دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هشتم، شماره هفدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

بررسی تأثیرپذیری پراکنش گونه‌ی راش جنگل‌های هیرکانی از عوامل توپوگرافی (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز ۵۱ در استان مازندران)

علی جعفری*[۱] ، فاطمه علی یاری[۲]، کورش احمدی [۳]

[۱]دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[۲]دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[۳]دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۲۱ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۴/۲۹

چکیده

مطالعه و تعیین وضعیت پراکنش فعلی و آینده گونه‌های مهم جنگلی پیش‌نیاز و ضرورت برنامه‌های حفاظت و نگهداری جنگل‌ها برای ایفای نقش انکارناپذیر آن‌ها در مقابله با تغییر اقلیم جهانی، تغییر کاربری اراضی و انواع آلودگی هوا است. هدف مطالعه حاضر تعیین پراکنش گونه راش در جنگل‌های شمال ایران تحت تأثیر عوامل توپوگرافی بود. برای این منظور، موقعیت‌های پراکنش فعلی این‌گونه در حوزه آبخیز ۵۱ استان مازندران تعیین و ارتباط بین مؤلفه‌های اصلی (شیب، جهت، ارتفاع) و فرعی (رطوبت توپوگرافیک، انحنای سطح و انحنای مقطع) توپوگرافی با استفاده از مدل درخت رگرسیون تقویت‌شده در نرم‌افزار آر مدل‌سازی و تحلیل شد. برای ارزیابی مدل از آماره سطح زیر منحنی (AUC) و آمار واقعی مهارت مرتبط با آستانه (TSS) استفاده شد. براساس نتایج، میزان سطح زیر منحنی و مهارت مرتبط با آستانه به ترتیب برابر با ۰/۸۲ و ۰/۶۳ نشان می‌دهند که مدل به‌خوبی توانسته پراکنش این‌گونه را پیش‌بینی کند. همچنین بر اساس نتایج، پراکنش این‌گونه بیشتر تحت تأثیر متغیرهای اصلی توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب) بود و متغیرهای توپوگرافی (رطوبت توپوگرافیک، انحنای مقطع و انحنای) تأثیر کمتری در پراکنش آن داشتند. درواقع، این‌گونه درشیب‌های ۲۰ تا ۶۰ درصد، جهت‌های شمالی و شرقی و ارتفاع ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا احتمال حضور بیشتری دارد. این در

* نویسنده مسئول: jafari.ali@sku.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

حالی است که رویشگاه‌های واقع در این موقعیت توپوگرافی در سناریوهای تغییر اقلیم در آینده، بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند و لذا برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های حفاظت برای این‌گونه در جنگل‌های شمال ایران ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: راش شرقی، رویشگاه مناسب، درخت رگرسیون تقویت‌شده، ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، شیب

مقدمه

اساس پیش‌بینی پراکنش گیاهان و جانوران مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDMs)[1] هستند که ارتباط بین پراکنش گونه‌ها و متغیرهای محیطی را بررسی می‌کنند. مدل‌های پراکنش گونه‌ای به‌عنوان مدل‌های آشیان اکولوژیک و مدل‌های مطلوبیت رویشگاه نیز شناخته می‌شوند (Remya et al, 2015). در اغلب مدل‌های پراکنش گونه‌های گیاهی متغیرهای منعکس‌کننده توپوگرافی منطقه موردمطالعه گنجانده می‌شوند، اما معمولاً تأثیر واقعی این متغیرها بر پراکنش گونه‌های گیاهی تفسیر نمی‌شود. متغیرهای توپوگرافی به‌صورت غیرمستقیم با تأثیر بر میزان نور، رطوبت، دما و شرایط مواد مغذی بر پراکنش گونه‌های گیاهی تأثیر می‌گذارند (Moeslund et al, 2013). ناهمگنی توپوگرافی اثرات پیچیده‌ای بر روی میکروکلیما و شیب تغییرات منابع برای گیاهان، مانند نوردهی، رطوبت خاک و مواد مغذی دارد و در مقیاس‌های بزرگ بر درجه حرارت و بارش تأثیر می‌گذارد (Dobrowski, 2011). از میان عوامل توپوگرافی، پارامترهایی مانند جهت جغرافیایی، میزان شیب، ارتفاع از سطح دریا و سایر عوامل محیطی بر روی پارامترهای شیمیایی و فیزیکی خاک تأثیر می‌گذارند (Yimer, et al, 2006; Enright et al, 2005; Solon et al, 2007) و در این میان، پارامتر جهت جغرافیایی با ایجاد خرد اقلیم به‌عنوان عامل مهمی در ایجاد تفاوت‌های قابل‌توجه بین خصوصیات اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود (Carmel and Kadmon, 1999).

