Archive of SID

مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷
ص ۴۷۵-۴۸۶

تعیین رویشگاه بالقوهٔ گونهٔ ملج (*Ulmus glabra* Huds.) با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در جنگل خیرود نوشهر

عاطفه محمدی[۱]، سید جلیل علوی[۲*] و سید محسن حسینی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور
[۲*] استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور
[۳] استاد گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۸)

چکیده

مدل‌های پراکنش گونه‌ای الگوریتم‌های تحلیلی-آماری هستند که به شناسایی روابط بین پراکنش گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی و تعیین رویشگاه بالقوهٔ گونه‌های گیاهی می‌پردازد. گونهٔ ملج یکی از گونه‌های بومی جنگل‌های شمال ایران است که به‌علت دخالت بی‌رویه و شیوع بیماری مرگ نارون در معرض خطر انقراض قرار دارد و نیازمند توجه و حفاظت است. هدف اصلی مطالعهٔ حاضر، به‌کارگیری مدل حداکثر آنتروپی به‌منظور شناسایی رویشگاه بالقوهٔ گونهٔ ملج در جنگل خیرود نوشهر با استفاده از خصوصیات اولیه و ثانویهٔ توپوگرافی و همچنین نقشه‌های خاک‌شناسی، حاصلخیزی خاک و زمین‌شناسی است. با استفاده از روش نمونه‌برداری انتخابی و اطلاعات آماربرداری، ۸۷۳ پایهٔ ملج ثبت شد. معیار سطح زیر منحنی ROC نشان داد که این مدل برای تعیین رویشگاه بالقوهٔ گونهٔ ملج دارای عملکرد خوبی است. بر اساس ارزیابی اهمیت نسبی متغیرها در مدل حداکثر آنتروپی، ارتفاع از سطح دریا و عمق دره مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در تعیین رویشگاه گونهٔ ملج هستند. مطالعهٔ حاضر نشان داد که حدود ۳۲/۵۷ درصد منطقهٔ تحقیق، دارای پتانسیل زیاد و خیلی زیاد برای حضور گونهٔ ملج است. نتایج این تحقیق نشان داد که به‌علت وجود شرایط بهینه در میان‌بند برای حضور گونه‌ها و همچنین پتانسیل زیاد این منطقه برای حضور گونهٔ ملج، این منطقه بهترین رویشگاه برای حضور این گونه در جنگل خیرود نوشهر است. مدل ایجادشده می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای استفادهٔ مدیران و کارشناسان جنگل برای کمک به حفاظت و احیای گونهٔ باارزش ملج در این جنگل استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: سطح زیر منحنی، متغیرهای اولیه و ثانویه توپوگرافی، مدل‌های پراکنش گونه‌ای، مطلوبیت رویشگاه.

مقدمه

بررسی روابط بین پراکنش گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی، از موضوعات اساسی در علم اکولوژی گیاهی است. بیش از یک قرن است که بوم‌شناسان در حال بررسی و شناخت عوامل محیطی کنترل‌کنندهٔ پراکنش گونه‌های گیاهی‌اند (Comstock & Ehleringer, 1992). روش‌های مدل‌سازی رویشگاه گونه‌های گیاهی از جمله روش‌های شناخت عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه‌هاست که با استفاده از داده‌های متغیرهای محیطی مکان مناسب پراکنش یک گونه را تعیین کرده و با تمرکز کاربر روی مناطق با پتانسیل زیاد در منطقهٔ اجرایی از صرف هزینه‌های زیاد در مناطقی که پتانسیل اندکی دارند، جلوگیری می‌کند و امکان

* نویسندهٔ مسئول
شماره تماس: ۰۹۱۱۱۵۸۰۰۹۷
ایمیل: j.alavi@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

