



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفظت 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.*)

مهدى نجفى<sup>\*</sup>، محمدرضا وهابى<sup>۲</sup>، مصطفى تركش اصفهاني<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشآموخته مرتعداری، دانشگاه صنعتی اصفهان و مدرس دانشگاه پیام نور ایلام  
<sup>۲</sup>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 گونه‌های 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.* به عنوان 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 پتانسیم قابل جذب، مقدار فسفر قابل جذب، مدل رقومی ارتفاع، مقدار بارندگی سالیانه و جهت شیب منطقه مهم ترین عوامل در انتخاب رویشگاه لاله واژگون در منطقه مورد مطالعه می‌باشد مقادیر حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری در این مطالعه به ترتیب ۰/۰۹۲، ۱/۵۴۷ و ۱/۱۵۸+۶/۳۲۵ محسوبه شد که نشان می‌دهد که لاله واژگون یک گونه تخصص‌گرا در محدوده 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، حاشیه‌گرایی، تحمل‌پذیری، بویس، لاله سرنگون

\*مسئول مکاتبه: najafi630@yahoo.com

## مقدمه

در روزگاران کهن، گیاهان برای معالجه بیماری‌ها به کار گرفته می‌شدند. همچنین عنصر اصلی تهیه مواد مختلف گیاهی برای مومیایی و حفظ اجسام 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 (*Fritillaria 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 می‌شود. ترکیبات شیمیایی موجود در آن دارای اثرات دارویی مهمی است. لاله واژگون از جنبه دارویی نیز از اهمیت زیادی برخوردار بوده، به‌طوری‌که وجود ترکیبات آکالالوییدی و گلیکوزیدی برای آن گزارش شده است. این ترکیبات شیمیایی برای درمان دردهای روماتیسمی، بیماری‌های سیستم لنفاوی و به عنوان پاک‌کننده کبد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه قابلیت تولید گلدانی را نیز دارد و صادرات آن به صورت گلدانی امکان‌پذیر می‌باشد. طی چند سال اخیر رویشگاه‌های لاله واژگون به دلایل 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 اکولوژیک (ENFA<sup>1</sup>) صورت گرفته است. در این مطالعه با استفاده از روش مذکور سعی در تعیین ارتباط گونه لاله واژگون و متغیرهای محیطی (اقلیم، خاک، تپوگرافی) در استان اصفهان شده و در نهایت خروجی به صورت 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 مرتی 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

بکار گیری داده‌های فقط حضور<sup>۱</sup> است و بهدلیل صرفه جویی در زمان و کاهش هزینه مطالعه، به‌طور گستردگی مورد استفاده قرار گرفته است و علاوه بر محاسبه مطلوبیت زیستگاه، عوامل بوم شناختی مهمی نظری تخصص گرایی<sup>۲</sup>، حاشیه گرایی<sup>۳</sup> و تحمل‌پذیری<sup>۴</sup> 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<sup>۵</sup> شباهت زیادی دارد و پس از تبدیل متغیرهای زیستگاهی به عوامل<sup>۶</sup> 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) و هنگل و همکاران (Omidi *et al.*, 2009) 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. به عنوان مثال می‌توان به مطالعه واکلاویچ و اورتگا (Vaclavic, 2008) بروی درخت افرا در ماساچوست آمریکا، نیتی و همکاران (Neeti *et al.*, 2007) و همکاران (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

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 فرد آن هر ساله هزاران نفر را به مناطق زندگی این گل می‌کشاند. لاله واژگون از جمله گونه‌های گیاهی شاخص منطقه زاگرس (اقليم خشک معتدل) است که به طور 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).

