دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره سوم، شماره هفتم، پاییز و زمستان ۹۴
http://pec.gonbad.ac.ir

کاربرد روش مدل سازی رویشگاه پتانسیل در حفاظت رویشگاه لاله واژگون (*Fritillaria imperialis* L.)

مهدی نجفی*[۱]، محمدرضا وهابی[۲]، مصطفی ترکش‌اصفهانی[۲]
[۱]دانش‌آموخته مرتعداری، دانشگاه صنعتی اصفهان و مدرس دانشگاه پیام نور ایلام
[۲]استادیار گروه مرتع و آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۲۶

چکیده

تعیین مطلوبیت رویشگاه یکی از ارکان مهم مدیریت و حفاظت از گونه‌های گیاهی و حیات وحش محسوب می‌گردد. رویشگاه مطلوب تاثیر بسزایی بر بقاء و تولید مثل گونه‌ها خواهد داشت. امروزه با پیشرفت علم آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی تعیین رویشگاه بالقوه گونه های گیاهی با استفاده از روش‌های مدلسازی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی میسر شده است در این پژوهش، با استفاده از مدل تحلیل عامل اکولوژیک (ENFA) رویشگاه گونه *Fritillaria imperialis* L. به‌عنوان گونه‌ای دارای ارزش دارویی صنعتی فراوان مدلسازی گردید به این ترتیب که داده‌های حضور این گونه با استفاده از روش نمونه‌گیری سیستماتیک با تعداد ۵۰۰ نقطه حضور با استفاده از GPS ثبت و سپس به یک نقشه با فرمت وکتوری تبدیل شد و نقشه‌های متغیرهای محیطی مانند نقشه‌های توپوگرافی، اقلیمی و خاک منطقه به کمک روش‌های زمین آمار و GIS تولید گردید و در نهایت نقشه رویشگاه این گونه ارزشمند ایجاد شد. بر طبق آنالیز ENFA، متغیرهای مقدار پتاسیم قابل جذب، مقدارفسفر قابل جذب، مدل رقومی ارتفاع، مقدار بارندگی سالیانه و جهت شیب منطقه مهم ترین عوامل در انتخاب رویشگاه لاله واژگون در منطقه مورد مطالعه می‌باشند مقادیر حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری در این مطالعه به‌ترتیب ۱/۵۴۷، ۶/۳۲۵ و ۰/۱۵۸ محاسبه شد که نشان می‌دهد که لاله واژگون یک گونه تخصص‌گرا در محدوده‌ی منابع رویشگاهی خود می‌باشد. برای بررسی صحت این مدل از نمایه Boyes استفاده شد و میزان صحت در این مدل برابر ۰/۰۹۲ تعیین گردید. نتایج این پژوهش می‌تواند در جهت پیشگیری از پیامدهای منفی جبران ناپذیر کاهش یا انقراض این گونه ارزشمند گیاهی کشور رویشگاه‌های جایگزین را پیشنهاد دهد.

***واژه‌های کلیدی*: مدلسازی گونه، تخصص‌گرایی، حاشیه گرایی، تحمل‌پذیری، بویس، لاله سرنگون**

*مسئول مکاتبه: najafi630@yahoo.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

مقدمه

در روزگاران کهن، گیاهان برای معالجه بیماری‌ها به کار گرفته می‌شدند. همچنین عنصر اصلی تهیه مواد مختلف گیاهی برای مومیایی و حفظ اجساد و جلوگیری از فساد آنها و همچنین در تهیه روغن‌های طبی و عطرها و نظایر آنها نیز مورد استفاده قرار می‌گرفتند. سابقه درمان بیماری‌ها با گیاهان دارویی به قدمت تاریخ زیست انسان بر روی کره زمین است و انسان همواره به حکم تجربه، علم و اندیشه و بنا به مقتضیات در طول حیات در کره زمین به کمک گیاهان دارویی خود را مداوا کرده و می‌کند. از مهمترین شروط موفقیت یک طرح اصلاح مرتع از طریق کاشت گیاهان، به‌ویژه گیاهان دارویی انتخاب مکان صحیح برای کشت است. در ایران، منطقه زاگرس دارای فون و فلور منحصر به فرد بوده و غنی‌ترین ذخایر ژنتیکی کشور را دارا می‌باشد. زاگرس خاستگاه اصلی گونه لاله واژگون (*Firtillaria imperialis* L.) است. گیاه لاله واژگون علاوه بر ارزش دارویی از لحاظ زیبایی محیط و جذب اکوتوریست نیز حائز اهمیت است. این گیاه جزو گیاهان سمی مراتع نیز طبقه‌بندی می شود. ترکیبات شیمیایی موجود در آن دارای اثرات دارویی مهمی است. لاله واژگون از جنبه دارویی نیز از اهمیت زیادی برخوردار بوده، به‌طوری‌که وجود ترکیبات آلکالوییدی و گلیکوزیدی برای آن گزارش شده است. این ترکیبات شیمیایی برای درمان دردهای روماتیسمی، بیماری‌های سیستم لنفاوی و به‌عنوان پاک کننده کبد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه قابلیت تولید گلدانی را نیز دارا بوده و صادرات آن به‌صورت گلدانی امکان‌پذیر می‌باشد. طی چند سال اخیر رویشگاه‌های لاله واژگون به‌دلایل مختلفی از جمله: وقوع خشکسالی، توسعه صنعتی، توسعه شهری و روستایی و همچنین چرای غیراصولی دام تخریب گردیده است و این گونه با ارزش در معرض تهدید جدی قرار گرفته است (Afifian, 2010).

