

## مدل‌سازی پراکنش گونه زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از

### روش تحلیل آنتروپی بیشینه

علی جعفری<sup>۱\*</sup>، مرضیه علی‌پور<sup>۲</sup>، مژگان عباسی<sup>۳</sup>، علی سلطانی<sup>۴</sup>

۱. دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد  
m.alipour@yahoo.com
۳. استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد  
mozghan.abbasi@sku.ac.ir
۴. دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد  
ali.soltani@sku.ac.ir

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۴/۲۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵

#### چکیده

تعیین وضعیت پراکنش و توزیع گونه‌ها و زیستگاه‌های تحت اشغال آن‌ها از اهمیت بسزایی در برنامه‌های حفاظتی و مدیریت گونه‌ها برخوردار است، اما زمان و بودجه در دسترس، مطالعه گونه‌ای در مقیاس وسیع را دشوار و در بسیاری از موارد غیرممکن می‌سازد. از این رو در این زمینه از روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه استفاده می‌شود. مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی با هدف شناسایی مناطق مستعد برای اولویت‌بندی حفاظت و جنگل‌کاری حائز اهمیت است. این مطالعه با هدف مدل‌سازی پراکنش گونه زالزالک با استفاده از روش تحلیل آنتروپی بیشینه و امکان‌سنجی توسعه این گونه در استان چهارمحال و بختیاری صورت گرفت. بدین منظور نقاط حضور گونه از ۳۷ سایت در سراسر استان با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده جمع‌آوری و مختصات جغرافیایی آن‌ها وارد نرم‌افزار آنتروپی بیشینه شد. نقشه عوامل محیطی شامل ۳ متغیر توپوگرافی، ۷ متغیر اقلیمی و متغیرهای خاک و کاربری اراضی تهیه شدند. این متغیرها به‌عنوان ورودی مدل استفاده شدند و ارتباط بین داده‌های حضور با نقشه‌های ۱۲ متغیر محیطی با استفاده از نرم‌افزار به‌صورت ریاضی تعریف شد. سپس نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش گونه با استفاده از روش مدل‌سازی حداکثر آنتروپی تهیه شد. نتایج حاصل از ارزیابی مدل نشان داد که مدل با سطح زیر منحنی پلات (AUC) برابر با ۰/۹۵ پیش‌بینی عالی را در مقابل برابر با ۰/۰۵ که به معنی تصادفی بودن پیش‌بینی است، دارا است. آزمون جک‌نایف نیز نشان داد که مدل در پیش‌بینی پراکنش گونه زالزالک موفق بوده و عوامل بیشینه دمای سالانه، ارتفاع، میانگین دمای سالانه و میانگین حداقل رطوبت نسبی به‌ترتیب بیشترین تأثیر را بر حضور این گونه در استان چهارمحال و بختیاری دارند.

#### کلیدواژه

آنتروپی بیشینه، آزمون جک‌نایف، چهارمحال و بختیاری، زالزالک، مدل‌سازی.

#### ۱. سرآغاز

جمعیت گونه‌ها به دلیل افزایش تخریب‌های انسانی،

تغییرات آب و هوایی و آفات و امراض محدود شده‌اند. اما به‌دلیل محدودیت زمانی و بودجه در دسترس برای مطالعه، اطلاعات کافی از پراکنش گونه‌ها در اختیار نیست. از این رو روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها ابزاری مناسب برای

آگاهی از پراکنش گونه‌های گیاهی و عوامل تأثیرگذار بر آن‌ها از اهمیت بسزایی در مدیریت، بهره‌برداری پایدار و حفاظت از آن‌ها برخوردار است به‌ویژه در حال حاضر که زیستگاه‌ها و

امروزه جنگل‌های زاگرس به علت قطع بی‌رویه، چرای مفرط و هجوم آفات اغلب به حالت مخروبه در آمده‌اند و بیشتر فرم شاخه‌زاد را تشکیل می‌دهند که به صورت کوهستانی، تنک و در حال تخریب هستند. جنگل‌های استان چهارمحال و بختیاری نیز از این پدیده مستثنی نبوده و مورد تخریب انسانی و غیر انسانی قرار گرفته است. این جنگل‌ها در حال حاضر با وسعتی معادل ۳۳۵۵۶۱ هکتار، ۲۰/۴ درصد از مساحت استان و ۲/۲۵ درصد از مساحت جنگل‌های کشور را به خود اختصاص داده‌اند (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۸۳).

گونه زالزالک (*Crataegus azarolus* L.) درختی است کوچک به ارتفاع ۸ متر و در دسته گونه‌های خاردار قرار دارد که نشان‌دهنده سیر قهقرایی جنگل است. عموماً در جنگل‌های مخروبه و روی خاک‌های عمیق مستقر می‌شود. بهترین رویشگاه‌های آن در ارتفاعات ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است. زالزالک گونه‌ای نورپسند بوده و در جهات مختلف جغرافیایی رویش دارد ولی بیشترین تراکم آن بر اراضی کم‌شیب و بدون جهت مشخص استقرار دارد. پراکنش مکانی آن به صورت کپه‌ای است و به دلیل خاردار بودن، قابلیت استفاده به‌عنوان گونه‌های پیشاهنگ و پرستار را دارد. از چوب این درخت برای سوخت و از برگ آن در مصارف دام و میوه آن مصرف خوراکی و دارویی استفاده می‌شود. شکوفه‌های این درخت نیز تغذیه‌کننده زنبور عسل است. دانه‌های زالزالک دارای پوسته سخت و بسیار مقاومی هستند که در مقابل تغییرات شرایط جوی و پدیده‌های طبیعی فاسد و خراب نمی‌شوند و نسبت به سرما و گرما مقاوم است، بنابراین می‌توان روی آن سرمایه‌گذاری کرد و در منابع طبیعی و فضای سبز از آن استفاده کرد (میرزاده واقفی و همکاران، ۱۳۹۲).

اگرچه در خصوص مدل‌سازی پراکنش گونه‌های جانوری با استفاده از روش تحلیل آنتروپی بیشینه مطالعات زیادی در کشور انجام شده است (خسروشاهی و همکاران،

غلبه بر این محدودیت‌ها هستند. در این روش‌ها پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی از پراکنش مکانی متغیرهای محیطی که با پراکنش گیاهان همبستگی داشته یا کنترل‌کننده این پراکنش هستند، قابل پیش‌بینی است. امروزه با به کارگیری روش‌های آماری قوی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) این مدل‌ها به سرعت در بوم‌شناسی در حال توسعه هستند (Khalili et al., 2018).

