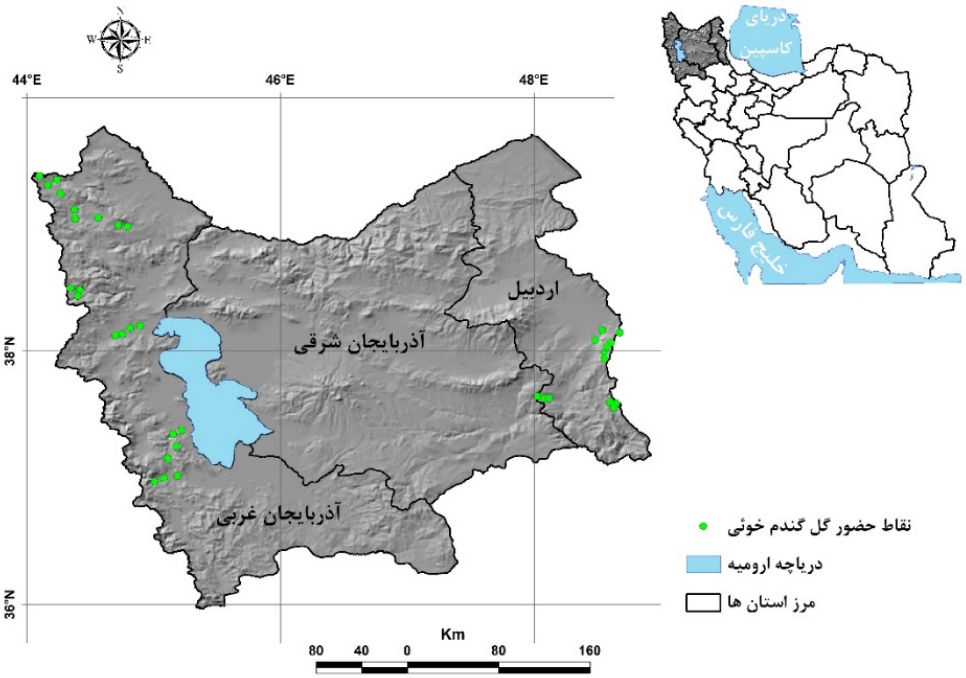
مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، با مساحت حدود ۱۰۰۹۰۰ کیلومتر مربع شامل استان‌های آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی 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.

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 (استان‌های 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 ماه‌های تابستان سال‌های 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. علاوه‌بر 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 موقعیت‌یاب 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 گونه‌ها 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 نرم‌افزار SDMtoolbox استفاده شد (Brown, 2014). در نهایت، تعداد ۳۶ نقطه حضور در مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی استفاده گردید (شکل ۲). با توجه به اینکه، تعداد حداقل ۲۵ نقطه برای گونه‌های با وسعت رویشگاهی زیاد می‌تواند کافی باشد (van Proosdij et al., 2016) این تعداد نقطه از گونه گل گندم خوئی می‌تواند در مدل‌سازی پراکنش رویشگاهی آن کفاف دهد.

متغیرهای محیطی

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

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]

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 تاثیرگذار 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، افزایش‌دهنده 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 USDM (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 (MaxEnt، RF و مدل افزایشی تعمیم یافته (Generalized Boosting Model, GBM)) برای تعیین پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی استفاده شد. مدل‌سازی 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 ۰/۹< برای AUC و مقادیر ۰/۷۵< 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= $(۱-\text{نقشه پراکنش})^{۱۰۰۰}$) 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 هنگامی‌که، 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 مدل‌سازی 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 AUC و کمترین AIC	مقدار VIF
پستی و بلندی	ارتفاع		
	میزان شیب	*	۱/۳۸
	سختی		
پوشش و آب	فاصله از مراتع	*	۱/۱۸
	فاصله از زمین‌های کشاورزی	*	۱/۳۲
	NDVI	*	۱/۰۵
	فاصله از رودخانه‌ها	*	۱/۱۱
اقلیمی	میانگین دمای سالانه (BIO1)	*	۱/۳۲
	بازه میانگین روزانه دما (BIO2)		
	ایزوترمالیتی (BIO3)		
	تنوع فصلی دما (BIO4)		
	بالاترین دمای گرم‌ترین ماه سال (BIO5)		
	پایین‌ترین دمای سردترین ماه سال (BIO6)		
	بازه سالانه دما (BIO7)		
	میانگین دمای مرطوب‌ترین چارک (BIO8)		
	میانگین دمای خشک‌ترین چارک (BIO9)		
	میانگین دمای گرم‌ترین چارک (BIO10)		
	میانگین دمای سردترین چارک (BIO11)		
	بارندگی سالانه (BIO12)	*	۱/۳۳
	بارندگی مرطوب‌ترین ماه (BIO13)		
	بارندگی خشک‌ترین ماه (BIO14)		
	تنوع فصلی بارندگی (BIO15)		
	بارندگی مرطوب‌ترین چارک (BIO16)		
	بارندگی خشک‌ترین چارک (BIO17)		
	بارندگی گرم‌ترین چارک (BIO18)		
	بارندگی سردترین چارک (BIO19)		

جدول ۲- مقادیر AUC و TSS (کمترین، بیشترین، میانگین و انحراف معیار) برای هر یک از مدل‌های استفاده شده در ۱۰ تکرار و مدل اجماعی در مدل‌سازی 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	-

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]

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.