از طرفی تاکنون مطالعات اندکی مبنی بر تعیین رویشگاه بالقوه گونه‌های گیاهی به کمک روش تحلیل عاملی آشیان اکولوزیک (ENFA[1]) صورت گرفته است. در این مطالعه با استفاده از روش مذکور سعی در تعیین ارتباط گونه لاله واژگون و متغیرهای محیطی (اقلیم، خاک، توپوگرافی) در استان اصفهان شده و در نهایت خروجی به‌صورت یک نقشه پراکنش گونه‌ای ارائه گردیده است. بازگرداندن گونه لاله واژگون به مراتع اصفهان نیز نیازمند انجام فعالیت‌های احیایی و اصلاحی است و همین موضوع تعیین رویشگاه بالقوه آن را لازم و ضروری می‌سازد. هدف از این پژوهش تعیین رویشگاه‌های بالقوه این گونه مرتعی و دارویی در مهمترین رویشگاه‌های پراکنده این گونه در سطح استان اصفهان با استفاده از روش تحلیل آشیان اکولوژیک (ENFA) می‌باشد. این روش از روش‌های نوین مدل‌سازی با

1. Ecological Nich Factor Analysis

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

بکار گیری داده‌های فقط حضور[1] است و به‌دلیل صرفه جویی در زمان و کاهش هزینه مطالعه، به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است و علاوه بر محاسبه مطلوبیت زیستگاه، عوامل بوم شناختی مهمی نظیر تخصص گرایی[2]، حاشیه گرایی[3] و تحمل‌پذیری[4] را نیز محاسبه می‌کند که هر یک دارای مفاهیم اکولوژیکی مهمی هستند (Hirzel *et al*., 2001). روش مذکور از نظر ماهیت عملکرد با روش تحلیل مولفه‌های اصلی[5] شباهت زیادی دارد و پس از تبدیل متغیرهای زیستگاهی به عوامل[6] به بررسی رابطه حضور گونه با متغیرهای زیست محیطی می‌پردازد. این روش در دنیا بسیار متداول است و در کشور ما نیز در سال‌های اخیر چند تحقیق بر پایه آن انجام پذیرفته است.

اولین بار هیرزل و همکاران (Hirzel *et al*., 2001) در مقاله‌ای با عنوان "تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک: چگونگی محاسبه نقشه‌های تناسب رویشگاه بدون داده‌های غیاب" روش ENFA را به صورت یک مجموعه در نرم‌افزار Biomaper مورد استفاده قرار دادند در این مقاله استفاده از داده‌های فقط حضور برای تعیین زیستگاه بز کوهی در سوئیس استفاده شد. در سال‌های اخیر اغلب مطالعاتی که با استفاده از ENFA و نرم‌افزار بیومپر در دنیا صورت گرفته است برای تعیین زیستگاه حیات وحش بوده است که علت این امر عدم اطمینان پذیری داده‌های غیاب برای گونه‌های حیات وحش ذکر شده است (مصطفوی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Habibi, 2007) مطالعاتی همچون امیدی و همکاران (2010 ,.Omidi *et al*) و هنگل و همکاران (Hengl *et al*., 2009) به تعیین زیستگاه گونه‌های مختلف جانوری در مناطق مختلف زیستی پرداخته‌اند اما مطالعاتی که گونه‌های گیاهی را مورد بررسی و رویشگاه‌های آنها را تعیین کرده نیز صورت پذیرفته‌اند. به‌عنوان مثال می‌توان به مطالعه واکلاویچ و اورتگا (Vaclavic, 2008) برروی درخت افرا در ماساچوست آمریکا، نیتی و همکاران (Neeti *et al*., 2007) روی توزیع مکانی علف هرز ژاپنی در ماساچوست و سانگلین و همکاران (Songlin *et al*., 2007) برای تعیین رویشگاه بالقوه گونه شاه بلوط در منطقه ماموت کیو (Mammoth Cave) اشاره کرد.

در این مقاله با استفاده از روش ENFA به تعیین رویشگاه پتانسیل گیاه دارویی لاله واژگون پرداخته شد لاله واژگون (*Fritillaria imperialis* L.) از جمله گلهای بهاری است که به‌طور طبیعی در فروردین و اردیبهشت ماه گل می‌دهد و دارای گل‌های بسیار جذاب و با عمر طولانی می‌باشد. اطلاعات اکولوژیکی بسیار کمی در مورد این گیاه زیبای بومی ایران وجود دارد. این جنس از خانواده Liliaceae

1- Presence only
2- Specialization
3- Marginality
4- Tolerance
6- Principle Component Analysis
7- Factors

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

است و حدود ۱۰۰ گونه دارد و در نواحی معتدل نیمکره شمالی پراکنش یافته است. تعداد کمی از این گونه‌ها بومی قبرس، جنوب ترکیه و ایران است (Mozafarian, 2006) در ایران ۱۵ گونه از جنس *Fritillaria* شامل گونه‌های گیاه علفی، چند ساله و پیازدار شناسایی شده است لاله واژگون از گیاهان منحصر به فرد از نظر زیبایی می‌باشد که جلوه بی‌نظیر و کمیاب طبیعت گوناگون ایران را نمایان می‌کند؛ مناظر زیبا و پوشش منحصر به فردآن هر ساله هزاران نفر را به مناطق زندگی این گل می‌کشاند. لاله واژگون از جمله گونه‌های گیاهی شاخص منطقه زاگرس (اقلیم خشک معتدل) است که به‌طور وحشی رویش می‌یابد و از نظر زیبایی و جذب گردشگر اهمیت ویژه دارد. بنابراین می‌توان در مرحله اول حفظ ذخایر فعلی این گیاه را در اولویت قرار داد یعنی مناطق مستعد رویش با حضور این گونه شناخته شود و مورد حمایت و حفاظت سازمان‌های دولتی قرار گیرد و در گام بعدی جهت جذابیت بیشتر برای گردشگران به احیاء مناطق مستعد از طریق کشت گونه پرداخت (Afifian, 2010).

