محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٥، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۸، صفحهٔ ۲۳۵-۲۲۳

مدل‌سازی پراکنش گونه زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از روش تحلیل آنتروپی بیشینه

علی جعفری[۱]*، مرضیه علی‌پور[۲]، مژگان عباسی[۳]، علی سلطانی[٤]

۱. دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
۲. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد m.alipour@yahoo.com
۳. استادیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد mozhgan.abbasi@ sku.ac.ir
٤. دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد ali.soltani@sku.ac.ir

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/٤/۲۰

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 بودجهٔ دردسترس، مطالعهٔ گونه‌ای در مقیاس وسیع را دشوار و در بسیاری از موارد غیرممکن می‌سازد. ازاین‌رو 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 گونهٔ زالزالک با استفاده از روش تحلیل آنتروپی بیشینه و امکان‌سنجی توسعه این‌گونه 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 این‌گونه در استان چهارمحال و بختیاری دارند.

کلیدواژه

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

۱. سرآغاز

آگاهی از پراکنش گونه‌های گیاهی و عوامل تأثیرگذار بر آن‌ها از اهمیت بسزایی در مدیریت، بهره‌برداری پایدار و حفاظت از آن ها برخوردار است به‌ویژه در حال حاضر که زیستگاه‌ها و جمعیت گونه‌ها به دلیل افزایش تخریب‌های انسانی، تغییرات آب و هوایی و آفات و امراض محدود شده‌اند. اما به‌دلیل محدودیت زمانی و بودجه دردسترس برای مطالعه، اطلاعات کافی از پراکنش گونه‌ها در اختیار نیست. ازاین رو روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها ابزاری مناسب برای

* نویسندهٔ مسئول: Email: jafari.ali@sku.ac.ir

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 به‌سرعت 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 بین‌گونه‌ای 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 تداعی‌کنندهٔ عناصر آشیان بوم‌شناختی آن‌گونه است. یکی از مدل‌های قوی در بررسی نحوهٔ توزیع گونه‌ها الگوریتم آنتروپی بیشینه[1] است (Phillips et al., 2006). الگوریتم آنتروپی بیشینه متأثر از محدودیت‌های ناشی از متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر نحوهٔ توزیع مکانی گونه است. در واقع این مدل محل حضور را با متغیرهای محیطی در آن مناطق بررسی می‌کند و سپس در سراسر منطقهٔ مورد مطالعه از اصول آنتروپی بیشینه برای تولید نقشهٔ پیش‌بینی تناسب رویشگاه در مناطقی که نمونه‌برداری نشده‌اند استفاده می‌کند.

وجود رابطهٔ قوی بین عواملی از قبیل توپوگرافی، اقلیم، خاک و پوشش گیاهی موجب استقرار جامعهٔ 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 توسعهٔ اراضی جنگلی می انجامد.

امروزه جنگل‌های زاگرس به‌علت قطع بی‌رویه، چرای مفرط و هجوم آفات اغلب به حالت مخروبه در آمده‌اند و بیشتر فرم شاخه‌زاد را تشکیل می‌دهند که به‌صورت 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).

گونهٔ زالزالک (*Crataegus azarolus* L.) درختی است کوچک به ارتفاع ۸ متر و در دستهٔ گونه‌های خاردار قرار دارد که نشان‌دهندهٔ 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 خاردار‌بودن، قابلیت استفاده به‌عنوان گونه‌های پیشاهنگ و پرستار را دارد. از چوب این درخت برای سوخت و از برگ آن در مصارف دام و میوهٔ آن مصرف خوراکی و دارویی استفاده می‌شود. شکوفه‌های این درخت نیز تغذیه‌کنندهٔ زنبور عسل است. دانه‌های زالزالک دارای پوستهٔ 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،