درزمینه بررسی ارتباط بین متغیرهای توپوگرافی و پراکنش گیاهان به‌طور عام طویلی و جعفری (Tavili and Jafari, 2009) دریافتند که عامل ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی و شیب با تأثیر بر میزان دما و رطوبت، عوامل عمده کنترل پراکنش گونه‌های گیاهی مؤثر هستند. همچنین شون هولتز و همکاران (Schoenholtz et al., 2000)، گولدی (Goldi, 2001) و آراگون و همکاران (Aragon et al., 2007) در پژوهش‌های جداگانه ارتباط بین جهت جغرافیایی و پراکنش گیاهان را موردبررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که جهت شیب، اثر معنی‌داری روی ترکیب، ساختار و تراکم جوامع گیاهی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

پژوهش در مورد راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) به‌عنوان ارزنده‌ترین گونه جنگلی شمال ایران بیشتر محدود به بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان در توده‌های طبیعی (حبشی و همکاران، ۱۳۸۶؛ نوری و همکاران، ۱۳۹۲؛ فرهادی و همکاران، ۱۳۹۶) و یا ارتباط فراوانی گونه با برخی عوامل محیطی مانند غنای گونه‌های علفی و ضخامت لایه هوموس (ابراری واجاری، ۱۳۹۵) بوده و به‌ندرت اثر عوامل طبیعی و انسانی مانند تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی بالفعل یا بالقوه این‌گونه (طالشی و همکاران، ۱۳۹۷) را موردتوجه قرار داده‌اند. در کشور ترکیه نیز که این‌گونه پراکنش دارد، هم درزمینهٔ الگوی پراکنش مکانی این‌گونه (Gungoroglu, 2015) و هم تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش آینده آن (Yilmaz, 2010) مطالعه کمی صورت گرفته است.

بر اساس مرور منابع انجام‌شده (ثاقب طالبی و همکاران،۱۳۸۴؛ مروی مهاجر،۱۳۸۴؛ Sagheb-Talebi et al., 2014) راش در جنگل‌های شمال ایران در ارتفاع ۶۰۰ تا ۲۲۰۰ متری از سطح دریا از آستارا تا گرگان گسترش دارد و ازلحاظ تعداد از سایر گونه‌های درختی این مناطق فراوان‌تر است. این‌گونه به‌صورت جامعه خالص راشستان یا آمیخته با درخت ممرز و یا سایر درختان وجود دارد. راش درختی بلند قامت، یک‌پایه و با ارتفاع حدود ۳۵ متر است ولی در شرایط رویشگاهی مساعد گاها تا ۵۰ متر نیز می‌رسد. درخت راش سایه‌پسند است ولی در مقابل یخبندان مقاوم نیست و یخبندان‌های اوایل بهار را تحمل نمی‌کند. ازنظر اهمیت چوب راش، گفته می‌شود که این‌گونه باهدف تولید چوب بهتر و پرارزش‌تر از سایر گونه‌هاست. در جنگل‌های شمال کشور هم‌اکنون درختان راش باارزش‌ترین توده‌های جنگلی را تشکیل داده و صنعتی‌ترین چوب این جنگل‌ها به شمار می‌روند.