این گیاه تحت تاثیر دمای هوا از اوایل بهار در نواحی شمالی زاگرس شروع به شکوفایی می‌کند و در مناطق جنوبی در اواسط اردیبهشت به گل می‌نشیند. این گیاه تا ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متری رشد می‌کند و عمر کوتاهی دارد، به‌طوری‌که در اواخر بهار خزان می‌کند و به‌صورت پیاز زاد آوری می‌یابد. براساس سیاست‌های سازمان حفاظت محیط زیست گیاه لاله واژگون به‌عنوان ذخیره عنصر زیبا شناختی قلمداد می‌گردد و با توجه به میزان تخریب عرصه‌های طبیعی رویشگاه آن، حفاظت از رویشگاه‌های آن، بیش از گذشته احساس می‌شود. با توجه به شرایط موجود (پراکنش محدود گیاه به همراه چرای دام، جاده‌سازی، بوته‌کنی و برداشت گل و پیاز به‌صورت غیر قانونی و عرضه آن به بازار) به نظر می‌رسد که این گونه در آینده با چالش جدی برای بقا روبه رو گردد (Karimi, 2007). مدیریت اصولی و برنامه‌ریزی شده گیاه لاله واژگون، نیازمند مطالعات اکولوژیک و شناسایی ویژگی‌های رویشگاهی آن است تا بر این اساس بتوان رویشگاه‌های بالقوه لاله واژگون را با هدف احیاء و توسعه رویشگاه‌ها تعیین نمود.از اینرو در این تحقیق با توجه به اهمیت گونه لاله واژگون، این گیاه برای شناسایی و تعیین رویشگاه بالقوه انتخاب شد.

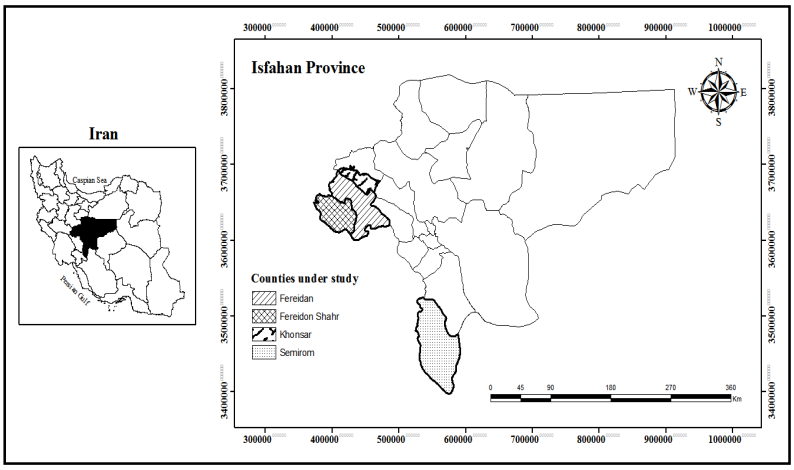
مواد و روش‌ها

این تحقیق در مناطق عمده رویش گونه لاله واژگون در غرب و جنوب غرب استان اصفهان (شهرستانهای فریدونشهر، فریدن، خوانسار و سمیرم) انجام شد.

منطقه مطالعاتی: استان اصفهان با وسعت ۱۰۶۱۷۹ کیلومترمربع، حدود ۴۵/۶ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان بین '۴۲ ° ۳۰ تا '۳۰ ° ۳۴ عرض شمالی و '۳۶ ° ۴۹ تا '۳۲ ° ۵۵ طول شرقی در ایران مرکزی قرار دارد. میانگین سالانه بارش در سطح استان معادل ۱۵۰

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

میلی‌متر است. ۳۲ درصد استان کمتر از ۱۰۰ و ۵۰ درصد آن کمتر از ۱۱۰ میلی‌متر بارش دریافت می‌کند. تنها بارش ۵ درصد استان اصفهان بیش از ۴۰۰ میلی‌متر است با توجه به وجود ناهمواری‌های استان که در بخش‌های غربی و جنوب غربی استان توزیع شده است، این نواحی دارای درجه حرارت کمتر بوده در حالی که نواحی پست شرقی و شمال شرقی استان دارای درجه حرارت بالاتری می‌باشد (Agriculture and Natural Resources Research Center, 2001).



شکل ۱- نمایش موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شهرستان فریدونشهر و در فاصله ۱۴۰ کیلومتری مرکز شهرستان اصفهان قرار دارد. از نظر موقعیت جغرافیایی، این منطقه بین ً۲۶'۱۷ ° ۵۰ تاً۴۰۳۵ ° ۴۹ طول شرقی و "۴۱'۴۶ °۳۲ تا'۷۰'۴۰ °۳۳ عرض شمالی واقع شده است. وسعت محدوده مطالعاتی حدوداً ۱۰۰۰ کیلومترمربع و متوسط ارتفاع برابر با ۲۶۶۲ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارش منطقه ۴۵۰ میلی‌متر برآورد شده است. شیب غالب منطقه در کلاس ۱۲-۲۵ درصد قرار دارد. مراتع محدوده مورد مطالعه به صورت مراتع ییلاقی مورد استفاده قرار می‌گیرد و میانگین درجه حرارت سالیانه در آن ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد است. حداکثر ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه ۳۹۸۷ و حداقل آن ۱۷۷۰ متر از سطح دریا می‌باشد (Afifian, 2010).

بخشی از این تحقیق در شهرستان فریدن اصفهان انجام پذیرفت که در مجاورت شهرستان فریدونشهر قرار دارد و مرکز آن شهر داران است این شهرستان در حد فاصل طول‌های جغرافیایی '۵۲ °۴۹ تا '۵۱ °۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی "۳۳'۳۱ °۳۳ تا "۲۹'۲۲ °۳۳ شمالی واقع است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

حداکثر درجه حرارت سالانه ۳۴ حداقل درجه حرارت سالانه ۲۱/۴- متوسط دما ۸ درجه و بارندگی ۴۰۰ میلی‌متر است. وسعت این شهرستان حدود ۳۰۱۲ کیلومترمربع و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۳۹۰ متر می‌باشد (Afifian, 2010).