موفقیت طرح را افزایش می‌دهد (Aspinall, 2002). به‌عبارت دیگر با استفاده از این روش‌های آماری و پردازش داده‌های محیطی و داده‌های حضور و غیاب، می‌توان احتمال وقوع گونه‌ها را پیش‌بینی کرد که به مدیران منابع طبیعی کمک می‌کند با اختصاص زمان و هزینهٔ کمتر، به شناسایی رویشگاه‌های مطلوب گونه‌های گیاهی در مناطق بااهمیت حفاظت بپردازند (Guisan & Zimmermann, 2000). امروزه برای مقابله با مشکلات محیط زیستی، تکاملی و حفاظتی، استفاده از مدل‌های پراکنش گونه‌های گیاهی به‌طور گسترده رواج یافته است. کاربرد قاعدهٔ حداکثر آنتروپی برای پراکنش گونه، توسط قوانین ترمودینامیک فرایندهای بوم‌شناختی حمایت می‌شود. در خصوص سیستم‌های بسته، قانون دوم ترمودینامیک بیان می‌کند که فرایند پراکنش گونه در مسیر حداکثر آنتروپی پیش می‌رود. بنابراین پراکنش جغرافیایی گونه در kf,n تأثیر عوامل محدودکنندهٔ دیگر نسبت به محدودیت‌های اعمال‌شده در مدل، به حداکثر آنتروپی تمایل دارد. در این روش می‌توان از متغیرهای گسسته، پیوسته و همچنین روابط متقابل بین آنها استفاده کرد. مدل حداکثر آنتروپی[1] (Maxent) رویکردی است که بر اساس متغیرهای محیطی، احتمال حضور گونه را در یک فضا امکان‌پذیر می‌کند و به‌عنوان کارامدترین رویکرد مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، به دانستن نقطه‌های عدم حضور گونه نیازی ندارد و فقط بر اساس، نقاط حضور، به پیش‌بینی مدل می‌پردازد (Elith et al., 2011). مدل حداکثر آنتروپی برای یک گونه با استفاده از چند لایه متغیرهای محیطی و نقاط حضور، به‌دست می‌آید و برای هر سلول در رویشگاه، مطلوبیت را به‌صورت تابعی از متغیرهای زیست‌محیطی بیان می‌کند. در این مدل ابتدا بر اساس موقعیت داده‌های آموزشی به ارزیابی لایه‌های محیطی پرداخته شده و سپس احتمال حضور هر گونه در کل منطقهٔ مطالعاتی بررسی می‌شود (Khalasiahwazi et al., 2015). از جمله مطالعات انجام‌گرفته با استفاده از روش حداکثر آنتروپی می‌توان به مطالعهٔ Kumar et al (2009) دربارهٔ حداکثر مطلوبیت رویشگاه گونهٔ درختی در معرض خطر *Canacomyrica monticola* در منطقهٔ نیوکالدونیا در فرانسه اشاره کرد. در مطالعه‌ای Clark et al. (2014) به ارزیابی رویشگاه‌های فعلی و پیش‌بینی مطلوبیت رویشگاه درخت آیلان توس در امتداد آپالاش پرداختند. نتایج مدل‌سازی ۴۸ درصد افزایش مطلوبیت، و توسعهٔ معنی‌داری را در قسمت‌های شمالی منطقهٔ تحقیق نشان داد. با استفاده از روش حداکثر آنتروپی Yi et al. (2016) به پیش‌بینی پراکنش بالقوهٔ گیاه دارویی *Homonoia riparia*. Lour پرداختند. نتایج نشان داد که هفت متغیر، یعنی میانگین سالانهٔ دما، ارتفاع از سطح دریا، بارش فصلی، بارش سردترین رگبار، فاصله تا نزدیک‌ترین رودخانه، درجهٔ حرارت فصلی و بارش در ماه‌های خشک، عوامل مهمی‌اند که می‌توانند مطلوبیت رویشگاه این گونه را تعیین کنند. برای تعیین رویشگاه بالقوه گونهٔ گیاهی ارمک (*Ephedra strobilacea*) در مراتع پشتکوه استان یزد Zare & Abbasi (2016) از مدل حداکثر آنتروپی استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که مهم‌ترین شاخص تأثیرگذار در ترجیح رویشگاه گونهٔ ارمک عامل گچ عمق دوم (از ۳۵ تا ۴۰ درصد) است. افزون‌بر این، بیشترین احتمال حضور و پراکنش این گیاه در اراضی با شیب کم (کمتر از ۱۰ درصد) در ارتباط است. از جمله تحقیقات دربارهٔ گونهٔ ملج نیز می‌توان به بررسی پراکنش مکانی گونهٔ ملج در زمینهٔ عوامل فیزیوگرافی توسط Alavi et al. (2007) و همچنین تهیهٔ نقشهٔ مطلوبیت رویشگاه گونهٔ ملج در جنگل خیرود با استفاده از دو مدل خطی و جمعی تعمیم‌یافته توسط Mohammadi et al. (2017) اشاره کرد. نتایج نشان داد که منطقهٔ میان‌بند مناسب‌ترین رویشگاه گونهٔ ملج است و متغیرهای توپوگرافی

1 Maximum entropy

www.SID.ir

Archive of SID

مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر پراکنش گونهٔ ملج هستند.

گونهٔ ملج (*Ulmus glabra* Hudson.) یکی از گونه‌های باارزش جنگل‌های شمال است که افزون‌بر ارزش اقتصادی، از گونه‌های مهم بوم‌سازگان جنگل‌های شمال ایران محسوب می‌شود که توسط انجمن گیاه‌شناسان فرانسه در فهرست درختان نوبل نام‌گذاری شده است که در اثر دخالت‌های بی‌رویهٔ انسان و شیوع بیماری مرگ نارون در معرض انقراض قرار گرفته است. این بیماری سبب مرگ سریع پایه‌های ملج شده و امروزه اغلب پایه‌های ملج به این بیماری مبتلا شده‌اند. با این وصف، بر اساس شاخص IUCN گونهٔ ملج در دنیا در ردیف گونه‌های در معرض خطر قرار دارد (Alavi et al., 2007). استفاده از حداقل منابع مالی موجود برای حفاظت از گونه‌ها، زیستگاه‌ها و پوشش گیاهی یک هدف مدیریتی مهم محسوب می‌شود، از این‌رو تعیین رویشگاه مطلوب گونه‌هایی که نیازمند حفاظت هستند دارای اهمیت بسیار زیادی است و این کار برای شناسایی اولویت مناطق حفاظتی امری اجتناب‌ناپذیر است (Myers et al., 2000). از طرفی تهیهٔ اطلاعات کمّی و کیفی دقیق از جنگل های خزری و بررسی تغییرات مربوط به آنها به‌علت اهمیت اقتصادی و زیست‌محیطی این جنگل‌ها همواره ضروری است (Ahadi et al., 2017). یکی از کاربردهای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، تهیهٔ اطلاعات و مدل‌سازی ویژگی‌های کمّی و کیفی جنگل به‌منظور حفاظت و احیای اکوسیستم‌های جنگلی و هدایت این اکوسیستم‌ها به‌سمت اهداف مطلوب است (Vafaei et al., 2016). روش حداکثر آنتروپی یکی از بهترین و پرکاربردترین روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای است، با وجود این، مرور منابع موجود، نشان می‌دهد که هیچ مطالعه‌ای در خصوص تعیین مطلوبیت رویشگاه‌های گونه‌های درختی جنگل‌های باارزش هیرکانی با استفاده از روش مدل‌سازی حداکثر آنتروپی صورت نگرفته است. بنابراین مطالعهٔ حاضر قصد دارد به پیش‌بینی حضور گونهٔ ملج با استفاده از روش مدل‌سازی Maxent و تهیهٔ نقشهٔ مطلوبیت رویشگاه این گونهٔ بسیار باارزش بپردازد. تعیین این موضوع که کدام یک از متغیرهای مورد بررسی، بیشترین سهم را در پراکنش گونهٔ ملج داشته‌اند، از اهداف دیگر مطالعهٔ حاضر است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

منطقهٔ تحقیق، جنگل آموزشی و پژوهشی دانشگاه تهران در خیرود در ۷ کیلومتری شرق نوشهر واقع است. مساحت کل منطقه حدود ۸۰۰۰ هکتار است که بین ‘۲۷ °۳۶ تا ‘۴۰ °۳۶ عرض شمالی و ‘۳۲ °۵۱ تا ‘۴۳ °۵۱ طول شرقی واقع شده است. مطالعهٔ حاضر در چهار بخش پاتم، نم‌خانه، گرازبن و چلیر صورت گرفته است (شکل ۱). مقدار بارندگی سالانه در منطقهٔ خیرود ۱۳۵۰ میلی‌متر است که حداقل آن مربوط به تیرماه و حداکثر آن مربوط به مهرماه است. ماه مرداد با میانگین دمای ۲۹/۲ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌ترین ماه سال و ماه بهمن با میانگین دمای ۲/۶ درجهٔ سانتی‌گراد سردترین ماه سال هستند. میانگین دمای سالانه ۱۶/۱ درجهٔ سانتی‌گراد ثبت شده است (Etemad et al, 2013).