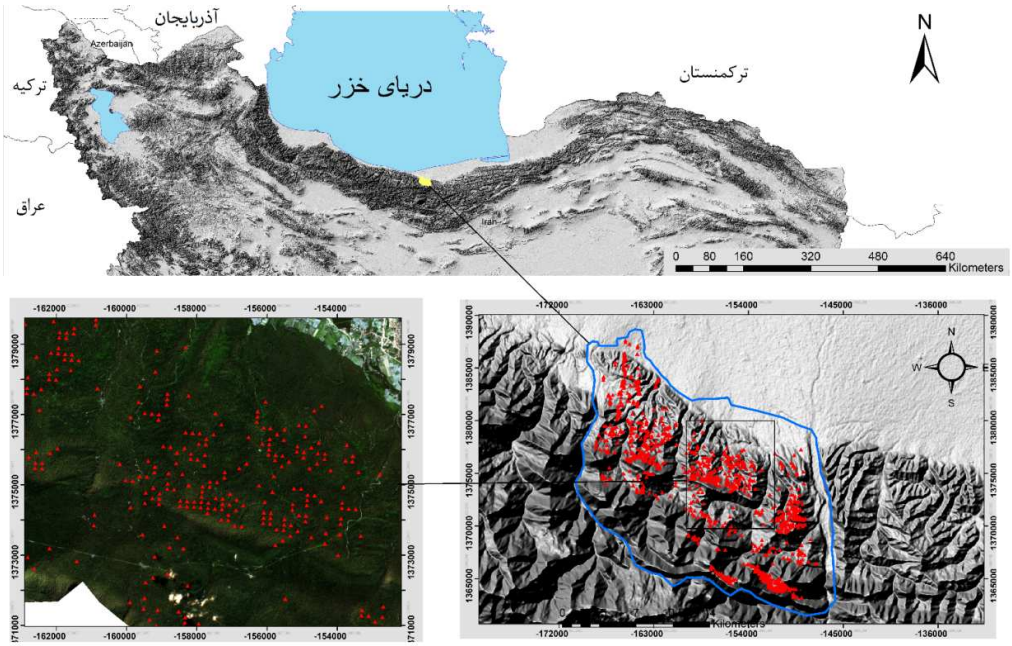
مطالعه نحوه پراکنش گونه‌های گیاهی و تأثیر عوامل محیطی ازجمله توپوگرافی بر این پراکنش، به حفاظت و احیای رویشگاه آن‌ها کمک می‌کند. هدف از انجام این تحقیق بررسی میزان تأثیرپذیری پراکنش گونه‌ی راش شرقی جنگل‌های هیرکانی از عوامل توپوگرافی مانند شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا، شاخص انحنا و تعیین مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر پراکنش این‌گونه‌ی باارزش می‌باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۴۱۰ کیلومترمربع در حوزه‌ی ۵۱ از جنگل‌های هیرکانی در شهرستان آمل استان مازندران با طول جغرافیایی ۳۵ ۰۷ ۵۲ تا ۰۴ ۲۲ ۵۲ و عرض جغرافیایی ۰۵ ۱۵ ۳۶ تا ۰۲ ۲۹ ۳۶ واقع شده است (شکل ۱). اقلیم حاکم بر منطقه مطابق اقلیم نمای دومارتن یک

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه در گستره جنگل‌های هیرکانی داده‌های حضور گونه

اقلیم معتدل و مرطوب با تابستان گرم و زمستان کمی سرد (میانگین بارندگی سالانه ۹۷۷ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد) است (عطایی و همکاران، ۱۳۹۳).

ابتدا بر اساس کتابچه طرح جنگلداری منطقه و آگاهی از فراوانی حضور توده‌های راش در حوزه ۵۱ و ۵۲ جنگل‌های هیرکانی شمال ایران، سری‌های دارای رویشگاه‌های گونه راش شناسایی شدند. با مراجعه به سازمان جنگل‌ها مختصات پلات‌های مربوط به منطقه موردمطالعه که گونه‌ی راش در آن‌ها حضور داشت تهیه شد. سپس به‌منظور راستی آزمایی داده‌های به‌دست‌آمده با حضور در عرصه به‌صورت تصادفی (زارع چاهوکی، ۱۳۹۲؛ فرهادی و همکاران، ۱۳۹۶؛ جعفری و همکاران، ۱۳۹۸) ۵۰ قطعه‌نمونه انتخاب و حضور گونه راش در آن‌ها بررسی شد که تمام پلات‌ها دارای پایه‌های گونه راش بودند. درمجموع تعداد ۸۴۱ نقطه حضور گونه راش در این حوزه جنگلی در نظر گرفته شد (شکل ۱). همچنین با توجه به نیاز نقاط غیاب گونه راش در مدل‌سازی تعداد ۸۵۰ نقطه غیاب به‌صورت تصادفی در منطقه تهیه گردید (Alavi et al., 2019).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