بخش دیگر این مطالعه در شهرستان خوانسار انجام گرفت این شهرستان در محدوده جغرافیایی ۵۸' ۴۹° تا ۴۶' ۵۰° شرقی و ۵'۳۳° تا ۳۸' ۳۳° شمالی واقع شده است حداکثر و حداقل بارندگی و بارندگی متوسط به‌ترتیب ۲۳۱، ۴۱۵ و ۳۲۵ میلی‌متر گزارش شده است حداکثر مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه در منطقه مورد مطالعه ۷۳۰ میلی‌متر و حداقل آن حدود ۶۵۰ میلی‌متر می‌باشد. مقدار متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل در منطقه برابر با ۶۸۰ میلی‌متر بوده است و کل محدوده این شهرستان از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه در اقلیم نیمه مرطوب قرارمی گیرند. حداکثر دمای متوسط سالانه این منطقه ۱۵ درجه و حداقل آن ۱۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است (Sanguni, 2011).

شهرستان سمیرم در استان اصفهان در فاصله ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان واقع شده است. وسعت این شهرستان ۵۲۷۳/۹۵ کیلومترمربع و با مختصات '۱۷ ° ۵۱ تا '۳ طول شرقی و '۴۲ ° ۳۰ تا '۵۱ ° ۳۱ عرض شمالی می‌باشد که با ارتفاع متوسط ۲۴۰۰ متر از دریا بین سه استان چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویر احمد و فارس واقع شده است (Agriculture and Natural Resources Research Center, 2001)..

جمع‌آوری داده‌های حضورگونه و اطلاعات محیطی

این لایه از طریق پیمایش صحرایی و مشاهدات مستقیم حضور گونه (تعداد ۵۰۰ نقطه) با استفاده از دستگاه GPS ثبت و سپس در نرم‌افزار IDRISI به یک نقشه با فرمت وکتوری تبدیل شد. ازسیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و زمین آمار به‌منظور تولید نقشه متغیرهای محیطی استفاده گردید بدین‌منظور، ۱۷ لایه اطلاعاتی از شرایط اقلیمی، خاک و فیزیوگرافی تهیه شد این لایه‌ها شامل: لایه‌های اقلیمی (بارندگی متوسط سالیانه، دمای متوسط سالیانه، پتانسیل تبخیر و تعرق، تعداد ساعات آفتابی، تعداد روزهای یخبندان) لایه‌های خاک شامل (مقدار پتانسیم خاک، مقدار فسفر خاک، درصد رس، درصد هدایت‌الکتریکی، درصد کربن آلی، قلیائیت، درصد شن، درصد سیلت، درصد اشباع آب خاک) ولایه‌های فیزیوگرافی شامل (نقشه رقومی ارتفاعی، مقدار شیب و جهت شیب) می‌باشد (Yaghmaei, 2008) نرم‌افزار بیومپر نرم‌افزاری است که برای انجام روش تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک (ENFA) طراحی شده است استفاده از این نرم‌افزار می‌تواند مناطق مناسب زیستگاه گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری را تعیین کرده و عوامل محیطی موثر بر آنها را تفکیک نماید. بنابراین در این پژوهش از نرم‌افزار مذکور برای تعیین رویشگاه بالقوه لاله واژگون استفاده شد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

تعیین رویشگاه پتانسیل با استفاده از روش مدلسازی

نقشه حضور گونه ابتدا به فرمت رستری (شبکه ای) و سپس به نقشه بولی (صفر و یک) تبدیل شد تا قابل ورود به آنالیز تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی باشد. در نهایت این نقشه به عنوان متغیر وابسته وارد آنالیز گردید. هیرزل و همکارانش (Hirzel *et al*., 2001) پیشنهاد نمودند که تعداد متغیرهای زیستگاهی وارد شده به آنالیز نباید بیش از ده متغیر باشد.

ENFA از لایه‌های اطلاعاتی زیست‌محیطی گوناگونی استفاده می‌کند تا پراکنش اکولوژیکی گونه‌ها را تعیین کند. نرم‌افزار بیومپر نقاط حضور گونه و ویژگی‌های منطقه را بررسی می‌کند و براساس عوامل حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی گونه نقشه‌ی تناسب رویشگاه را بدست می‌آورد. یک گونه کانونی ممکن است اثر حاشیه‌ای از خود نشان دهد. به این معنی که میانگین حضور گونه در گونه و سلول‌هایی که وجود دارد با میانگین کلی سلول‌ها تفاوت داشته باشد و یا اثر تخصصی را نشان دهد به این معنی که انحراف معیار حضور گونه در سلول‌ها با کل سلول‌های موجود تفاوت داشته باشد. میانگین حضور گونه در سلول‌ها با میانگین متغیرهای اکوجغرافیایی متفاوت خواهد بود؛ چون گونه در دامنه خاصی از آن متغیر اکوجغرافیایی قرار دارد (Sanguni, 2011).

برای انجام آنالیزهای مربوط به تعیین رویشگاه بالقوه یک گونه در محیط نرم‌افزار Biomapper نیاز به تعدادی لایه‌ی اطلاعات اکوجغرافیایی و همچنین لایه‌ی نقاط حضور گونه داریم. در خصوص حداقل نقاط حضور برای اجرای روش ENFA باید گفت که این موضوع به عوامل متعددی نظیر یکنواخت بودن منطقه، میزان تخصصی بودن گونه و میزان دقت مطالعه بستگی دارد.اما با این حال هیرزل (Hirzel *et al*., 2001) معتقد است که با حدود ۲۰ تا ۳۰ نقطه نتایج بدست آمده بسیار مشابه با استفاده از صدها نقطه خواهد بود (Safaei, 2012).

آنالیز تحلیل عاملی آشیان اکولوژیک تا حدودی به نرمال بودن داده‌های ورودی حساسیت دارد؛ زیرا داده‌های غیر نرمال سبب انحراف از محاسبات شده و داده‌های خروجی را دچار خطا می‌کند. به‌همین منظور متغیرهای مستقل که همان نقشه‌های محیطی هستند به روش BOX-COX نرمال شدند. این روش از معادله زیر تبعیت می‌کند که در آن T(X)، میزان تبدیل یافته، X، متغیر اصلی و Y، ضریب همبستگی داده‌ها می‌باشد.

$$T(x) = \frac{(XY-1)}{Y}$$ معادله ۱

با اطمینان از نرمال بودن متغیرها، به بررسی همبستگی آن‌ها پرداخته شد. استفاده از لایه‌های همبسته می‌تواند با افزایش درجه آزادی، درستی مطالعه را کاهش دهد و به غلط در یک آزمون باعث افزایش مصنوعی ضریب همبستگی شود.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

بنابراین در غالب ماتریس همبستگی[1] بررسی‌ها انجام می‌شود. توصیه می‌شود که اگر دو یا چند متغیر دارای همبستگی بیش از ۸۵ درصد باشند، یکی از آنها از فهرست متغیرهای وارد شونده حذف گردد (Safaei, 2012).