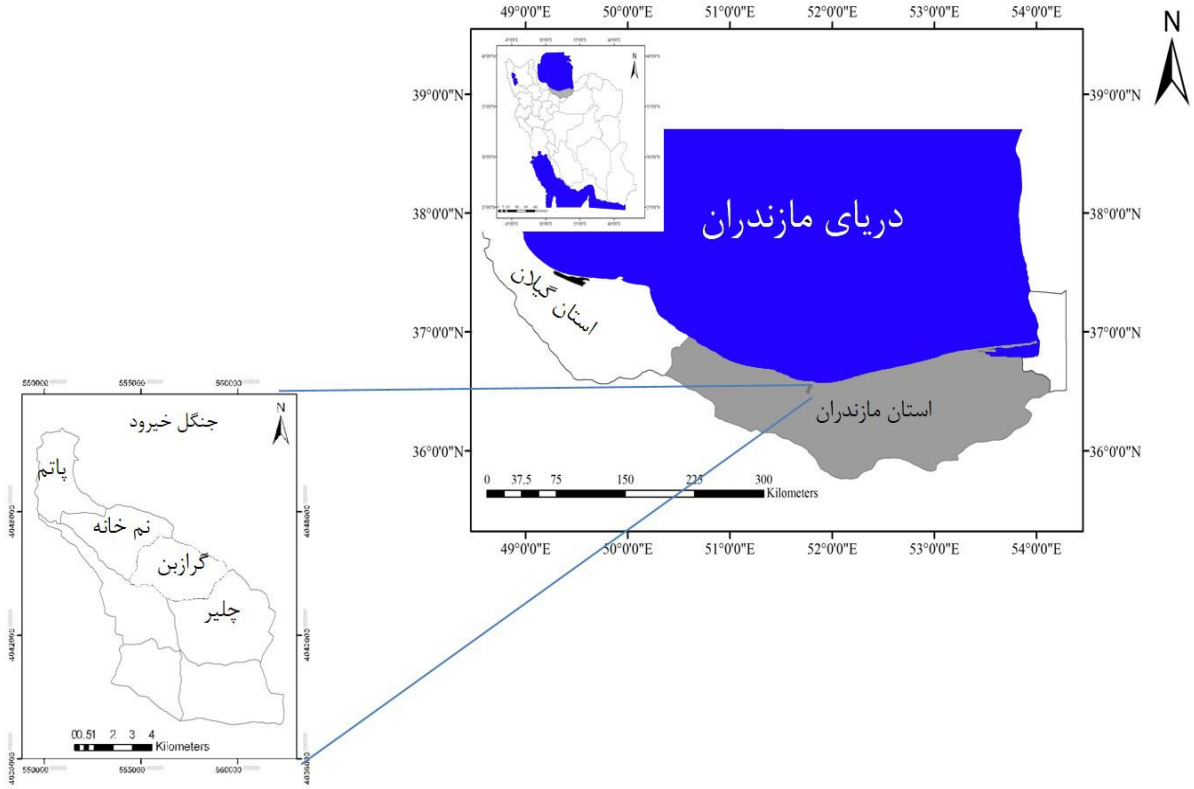
روش پژوهش

نقشه‌های رقومی مربوط به متغیرهای محیطی و اطلاعات مکانی پراکنش گونه‌های گیاهی دو ورودی مورد نیاز برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای‌اند. برای ثبت اطلاعات مکانی پایه‌های باقی‌مانده ملج از روش نمونه‌برداری انتخابی استفاده شد. در این روش هر پایهٔ ملج خود به‌عنوان نمونه (نقطه) در نظر گرفته شد. کاهش چشمگیر تراکم گونهٔ ملج و حذف بسیاری از پایه‌های این گونه از عرصهٔ جنگل و پراکنده بودن پایه‌ها در اثر قطع بی‌رویه (قاچاق چوب) و شیوع بیماری مرگ

www.SID.ir

Archive of SID

نارون، علت استفاده از این روش است. با ایـن روش ۸۷۳ پایه ملـج ثبـت شـد. بـه‌منظـور تهیـهٔ نقشـهٔ مطلوبیـت رویشگاه گونهٔ ملج از روش مدل‌سـازی حـداکثر آنتروپـی استفاده شد. تحلیل داده‌های پیچیدهٔ اکولوژیکی نیازمنـد استفاده از روش‌های تحلیلی انعطاف‌پذیر و قـوی اسـت و تحلیل و تفسیر نتایج این روش‌ها باید بـه‌راحتـی ممکـن باشد (Alavi et al, 2017).



شکل ۱- نقشهٔ منطقهٔ تحقیق و موقعیت مکانی جنگل خیرود نوشهر در استان مازندران

مدل Maxent به ارزیـابی احتمـال توزیـع مقـادیر حـداکثر آنتروپـی متـأثر از محـدودیت‌هـای ناشـی از متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر نحوهٔ پـراکنش مکـانی گونه می‌پردازد. مدل حداکثر آنتروپی برای یک گونه با استفاده از چند لایه متغیرهای محیطی و نقاط حضور، به‌دست می‌آید و برای هر سلول در رویشگاه، مطلوبیت را به‌صورت تابعی از متغیرهای زیسـت‌محیطـی بیـان می‌کنـد. در ایـن مـدل ابتـدا بـر اسـاس موقعیـت داده‌هـای آموزشـی بـه ارزیـابی لایـه‌هـای محیطـی پرداخته شده و سـپس احتمال حضـور هـر گونـه در کـل منطقـهٔ مطالعـاتی بررسـی مـی‌شـود (Khalasiahwazi et al., 2015). در مطالعـهٔ حاضـر برای مدل‌سازی پراکنش گونهٔ ملج از داده‌های حضـور و همچنـین متغیرهـای اولیـه و ثانویـهٔ توپـوگرافی و متغیرهای اقلیمی استفاده شـد. بـا توجـه بـه موجـود بودن نقشه‌های حاصلخیزی خاک، مشخصات خـاک و زمین‌شناسی منطقهٔ تحقیـق، ایـن متغیرهـا نیـز وارد مدل شدند. خصوصیات اولیهٔ توپوگرافی شامل شـیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، انحنای سطح زمین، شامل انحنای مسـطح[1]، انحنـای پروفیلـی[2] و انحنـای