	شیب	فاصله از مراتع	فاصله از زمین‌های کشاورزی	NDVI	فاصله از رودخانه‌ها	میانگین دمای سالانه	بارندگی سالانه
میانگین مشارکت نسبی (٪)	۴/۷۶	۱۶/۰۲	۲۸/۸۷	۱۱/۸۸	۱۰/۷۳	۱۹/۰۲	۸/۷۲
انحراف معیار مشارکت نسبی (٪)	۱/۶	۳/۶۳	۴/۰۳	۲/۰۴	۳/۳۱	۱/۰۸	۱/۹۵

نتایج

مدل‌سازی 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 ۰/۹< و ۰/۷۵< تعیین شد. همچنین، مقدار AUC و TSS برای مدل اجماعی به ترتیب ۰/۹۴۵ و ۰/۸۵۲ 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 به‌صورت عمده در شمال و مرکز استان آذربایجان‌غربی و شرق و جنوب‌شرق استان اردبیل واقع است. در مناطق شمالی و مرکزی استان آذربایجان‌شرقی نیز با وجود نبود نقطه حضور، مناطق مستعد رویشگاهی گونه گل گندم خوئی وجود دارند (شکل ۴).

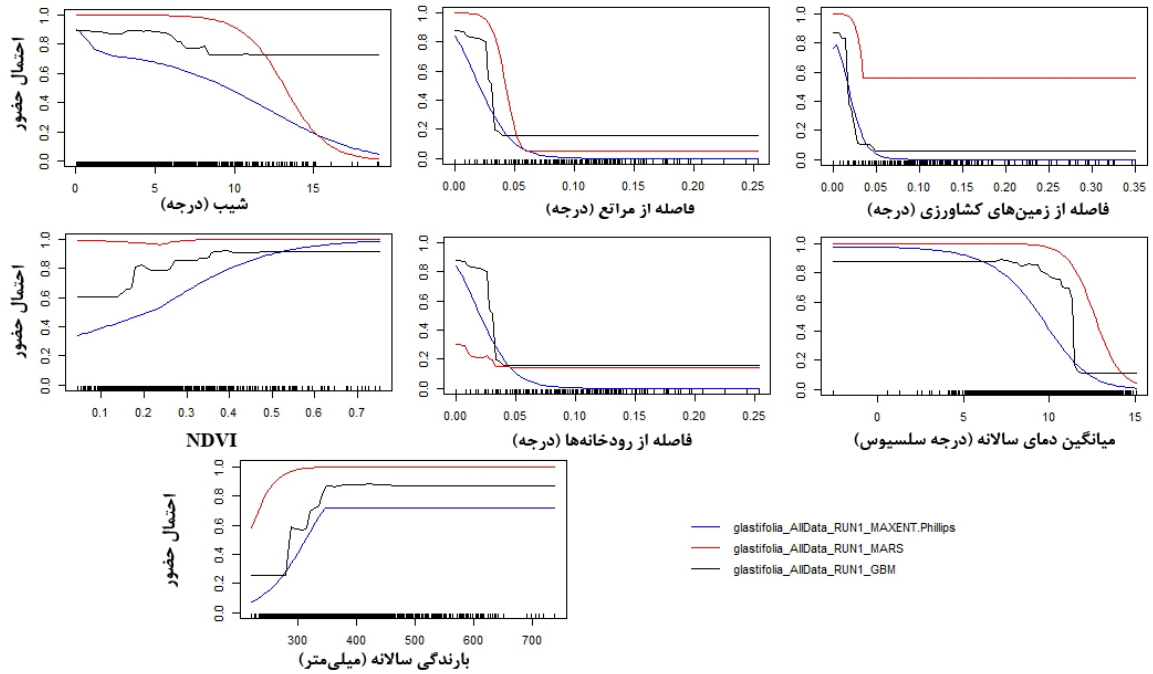
طراحی ارتباط رویشگاهی

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 آذربایجان‌غربی وجود دارد (شکل ۵). تراکم جریان مطلوبی بین مناطق حضور شرق و جنوب‌شرق 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