نتایج

با انجام آنالیز ENFA خروجیهای مختلفی شامل ماتریس همبستگی گونه، ماتریس امتیازی،ماتریس کواریانس و مقادیر ویژه حاصل گردید و مورد آزمون قرار گرفت.

ایجاد ماتریس همبستگی‌و انجام آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (*PCA*) بین متغیرها از هسته‌های اصلی در پردازش اطلاعات در نرم‌افزار *Biomapper* است. از این رو در قدم اول با ایجاد ماتریس همبستگی بین ۱۷ متغیر محیطی، متغیرهایی که دارای همبستگی بیش از ۸۵ درصد بودند از آنالیز حذف شدند، سپس با انجام *PCA* متغیرهای مهم‌تر شناسایی شدند. از بین ۱۷ متغیر محیطی وارد شده به نرم‌افزار تنها بر روی ۵ متغیر محیطی امکان انجام آنالیز *ENFA* وجود داشت. متغیرهای مدل رقومی ارتفاع، مقدار پتاسیم قابل جذب، جهت جغرافیایی، مقدار بارندگی سالیانه و مقدار فسفر قابل جدب به‌عنوان ورودی‌های این مدل استفاده شد.

جدول ۱ - ماتریس همبستگی متغیرهای مستقل محیطی.

	فسفر	مقدار بارندگی سالیانه	جهت جغرافیایی	مقدار پتاسیم	مدل رقومی ارتفاع
مدل رقومی ارتفاع	۰/۸۵	۰/۷۲	۰/۷۵۴	۰/۶۷۶	۱
مقدار پتاسیم	۰/۷۵۸	۰/۴۳۹	۰/۶۷	۱	۰/۶۷۶
جهت جغرافیایی	۰/۸۳۹	۰/۶۵۷	۱	۰/۷۲	۰/۷۵۴
مقدار بارندگی سالیانه	۰/۷۹۹	۱	۰/۶۵۷	۰/۴۳۹	۰/۷۲
فسفر	۱	۰/۷۹۹	۰/۸۳۹	۰/۷۵۸	۰/۸۵

ماتریس امتیازی (جدول ۲) حاصل از آنالیز ENFA نشان‌داد که مهمترین عوامل در تعیین مطلوبیت رویشگاه لاله واژگون به‌ترتیب شامل متغیرهای مدل رقومی ارتفاع، مقدار پتاسیم قابل جذب، جهت جغرافیایی، مقدار بارندگی سالیانه و مقدار فسفر قابل جذب می‌باشند

1- Correlation matrix

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۲- ماتریس امتیازی متغیرهای مستقل محیطی.

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	حاشیه‌گرایی	تخصص‌گرایی
مقدار پتاسیم قابل جذب	۰/۵۵۳	-۰/۰۴۵	-۰/۷۱۸	۰/۲۱	۰/۲	۰/۹۱	۳/۶۸
مقدار فسفر قابل جذب	۰/۰۹	۰/۸۶۴	۰/۰۰۴	- ۰/۳۶۲	۰/۱۳	۰/۸۰	۳/۵۰
جهت جغرافیایی	۰/۳۰۵	۰/۰۶۲	-۰/۰۹۳	- ۰/۰۶۱	-۰/۸۷۳	۰/۸۹	۳/۶۱
مقدار بارندگی سالیانه	۰/۶۹۷	۰/۱۲۴	۰/۳۲۳	- ۰/۴۶۱	۰/۰۰۶	۰/۸۲	۳/۵۶
مدل رقومی ارتفاع	۰/۳۲۸	-۰/۴۸۱	۰/۶۰۹	۰/۷۸۱	۰/۴۲۴	۰/۹۶	۳/۸۰

در جدول ۳ متغیرهای محیطی بر اساس اهمیت نشان داده شده‌اند.

جدول۳- ماتریس امتیازات بدست آمده از آنالیز عاملی آشیان اکولوژیک.

متغیرهای محیطی	عامل ENFA اول حاشیه گرایی ۱۰۰٪	عامل دوم ENFA	عامل سوم ENFA	عامل چهارم ENFA	عامل پنجم ENFA
	تخصص گرایی ٪۷۸	تخصص گرایی ٪۱۱	تخصص گرایی ٪۵	تخصص گرایی ٪۴	تخصص گرایی ٪۲
مدل رقومی ارتفاع	-۰/۹۷	۰/۰۲	۰/۰۲	- ۰/۰۷	۰/۲۴
مقدار پتاسیم قابل‌جذب	-۰/۹۱	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۳۸	۰.
جهت جغرافیایی	-۰/۸۹	- ۰/۰۵	- ۰/۴۴	۰/۰۰	- ۰/۰۶
مقدار بارندگی سالیانه	-۰/۸۲	۰/۵۱	۰/۱۳	- ۰/۱۹	- ۰/۱۰
مقدار فسفر قابل جذب	-۰/۸	- ۰/۵۵	۰/۱۸	- ۰/۱۵	- ۰/۰۸

جدول ۳- سهم هریک از متغیرهای محیطی را در توزیع جغرافیایی گونه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد. مطابق این جدول، عامل اول آنالیز ENFA ۱۰۰ درصد حاشیه‌گرایی و ۷۸ درصد تخصص‌گرایی را نشان می‌دهد. عامل دوم ۱۱ درصد، عامل سوم ۵ درصد، عامل چهارم ۴ درصد و عامل پنجم ۲ درصد تخصص‌گرایی گونه را در منطقه نمایش می‌دهد. مقادیر مثبت حاشیه‌گرایی (ستون اول) بیان می‌کند که گونه در تمایل به رویش در حدی بالاتر از میانگین آن عامل دارد و مقادیر منفی نشان‌دهنده‌ی آن است که گونه مایل به رویش در مقادیر کمتری از آن عامل در محیط است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