۱۳۸۹؛ میرزائی و همکاران،۱۳۹۲؛ جعفری و همکاران،۱۳۹۴؛ حسین‌زاده و همکاران،۱۳۹۴؛ شیخی ئیلانلو 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 دربارهٔ گونهٔ زالزالک تاکنون مدل‌سازی زیستگاه با استفاده از این روش انجام نشده است. با این حال در خصوص نیازهای زیستی و پراکنش زالزالک مطالعاتی به روش‌های دیگر انجام شده است. خان‌حسنی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای که روی این گونه در جنگل‌های کرمانشاه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که درختان زالزالک در دامنهٔ 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 زالزالک 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. خدری و همکاران (۱۳۹۳) نیز در تحقیقی به تعیین آشیان اکولوژیک جنس زالزالک (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 مطالعهٔ خصوصیات بوم‌شناختی نسترن وحشی و زالزالک با روش تجزیهٔ تطبیقی متعارفی و قوس‌گیر در استان آذربایجان شرقی پرداختند و نشان دادند که با افزایش فسفر خاک و کاهش میزان شیب، درصد پوشش زالزالک افزایش می‌یابد و کمترین مقدار اسیدیته در نمونه‌های خاک برداشت شده زالزالک بود. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که حضور نسترن وحشی و زالزالک 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 به‌صورت ترکیبی در جنگل‌کاری‌های طبیعی و فضاهای سبز شهری استفاده شوند.

مطالعهٔ حاضر در تکمیل مطالعات فوق و با هدف شناخت پارامترهای اکولوژیک اثرگذار روی پراکنش جغرافیایی گونهٔ زالزالک به‌منظور اولویت‌بندی و تهیه نقشهٔ مناطق حفاظتی و همچنین بررسی امکان کاشت این‌گونه 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. منطقهٔ 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 شمال‌غربی به جنوب‌شرقی امتداد دارد. بلندترین نقطهٔ استان در زردکوه بختیاری به ارتفاع ۴۲۰۰ متر و پست‌ترین نقطهٔ آن در ناحیهٔ شرقی استان به ارتفاع ۶۹۰ متر واقع شده است (پریسایی، ۱۳۸۷) و از شمال و شرق به استان اصفهان، از غرب به استان خوزستان و از جنوب به کهگیلویه و بویراحمد و از شمال‌غرب 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 منطقهٔ اقلیمی سرد و مرطوب، خیلی مرطوب و سرد کوهستانی، نیمه‌مرطوب گرم، نیمه‌مرطوب سرد و نیمه‌خشک سرد تقسیم می‌شود.

شکل ۱. موقعیت استان چهارمحال و بختیاری در ایران

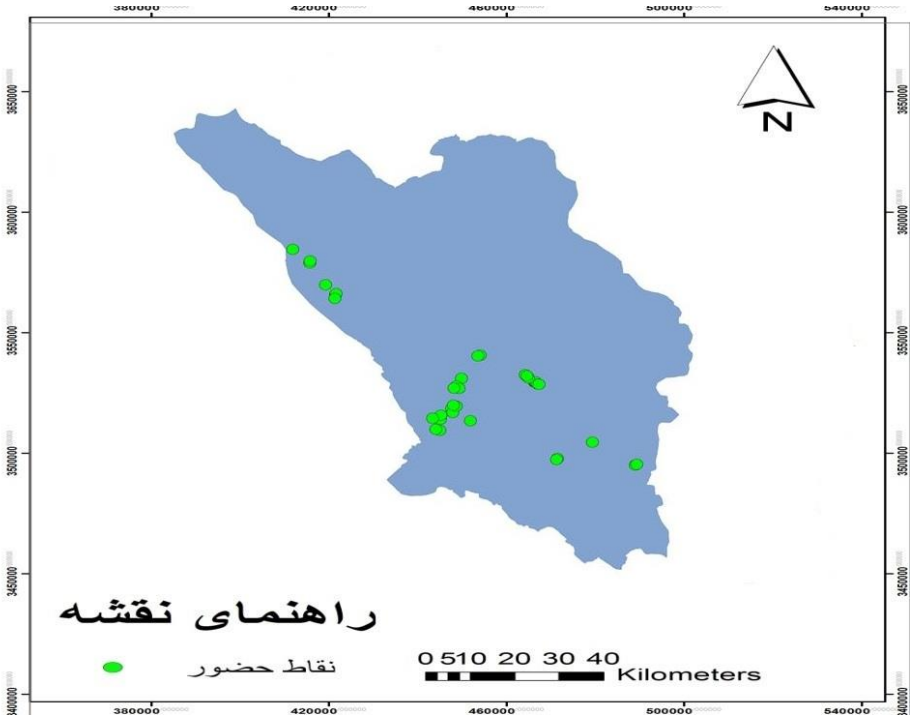
حداکثر مطلق دمای ۴۷/۵ درجهٔ سانتی‌گراد در لردگان و حداقل مطلق دمای ۳۴/۵ درجهٔ سانتی‌گراد زیر صفر در ایستگاه دزک ثبت شده است. پربارش‌ترین بخش استان ارتفاعات غرب با متوسط بارش سالانه ۱۶۰۰ میلی‌متر است. کم بارش‌ترین ناحیهٔ استان نواحی‌شرقی و شمال‌شرقی با متوسط بارش سالانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است و متوسط بارش سالانهٔ استان در حدود ۵۶۰ میلی‌متر است.