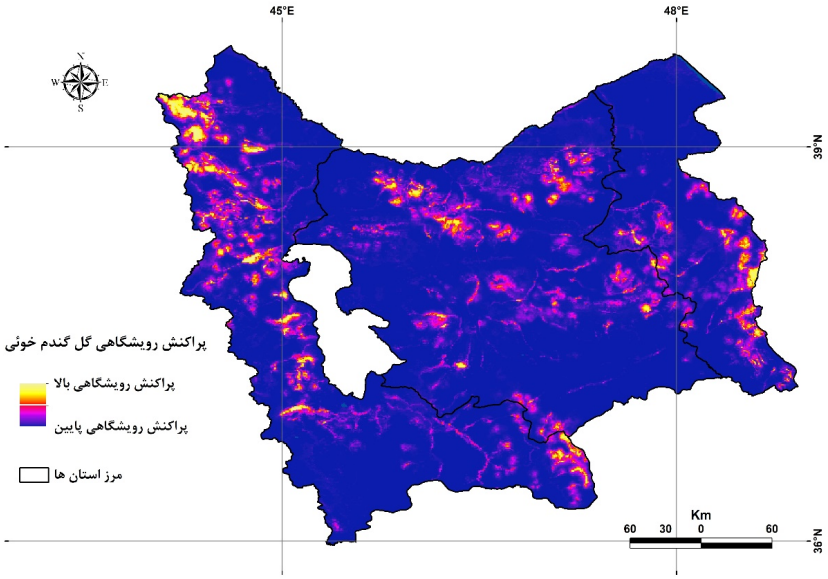
این مطالعه با هدف پیش‌بینی مناطق پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی و طراحی ارتباط رویشگاهی آن در شمال‌غرب کشور انجام شد. متغیرهای فاصله از زمین‌های کشاورزی، میانگین دمای سالانه، فاصله از مراتع و NDVI بیشترین اهمیت را در پراکنش رویشگاهی گل گندم خوئی در منطقه مورد مطالعه داشتند. طراحی ارتباط رویشگاهی این گونه،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

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]



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.).

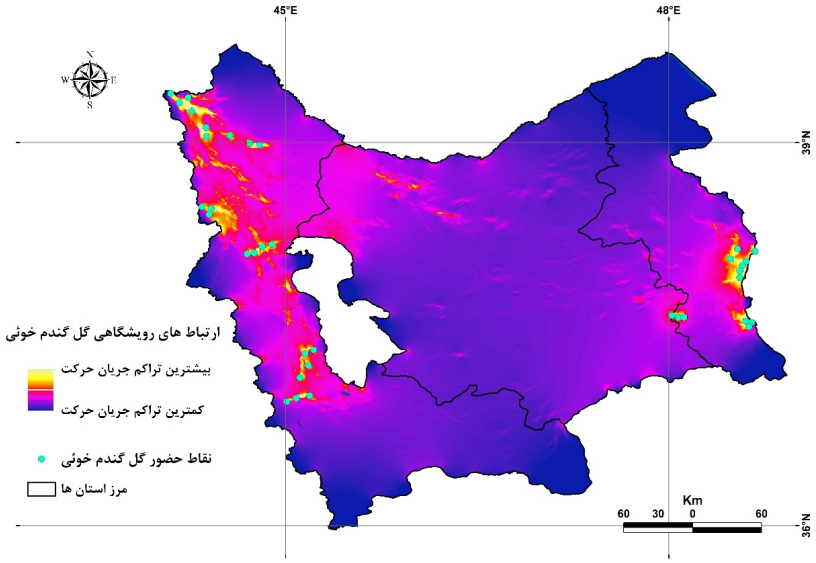
Figure 3. Response curves of *Centaurea glastifolia* presence to each environmental variable in each habitat distribution model (for better presentation, only one replication of three models; MaxEnt with blue line, MARS with red line and GBM with black line were presented.).



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

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.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]



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.

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 عملا استفاده از آنها را غیرممکن می‌سازد. در مطالعه‌های پیشین نیز که در سطح وسیع و بدون امکان داده‌برداری پارامترهای خاک انجام شده است صرفا 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 آذربایجان‌غربی 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 آذربایجان‌غربی 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 آذربایجان‌غربی و اردبیل، استان آذربایجان‌شرقی 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 آذربایجان‌شرقی می‌تواند به منظور ثبت مناطق حضور گل گندم خوئی مورد پیمایش صحرایی قرار گیرد.

همچنین، میزان ارتباط رویشگاهی و جریان حرکت بین دو استان آذربایجان‌غربی و اردبیل، مستلزم در نظر گرفتن استان آذربایجان‌شرقی 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).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]

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 خوئی در استان آذربایجان‌غربی 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 آذربایجان‌شرقی بسیار ضعیف باشد و اگر این ارتباط برقرار شود به‌طور عمده از شمال استان آذربایجان‌شرقی خواهد بود. نتایج این مطالعه به‌عنوان اولین مطالعه رویشگاهی بر روی گونه گل گندم خوئی می‌تواند در زمینه 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.

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.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]

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 Esmaeli, 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, evoloution 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.

Negaresh, 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.

Shahnaseri G., Hemami, M-R., Khosravi, R., Malakoutikhah, S., Omidi, 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,

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]
[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]

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 Chahuoki, 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 خوئی در شمال‌غرب ایران. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۸: ۱۵۳-۱۴۲.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1400.8.2.2.3]

[DOI: 10.52547/nbr.8.2.142]