دستیابی به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای مستلزم استفاده از عوامل محیطی مؤثر در استقرار گونه است. با اینکه پراکنش جغرافیایی هر گونه تحت تأثیر عواملی مثل آشیانه اکولوژیکی آن، قدرت پراکنش و رقابت‌های بین گونه‌ای قرار دارد، مدل‌های پراکنش گونه‌ای عمدتاً بر فاکتورهای محیطی تمرکز دارند و اثر فرایندهای اکولوژیکی را نادیده می‌انگارند (Guisan & Zimmerman, 2000; Austin, 2002; Hirzil et al., 2002; Austin, 2007; Ashcroft et al., 2012). تاکنون روش‌ها و نرم‌افزارهای مختلفی برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای معرفی شده‌اند و عمده این روش‌ها وابسته به نقاط حضور و عدم حضور گونه و متغیرهای زیستگاهی هستند که تداعی‌کننده عناصر آشیان بوم‌شناختی آن گونه است. یکی از مدل‌های قوی در بررسی نحوه توزیع گونه‌ها الگوریتم آنتروپی بیشینه<sup>۱</sup> است (Phillips et al., 2006). الگوریتم آنتروپی بیشینه متأثر از محدودیت‌های ناشی از متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر نحوه توزیع مکانی گونه است. در واقع این مدل محل حضور را با متغیرهای محیطی در آن مناطق بررسی می‌کند و سپس در سراسر منطقه مورد مطالعه از اصول آنتروپی بیشینه برای تولید نقشه پیش‌بینی تناسب رویشگاه در مناطقی که نمونه‌برداری نشده‌اند استفاده می‌کند.

وجود رابطه قوی بین عواملی از قبیل توپوگرافی، اقلیم، خاک و پوشش گیاهی موجب استقرار جامعه گیاهی خاصی در یک منطقه می‌شود. شناخت این عوامل تعیین‌کننده در مناطقی که به صورت بالفعل رویشگاه جنگلی محسوب می‌شوند، به شناسایی رویشگاه‌های بالقوه در مناطق دیگر با هدف توسعه اراضی جنگلی می‌انجامد.

نسترن وحشی و زلزاک بیشتر در جهت‌های شمالی و در خاک‌های با بافت سبک با زهکشی زیاد است. این دو گیاه دارای نیازهای اکولوژیکی تقریباً یکسانی هستند که می‌توانند به صورت ترکیبی در جنگل‌کاری‌های طبیعی و فضاهای سبز شهری استفاده شوند.

مطالعه حاضر در تکمیل مطالعات فوق و با هدف شناخت پارامترهای اکولوژیک اثرگذار روی پراکنش جغرافیایی گونه زلزاک به منظور اولویت‌بندی و تهیه نقشه مناطق حفاظتی و همچنین بررسی امکان کاشت این گونه در مناطق مشابه با رویشگاه بالفعل در استان چهارمحال و بختیاری و مدیریت بهتر رویشگاه‌های موجود با استفاده از روش تحلیل آنتروپی بیشینه انجام شده است.

## ۲. مواد و روش بررسی

### ۲.۱. منطقه مورد مطالعه

استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۵۳۲ کیلومترمربع بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این استان در مجموع منطقه‌ای کوهستانی در امتداد رشته کوه زاگرس است که از شمال غربی به جنوب شرقی امتداد دارد. بلندترین نقطه استان در زردکوه بختیاری به ارتفاع ۴۲۰۰ متر و پست‌ترین نقطه آن در ناحیه شرقی استان به ارتفاع ۶۹۰ متر واقع شده است (پریسای، ۱۳۸۷) و از شمال و شرق به استان اصفهان، از غرب به استان خوزستان و از جنوب به کهگیلویه و بویراحمد و از شمال غرب به استان لرستان محدود می‌شود (شکل ۱).

به دلیل کوهستانی بودن استان و با توجه به اینکه دمای هوا ناشی از ارتفاع هر منطقه است، اقلیم‌های حرارتی مختلفی در استان حکم‌فرما است. این استان به پنج منطقه اقلیمی سرد و مرطوب، خیلی مرطوب و سرد کوهستانی، نیمه مرطوب گرم، نیمه مرطوب سرد و نیمه خشک سرد تقسیم می‌شود.

۱۳۸۹؛ میرزائسی و همکاران، ۱۳۹۲؛ جعفری و همکاران، ۱۳۹۴؛ حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴؛ شیخی نیلانلو و همکاران، ۱۳۹۵؛ نقیب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷) اما در خصوص گونه‌های گیاهی این مطالعات کمتر (زارع چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۲؛ ناصری حصار و همکاران، ۱۳۹۳؛ Hosseini et al., 2013; Piri-Sahragard & Zare-Chahouk, 2016) و درباره گونه زلزاک تاکنون مدل‌سازی زیستگاه با استفاده از این روش انجام نشده است. با این حال در خصوص نیازهای زیستی و پراکنش زلزاک مطالعاتی به روش‌های دیگر انجام شده است. خان‌حسینی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای که روی این گونه در جنگل‌های کرمانشاه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که درختان زلزاک در دامنه ارتفاعی ۱۸۱۰ تا ۱۳۲۰ متر از سطح دریا، در شکل‌های زمین‌دره و دامنه حضور دارند؛ اما نسبت به جهت جغرافیایی هیچ‌گونه وابستگی نشان نمی‌دهند و در تمام جهات جغرافیایی دیده می‌شوند. همچنین هاشم‌نیا و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی به بررسی اکولوژیکی رویشگاه زلزاک و مکان‌یابی مناطق مناسب برای جنگل‌کاری با این گونه، در شهرستان آبدانان پرداختند که نتایج آن‌ها نشان داد این گونه در ارتفاعات بالا بیشتر رویش دارد و همچنین مشخص شد که این گونه در طبقات قطری ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر بیشترین فراوانی را دارد. خدروی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در تحقیقی به تعیین آشیان اکولوژیک جنس زلزاک (Cratagus) در استان چهارمحال و بختیاری پرداخته و به این نتیجه رسیدند که پراکنش و تراکم این جنس با دمای میانگین سالانه، دمای حداکثر سالانه و درصد شیب رویشگاه معنادار است. در تحقیق دیگری احمدی‌نسب و ذوالفقاری (۱۳۹۶) به مطالعه خصوصیات بوم‌شناختی نسترن وحشی و زلزاک با روش تجزیه تطبیقی متعارفی و قوس‌گیر در استان آذربایجان شرقی پرداختند و نشان دادند که با افزایش فسفر خاک و کاهش میزان شیب، درصد پوشش زلزاک افزایش می‌یابد و کمترین مقدار اسیدپتید در نمونه‌های خاک برداشت شده زلزاک بود. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که حضور



شکل ۱. موقعیت استان چهارمحال و بختیاری در ایران

پایه‌های جنس *Crataegus* هستند. توده‌های با نسبت آمیختگی بالا که کمترین فاصله بین این توده‌ها ۵ کیلومتر بود انتخاب شدند. در نهایت ۳۷ توده میزبان گونه که دارای مساحت‌های مختلفی از ۳/۲۳ هکتار (واقع در ذخیره‌گاه جنگلی فرخور) تا ۳۵/۳۲ هکتار (واقع در منطقه موز، بازفت) بودند، با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی<sup>۲</sup> (GPS) ثبت شدند (شکل ۲).