1. Plan Curvature
2. Profile Curvature

www.SID.ir

Archive of SID

مماسی[1] هستند. مشخصات ثانویهٔ توپوگرافی از دو یا بیش از دو ویژگی اولیهٔ DEM محاسبه می‌شوند. خصوصیات ثانویه شامل شاخص رطوبت توپوگرافی[2]، شاخص قدرت جریان آب[3] و شاخص تابش خورشید[4] هستند. نقشهٔ مشخصات اولیه و ثانویه با استفاده از نقشهٔ DEM ۱۲/۵ × ۱۲/۵ متر در نرم‌افزار SAGA 2.3.1 تهیه شد.

به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل Maxent، داده‌های در دسترس به‌صورت تصادفی به دو قسمت تقسیم شده و ۷۵ درصد داده‌ها (حضور) برای فرایند مدل‌سازی و ۲۵ درصد باقی‌مانده برای اعتبارسنجی استفاده شد. شایان ذکر است که این روش ۱۰۰ بار تکرار شد. برای ارزیابی دقت و صحت مدل از معیار سطح زیر منحنی[5] (AUC) استفاده شد. معیار سطح زیر منحنی ناشی از منحنی مشخصهٔ عملکرد پذیرنده[6] (ROC) است. این منحنی بر اساس حساسیت[7] نسبت به ویژگی[8] رسم می‌شود. ارزش AUC پیشنهادی برای طبقه‌بندی دقت مدل با استفاده از مساحت AUC شامل (۱ – ۰/۹) دقت عالی، (۰/۹ – ۰/۸) دقت خیلی خوب، (۰/۸ – ۰/۷) دقت خوب، (۰/۷ – ۰/۶) دقت متوسط و (۰/۶ – ۰/۵) دقت کم است (Virkkala et al, 2010). در نهایت نقشهٔ مطلوبیت رویشگاه گونهٔ ملج به‌عنوان خروجی کار ارائه شد. به‌منظور تهیهٔ نقشهٔ مطلوبیت گونهٔ ملج از شاخص پتانسیل حضور استفاده می‌شود. در مناطقی که احتمال حضور گونهٔ ملج بیشتر از ۰/۷ باشد، پتانسیل خیلی زیاد، بین ۰/۵ تا ۰/۷ پتانسیل زیاد، بین ۰/۳ تا ۰/۵ پتانسیل متوسط، بین ۰/۱ تا ۰/۳ پتانسیل کم و کمتر از ۰/۱ نبود پتانسیل وجود دارد (Rovzar et al, 2012).

1. Tangential Curvature
2. Topographic Wetness Index
3. Stream Power Index
4. TRASP
5. Area Under Curve (AUC)
6. Receiver Operating Characteristic (ROC)
7. Sensitivity
8. Specificity

روش تحلیل

در مطالعهٔ حاضر، همهٔ تجزیه‌وتحلیل‌های آماری در نرم‌افزار آماری R 3.5.0 انجام گرفت (R Core Team, 2016).

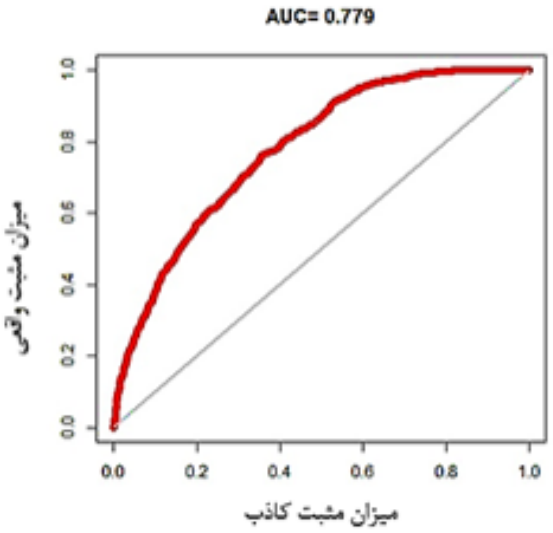
نتایج

بررسی هم‌خطی بین متغیرهای محیطی با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و همبستگی اسپیرمن به‌عنوان معیار شباهت نشان داد که بین متغیرهای شبکهٔ کانال، ارتفاع از سطح دریا، دما و بارش، بین متغیرهای عامل طول و تندی شیب (LS) و درصد شیب، بین متغیرهای فاصله عمودی و موقعیت نسبی دامنه و بین متغیرهای انحنای مسطح و انحنای مماسی همبستگی قوی وجود دارد. از این‌رو تصمیم گرفته شد که متغیرهای شبکهٔ کانال، دما، بارش، طول و تندی شیب، موقعیت نسبی دامنه و انحنای مماسی حذف و مدل‌سازی با متغیرهای باقی‌مانده صورت گیرد. نتایج ارزیابی عملکرد مدل بر اساس سطح زیر منحنی ROC نشان داد که مدل Maxent با مقدار AUC= ۰/۷۷۹ دارای دقت خوب برای پیش‌بینی پراکنش مکانی گونهٔ ملج در جنگل خیرود است (شکل ۲).