۲.۲. نقاط حضور گونه

به منظور بررسی حضور گونهٔ زالزالک در سطح استان، نخست محدوده‌های جنگلی روی نقشهٔ 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 گونهٔ مورد نظر در آن‌ها متراکم‌تر باشد. نتایج اولیهٔ حاصل از جنگل‌گردشی نشان داد که بخش بزرگی از مناطق جنگلی استان دارای 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 مورز، بازفت) بودند، با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی[۲] (GPS) ثبت شدند (شکل ۲).

۲.۳. اطلاعات محیطی مورد استفاده

به‌منظور پیش‌بینی پراکنش گونهٔ زالزالک در استان چهارمحال‌وبختیاری 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 محیط زیستی مورد استفاده برای مدل شامل: ۷ متغیر اقلیمی، ۳ متغیر توپوگرافی و متغیرهای کاربری اراضی و خاک مطابق جدول ۱ است.



شکل ۲. نقشهٔ نقاط ثبت شده برای حضور گونهٔ زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری

جدول ۱. متغیرهای محیط‌زیستی مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش گونهٔ زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری

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

به‌منظور تهیهٔ نقشهٔ 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 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

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[3] در ساخت مدل و از ۲۰ درصد باقی‌مانده داده‌های حضور برای ارزیابی (اعتبارسنجی) مدل[4] استفاده شد. خروجی نرم‌افزار برای هر بار تکرار یک نقشه پیوسته احتمال حضور رویشگاه است که نقشهٔ 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 نحوهٔ 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)[5] عامل دریافت‌کننده (ROC)[6] 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).

مقادیر سطح زیر منحنی بین ۰ تا ۱ تغییر می‌کند اگر سطح زیر منحنی کمتر از ۰/۵ باشد، بیان‌کنندهٔ 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 می کند. 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 نشان‌دهندهٔ قدرت تشخیص بسیار عالی مدل است (Elith et al., 2006; Giovanelli & Alexandrino, 2010). این منحنی برای هر دو داده آزمون و آموزشی ترسیم شد.