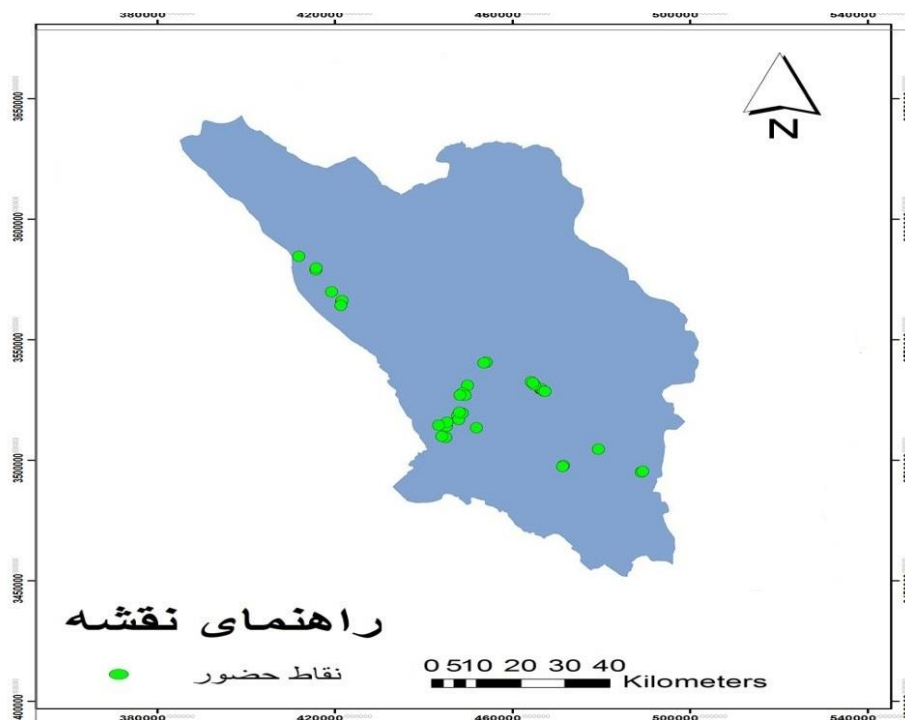
### ۲.۳. اطلاعات محیطی مورد استفاده

به منظور پیش‌بینی پراکنش گونه زلزاک در استان چهارمحال و بختیاری به بررسی برخی عوامل محیطی مؤثر در انتشار جغرافیایی این گونه پرداخته شد و برای این کار از ابزارهایی مانند نرم‌افزارهای GIS برای تولید نقشه‌های متغیرهای محیطی و نرم‌افزارهای آماری استفاده شد. متغیرهای محیطی زیستی مورد استفاده برای مدل شامل: ۷ متغیر اقلیمی، ۳ متغیر توپوگرافی و متغیرهای کاربری اراضی و خاک مطابق جدول ۱ است.

حداکثر مطلق دمای ۴۷/۵ درجه سانتی‌گراد در لردگان و حداقل مطلق دمای ۳۴/۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر در ایستگاه دزک ثبت شده است. پربارش‌ترین بخش استان ارتفاعات غرب با متوسط بارش سالانه ۱۶۰۰ میلی‌متر است. کم‌بارش‌ترین ناحیه استان نواحی شرقی و شمال‌شرقی با متوسط بارش سالانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است و متوسط بارش سالانه استان در حدود ۵۶۰ میلی‌متر است.

### ۲.۲. نقاط حضور گونه

به منظور بررسی حضور گونه زلزاک در سطح استان، نخست محدوده‌های جنگلی روی نقشه استان مشخص شدند، سپس نقاط حضور گونه در این مناطق جنگلی براساس بررسی‌های میدانی (اطلاعات کارشناسان ادارات منابع طبیعی، ساکنین مناطق و جنگل‌گردشی) انتخاب شد. ملاک این انتخاب، حضور توده‌هایی بود که گونه مورد نظر در آن‌ها متراکم‌تر باشد. نتایج اولیه حاصل از جنگل‌گردشی نشان داد که بخش بزرگی از مناطق جنگلی استان دارای



شکل ۲. نقشه نقاط ثبت شده برای حضور گونه زلزاک در استان چهارمحال و بختیاری

جدول ۱. متغیرهای محیط‌زیستی مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش گونه زلزاک در استان چهارمحال و بختیاری

علامت اختصاری	متغیر (واحد)	ردیف	علامت اختصاری	متغیر (واحد)	ردیف
Hum_min	میانگین کمینه رطوبت (درجه سانتی‌گراد)	۷	Temp_aver	میانگین دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	۱
Elev.	ارتفاع از سطح دریا (متر)	۸	Sum_rain	مجموع بارش سالانه (میلی‌متر)	۲
Land_use	کاربری اراضی	۹	Temp_max	بیشینه دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	۳
Slope	شیب (درصد)	۱۰	Temp_min	کمینه دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	۴
Aspect	جهت جغرافیایی	۱۱	Hum_aver	میانگین رطوبت نسبی سالانه (درصد)	۵
soil	بافت خاک (درشت‌دانه و ریزدانه)	۱۲	Hum_max	میانگین بیشینه رطوبت (درصد)	۶

استان چهارمحال و بختیاری با دوره زمانی ۱۵ سال (۱۹۹۵-۲۰۱۰) مربوط به سازمان هواشناسی استفاده شد. متغیرهای توپوگرافی از مدل رقومی ارتفاع تهیه شده از نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استان و همچنین نقشه کاربری اراضی و نقشه بافت خاک (شامل دو طبقه

به منظور تهیه نقشه مکانی پیوسته متغیرهای اقلیمی شامل میانگین دمای سالانه، مجموع بارش سالانه، بیشینه دمای سالانه، کمینه دمای سالانه، میانگین رطوبت نسبی سالانه، میانگین حداکثر رطوبت نسبی و میانگین حداقل رطوبت نسبی از داده‌های میانگین ۹ ایستگاه سینوپتیک

مقادیر سطح زیر منحنی بین ۰ تا ۱ تغییر می‌کند اگر سطح زیر منحنی کمتر از ۰/۵ باشد، بیان‌کننده تصادفی بودن مدل است و اگر این مقدار برابر با ۱ باشد، مدل به بهترین نحو نقاط حضور و عدم حضور را از یکدیگر تفکیک می‌کند. سطح زیر منحنی بین ۰/۷ تا ۰/۸ بیانگر مدلی خوب، ۰/۸ تا ۰/۹ مدل عالی و سطح زیر منحنی بیش از ۰/۹ نشان‌دهنده قدرت تشخیص بسیار عالی مدل است (Elith et al., 2006; Giovanelli & Alexandrino, 2010). این منحنی برای هر دو داده آزمون و آموزشی ترسیم شد.

در فرایند مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، دانستن این‌که کدام متغیرها و به چه میزان در پیش‌بینی حضور گونه نقش دارند نیز اهمیت دارد. آزمون جک‌نایف برآوردی آماری و دقیق از اهمیت متغیرها در پیش‌بینی مدل را فراهم می‌کند. این روش یک متغیر را در زمان اجرا حذف کرده و مدل را بر اساس متغیرهای باقی‌مانده اجرا می‌کند. سپس مدلی با هر یک از متغیرهای کنار گذاشته شده ایجاد می‌کند و در نهایت مدلی نهایی با تمامی متغیرهای شرکت‌کننده در مدل ایجاد می‌کند. با این کار اطلاعاتی از تأثیر هر متغیر در مدل در شرایطی که مهم است میزان سهم هر متغیر در توضیح پراکنش گونه‌ها و اینکه هر متغیر چه میزان اطلاعات منحصر به فرد ایجاد می‌کند فراهم می‌شود (Phillips, 2010).