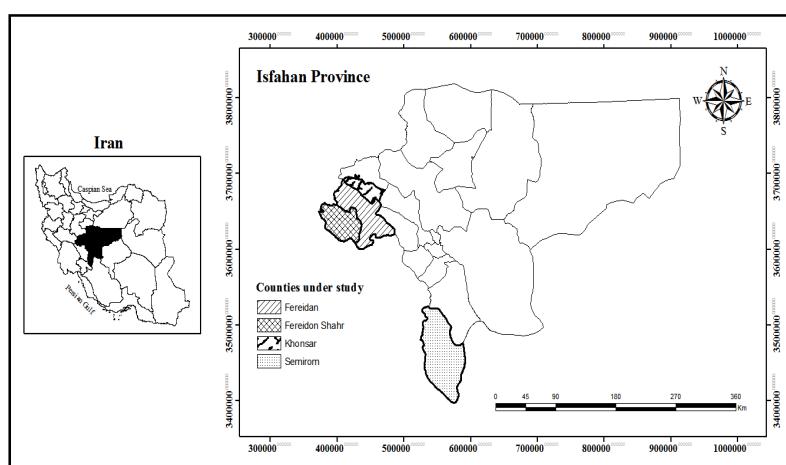
این گیاه تحت تاثیر دمای هوا از اوایل بهار در نواحی شمالی زاگرس شروع به شکوفایی می‌کند و در مناطق جنوبی در اواسط اردیبهشت به گل می‌نشیند. این گیاه تا ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متری رشد می‌کند و عمر کوتاهی دارد، به طوری که در اواخر بهار خزان می‌کند و به صورت پیاز زاد آوری می‌یابد. براساس سیاست‌های سازمان حفاظت محیط زیست گیاه لاله واژگون به عنوان 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 به صورت 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  $۳۰^{\circ}۴۲'$  تا  $۳۰^{\circ}۳۴'$  عرض شمالی و  $۴۹^{\circ}۳۶'$  تا  $۴۹^{\circ}۵۵'$  طول شرقی در ایران مرکزی قرار دارد. میانگین سالانه بارش در سطح استان معادل ۱۵۰

میلی متر است. ۳۲ درصد استان کمتر از ۱۰۰ و ۵۰ درصد آن کمتر از ۱۱۰ میلی متر بارش دریافت می کند. تنها بارش ۵ درصد استان اصفهان بیش از ۴۰۰ میلی متر است با توجه به وجود ناهمواری های استان که در بخش های 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 می باشد  
(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  $۳۲^{\circ} ۱۷' ۵۰''$  تا  $۴۹^{\circ} ۴۶' ۴۱''$  طول شرقی و  $۳۳^{\circ} ۳۲' ۰۰''$  تا  $۳۴^{\circ} ۴۰' ۰۰''$  عرض شمالی واقع شده است. وسعت محدوده مطالعاتی حدوداً ۱۰۰۰ کیلومترمربع و متوسط ارتفاع برابر با ۲۶۶۲ متر از سطح دریا می باشد. متوسط بارش منطقه ۴۵۰ میلی متر برآورده است. شیب غالب منطقه در کلاس ۲۵-۱۲ درصد قرار دارد. مراعت محدوده مورد مطالعه به صورت مراتع ییلاقی مورد استفاده قرار می گیرد و میانگین درجه حرارت سالیانه در آن  $۱۸^{\circ} ۳ / ۱۸^{\circ} ۳$  درجه سانتی گراد است. حداکثر ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه ۳۹۸۷ و حداقل آن ۱۷۷۰ متر از سطح دریا می باشد  
(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 طول های جغرافیایی  $۴۹^{\circ} ۴۹' ۵۰''$  تا  $۵۱^{\circ} ۵۰' ۰۰''$  دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی  $۳۱^{\circ} ۳۳' ۳۳''$  تا  $۳۲^{\circ} ۲۹' ۰۰''$  شمالی واقع است.

حداکثر درجه حرارت سالانه ۳۴ حداقل درجه حرارت سالانه  $21/4$ - 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  $58'$  تا  $49^{\circ}$  شرقی و  $۳۳^{\circ}۵' تا ۳۸^{\circ}۳'$  شمالی واقع شده است حداکثر و حداقل بارندگی و بارندگی متوسط به ترتیب  $۲۳۱$  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  $۸۴۰$  میلی‌متر بوده است و کل محدوده این شهرستان از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی آمریزه در اقلیم نیمه مرطوب قرارمی‌گیرند. 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  $۳۰^{\circ}۴۲' تا ۳۱^{\circ}۵۱'$  طول شرقی و  $۱۷^{\circ}۵۱' عرض شمالی$  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. از سیستم‌های 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) و لایه‌های 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.

## 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 حدائق 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 مطاله 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. به همین منظور متغیرهای مستقل که همان نقشه‌های محیطی هستند به روش BOX-COX نرمال شدنند. این روش از معادله زیر تبعیت می‌کند که در آن  $(X, T)$ ، میزان تبدیل یافته،  $X$ ، متغیر اصلی و  $T$ ، ضریب همبستگی داده‌ها می‌باشد.

$$T(X) = \frac{(XY-1)}{Y} \quad \text{معادله ۱}$$

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.