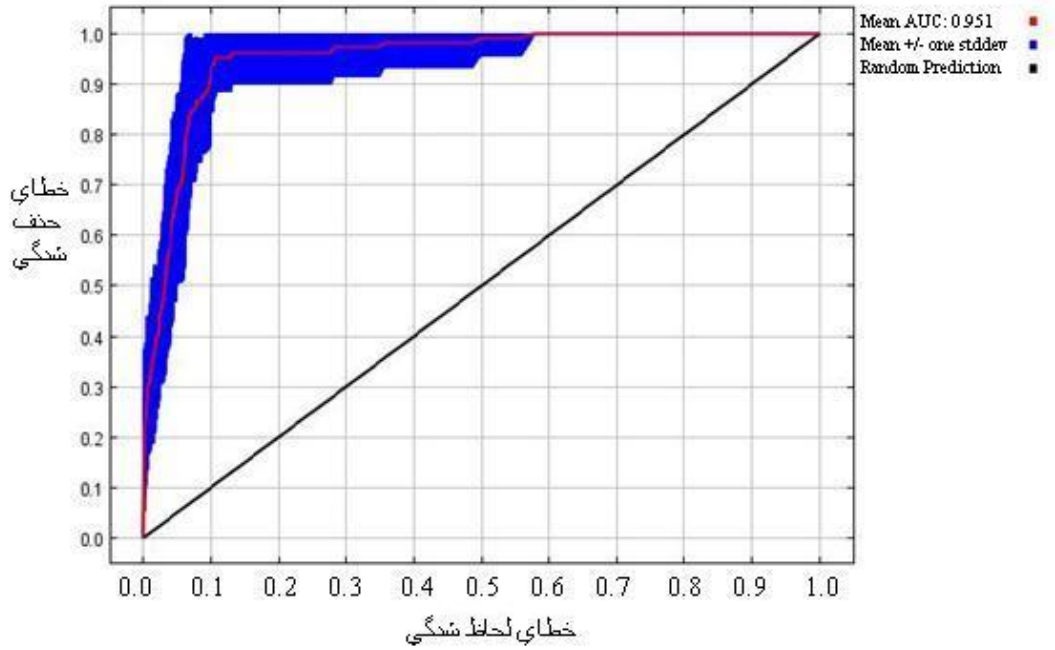
در فرایند مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، دانستن این‌که کدام متغیرها و به چه میزان در پیش‌بینی حضور گونه نقش دارند نیز اهمیت دارد. آزمون جک‌نایف برآوردی آماری و دقیق از اهمیت متغیرها در پیش‌بینی مدل را فراهم می‌کند. این روش یک متغیر را در زمان اجرا حذف کرده و مدل را بر اساس متغیرهای باقی‌مانده اجرا می‌کند. 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 منحصربه‌فرد 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 سالیانه ۵۳۲ میلی‌متر (منطقه

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

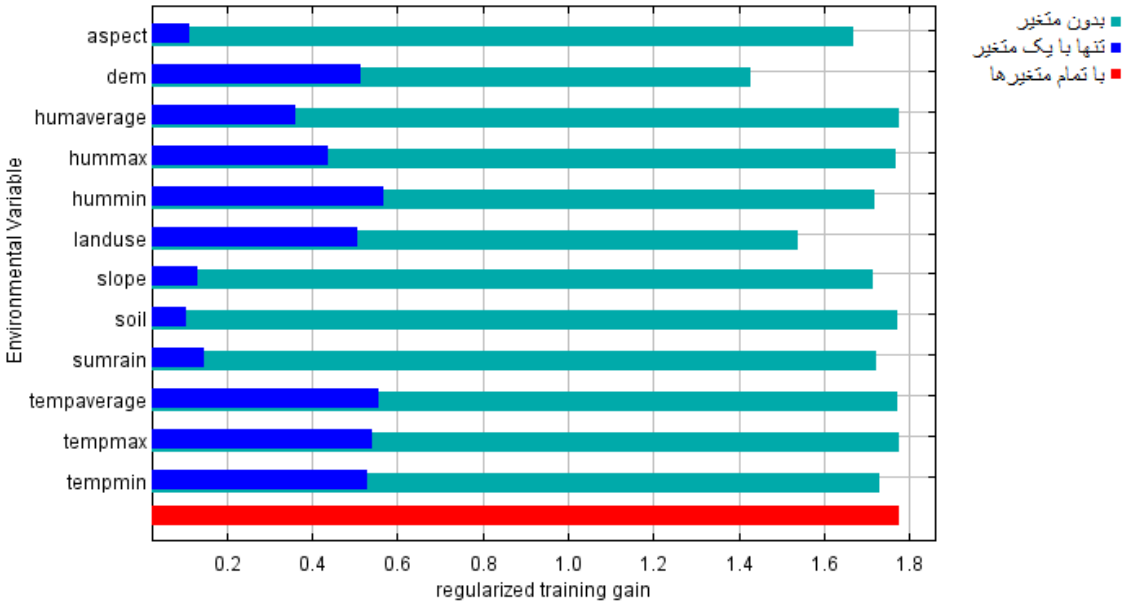
شکل ۳ سطح زیر منحنی (AUC) مدل حاصل از نرم‌افزار آنتروپی بیشینه را نشان می‌دهد. مقدار این شاخص ۰/۹۵ است که نشان‌دهندهٔ پیش‌بینی عالی مدل است. سهم هر یک از متغیرها در توسعهٔ مدل نیز در جدول ۲ نشان داده شده است. مطابق این جدول مهمترین متغیرهایی که بیشترین سهم را در مدل داشته‌اند به ترتیب ارتفاع، میانگین 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.