### ۳. نتایج

مطابق نمونه‌برداری‌های انجام شده از ۳۷ توده زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری، این توده‌ها از نظر توپوگرافی در ارتفاع حداقل ۱۲۹۷ متر از سطح دریا (در منطقه ارمند) تا ۲۲۸۸ متر از سطح دریا (در ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق اردل)، از نظر شیب در مناطق با شیب یک درصد (دورک علیا) تا شیب ۶۰ درصد (ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق) و از نظر جهت جغرافیایی تقریباً در تمام جهات جغرافیایی واقع شده‌اند. همچنین از نظر اقلیمی توده‌های زالزالک در محل‌های دارای بارندگی سالانه ۵۳۲ میلی‌متر (منطقه

درشت‌دانه و ریزدانه) نیز از نقشه‌هایی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به دست آمده از مطالعات پایه طرح آمایش سرزمین استان (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۹۷) استخراج شدند. دلیل انتخاب این مجموعه متغیرها این است که مطابق مطالعات قبلی، این متغیرها دارای اثر مستقیم و غیرمستقیم بر پراکنش زالزالک هستند، دارای کمترین میزان همبستگی با هم بوده و اطلاعات نقشه‌ای آن‌ها برای استفاده در مدل وجود داشت. توان تفکیک تمام لایه‌ها برای استفاده در مدل و تحلیل بیشتر به ۳۰ متر تغییر داده شدند. همچنین لازمه پردازش لایه‌ها در محیط GIS این است که موقعیت مکانی، اندازه سلول، تعداد سلول و سیستم مختصات یکسانی داشته باشند تا مدل توانایی انطباق کامل آن‌ها را داشته باشد. پس از آماده‌سازی لایه‌ها از نرم‌افزار Maxent نسخه 3.3.3e برای انجام مدل‌سازی استفاده شد (Phillips et al., 2006).

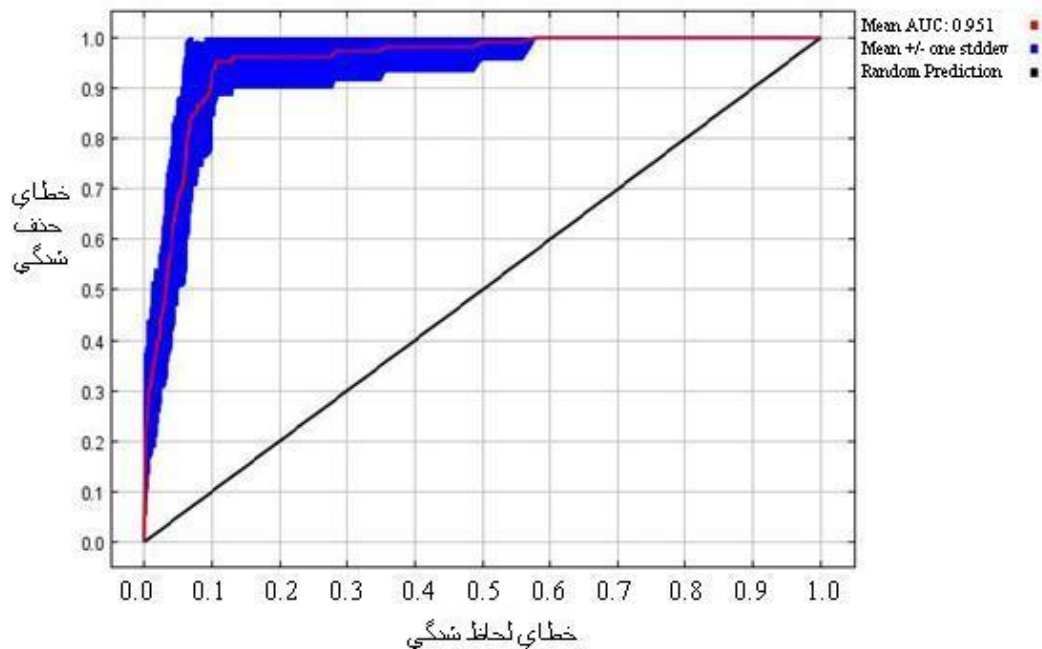
از ۸۰ درصد داده‌های حضور گونه به طور تصادفی به‌عنوان داده‌های آموزشی<sup>۳</sup> در ساخت مدل و از ۲۰ درصد باقی‌مانده داده‌های حضور برای ارزیابی (اعتبارسنجی) مدل<sup>۴</sup> استفاده شد. خروجی نرم‌افزار برای هر بار تکرار یک نقشه پیوسته احتمال حضور رویشگاه است که نقشه میانگین از ۱۵ تکرار به‌عنوان خروجی نهایی در نظر گرفته شد. خروجی نرم‌افزار در سه فرمت خام، تجمعی و لجستیک ارائه می‌شود که هر سه فرمت یکنواخت و به هم مربوط هستند اما نحوه بیان آن‌ها متفاوت است (Phillips, 2010; Phillips et al., 2006).

به‌منظور استفاده از مدل در پیش‌بینی حضور گونه، لازم است مدل، ارزیابی و اعتبارسنجی شود تا میزان صحت آن معلوم شود. شاخص سطح زیر منحنی (AUC)<sup>۵</sup> عامل دریافت‌کننده (ROC)<sup>۶</sup> که برابر با احتمال تشخیص صحیح میان نقاط حضور و عدم حضور توسط یک مدل است (Fielding & Bell, 1997) به‌عنوان بهترین استاندارد ارزیابی در مدل‌های پراکنش گونه مورد قبول بوده و به طور گسترده استفاده شده است (Duan et al., 2014).

هر یک از متغیرها در توسعه مدل نیز در جدول ۲ نشان داده شده است. مطابق این جدول مهمترین متغیرهایی که بیشترین سهم را در مدل داشته‌اند به ترتیب ارتفاع، میانگین حداقل رطوبت نسبی و میانگین مجموع بارندگی سالانه هستند. دو متغیر ارتفاع و میانگین حداقل رطوبت نسبی بیش از نیمی از درصد سهم کل متغیرها یعنی ۵۸/۴ درصد پراکنش گونه را توجیه می‌کنند و بیشترین سهم را در توجیه پراکنش آن دارا هستند.

شمس‌آباد) تا ۱۲۱۲ میلی‌متر (منطقه شیخ عالی) یافت می‌شوند. از نظر بافت خاک نیز توده‌های زالک در بافت‌های ریزدانه و درشت‌دانه تقریباً به طور یکسان رشد می‌کنند به طوری که در مجموع ۳۲۳ هکتار از کل توده‌ها در بافت خاک درشت‌دانه و ۳۶۸ هکتار در خاک‌های با بافت ریزدانه مشاهده شدند.