بنابراین در غالب ماتریس همبستگی<sup>۱</sup> 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 همبستگی و 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 پتابسیم قابل جذب، جهت جغرافیایی، مقدار بارندگی سالیانه و مقدار فسفر قابل جذب به عنوان ورودی‌های این مدل استفاده شد.

جدول ۱ - ماتریس همبستگی متغیرهای مستقل محیطی.

فسفر	سالیانه	جهت جغرافیایی	مقدار بارندگی	مقدار پتابسیم	مدل رقومی ارتفاع
۰/۸۵	۰/۷۲	۰/۷۵۴	۰/۶۷۶	۱	۱
۰/۷۵۸	۰/۴۳۹	۰/۶۷	۱	۰/۶۷۶	۰/۷۵۴
۰/۸۳۹	۰/۶۵۷	۱	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲
۰/۷۹۹	۱	۰/۶۵۷	۰/۴۳۹	۰/۷۷۲	۰/۷۷۲
۱	۰/۷۹۹	۰/۸۳۹	۰/۷۵۸	۰/۸۵	۰/۸۵

ماتریس امتیازی (جدول ۲) حاصل از آنالیز ENFA نشان داد که مهمترین عوامل در تعیین مطلوبیت رویشگاه لاله واژگون به ترتیب شامل متغیرهای مدل رقومی ارتفاع، مقدار پتابسیم قابل جذب، جهت جغرافیایی، مقدار بارندگی سالیانه و مقدار فسفر قابل جذب می‌باشد

جدول ۲- ماتریس امتیازی متغیرهای مستقل محیطی.

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

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

جدول ۳- ماتریس امتیازات بدست آمده از آنالیز عاملی آشیان اکولوژیک.

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

جدول ۳- سهیم 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.

## جدول ۴- نتایج آنالیز ENFA

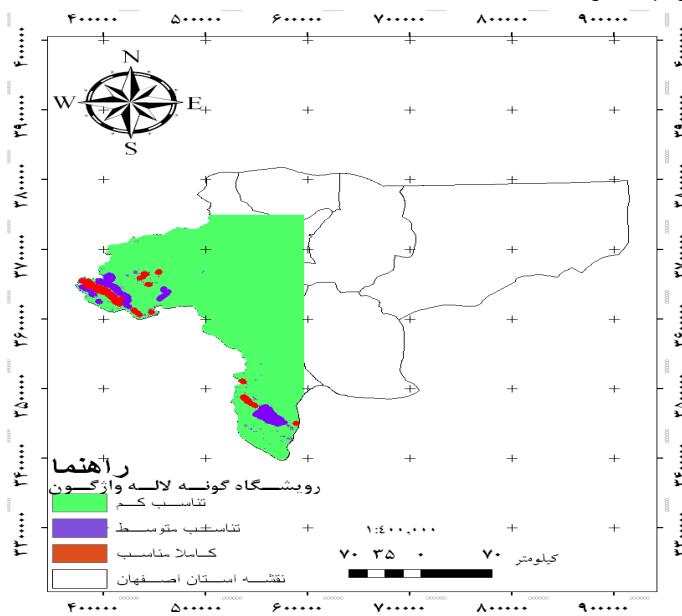
## آنالیز عوامل اصلی مدل

۱/۵۴۷	حاشیه گرایی
۶/۳۲۵	تخصص گرایی
۰/۱۵۸	تحمل پذیری

مقادیر حاشیه گرایی، تخصص گرایی و تحمل پذیری در این مطالعه به ترتیب  $1/547$ ,  $6/325$  و  $0/158$  محاسبه شد. حاشیه گرایی بیش از یک ( $1/54$ ) بدین معنی است که لاله واژگون در منطقه مطالعاتی، تا حدودی مجموعه شرایط رویشگاهی بالاتر از شرایط میانگین منطقه را ترجیح می دهد. فاکتور تحمل پذیری گونه در محدوده منابع مورد استفاده خود، در رویشگاه محاسبه شد. مقدار کم این شاخص ( $0/158$ ) نشان می دهد که لاله واژگون تا حدی یک گونه تخصص گرا در محدوده منابع رویشگاهی خود می باشد.

## تهیه نقشه رویشگاه بالقوه

در این مطالعه، با مقایسه مقادیر شاخص بویس چهار الگوریتم مورد استفاده در نرم افزار برای تولید نقشه‌ی رویشگاه بالقوه (شکل ۴) الگوریتم میانگین هارمونیک انتخاب شد و سپس نقشه‌ی رویشگاه بالقوه لاله واژگون تهیه گردید.