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

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

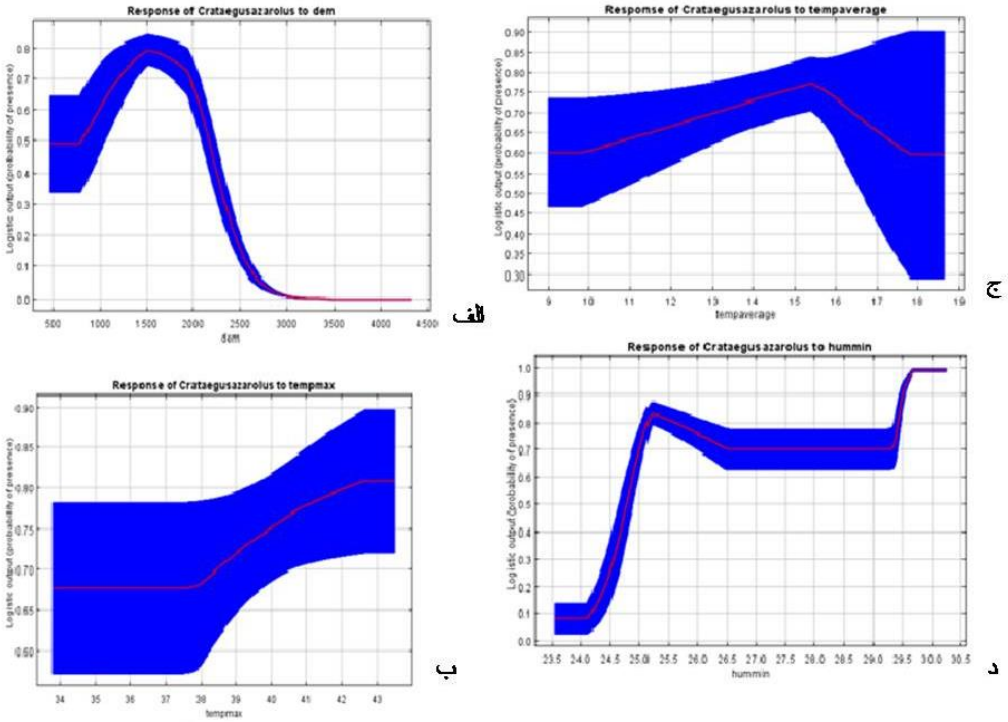
ردیف	متغیر	درصد سهم (اهمیت)	ردیف	متغیر	درصد سهم (اهمیت)
۱	میانگین دمای سالانه	۳/۲	۷	میانگین کمینه رطوبت	۱۸
۲	مجموع بارش سالانه	۱۴/۱	۸	ارتفاع از سطح دریا	۴۰/۴
۳	بیشینه دمای سالانه	۲	۹	کاربری اراضی	۴/۸
۴	کمینه دمای سالانه	۸/۴	۱۰	شیب	۴/۹
۵	میانگین رطوبت نسبی سالانه	۰	۱۱	جهت جغرافیایی	۰/۴
۶	میانگین بیشینه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