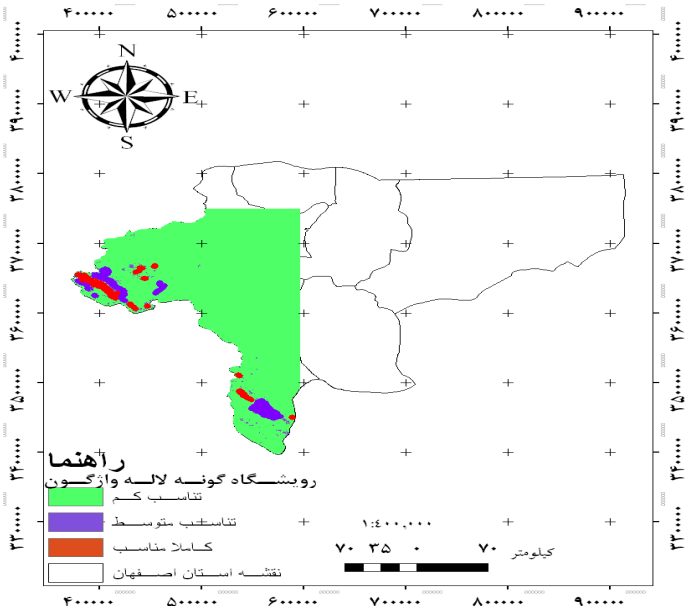
جدول ۴- نتایج آنالیز ENFA

آنالیز عوامل اصلی مدل	
حاشیه گرایی	۱/۵۴۷
تخصص گرایی	۶/۳۲۵
تحمل پذیزی	۰/۱۵۸

مقادیر حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری در این مطالعه به‌ترتیب ۱/۵۴۷، ۶/۳۲۵ و ۰/۱۵۸ محاسبه شد. حاشیه‌گرایی بیش از یک (۱/۵۴) بدین معنی است که لاله واژگون در منطقه مطالعاتی، تا حدودی مجموعه شرایط رویشگاهی بالاتر از شرایط میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد. فاکتور تحمل‌پذیری گونه در محدوده منابع مورد استفاده خود، در رویشگاه محاسبه شد. مقدار کم این شاخص (۰/۱۵۸) نشان می‌دهد که لاله واژگون تا حدی یک گونه تخصص‌گرا در محدوده منابع رویشگاهی خود می‌باشد.

تهیه نقشه رویشگاه بالقوه

در این مطالعه، با مقایسه مقادیر شاخص بویس چهار الگوریتم مورد استفاده در نرم‌افزار برای تولید نقشه‌ی رویشگاه بالقوه (شکل۴) الگوریتم میانگین هارمونیک انتخاب شد و سپس نقشه‌ی رویشگاه بالقوه لاله واژگون تهیه گردید.



شکل۴- رویشگاه بالقوه گونه لاله واژگون درمنطقه ی مطالعاتی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۵- مساحت هر طبقه از رویشگاه.

طبقه‌بندی رویشگاه		مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۰-۳۳	رویشگاه نامناسب	۳۷۴۸۳۷۵	۹۷/۲
۳۳-۶۶	رویشگاه باتناسب متوسط	۱۰۰۶۰۰	۶۱/۲
۶۶-۱۰۰	رویشگاه مناسب	۷۳۰۰	۰/۱۹

جدول ۶- ارزیابی مدل‌های تولید شده بر اساس شاخص بویس درالگوریتم‌های مختلف.

الگوریتم	شاخص بویس و انحراف معیار
الگوریتم میانه	۰/۷۱۸±۰/۴۸۲۲
الگوریتم میانگین هندسی	۰/۸۱۸ ± ۰/۵۲۶۹
الگوریتم میانگین هارمونیک	۰/۹۲۲±۰/۷۸
الگوریتم حداقل فاصله	۰/۸۵۷ ±۰/۴۱۶۳

با توجه به شاخص بویس، تعداد ۳ کلاس برای نقشه رویشگاه بالقوه تعیین شد. طبقه‌بندی شامل کلاس یک (۳۳-۰رویشگاه نامناسب)، کلاس دو (۶۶-۳۳ تناسب متوسط)، کلاس سه (۱۰۰-۶۶: رویشگاه مناسب) می‌باشد (جدول ۴) و طبق نتایج حاصله از جدول ۴، بیشترین مساحت در هر کلاس مربوط به کلاس ۱ و کمترین متعلق به کلاس ۳ می‌باشد و ۰/۱۹ درصد منطقه (۷۳۰۰ هکتار) را رویشگاه مناسب تشکیل می‌دهد.

ارزیابی صحت مدل

مهمترین شاخص ارزیابی صحت که در نرم‌افزار Biomapper قابل دسترس است شاخص بویس می باشد نمایه بویس برای نقشه‌های تولید شده به روش میانگین هارمونیک فاصله برابر با ۰/۹۲ بود که با توجه به وسعت زیاد منطقه، صحت مدل بسیار خوب ارزیابی می‌شود. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می‌دهد که نقشه تولید شده با میانگین‌هارمونیک فاصله دارای بالاترین صحت می باشدو پس از آن نقشه‌های تولید شده الگوریتم حداقل فاصله و الگوریتم میانگین هندسی فاصله به‌ترتیب با شاخص‌هایی برابربا ۰/۸۵ و ۰/۸۱ قرار می‌گیرند.