در مطالعهٔ حاضر به‌منظور تعیین سهم هر متغیر در پراکنش گونهٔ ملج و همچنین مشخص کردن مؤثرترین متغیرها در حضور این گونه به ارزیابی اهمیت نسبی متغیرها توسط مدل آنتروپی حداکثر پرداخته شد. ارزیابی اهمیت نسبی متغیرها نشان داد که دو متغیر ارتفاع از سطح دریا و عمق دره T، مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر پراکنش گونهٔ ملج هستند و متغیرهای شاخص همگرایی، شاخص موقعیت توپوگرافی، انحنای نیمرخی و انحنای مسطح سهم بسیار ناچیزی در پراکنش گونهٔ ملج در منطقهٔ تحقیق دارند (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- منحنی ROC

جدول ۱- اهمیت نسبی متغیرها در مدل Maxent

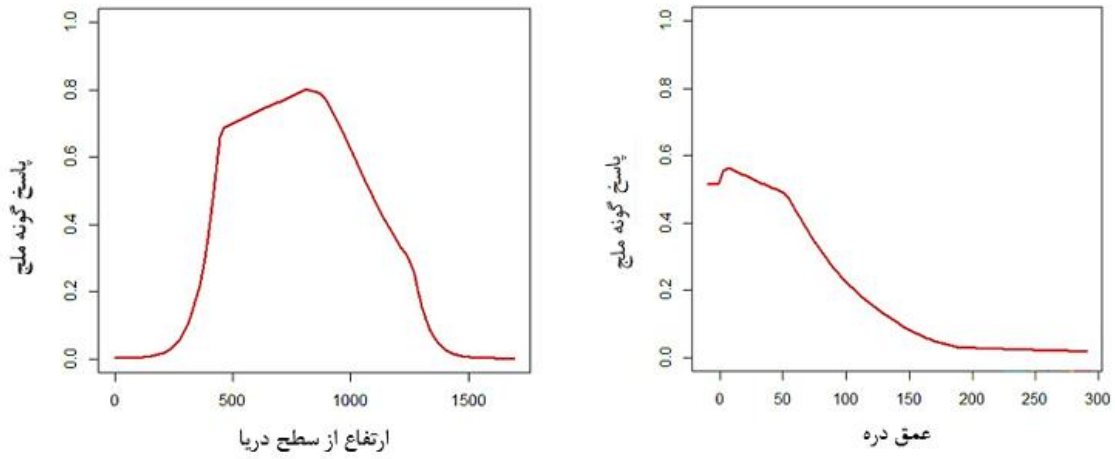
متغیر	درصد سهم	متغیر	درصد سهم
ارتفاع از سطح دریا	۶۴	شاخص رطوبت توپوگرافی	۲/۲
عمق دره	۱۹/۸	شاخص همگرایی	۰/۸
تابش خورشیدی	۴/۵	شاخص موقعیت توپوگرافی	۰/۷
فاصلهٔ عمودی	۳/۸	انحنای نیمرخی	۰/۳
درصد شیب	۲/۷	انحنای مسطح	۰/۲

نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که گونهٔ ملج در منطقهٔ تحقیق نسبت به ارتفاع از سطح دریا، رفتاری تک‌نمایی دارد و بیشترین احتمال حضور این گونه در دامنهٔ ارتفاعی ۷۰۰ تا ۹۰۰ متری است (شکل ۳). عمق دره در منطقهٔ تحقیق از ۰ تا ۲۲۵ تغییر می‌کند. مقادیر بیشتر، نشان‌دهندهٔ دره‌های عمیق است. نتایج نشان داد که با افزایش عمق دره، احتمال حضور گونهٔ ملج کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر احتمال حضور گونهٔ ملج با عمق دره رابطهٔ معکوس دارد و با افزایش عمق دره احتمال حضور پایه‌های ملج کم می‌شود (شکل ۳).

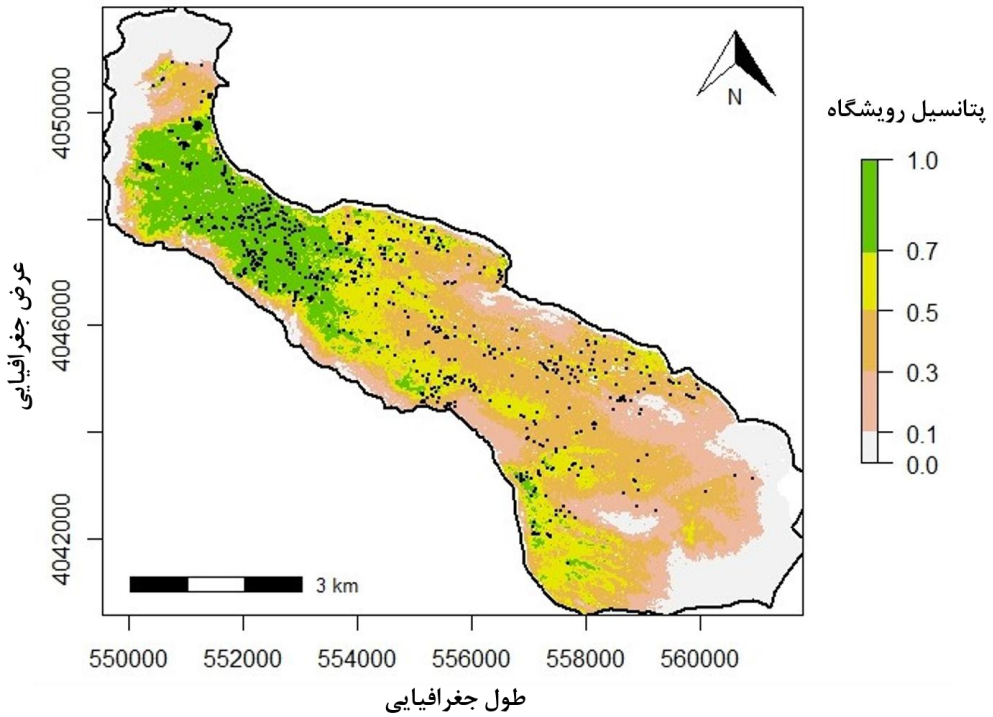
با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی نقشهٔ مطلوبیت رویشگاه‌های گونهٔ ملج در جنگل خیرود تهیه شد. همان‌طور که در شکل ۴ و جدول ۲ مشاهده می‌شود، ۳۲/۵۷ درصد از منطقهٔ تحقیق دارای پتانسیل زیاد و خیلی زیاد برای حضور گونهٔ ملج است. چنانچه دسته‌بندی جنگل‌های شمال ایران از نظر ارتفاعی را به سه منطقهٔ پایین‌بند (زیر ۷۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا)، میان‌بند (بین ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ متر) و بالابند (بالاتر از ۱۵۰۰ متر) در نظر بگیریم، مشاهده می‌شود که رویشگاه‌های مطلوب گونهٔ ملج با پتانسیل زیاد و خیلی زیاد عمدتاً در دامنهٔ ارتفاعی ۹۰۰-۷۰۰ متر قرار دارند که منطقهٔ ابتدایی میان‌بند است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- پاسخ گونهٔ ملج نسبت به متغیرهای محیطی