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

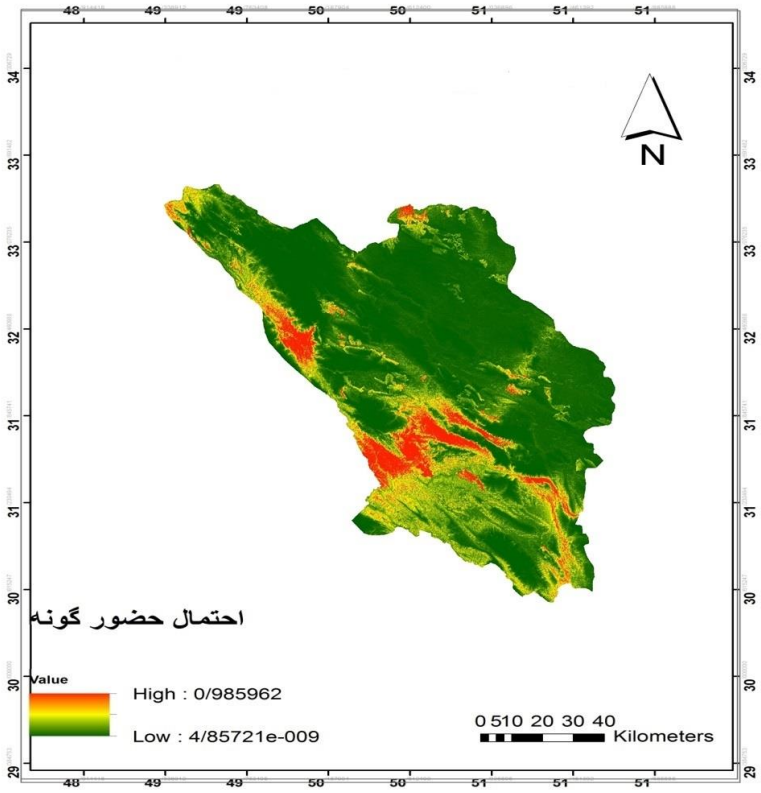
شکل ۴ نتایج تحلیل جک‌نایف را نشان می‌دهد. این منحنی دستیابی به افزوده را در سه حالت مختلف مدل (بدون متغیری خاص، تنها با یک متغیر خاص و با تمام متغیرها) نشان می‌دهد. مطابق نتایج این تحلیل، ارتفاع متغیری است که حذف آن بیشترین کاهش را در AUC ایجاد می‌کند. همچنین در حالت مدل تنها با یک متغیر، مهم‌ترین متغیرها بیشینهٔ دمای سالانه و میانگین دمای سالانه هستند که می‌توانند AUC حدود ۰/۸۷ را ایجاد کنند. به‌طورکلی آزمون جک‌نایف نشان می‌دهد که مهمترین متغیرها که بیشترین سهم را در پیش‌بینی مدل داشته‌اند شامل بیشینهٔ 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، نشان‌دهندهٔ 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 زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری نشان‌دهندهٔ 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 این‌گونه به میانگین حداقل رطوبت نسبی دیده می‌شود که پراکنش آن در محدودهٔ رطوبتی ۲۴–۲۵ درصد بیشتر است و پس از آن میزان پراکنش با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد تا اینکه دوباره در محدودهٔ رطوبت ۲۹/۵ سیر افزایشی یافته و مجدداً روند ثابتی را پیش می‌گیرد (شکل ۵ د).