متغیرهای توپوگرافی مورد استفاده

شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا

از مدل رقومی ارتفاع با اندازه تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر برای تولید نقشه‌های ارتفاع، درصد شیب و جهت جغرافیائی در نرم‌افزار QGIS 3.6 استفاده شد (Alaska Satelatite Facility, 2010) (شکل ۲). همچنین سایر شاخص‌های مرتبط با توپوگرافی مانند شاخص رطوبت توپوگرافیک، شاخص انحنای سطح و شاخص انحنای مقطع به شرح زیر محاسبه شدند:

شاخص رطوبت توپوگرافیک

در بین خصوصیات توپوگرافی، شاخص رطوبت توپوگرافیک $(TWI)^3$ ابزاری مفید و رایج برای توصیف شرایط رطوبتی در مقیاس حوضه است (Grabs et al., 2009) و در مطالعات زیادی به‌منظور تخمین مکانی ویژگی‌های فیزیکی، هیدرولوژیکی و شیمیایی خاک‌ها مورداستفاده قرارگرفته است (رحیمی فر و همکاران،۱۳۹۰؛ Welsch et al. 2001; Whelan et al., 2002; Western et al., 2004). این شاخص (رابطه ۱) در مواردی برای بررسی نقاط مناسب حضور گونه‌های گیاهی، تأثیر بر پراکنش گونه‌ها، مقیاس‌های مکانی مؤثر بر فرآیندهای هیدرولوژیکی، تعریف مسیرهای جریان هیدرولوژیکی در مدل‌سازی ژئوشیمیایی، تهیه نقشه کربن آلی خاک و همچنین برای تعیین فرآیندهای بیولوژیکی مثل تولید خالص اولیه سالیانه، الگوهای پوشش و کیفیت مکان‌های جنگلی نیز استفاده شده است (Sorensen et al., 2005).

$$\ln (AS / \tan\beta) = TWI$$ رابطه ۱

که در آن As سطح ویژه حوضه و β درجه شیب می‌باشد.

شاخص انحنای سطح[4]

شاخص انحنای سطح به مؤلفه‌ی افقی در راستای جهت گفته می‌شود که از رابطه ۲ برای محاسبه‌ی این شاخص استفاده می‌شود (Wood, 2006):

$$n * g * (b * d2 + a * e2 - c * d * e) / (d2 + e2)^{1.5}$$ رابطه ۲

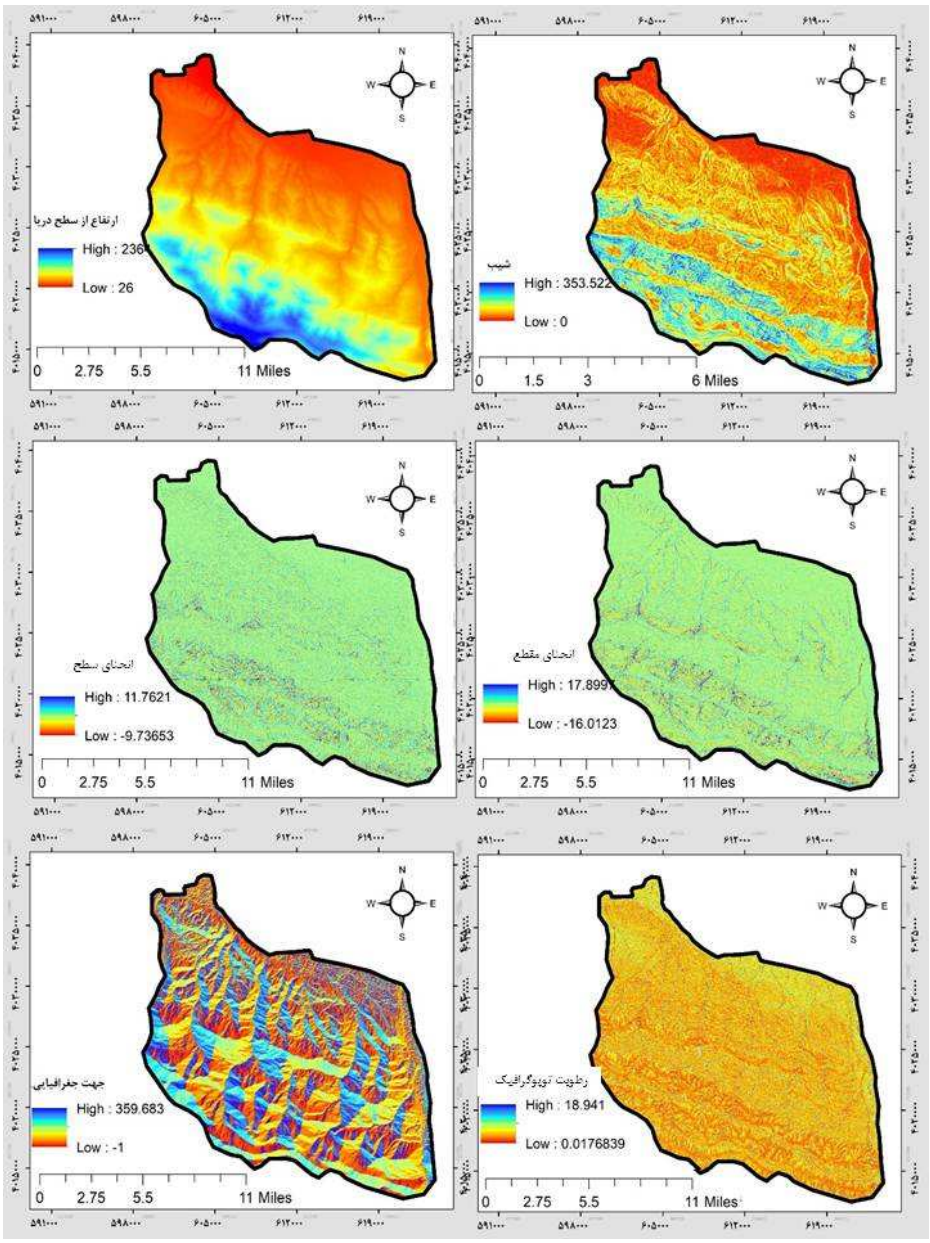
شاخص انحنای مقطع[5]