بحث و نتیجه‌گیری

بهره‌برداری پایدار از گیاهان دارویی با توجه به پتانسیل مراتع کشور نیازمند شناخت مکان مرتعی مناسب است. استفاده از روش‌های مدل‌سازی رویشگاه پتانسیل به تشخیص این مناطق جهت کشت گیاهان مختلف با ارزش دارویی، علوفه‌ای و غیره کمک می‌کند. گیاه لاله واژگون از جمله این گیاهان با

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

ارزش است. هدف اصلی این پژوهش تعیین مؤثرترین عوامل محیطی بر پراکنش گونه لاله واژگون با استفاده از مدل ENFA در منطقه غرب و جنوب غرب استان اصفهان بوده تا به کمک آن نقشه رویشگاه بالقوه این گونه تهیه شود.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که از کل مساحت ۳۸۵۶۲۷۵ هکتاری محدوده مورد مطالعه، ۷۳۰۰ هکتار از کل منطقه در کلاس رویشگاهی مناسب برای گونه لاله واژگون قرار دارد. همچنین ۱۰۰۶۰۰ هکتار از منطقه نسبتاً مناسب و ۳۷۴۸۳۷۵ هکتار از منطقه برای رویش لاله واژگون نامناسب می‌باشد. همچنین این مدل نشان می‌دهد که مهم‌ترین عوامل کلیدی برای رویشگاه گونه لاله واژگون عبارتند از دل رقومی ارتفاع، مقدار پتاسیم قابل جذب، جهت جغرافیایی، میزان بارندگی سالیانه و مقدار فسفر قابل جذب هستند.

عفیفیان (Afifian, 2010) در پژوهشی به شناسایی و تعیین برخی از مواد موثره گیاه لاله واژگون و بررسی ارتباط آن با شرایط رویشگاه در منطقه غرب استان اصفهان پرداخت. نتایج وی نشان داد مهمترین عوامل رویشگاه عبارتند از جهت جغرافیایی شرق، درصد آهک، ضریب خشکی دومارتن، ارتفاع از سطح دریا، ضریب رطوبتی آمبرژه، متوسط بارندگی سالیانه و پتاسیم قابل جذب خاک بود.

در این مطالعه مشخص شدکه لاله واژگون بیشتر در ارتفاع بین ۲۵۰۰-۲۳۰۰ متر مشاهده شد و در این رابطه معمار مشرفی (Memar Moshrefi, 2008) بیان کرد لاله واژگون در ارتفاعات ۲۰۰۰ متر در مناطق سرد کشور به‌صورت خودرو می‌روید و برای بهبود وضعیت رویشی و بالابردن کمیت و کیفیت رویشی و ارائه گل خارج از فصل باید از ترکیب تیمار سرمایی و جیبر لین در زمان مناسب استفاده گردد.

از آنجائی که این گونه بیشتر در ارتفاعات (۲۵۰۰-۲۳۰۰) رویش دارد و با افزایش ارتفاع میزان بارندگی زیاد و مقدار دما کاهش می‌یابد این مطلب را نشان می‌دهد که این گونه به دمای متوسط نیاز دارد و همچنین با توجه به این مطالعه چون لاله واژگون بیشتر در شیب‌های شمالی دیده شده است این موضوع تایید می‌شود. اسلام زاده بیان می کند که این گونه در شیب‌های شمالی دیده می‌شود و بنابراین جهت رشد مناسب به دمای متوسط نیاز دارد (Eslamzadeh, 2009).

گردانا تومویس و همکاران[1] (Tomovic, 2007) در مطالعه‌ای موردی در صربستان در رابطه با توزیع، رویشگاه و طبقه‌بندی لاله واژگون بیان داشت که این گونه بیشتر در شیب‌های شمالی منطقه دیده می شود با آنکه ممکن است در دامنه‌های دیگر هم دیده شود.

1- Tomovic

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

در جدول ۳، نتایج حاصل از آنالیز متغیرها نشان می‌دهد که مهمترین عامل در تعیین رویشگاه بالقوه، مدل رقومی ارتفاع و خصوصیات خاک از جمله مقدار پتاسیم و فسفر است؛ پارامترهای مهم مثل تیپ خاک و توپو گرافی برای تعیین مکان‌های مناسب کافی است (عبدالهی، ۱۳۸۵). آهک در شکل‌گیری خاکدانه و افزایش ظرفیت نگه‌داری خاک نقش مهمی دارد و با کاهش آهک، رطوبت اشباع و رطوبت خاک نیز کاهش می‌یابد (Sanguni, 2011).

زارع چاهوکی (۱۳۸۶) با کاربرد روش رگرسیون لجستیک در بررسی رابطهٔ حضور گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی در مراتع پشتکوه یزد بیان کردکه خصوصیات خاک از مؤثرترین عوامل تفکیک تیپ‌های رویشی منطقه‌اند.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نقش اساسی در رشد گیاه دارند. خاک تابعی از اقلیم، اورگانیسم‌ها، توپوگرافی، مواد مادری و زمان است. فاکتورهای فیزیکی چون رطوبت و بافت خاک و فاکتورهای شیمیایی شامل: pH، کلسیم تبادلی و کربن آلی ترکیب گونه‌های گیاهی را تحت تاثیر قرار می‌دهند؛ آب در دسترس یکی از فاکتورهای اولیه کنترل‌کننده پراکنش گونه‌هاست (جعفریان جلودار، ۱۳۸۷).

مقادیر حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل پذیری در این مطالعه به‌ترتیب ۱/۵۴۷، ۶/۳۲۵ و ۰/۱۵۸ محاسبه شد. حاشیه‌گرایی بیش از یک (۱/۵۴۷) بدین‌معنی است که لاله واژگون در منطقه مطالعاتی، تا حدودی مجموعه شرایط رویشگاهی بالاتر از شرایط میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد. فاکتور تحمل‌پذیری گونه در محدوده منابع مورد استفاده خود، در رویشگاه محاسبه شد. مقدار کم این شاخص (۰/۱۵۸) نشان می‌دهد که لاله واژگون یک گونه تخصص‌گرا در محدوده‌ی منابع رویشگاهی خود می‌باشد. به‌عبارت دیگر بیان می‌کند که گونه مذکور از میدان اکولوژیک نسبتاً باریک[1] برخوردار بوده که به زندگی در دامنه محدودی از شرایط محیطی تمایل بیشتری دارد. تحمل‌پذیری از نظر اکولوژیکی به این معناست که هرچه یک گونه با شرایط خاص یک محیط تطبیق پیدا کند و در آن شرایط تخصصی عمل کند، نسبت به تغییر شرایط محیطی تحمل کمتری خواهد داشت.