شکل ۵. منحنی‌های پاسخ گونه زالزالک 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 گونهٔ زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری

در نهایت بر اساس کارایی خوب مدل در پیش‌بینی پراکنش گونه زالزالک براساس ۳۷ نقطه حضور احتمال حضور (پراکنش) این‌گونه 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 زالزالک واقع در شهرستان‌های اردل، کوهرنگ و کیار هستند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی و استقرار آن‌ها در عرصه‌های طبیعی، بر اساس دامنهٔ 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 توسعهٔ 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 هزینهٔ زیاد جلوگیری کرده و انجام تحقیقات اکولوژیکی را مقرون به‌صرفه می‌کند (حیدریان آقاخانی 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 دقّت پیش‌بینی را دارند، رقابت کند و نتایج قابل قبولی را 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 زالزالک 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 زالزالک در سطح استان چهارمحال و بختیاری است. نتایج این تحقیق تا حد زیادی با نتایج مطالعهٔ 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 زالزالک به‌عنوان یکی از گونه‌های غالب در استان چهارمحال و بختیاری هستند. همچنین Phipps و همکاران (۲۰۰۳) در تعیین میدان اکولوژیک یکی از زیرگونه‌های زالزالک به نام *Cratagus azarolus var. aronia* L. بارندگی سالیانه بیش از ۴۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه بیش از ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد را از عوامل مهم در تعیین میدان اکولوژیک بالقوه این‌گونه دانسته‌اند.

منحنی عکس‌العمل گونه زالزالک 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 گونهٔ زالزالک انجام شد (هاشم‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳) همخوانی دارد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که درختان زالزالک در دامنهٔ ارتفاعی ۱۳۲۰–۱۸۱۰ متر از سطح دریا، در فرم‌های زمین‌دره و دامنه حضور دارند و بهترین

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 مطالعهٔ حاضر نیز ارتفاع، مهمترین عامل توپوگرافی در پیش‌بینی پراکنش گونه زالزالک شناخته شد. همچنین بیشترین حضور گونهٔ زالزالک 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 نتیجهٔ به دست آمده از تحقیقی که به مطالعه خصوصیات بوم‌شناختی نسترن وحشی و زالزالک 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 زالزالک نسبت به متغیر بافت خاک نشان می‌دهد که بیشترین احتمال حضور زالزالک 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 زالزالک نسبت به متغیر کاربری اراضی نشان می‌دهد که احتمال حضور گونه در مناطقی با کاربری‌های زمین زراعی، مرتع و جنگل بیشتر از دیگر کاربری‌ها 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 (پریسایی، ۱۳۸۷). تأثیر عامل دما بیشتر در قسمت‌های جنوب و جنوب‌شرقی استان بارز است و طبق منحنی پاسخ گونه بیشترین پراکنش گونه زالزالک نیز در جهت جنوبی بوده است.

در نهایت نتایج این تحقیق اطلاعات کلیدی و مهمی را دربارهٔ دامنهٔ تحمل‌پذیری گونه زالزالک 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

منابع

احمدی‌نسب، ف. و ذوالفقاری، ع. ۱۳۹۶. مطالعهٔ خصوصیات بوم‌شناختی نسترن وحشی و زالزالک با روش تجزیه تطبیقی متعارفی و قوس‌گیر شده در استان آذربایجان شرقی، ایران. نشریهٔ بوم‌شناسی گیاهان زراعی.، ایران. ۱۳ (۱): ۴۹-۵۹.

پریسایی، ب. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر عناصر مهم اقلیمی در پراکنش گونه‌های گیاهی استان چهارمحال و بختیاری، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی، د انشگاه 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 آقاخانی، 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. فصلنامهٔ برنامه‌ریزی منابع جنگلی، ۱(۱): ۱-۷.

خان‌حسنی، 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.

خدری س.، سلطانی، ع. و عسکری ی. ۱۳۹۳. تعیین آشیان اکولوژیک جنس زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامهٔ 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 آذرنیوند، ح. ۱۳۹۲. مدل سازی 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 نیترات پتاسیم بر جوانه‌زنی بذر سه گونه زالزالک بومی ایران. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۶ (۲): ۱۳۵-۱۴۶.

میرزایی، ر.، همامی، م.، اسماعیلی، ع. و رضایی، ح. ۱۳۹۲. مدل‌سازی پراکنش دلیجه 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 ئیلانلو، 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 این‌گونه در شهرستان آبدانان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکدهٔ 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 Modeling*, 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 Modeling*, 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 Modeling*, 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.