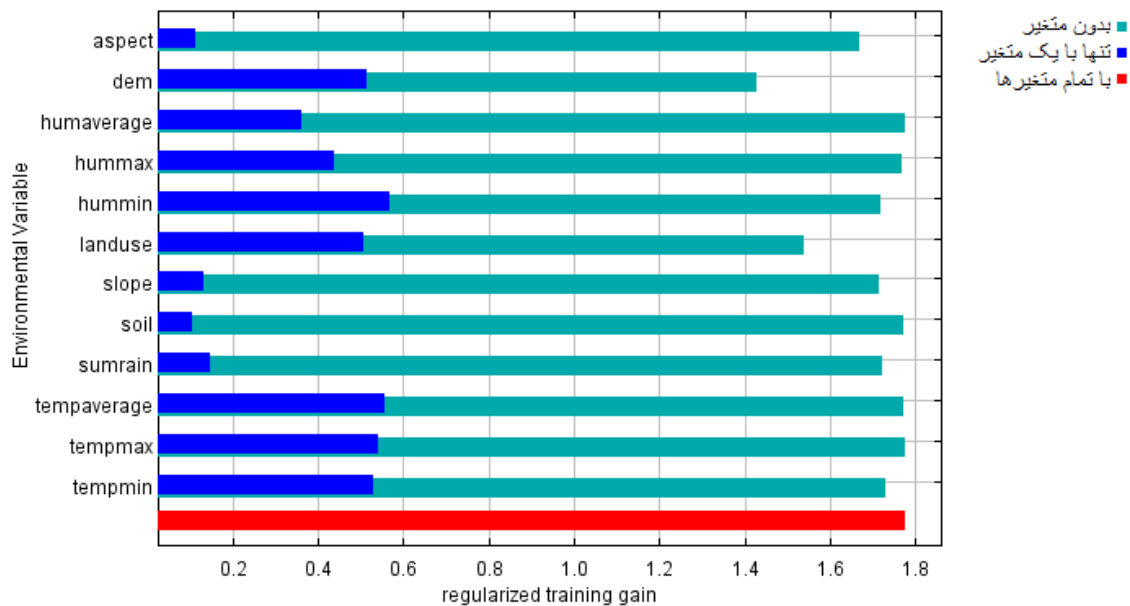
شکل ۳ سطح زیر منحنی (AUC) مدل حاصل از نرم‌افزار آنتروپی بیشینه را نشان می‌دهد. مقدار این شاخص ۰/۹۵ است که نشان‌دهنده پیش‌بینی عالی مدل است. سهم



شکل ۳. منحنی ROC و مقدار AUC مدل پراکنش گونه زالک در استان چهارمحال و بختیاری

جدول ۲. سهم تأثیرگذاری (اهمیت) متغیرهای محیط‌زیستی در پراکنش گونه زالک

ردیف	متغیر	درصد سهم (اهمیت)	ردیف	متغیر	درصد سهم (اهمیت)
۱	میانگین دمای سالانه	۳/۲	۷	میانگین کمینه رطوبت	۱۸
۲	مجموع بارش سالانه	۱۴/۱	۸	ارتفاع از سطح دریا	۴۰/۴
۳	بیشینه دمای سالانه	۲	۹	کاربری اراضی	۴/۸
۴	کمینه دمای سالانه	۸/۴	۱۰	شیب	۴/۹
۵	میانگین رطوبت نسبی سالانه	۰	۱۱	جهت جغرافیایی	۰/۴
۶	میانگین بیشینه رطوبت	۳/۸	۱۲	بافت خاک	۰/۱



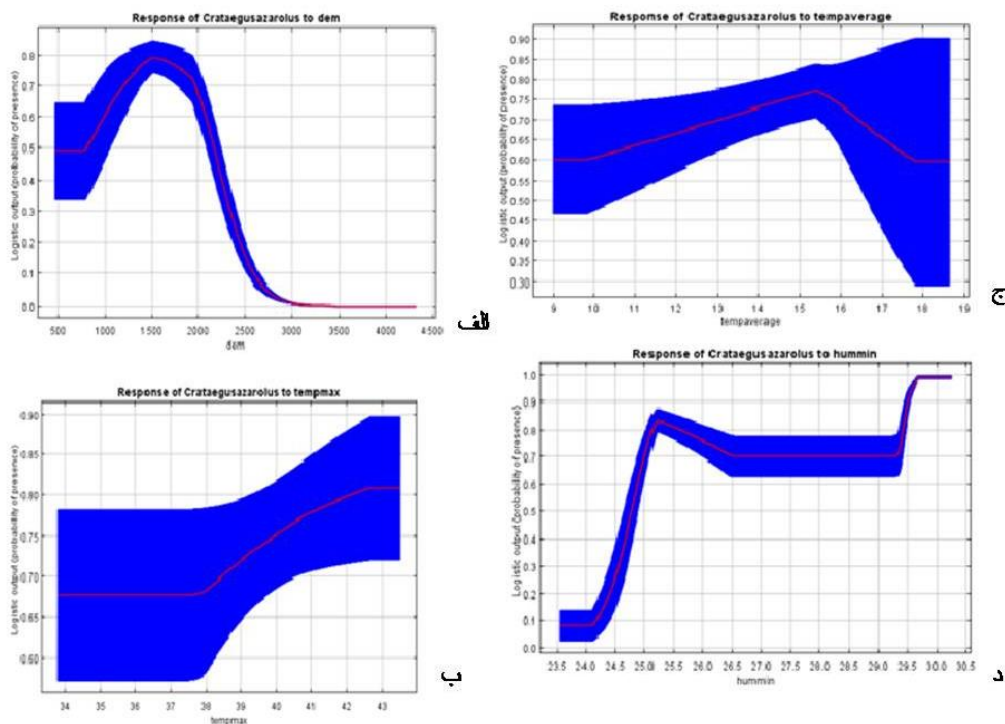
شکل ۴. نتایج آزمون جک‌نایف برای تعیین اهمیت متغیرهای محیطی در توسعه مدل

زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری نشان‌دهنده این است که بیشترین احتمال حضور گونه در مناطقی با ارتفاع ۱۰۰۰-۲۰۰۰ وجود دارد و با افزایش ارتفاع احتمال حضور گونه کم می‌شود (شکل ۵ الف). طبق منحنی پاسخ گونه به بیشینه و میانگین دمای سالانه، پراکنش گونه در مناطقی که دمای هوا از ۳۸ درجه بیشتر می‌شود احتمال بیشتری می‌یابد. بیشترین احتمال پراکنش گونه نیز طبق منحنی پاسخ میانگین دمای سالانه در محدوده دمای ۱۰-۱۵ است که پس از آن با افزایش دما احتمال پیش‌بینی پراکنش روند نزولی گرفته و در نهایت ثابت می‌شود (شکل ۵ ب و ج). همچنین با بررسی منحنی پاسخ این گونه به میانگین حداقل رطوبت نسبی دیده می‌شود که پراکنش آن در محدوده رطوبتی ۲۴-۲۵ درصد بیشتر است و پس از آن میزان پراکنش با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد تا اینکه دوباره در محدوده رطوبت ۲۹/۵ سیر افزایشی یافته و مجدداً روند ثابتی را پیش می‌گیرد (شکل ۵ د).