شاخص انحنای مقطع به مؤلفه‌ی قائم در راستای جهت گفته می‌شود که از رابطه ۳ به دست می‌آید:

$$n * g * (a * d2 + b * e2 + c * d) / (d2 + e2)(1 + (d2 + e2))$$ رابطه ۳

که در این معادلات x, y, z مختصات محلی و مقادیر a تا f ضرایب معادله هستند (Wood, 2006)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۳- متغیرهای توپوگرافی در منطقه‌ی موردمطالعه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

مدل درخت رگرسیون تقویت‌شده[۶] (BRT)

به‌منظور مدل‌سازی پراکنش گونه راش نسبت به مجموعه داده‌های توپوگرافی از مدل درخت رگرسیون تقویت‌شده (BRT) که ترکیبی از تکنیک‌های آماری و یادگیری ماشین است، استفاده شد. درخت رگرسیون تقویت‌شده یکی از تکنیک‌های مختلفی است که با استفاده از ترکیب مدل‌های متعدد به بهبود عملکرد تک مدل کمک می‌کند. BRT الگوریتم کارآمد و ساده‌ای برای افزایش دقت مدل است و بر این اساس کار می‌کند که ساخت، ترکیب و میانگین‌گیری تعداد زیادی مدل بهتر و دقیق‌تر از ایجاد یک مدل است و لذا بر بزرگ‌ترین ضعف تک‌درخت تصمیم که برازش نسبتاً ضعیف است غلبه می‌نماید. مزایای استفاده از درختان رگرسیون تقویت‌شده عبارت‌اند از: الف) کنترل انواع مختلف متغیرهای پیش‌بینی کننده، ب) اصلاح داده‌های ازدست‌رفته ۹، پ) عدم نیاز به تبدیل داده‌ها یا حذف نقاط دورافتاده ۱۰، ت) برازش روابط پیچیده غیرخطی و کنترل خودکار اثر متقابل بین متغیرها (جعفریان و کارگر، ۱۳۹۶؛ Elith et al., 2008; Alavi et al., 2019).