شکل ۴- نقشهٔ رویشگاه بالقوه گونهٔ ملج در جنگل خیرود به‌همراه نقاط حضور گونهٔ ملج

جدول ۲- مساحت مناطق با مطلوبیت‌های مختلف برای حضور گونهٔ ملج

	پتانسیل خیلی زیاد	پتانسیل زیاد	پتانسیل متوسط	پتانسیل کم	عدم پتانسیل
مساحت (هکتار)	۶۹۸/۷۸۱	۷۶۰/۷۰۳	۱۳۲۳/۴۸۴	۹۱۵/۰۱۵	۷۸۳/۶۵۶

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

در مطالعهٔ حاضر، مطلوبیت رویشگاه گونهٔ در معرض خطر ملج با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی و متغیرهای استخراج‌شده از نقشهٔ رقومی ارتفاع و همچنین نقشه‌های خاک‌شناسی، حاصلخیزی خاک و زمین‌شناسی پیش‌بینی شد. به‌کارگیری معیارهای ارزیابی مدل نشان‌دهندهٔ کارایی مناسب مدل Maxent در مدل‌سازی پراکنش گونهٔ ملج است. دقت مدل‌سازی در روش‌های مبتنی بر حضور نسبت به روش‌های مبتنی بر داده‌های حضور و عدم حضور بیشتر است، چراکه به‌عنوان مثال زمانی که بنا به دلایلی رویشگاه مناسب است، ولی گونه حضور ندارد یا زمانی که رویشگاه برای حضور گونه نامساعد است، استفاده از داده‌های عدم حضور سبب ایجاد اریبی در نتایج می‌شود؛ بنابراین استفاده از روش‌های مبتنی بر حضور نتایج مطلوب‌تر و هزینهٔ کمتری خواهد داشت (Hirzel et al., 2006). عوامل توپوگرافی اولیه مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب، انحنای مماسی، انحنای مسطح، انحنای پروفیلی و جهت جغرافیایی و نیز عوامل ثانویه از قبیل پتانسیل تابش خورشید و رطوبت به‌طور معمول تأثیر مهمی در پراکنش تیپ‌های مختلف، فراوانی و حضور گونه‌ها و مقدار مشخصات کمّی آنها دارند. بررسی جهت و شدت ارتباط بین این عوامل می‌تواند در توسعه و مدیریت پوشش‌های گیاهی بسیار مؤثر باشد (Javadi et al., 2011). در ارزیابی اهمیت نسبی متغیرها ارتفاع از سطح دریا و عمق دره، مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر پراکنش گونهٔ ملج هستند. در مطالعات Yi et al. (2016) و Solgi et al. (2016) ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر حضور و فراوانی گونه‌ها معرفی شده است. طبق شکل مربوط به نمودار، احتمال حضور گونهٔ ملج بر اساس ارتفاع از سطح دریا مشاهده شد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد که این افزایش تا حدود ۹۰۰-۷۰۰ متر است و پس از آن احتمال حضور گونهٔ ملج کاهش می‌یابد، به‌عبارت دیگر این گونه در ارتفاعات میان‌بند دارای بیشترین حضور است. Alavi et al. (2007) در بررسی تعداد پایه‌های ملج در رابطه با طبقات ارتفاعی، ارتفاع ۱۱۰۰-۷۰۰ متر را مناسب‌ترین دامنهٔ ارتفاعی برای گونهٔ ملج دانستند که تأییدکنندهٔ نتایج تحقیق حاضر است. پراکنش گونه‌ها در طول گرادیان ارتفاعی، تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر، ارتفاع یک گرادیان کمپلکس را نشان می‌دهد که در طول آن متغیرهای محیطی زیادی همزمان تغییر می‌کنند. مجموع عوامل اکولوژیک مانند شرایط اقلیمی، خاکی، وضعیت ژئومورفولوژی و فیزیوگرافی در استقرار گیاهان تأثیر بسزایی دارد. با توجه به اینکه در ارتفاعات بالا، عوامل اکولوژیک حالت نامساعد دارند، سبب محدودیت انتشار گیاهان از جمله ملج می‌شود (Alavi et al., 2007). به‌عبارتی کاهش عمده‌ای در احتمال حضور گونه در ارتفاع بیش از ۱۶۰۰ متر در منطقهٔ تحقیق می‌تواند ناشی از محدودیت‌های اکوفیزیولوژیکی نظیر کاهش دورهٔ رشد، درجهٔ حرارت کم و توان اندک اکوسیستم در ارتفاع بالا باشد (Körner, 1995). برای شرح الگوهای پراکنش گونه در امتداد گرادیان ارتفاع، فرضیه‌های متعددی مطرح شده است. به‌عنوان مثال، شرایط مطلوب رطوبت در ارتفاع میانی (Rahbek, 1997) و حاصلخیزی زیاد در منطقهٔ میان‌بند که به دسترسی به منابع بهینهٔ ترکیبی منجر می‌شود (Rosenzweig, 1995). ارتفاع میانی با ترکیبی بهینه از منابع زیست‌محیطی برای همزیستی بسیاری از گونه‌ها ترجیح داده می‌شود، از این‌رو در جنگل‌های هیرکانی احتمال حضور بیشتر در این محدودهٔ ارتفاعی مشاهده می‌شود. تعداد کمی از گونه‌ها قادر به تحمل محیط و محدوده‌های مختلف گرادیان ارتفاعی هستند. بنابراین گونه‌های با محدودهٔ ارتفاعی محدود در طول دامنه همیشه با همدیگر در اثر همپوشانی جایگزین می‌شوند (Brown, 2001). در منطقهٔ تحقیق در پایین‌بند به‌دلیل شیب تند و وجود بیرون‌زدگی‌های سنگی و در نتیجه کم‌عمق بودن

www.SID.ir

Archive of SID

خاک، دارای شرایط مناسب برای حضور گونهٔ ملج نیست. همچنین عوامل دیگر، مانند حاصلخیزی خاک و توپوگرافی ممکن است پراکنش گونه در طول گرادیان ارتفاع را تحت تأثیر قرار دهد. در مناطق کوهستانی، الگوی پراکنش گونه و انواع جنگل‌های مختلف اغلب به ارتفاعات و توپوگرافی مربوط می‌شود. تنوع خرداقلیم در توپوگرافی و ارتفاع‌های مختلف، از عوامل مهم پراکنش گونه در اکوسیستم‌های جنگل است.