شکل ۴ نتایج تحلیل جک‌نایف را نشان می‌دهد. این منحنی دستیابی به افزوده را در سه حالت مختلف مدل (بدون متغیری خاص، تنها با یک متغیر خاص و با تمام متغیرها) نشان می‌دهد. مطابق نتایج این تحلیل، ارتفاع متغیری است که حذف آن بیشترین کاهش را در AUC ایجاد می‌کند. همچنین در حالت مدل تنها با یک متغیر، مهم‌ترین متغیرها بیشینه دمای سالانه و میانگین دمای سالانه هستند که می‌توانند AUC حدود ۰/۸۷ را ایجاد کنند. به‌طور کلی آزمون جک‌نایف نشان می‌دهد که مهم‌ترین متغیرها که بیشترین سهم را در پیش‌بینی مدل داشته‌اند شامل بیشینه دمای سالانه، ارتفاع، میانگین دمای سالانه و میانگین حداقل رطوبت نسبی هستند.

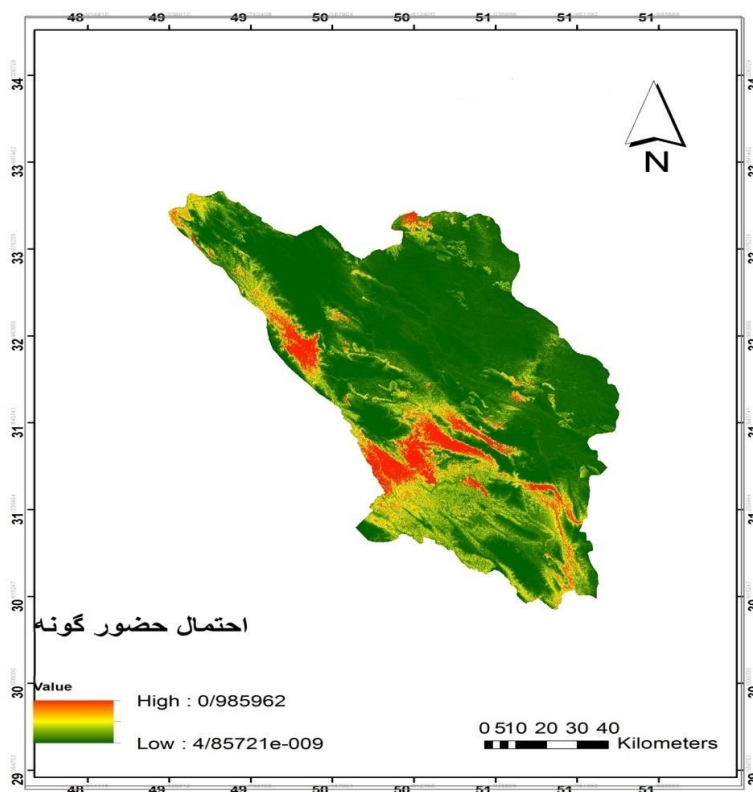
در این مطالعه منحنی‌های پاسخ گونه به متغیرهای محیطی نیز ترسیم شدند (شکل ۵). منحنی‌های پاسخ، نشان‌دهنده اثر متغیرها روی احتمال توزیع گونه هستند و اینکه هر متغیر به چه شیوه‌ای بر پراکنش گونه تأثیرگذار بوده است. مهم‌ترین منحنی‌های پاسخ مربوط به پراکنش





شکل ۵. منحنی‌های پاسخ گونه زالک نسبت به متغیرهای محیطی

(الف. ارتفاع، ب. میانگین بیشینه دمای سالانه، ج. میانگین دمای سالانه، د. میانگین کمینه رطوبت نسبی)



شکل ۶. پراکنش پیش‌بینی شده برای گونه زالک در استان چهارمحال و بختیاری

ارائه دهد ( Elith et al, 2006; Peterson & Shaw, 2003; Yang et al., 2013).

در فرایند مدل‌سازی دانستن این که کدام متغیرها و به چه میزان در مدل‌سازی نقش داشته‌اند اهمیت دارد، نتایج حاصل از عملکرد گونه در امتداد شیب تغییرات محیطی از طریق منحنی‌های پاسخ به دست می‌آید و بر اساس بررسی که در ارتباط با عوامل مؤثر بر پراکنش گونه زلزالی در این پژوهش انجام شد، مشخص شد که متغیرهای ارتفاع، میانگین حداقل رطوبت نسبی و میانگین مجموع بارندگی سالانه از مهمترین عوامل مؤثر بر پراکنش گونه زلزالی در سطح استان چهارمحال و بختیاری است. نتایج این تحقیق تا حد زیادی با نتایج مطالعه یغمایی (۱۳۸۹) در خصوص بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر گسترش تیپ‌های جنگلی در استان چهارمحال و بختیاری همخوانی دارد. ایشان با بررسی ۷۱ متغیر اقلیمی و با روش تحلیل عاملی نشان دادند که دمای گرمایشی و بارش از مهمترین عوامل اقلیمی مؤثر بر پراکنش تیپ‌های جنگلی دارای گونه زلزالی به عنوان یکی از گونه‌های غالب در استان چهارمحال و بختیاری هستند. همچنین Phipps و همکاران (۲۰۰۳) در تعیین میدان اکولوژیک یکی از زیرگونه‌های زلزالی به نام *Cratagus azarolus var. aronia* L. بارندگی سالیانه بیش از ۴۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه بیش از ۱۲ درجه سانتی‌گراد را از عوامل مهم در تعیین میدان اکولوژیک بالقوه این گونه دانسته‌اند.

منحنی عکس‌العمل گونه زلزالی نسبت به ارتفاع نشان می‌دهد، بیشترین احتمال حضور گونه در مناطقی با ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر پیش‌بینی می‌شود و با افزایش ارتفاع احتمال حضور گونه کم می‌شود که با نتایج حاصل از تحقیقی که در جنگل‌های شهرستان آبدانان استان ایلام روی گونه زلزالی انجام شد (هاشم‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳) همخوانی دارد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که درختان زلزالی در دامنه ارتفاعی ۱۳۲۰-۱۸۱۰ متر از سطح دریا، در فرم‌های زمین‌دره و دامنه حضور دارند و بهترین

در نهایت بر اساس کارایی خوب مدل در پیش‌بینی پراکنش گونه زلزالی براساس ۳۷ نقطه حضور احتمال حضور (پراکنش) این گونه در استان چهارمحال و بختیاری تعیین شد (شکل ۶). این شکل نقشه‌ای پیوسته حاصل از ۱۵ تکرار است که در آن اعداد بزرگ‌تر بیانگر احتمال بیشتر حضور گونه است. مطابق این شکل بهترین مکان‌های پیش‌بینی شده برای حضور گونه زلزالی واقع در شهرستان‌های اردل، کوهرنگ و کیار هستند.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی و استقرار آن‌ها در عرصه‌های طبیعی، بر اساس دامنه بردباری‌شان به عوامل مختلف محیطی و ویژگی‌های اکولوژیکی صورت می‌پذیرد. بنابراین شناخت عوامل تأثیرگذار بر پراکنش جغرافیایی می‌تواند در شناسایی مکان بالقوه گونه‌هایی که ارزش حفاظتی آب و خاک را دارند، کارآمد باشد و همچنین به احیا و توسعه اکوسیستم‌های تخریب شده کمک کند. مدل‌های پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی مطالعاتی هستند که با داشتن داده‌هایی با قابلیت اطمینان بالا می‌توانند از صرف وقت و هزینه زیاد جلوگیری کرده و انجام تحقیقات اکولوژیکی را مقرون به‌صرفه می‌کند (حیدریان آفاخانی و همکاران، ۱۳۹۵).