شکل ۴- رویشگاه بالقوه گونه لاله واژگون در منطقه‌ی مطالعاتی

جدول ۵- مساحت هر طبقه از رویشگاه.

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

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

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

با توجه به شاخص بویس، تعداد ۳ کلاس برای نقشه رویشگاه بالقوه تعیین شد. طبقه‌بندی شامل کلاس یک (۰-۳۳- رویشگاه نامناسب)، کلاس دو (۳۳-۶۶ تنااسب متوسط)، کلاس سه (۶۶-۱۰۰ 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

مهنمترین 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. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می‌دهد که نقشه تولید شده با میانگین هارمونیک فاصله دارای بالاترین صحت می‌باشد و پس از آن نقشه‌های تولید شده الگوریتم حداقل فاصله و الگوریتم میانگین هندسی فاصله بهتر ترتیب با شاخص‌هایی برابر با ۰/۸۱ و ۰/۸۵ قرار می‌گیرند.

### بحث و نتیجه‌گیری

بهره‌برداری پایدار از گیاهان دارویی با توجه به پتانسیل مراعع کشور نیازمند شناخت مکان مرجع 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

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 پاتاسیم 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 آمبرژ، متوسط بارندگی سالیانه و پاتاسیم قابل جذب خاک بود.

در این مطالعه مشخص شدکه لاله واژگون بیشتر در ارتفاع بین ۲۳۰۰-۲۵۰۰ متر مشاهده شد و در این رابطه معمار مشرفی (Memar Moshrefi, 2008) بیان کرد لاله واژگون در ارتفاعات ۲۰۰۰ متر در مناطق سرد کشور به صورت 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 (۲۳۰۰-۲۵۰۰) رویش دارد و با افزایش ارتفاع میزان بارندگی زیاد و مقدار دما کاهش می‌باید 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 می‌کند که این گونه در شیب‌های شمالی دیده می‌شود و بنابراین جهت رشد مناسب به دمای متوسط نیاز دارد (Eslamzadeh, 2009).

گرданا تومویس و همکاران<sup>۱</sup> (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 می‌شود با آنکه ممکن است در دامنه‌های دیگر هم دیده شود.

1- Tomovic

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 پتانسیم و فسفر است؛ پارامترهای مهم مثل تیپ خاک و توپو گرافی برای تعیین مکان‌های مناسب کافی است (عبداللهی، 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 رابطه حضور گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی در مراتع پشتکوه یزد بیان کرد که 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 به ترتیب ۱/۵۴۷، ۰/۳۲۵ و ۰/۱۵۸ محسوبه شد. حاشیه‌گرایی بیش از یک (۱/۵۴۷) بدین معنی است که لاله واژگون در منطقه مطالعاتی، تا حدودی مجموعه شرایط رویشگاهی بالاتر از شرایط میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد. فاکتور تحمل پذیری گونه در محدوده منابع مورد استفاده خود، در رویشگاه محسوبه شد. مقدار کم این شاخص (۰/۱۵۸) نشان می‌دهد که لاله واژگون یک گونه تخصص‌گرا در محدوده منابع رویشگاهی خود می‌باشد. به عبارت دیگر بیان می‌کند که گونه مذکور از میدان اکولوژیک نسبتاً باریک<sup>۱</sup> برخوردار بوده که به زندگی در دامنه محدودی از شرایط محیطی تمایل بیشتری دارد. تحمل پذیری 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, 2002) نیز این نتایج را تأیید کرده‌اند.

1- Stenoecious

2011)، از اعتبار سنجی متقابل و شاخص بوسی 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 موقع 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، آذرنيوند، ح، مقدم، م، فرجپورف، م، شفیعزاده، م. ۱۳۸۶. کاربرد رگرسیون لجستیک بر مطالعه بین حضور گونه‌های گیاهی و عوامل زیست محیطی. مجله پژوهش و سازندگی، ۱۴۳: ۷۶-۱۳۶.
- عبدالهی، خ. ۱۳۸۵. راهنمای جامع سیستم اطلاعات آب و زمین. مجله www.iranhdrology.com مصطفوی، م. علیزاده، ع، کابلی، م. ۱۳۸۹. نقشه‌بندی شایستگی زیستگاه بهار و تابستان برای بز و حشی. 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.

- 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 paranooids) 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.