مهمترین شاخص ارزیابی صحت که در نرم‌افزار Biomapper قابل دسترس است شاخص بویس می‌باشد نمایه بویس برای نقشه‌های تولید شده به روش میانگین هارمونیک فاصله برابر با ۰/۹۲ بود که با توجه به وسعت زیاد منطقه، صحت مدل بسیار خوب ارزیابی می‌شود محققان دیگر همچون هیرزل و همکاران (Hirzel *et al*., 2001-2002)، هنگل و همکاران (Hengl *et al*., 2009) و سنگونی (Sanguni,

1- Stenoecious

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

2011)، از اعتبار سنجی متقابل و شاخص بویس برای بررسی دقت مدل در پژوهش‌های خود استفاده نمودند.

در نهایت به‌دلیل آنکه گونه لاله واژگون یک گونه در معرض خطر انقراض می‌باشد و جهت جلوگیری از انقراض نسل و حفظ وضعیت موجود، گونه‌های گیاهی تا حد امکان باید برای آن‌ها، رویشگاه جایگزین پیدا نمود. تا در مواقع ضروری مثل آتش سوزی و حمله آفات و... از انقراض آنها جلوگیری شود. در نتیجه، به‌منظور حفظ گیاهان دارویی مهم، بایستی آن‌ها را در اراضی تخریب شده کشور کشت کرد. استفاده از روش‌های مدل‌سازی رویشگاه پتانسیل این امر را تسهیل می‌بخشد و علاوه بر احیای این اراضی، به حفظ تنوع زیستی نیز کمک شایانی می‌کند.

منابع

جعفریان جلودار، ز. ۱۳۸۷. مدلسازی مکانی انواع پوشش گیاهی مرتع با استفاده از شاخص‌های اکولوژیک و تصاویر ماهواره‌ای. دانشگاه تهران. ۲۱۲ ص.

چاهوکی، م.ع.، صفری، م.، آذرنیوند، ح.، مقدم، م.، فرح‌پورف م.، شفیع‌زاده، م. ۱۳۸۶. کاربرد رگرسیون لجستیک بر مطالعه بین حضور گونه‌های گیاهی و عوامل زیست‌محیطی. مجله پژوهش و سازندگی، ۷۶: ۱۴۳-۱۳۶.

عبدالهی، خ. ۱۳۸۵. راهنمای جامع سیستم اطلاعات آب و زمین. www.iranhydrology.com

مصطفوی، م.، علیزاده، ع.، کابلی، م. ۱۳۸۹. نقشه‌بندی شایستگی زیستگاه بهار و تابستان برای بز وحشی. مجله علوم منابع طبیعی، ۲: ۱۲۱-۱۱۱.

Afifian M. 2010. Identification and determination of some active ingredients of *Fritillaria imperialis* and relation of it to the habitat conditions, Western area of Isfahan province. M.Sc thesis. Natural resources faculty, Isfahan University of Technology.

Agriculture and Natural Resources Research Center of Isfahan Province, 2011. http://www.icrasn.com/indexf.htm

Eslamzadeh N., Hosseini S.M., Moradi H.R., Dehkordi F.A. 2009. Introduction of new habitats for *Fritillaria imperialis* using GIS. Journal of Environmental Science & Technology. Spring Special issue.

Habibi L. 2007. Hubare habitat evaluation using ecological niche factor analysis (ENFA) and AHP methods in Naeen. M.Sc. Thesis in Isfahan University of Technology.

Hengl T., Sierdsema H., Radovi A., Dilo A. 2009. Spatial prediction of species distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. Ecological Modeling, 220: 3499-3511.

Hirzel A.H., Helfer V., Metral F. 2001. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. Ecological Modeling, 145: 111-121.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

Karimi M.A. 2007. The micro propagation and karyotypes preparation of Fritillariaimperialis. MSc Thesis. Natural resources faculty, Isfahan University of Technology.

Mozafarian V. 1996. Dictionary of Iran Plant Names. Farhang Moaser press.

Memar Moshrefi M. 2008. The effects of cold, Gabrielen and data improving the quality and quantity of the premature culture of Fritillaria College of Agriculture Tarbiat Modares University Horticulture doctoral thesis.

Najafi M. 2015. Modelling the habitat suitability of *Fritillaria imperialis* L. Using Ecological Niche Factor analysis (ENFA), Esfahan province. International Congress of Agricultural Sciences and Environmental, Tehran, Iran

Neeti N., TVaclavik M., Niphadkar. 2007. Potential distribution of Japanese knot weed in Massachusetts. ESRI annual user conference.

Omidi M., Kaboli M., Karami M., Salmanmahini A., Hasanzadeh Kiaee B. 2010. Modeling site suitability of Pantherapardussaxi color using Ecological Niche Factor Analysis in the Kolah Gazi National park, Isfahan. Journal of Environmental Science & Technology. 12(1).

Safaee M. 2012. Modeling potential habitat of *Astragalus verus* using Ecological niche factor analysis and logistic regression methods in Feridonshahr, Isfahan. MSc Thesis. Natural Resources College, Isfahan University of Technology.

Sanguni H. 2011. Determining potential habitat of *Astragalus gossypinus* using Ecological niche factor analysis and AHP methods, Isfahan Province. MSc Thesis. Natural Resources College, Isfahan University of Technology.

Songli F. Schibig J., Vance M. 2007. Spatial habitat modeling of American chestnut at Mammoth Cave National Park. Forest Ecology and Management. 252:201-207.

Vaclavic T., Ortega M. 2008. Modeling potential distribution of Norway maple (ACER paranoids) in Massachusetts, USA. AAG conference in Boston.

Yaghmaei L., Soltani S., Khodagholi, M. 2008. "Bioclimatic classification of Isfahan province using multivariate statistical methods", Int. J. Climatol. 121: 134-146.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]