مدل آنتروپی بیشینه ثابت کرده که در بحث تعیین مطلوبیت زیستگاه و پراکنش گونه‌ها خیلی مؤثر بوده زیرا فقط بر داده‌های حضور متکی بوده و فاقد بسیاری از عوارض مرتبط با روش‌های تحلیلی حضور-غیاب است (Baldwin, 2009). نتایج به‌دست آمده از ارزیابی عملکرد مدل آنتروپی بیشینه از طریق آماره سطح زیر منحنی (AUC) حدود ۰/۹۵ نشان می‌دهد مدل از توانایی پیش‌بینی عالی برخوردار است. مطالعات بیانگر آن است که حتی در مواقعی که تعداد نمونه‌ها کم است، عملکرد پیش‌بینی روش آنتروپی حداکثر، می‌تواند با روش‌هایی که بالاترین دقت پیش‌بینی را دارند، رقابت کند و نتایج قابل قبولی را

کاربردی‌های زمین زراعی، مرتع و جنگل بیشتر از دیگر کاربردی‌ها است.

نتایج حاصل از آزمون جک‌نایف نشان داد که متغیرهای بیشینه دمای سالانه، ارتفاع، میانگین دمای سالانه و میانگین حداقل رطوبت نسبی روی پراکنش گونه تأثیر بیشتری نسبت به دیگر متغیرها دارند که با نتایج حاصل از مطالعه‌ای هماهنگی دارد که دمای گرمایشی را مهمترین عامل در پراکنش پوشش گیاهی در استان چهارمحال و بختیاری می‌داند (پریسای، ۱۳۸۷). تأثیر عامل دما بیشتر در قسمت‌های جنوب و جنوب‌شرقی استان بارز است و طبق منحنی پاسخ گونه بیشترین پراکنش گونه زلزاک نیز در جهت جنوبی بوده است.

در نهایت نتایج این تحقیق اطلاعات کلیدی و مهمی را درباره دامنه تحمل‌پذیری گونه زلزاک نسبت به متغیرهای محیطی تأثیرگذار فراهم آورده است. این اطلاعات در اتخاذ تصمیمات مدیریتی برای اولویت‌بندی مناطق حفاظتی و انجام اقدامات اصلاحی و حفاظتی بخصوص در مناطقی که پوشش گیاهی در حال تخریب است، مؤثر بوده و شانس موفقیت در طرح‌های کاشت و احیاء را افزایش می‌دهد.

#### یادداشت‌ها

1. Maximum entropy (Maxent)
2. Global positioning system (GPS)
3. Train data
4. Test data
5. Area under the curve
6. Receiver-operator curve

وضعیت برای صفات رویشی این درختان متعلق به دامنه ارتفاعی ۱۲۰۰-۱۵۰۰ متری از سطح دریا است.

Titshall و همکاران (۲۰۰۰) بیان می‌کنند که ارتفاع، شیب و جهت سه فاکتور توپوگرافی مهمی هستند که پراکنش و الگوهای پوشش گیاهی را در مناطق کوهستانی کنترل می‌کنند. در مطالعه حاضر نیز ارتفاع، مهمترین عامل توپوگرافی در پیش‌بینی پراکنش گونه زلزاک شناخته شد. همچنین بیشترین حضور گونه زلزاک بر اساس منحنی پاسخ در شیب حدود ۰-۲ درصد بوده و با افزایش میزان شیب احتمال پیش‌بینی پراکنش گونه کاهش می‌یابد. این نتیجه نیز با نتیجه به دست آمده از تحقیقی که به مطالعه خصوصیات بوم‌شناختی نستر و وحشی و زلزاک با روش تجزیه تطبیقی متعارفی و قوس‌گیر در استان آذربایجان شرقی صورت گرفته است همخوانی دارد (احمدی‌نسب و ذوالفقاری، ۱۳۹۶).

عامل بافت خاک، یکی از متغیرهای فیزیکی مؤثر در پراکنش گیاهان، می‌تواند از طریق تأثیر بر قابلیت دسترسی گیاه به آب در پراکنش جوامع گیاهی در مناطق خشک نقش داشته باشد (Enright et al., 2005). منحنی عکس‌العمل زلزاک نسبت به متغیر بافت خاک نشان می‌دهد که بیشترین احتمال حضور زلزاک در خاک لومی و سیلتی است، که با نتایج حاصل از تحقیقات هاشم‌نیا و همکاران (۱۳۹۳) و احمدی‌نسب و ذوالفقاری (۱۳۹۶) همخوانی دارد. همچنین نتایج حاصل از منحنی عکس‌العمل گونه زلزاک نسبت به متغیر کاربردی اراضی نشان می‌دهد که احتمال حضور گونه در مناطقی با

#### منابع

- احمدی‌نسب، ف. و ذوالفقاری، ع. ۱۳۹۶. مطالعه خصوصیات بوم‌شناختی نستر و وحشی و زلزاک با روش تجزیه تطبیقی متعارفی و قوس‌گیر شده در استان آذربایجان شرقی، ایران. نشریه بوم‌شناسی گیاهان زراعی، ایران. ۱۳ (۱): ۴۹-۵۹.
- پریسای، ب. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر عناصر مهم اقلیمی در پراکنش گونه‌های گیاهی استان چهارمحال و بختیاری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحه ۱۲۰.
- حسین‌زاده، م.، علی‌آبادیان، م. و رستگار پویانی، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی پراکنش جغرافیایی کنونی و آینده گونه مهاجم جکوی شکم زرد خانگی (*Hemidactylus flaviviridis*, Ruppell, 1840) در ایران با استفاده از مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای. پژوهش‌های جانوری ۲۸(۴): ۴۳۱-۴۴۰.