عمق دره در منطقهٔ تحقیق از صفر تا ۲۲۵ متر تغییر می‌کند. مقدار زیاد این متغیر، نشان‌دهندهٔ دره‌های عمیق است. پژوهش‌های متعددی در خصوص رابطهٔ بین توپوگرافی، درجهٔ حرارت اندک و آسیب به جنگل صورت گرفته است. با توجه به اینکه مناطق واقع‌شده در موقعیت‌های پایین توپوگرافی به‌عنوان زهکش هوای سرد عمل می‌کنند و در معرض انباشت هوای سرد هستند، بیشترین حساسیت را به آسیب یخبندان دارند. با نشست هوای سرد، گودال‌های یخبندان تشکیل می‌شود که می‌تواند سبب آسیب به گونه‌های مختلف از جمله گونهٔ ملج شود (Matusick et al., 2014). از این‌رو، گونهٔ ملج از حضور در دره‌های عمیق اجتناب می‌کند. از طرف دیگر، ملج گونه‌ای است که به نور زیاد نیاز دارد. با توجه به اینکه نور کمتری به اعماق دره‌ها می‌رسد، گونهٔ ملج در رقابت با گونه‌های دیگر مغلوب می‌شود و احتمال حضور آن کاهش می‌یابد (Alavi et al., 2007). بارز بودن تأثیر و نقش خصوصیات توپوگرافی مانند ارتفاع از سطح دریا و متغیرهای توپوگرافی دیگر در این پژوهش و پژوهش‌های Clark et al. (2014)، Yi et al. (2016)، Zare & Abbasi (2016) و Mohammadi et al. (2017) بیانگر اهمیت این خصوصیات در مدل‌سازی پراکنش مکانی پوشش گیاهی و مشخصه‌های کمّی جنگل است که در این میان برخی از خصوصیات با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، تأثیر بیشتر و برخی تأثیر کمتری دارند. در صورتی که مدل‌سازی در سطح وسیع مورد نظر باشد، داده‌های اقلیمی و در مقیاس محلی متغیرهای خاکی و توپوگرافی به‌عنوان متغیرهای پیشگوی مدل اهمیت دارند.

نتایج تحقیق حاضر در خصوص شناسایی رویشگاه مطلوب این گونه در مقیاس محلی با استفاده از مدل Maxent نشان داد که به‌طور کلی مناطق با پتانسیل خیلی زیاد و زیاد در حدود ۳۲/۵۷ درصد کل منطقهٔ تحقیق را به خود اختصاص داده است و می‌توان این منطقه را مطلوب‌ترین رویشگاه برای گونهٔ ملج معرفی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که به‌علت شرایط مطلوب رطوبتی، حرارتی، نوری و توپوگرافی موجود در میان‌بند و همچنین حاصلخیزی زیاد این منطقه که به دسترسی به منابع بهینهٔ ترکیبی منجر می‌شود، این منطقه بهترین رویشگاه برای گونهٔ ملج است.

گونه‌های گیاهی متعددی وجود دارند که شرایط فعلی رویشگاه آنها با نیازها و خواسته‌های آنها تناسب چندانی ندارد. این امر یعنی رویش گیاهان در چنین محیط‌های نامناسب به جایگزینی آنها در گذشته در آن محل‌ها مربوط است؛ به‌عبارت دیگر، شاید محیط‌های نامناسب فعلی متناسب با نیازهای آن گیاهان می‌بودند. به هر حال، این قبیل گیاهان در آستانهٔ ناپایداری شرایط زیستی قرار دارند و اگر با دخل و تصرف انسان یا با بهره‌برداری بی‌رویه از بین بروند، دیگر احتمال روییدن آنها در محل فعلی وجود نخواهد داشت. به همین دلیل باید منابع باارزش موجود از این گونه‌های در معرض خطر انقراض شناسایی شوند و تحت مدیریت، حفاظت و حمایت قرار گیرند. همچنین، به‌دلیل اینکه گونهٔ ملج یک گونهٔ در معرض تهدید است ضروری است که رویشگاه‌های جایگزین به‌منظور جلوگیری از انقراض و حفظ وضعیت موجود گونه معرفی شود. این کار از آن نظر الزامی است که وقوع آتش‌سوزی، حملهٔ آفات، گسترش بیشتر بیماری و ... ممکن است به از دست رفتن ناگهانی پایه‌های باقی‌مانده از این گونهٔ باارزش

www.SID.ir

Archive of SID

منجر شود. به همین دلیل باید علاوه بر حفاظت و حمایت پایه‌های موجود به تجدید حیات گونهٔ ملج در رویشگاه‌های بالقوه و حتی تخریب‌شده که واجد شرایط حضور گونه هستند پرداخته شود.

References

Alavi, S.J., Zahedi-Amiri, G., Marvi-Mohajer, M.R., & Noori, Z. (2007). Physiographic factors associated with the spatial distribution of Ulmus glabra species in the forest research and education of Kheyrood-Kenar, Nowshahr. *Iranian Journal of Ecology, 33*(43), 93-100.

Ahadi, Z., Alavi, S.J., & Hosseini, S.M. (2017). Investigation on the potential of regression kriging for mapping oriental beech forest site productivity in research forest of Tarbiat Modares University. *Iranian Journal of Forest, 9*(4), 571-585.

Alavi, S.J., Nouri, Z., & Zahedi Amiri, Gh. (2017). Determining the most important environmental variables affecting on oriental beech (Fagus orientalis Lipsky.) site productivity using random forest technique in Khayroud forest, Nowshar. *Iranian Journal of Forest, 8*(4), 477-492.

Aspinall, R.J. (2002). Use of logistic regression for validation of maps of the spatial distribution of vegetation species derived from high spatial resolution hyperspectral remotely sensed data. *Ecological Modelling, 157*(2-3), 301-312.

Brown, J.H. (2001). Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography, 10*(1), 101-109.