- حیدریان آفاخانی، م.، ترکشم، تمرتاش، ر.، جعفریان، ز. و سنگونی، ح. ۱۳۹۵. پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی با استفاده از مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDM) معرفی روش حداکثر آنتروپی. فصلنامه برنامه‌ریزی منابع جنگلی، ۱(۱): ۷-۱.
- خان‌حسینی، م.، خداکرمی، ی.، ثاقب طالبی، خ. و صفری، ه. ۱۳۹۲. بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در رویشگاه‌های زالزالک (*Crataegus pontica* C. Koch) در استان کرمانشاه. علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۰(۳): ۱۵۳-۱۶۶.
- خداری س.، سلطانی، ع. و عسکری ی. ۱۳۹۳. تعیین آشیان اکولوژیک جنس زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جنگلداری، دانشگاه شهرکرد. ۷۵ صفحه.
- خسروشاهی، ف.، علیزاده شعبانی، ا.، کابلی، م.، کرمی، م.، عطارد، پ. و شریعتی، م. ۱۳۸۹. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه کمرکلی جنگلی (*Sitta europaea*) در نیم‌رخ شمالی البرز. ۶۳(۳): ۲۲۵-۲۳۶.
- جعفری، ع.، میرزایی، ر. و زمانی احمد محمودی، ر. ۱۳۹۴. مدل‌سازی پراکنش قوچ و میش اصفهان در منطقه حفاظت شده تنگ صیاد براساس بهبود اریب داده‌های حضور و انتخاب متغیرهای مناسب با استفاده از حداکثر آنتروپی. مجله بوم‌شناسی کاربردی، ۵(۱۵): ۳۹-۴۸.
- زارع چاهوکی، م.ع.، پیری صحراگرد، ح. و آذرینوند، ح. ۱۳۹۲. مدل‌سازی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی در مراتع حوض سلطان قم با روش آنتروپی حداکثر. مجله مرتع. ۷(۳): ۲۱۲-۲۲۱.
- میرزاده واقفی، س.، جلیلی، ع. و جم‌زاد، ز. ۱۳۹۲. تأثیر اسیدجیبرلیک، اسیدسولفوریک، و نترات پتاسیم بر جوانه‌زنی بذر سه گونه زالزالک بومی ایران. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۶(۲): ۱۳۵-۱۴۶.
- میرزایی، ر.، همای، م.، اسماعیلی، ع. و رضایی، ح. ۱۳۹۲. مدل‌سازی پراکنش دلججه کوچک (*Falco naumanni*) در استان گلستان. فصلنامه پژوهش‌های محیط‌زیست. ۴(۸): ۱۴۹-۱۵۶.
- ناصری حصار، ن.، زارع چاهوکی، م. و صبوری‌راد، س. ۱۳۹۳. معرفی روش آنتروپی حداکثر به‌عنوان ابزاری برای مدل‌سازی پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی مناطق بیابانی (مطالعه موردی: مراتع اشتهارد)، دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری. ۹ صفحه.
- نقیب‌زاده، ع.، رضایی، ن.، سرهنگ‌زاده، ج. و سیدی، ن. ۱۳۹۷. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه گوسفند وحشی در پناهگاه حیات وحش بوروئیه استان یزد با استفاده از روش حداکثر آنتروپی (MaxEnt). محیط‌زیست جانوری، ۱۰(۴): ۷۵-۸۲.
- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری. ۱۳۸۳. گزارش پروژه تهیه نقشه پوشش گیاهی کشور. دفتر فنی مهندسی، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. ۱۳۸ صفحه.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان چهارمحال و بختیاری. ۱۳۹۷. چکیده مطالعات آمایش سرزمین استان چهارمحال و بختیاری (ویرایش اول). ۲۷۵ صفحه.
- شیخی ثیلانلو، ص.، معین‌الدینی، م.، قلی‌پور، م.، شیخی، ع. و کراچی، ه. ۱۳۹۵. ارزیابی زیستگاه کوکر شکم سیاه (*Pterocles orientalis*) با روش آنتروپی بیشینه در پناهگاه حیات وحش شیر احمد سبزوار. محیط‌زیست جانوری، ۶۹(۱): ۲۳۱-۲۴۵.
- هاشم‌نیا، م.، میرزایی، ج.، کرم‌شاهی، ع.، فرامرزی، م. و کرمی، ا. ۱۳۹۳. بررسی اکولوژیکی رویشگاه زالزالک و مکانیابی مناطق مناسب برای جنگل‌کاری با این گونه در شهرستان آبدانان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه ایلام.
- یغمایی، ل.، خداقلی، م.، سلطانی کوپایی، س. و صبوحی، ر. ۱۳۸۸. تأثیر عوامل اقلیمی مختلف بر گسترش تیپ‌های جنگلی استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره. مجله جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ۱(۳): ۲۳۹-۲۵۱.

- Ashcroft, M.B., French, K.O. and Chisholm L.A. 2012. A simple post-hoc method to add spatial context to predictive species. *Ecological Modelling*, 228: 17-26.
- Austin, M.P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling*, 157: 101-118.
- Austin, M. 2007. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological Modelling*, 200: 1-19.
- Baldwin, R.A. 2009. Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research. Kearney Agricultural Center, University of California, 11: 854-866.
- Duan, R.-Y., Kong, X.-Q., Huang, M.-Y., Fan, W.-Y. and Wang, Z.-G. 2014. The Predictive Performance and Stability of Six Species Distribution Models. *PLoS ONE* 9(11): e112764.
- Enright, N.J., Miller, B.P. and Akhter, R. 2005. Desert Vegetation and Vegetation-Environment relationships in Kirthar National Park, Sindh, Pakistan. *Journal of Arid Environments*, 61: 397-418.
- Elith, J., Graham, C.H. and Anderson, R.P. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Echography*, 29: 129-151.
- Fielding, A.H. and Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24(1): 38-49.
- Giovanell, J.F. and Alexandrino, J. 2010. Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: how the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. *Ecological Modelling*, 221: 215-224.
- Guisan, A. and Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147-186.
- Khalili, F., Malekian, M. and Hemami, M.R. 2018. Habitat suitability modelling of Persian squirrel (*Sciurus anomalus*) in Zagros forests, western Iran. *Journal of Wildlife and Biodiversity*, 2(2): 56-64.
- Hirzel, A., Hausser, J., Chessel, D. and Perrin, N. 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitatsuitability maps without absence data. *Ecology*, 83: 2027-2036.
- Hosseini, S.Z., Kappas, M., Zare Chahouki, M.A., Gerold, G., Erasmi, S. and Rafiei-Emam, A. 2013. Modelling potential habitats for *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* in Poshtkouh area, central Iran using the maximum entropy model and geostatistics. *Ecological Informatics*, 18: 61-68.
- Peterson, A.T. and Shaw, J. 2003. *Lutzomyia* vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. *International Journal of Parasitology*, 33: 919-931.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259.
- Philips, S. 2010. A brief tutorial on Maxent. Exercise, American Museum of Natural History, New York.
- Phipps J.B., O'Kennon B. and Lance R. 2003. Hawthorns and Medlars. *Timber Press*, p. 186.
- Piri-Sahragard, H. and Zare-Chahouki, M.A. 2016. Modeling of *Artemisia sieberi* Besser Habitat Distribution Using Maximum Entropy Method in Desert Rangelands. *Journal of Rangeland Science*, 6(2): 93-101.
- Titshall, L.W., O'Connor, T.G. and Morris, C.D. 2000. Effect of long-term exclusion of fire and herbivory on the soils and vegetation of sour grassland. *African Journal of Range and Forage Science*, 17: 70-80.
- Yang, X.Q., Kushwaha, S.P.S., Saran, S., Xu, J. and Roy, P.S. 2013. Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justiciaadhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological Engineering*, 51: 83-87.