Clark, J., Wang, Y., & August, P.V. (2014). Assessing current and projected suitable habitats for tree-of-heaven along the Appalachian Trail. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. *Biological Sciences, 369*(1643), 20130192.

Comstock, J.P., & Ehleringer, J.R. (1992). Plant adaptation in the Great Basin and Colorado Plateau. *The Great Basin Naturalist, 52*(3), 195-215.

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of Maxent for ecologists. *Diversity and distributions, 17*(1), 43-57.

Etemad, V., Namiranian, M., Zobeiri, M., Majnounian, B., & Moradi, G. (2013). Qualitative and Quantitative Variation of Forest Stands after one Period of Forest Management Plan (Case study: Namkhane DistrictKheyrud Forest), *Journal of Forest and Wooa Prouducts, 66*(3), 243-256.

Guisan, A., & Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling, 135*(2), 147-186.

Hirzel, A. H., Le Lay, G., Helfer, V., Randin, C., & Guisan, A. (2006). Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. *ecological modelling, 199*(2), 142-152.

Javadi, S. A., Baharvand, Z., & Mokhtari, A. (2011). The effects of soil topographic factors on vegetation structure in North profile of Oshtorankuh (Lorestan province). *Journal of rangeland, 5*(4), 352-361.

Khalasiahwazi, L., Zare, C. M. A., & Hosseini, S. Z. (2015). Modeling Geographic Distribution of Artemisia sieberi and Artemisia aucheri Using Presence-only Modelling Methods (MAXENT & ENFA). *Journal of Natural Resources Research, 6*(19), 57-73.

Körner, C. H. (1995). Alpine plant diversity: a global survey and functional interpretations. In *Arctic and alpine biodiversity: patterns, causes and ecosystem consequences* (pp. 45-62). Springer, Berlin, Heidelberg.

www.SID.ir

Archive of SID

Kumar, S., Spaulding, S. A., Stohlgren, T. J., Hermann, K. A., Schmidt, T. S., & Bahls, L. L. (2009). Potential habitat distribution for the freshwater diatom Didymosphenia geminata in the continental US. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *7*(8), 415-420.

Matusick, G., Ruthrof, K. X., Brouwers, N. C., & Hardy, G. S. J. (2014). Topography influences the distribution of autumn frost damage on trees in a Mediterranean-type Eucalyptus forest. *Trees*, *28*(5), 1449-1462.

Mohammadi, A., Alavi, S.J., Hoseini, S.M. (2017). Predicting the habitat suitability of Wych elm (*Ulmus glabra* Huds.) in Kheyroud Forest. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *24*(3), 67-80.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., and Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, *403*(6772), 853-858.

Rahbek C. (1997). The relationship among area, elevation, and regional species richness in neotropical birds. *The American Naturalist*, *149*(5), 875-902.

Rosenzweig, M. L. (1995). *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Rovzar, C., Gillespie, T. W., Kawelo, K., McCain, M., Riordan, E. C., & Pau, S. (2013). Modelling the potential distribution of endangered, endemic Hibiscus brackenridgei on Oahu to assess the impacts of climate change and prioritize conservation efforts. *Pacific Conservation Biology*, *19*(2), 156-168.

Solgi, S., Salehi, A., Alavi, S. J., Pourbabaei, H., & Shabanpour, M. (2016). Evaluation of poplar (Populus deltoids Marsh.) stands height growth using a Generalized Additive Model:(case study: Guisoum & Haft-Daghanan region, Guilan province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24*(2), 366-378.

Vafaei, S., Pourhashem, M., Pirbavaghar, M., & Jafari, E. (2016). Applying artificial neural network and multiple linear regression models for estimation of forest density in Marivan forests. *Iranian Journal of Forest*. *7*(4), 539-555.

Virkkala, R., Marmion, M., Heikkinen, R. K., Thuiller, W., & Luoto, M. (2010). Predicting range shifts of northern bird species: influence of modelling technique and topography. *Acta Oecologica*, *36*(3), 269-281.

Yi, Y. J., Cheng, X., Yang, Z. F., & Zhang, S. H. (2016). Maxent modeling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (H. riparia Lour) in Yunnan, China. *Ecological Engineering*, *92*, 260-269.

Zare, C. M. A., & Abbasi, M. (2016). Habitat Modeling of *Ephedra*. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, *4*(9), 195-212.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Forest
Vol. 10, No. 4, Winter 2019
pp. 475-486

Predicting the potential habitat of Wych elm (*Ulmus glabra* Huds.) using the Maxent model in Kheyrod forest

A. Mohammadi[1], S.J. Alavi[2*], and S.M. Hosseini[3]

[1] M.Sc Student, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Nur, I. R. Iran
[2]Assistant Prof.,Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Nur, I. R. Iran
[3] Prof., Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Nur, I. R. Iran

(Received: 22 April 2018, Accepted: 18 June 2018)

Abstract

Investigating the relationship between distribution of plant species and environmental factors is one of the main issues in plant ecology. Habitat suitability or species distribution models, are defined as statistical analysis algorithms which relates species data to the environmental predictor variables. This study aims at predicting the habitat suitability of Wych elm species in Kheyroud forest using Maxent model. Wych elm is one of the most invaluable native species in Hyrcanian forest. However, due to the outbreak of Dutch elm disease in recent decades and illegal cutting of this species, its dominance has been significantly decreased. Therefore, the primary and secondary topographic attributes derived from digital elevation model with 12.5 m resolution along with soil characteristics, soil fertility, and geology maps, were extracted at each Wych elm location. Using selective sampling and inventory data, 873 Wych elm individuals were recorded. The results showed that Maxent model has a high potential to predict the suitable habitats for Wych elm based on AUC criterion. Altitude and valley depth were the most important variables in determining the habitat suitability for Wych elm species. Moreover, 32.57% of the study area has an acceptable potential for the presence of this species. Due to the optimal moisture, thermal, and topographic conditions in mid-lands, this area is the best habitat for this species in Kheyrod forest. The generated model can be used as a tool for the forest experts and managers to help conservation and rehabilitation of Wych elm in this forest.

Keywords: Habitat suitability, Species distribution modeling, Area under curve, Primary and secondary topographic attributes.

∗Corresponding author Tel: +989111580097 Email: j.alavi@modares.ac.ir

www.SID.ir