ارزیابی مدل

برای ارزیابی قابلیت پیش‌بینی مدل از ۷۰ درصد داده‌ها برای مدل‌سازی و ۳۰ درصد باقیمانده برای ارزیابی آن استفاده شد (Alavi et al., 2019). برای ارزیابی کارایی مدل‌های پراکنش گونه معمولاً از مقدار سطح زیر منحنی (AUC: Area Under Curve) استفاده می‌شود (Fielding and Bell, 1997; Austin, 2002; Duan et al, 2014). مقدار AUC نشان می‌دهد که چگونه یک مدل به‌خوبی بین محل حضور گونه‌ها و غیاب آن‌ها تمایز قائل می‌شود. AUC با مقدار ۰/۵ نشان می‌دهد که یک کارایی تمایز مدل به‌صورت تصادفی است درحالی‌که مقدار ۱ بیان‌کننده توانایی تمایز کامل مدل است. مدل با مقدار AUC بین ۵ /۰ تا ۰/۷ دارای دقت پایین، بین ۰/۷ تا ۰/۸ دارای دقت متوسط، ۰/۸ تا ۰/۹ دارای خوب و ۰/۹ تا ۱ دارای دقت کامل است (Elith et al., 2006; Giovanelli and Alexandrino, 2010). بااین‌حال قابلیت اطمینان AUC به‌عنوان تنها شاخص برای ارزیابی مدل در سال‌های اخیر مورد چالش قرارگرفته است (Fourcade et al., 2014). بنابراین، در این تحقیق علاوه بر شاخص سطح زیر منحنی، آمار واقعی مهارت مرتبط با آستانه (TSS) محاسبه گردید که همانند آمار کاپا گسترده است، اما کمتر وابسته به پراکنش گونه‌های مدل شده است (Allouche et al., 2006). این آماره به‌عنوان TSS= sensitivity + specificity – 1 تعریف می‌شود که در آن ویژگی حساسیت مربوط به مقادیر مشاهده‌شده است که به‌درستی پیش‌بینی‌شده‌اند

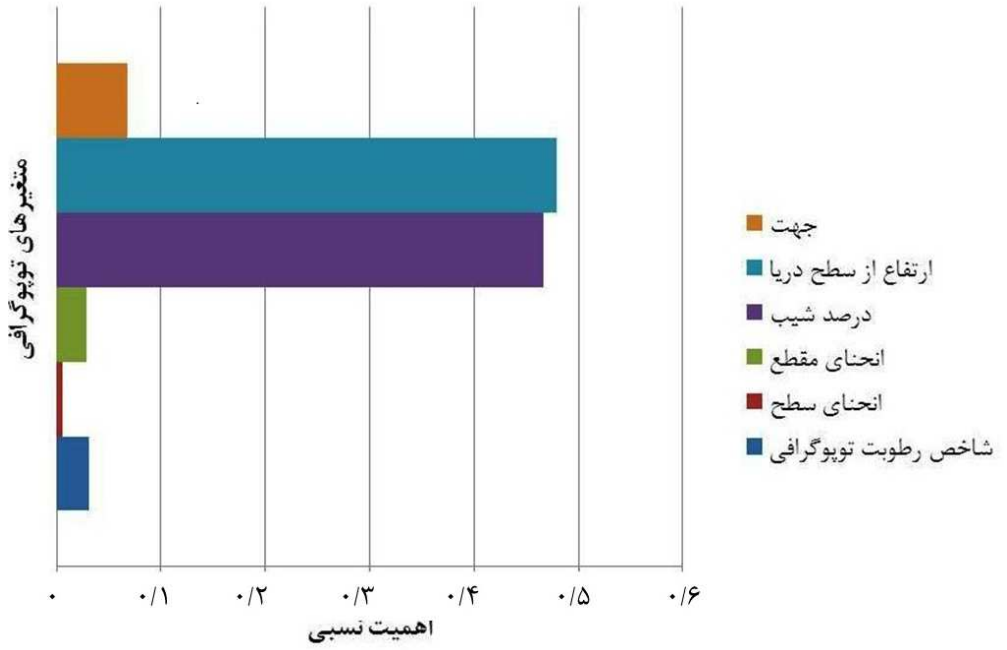
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

و ویژگی تناسب مربوط به فقدان مشاهده‌شده و به عبارتی مقادیری که به‌درستی پیش‌بینی‌نشده‌اند می‌باشد (Allouche et al., 2006). ارزش TSS کمتر از ۰/۲ می‌تواند به‌عنوان ضعیف، ۰/۲ تا ۰/۶ به‌عنوان متوسط و بزرگ‌تر از ۰/۶ به‌عنوان خوب در نظر گرفته شود (Allouche et al., 2006). به‌منظور محاسبه TSS، نقشه مطلوبیت رویشگاه باید به‌صورت حضوروغیاب تبدیل شود و نکته مهم مشخص کردن حد آستانه مقدار TSS است که در این پژوهش ۰/۵ در نظر گرفته شد (Thuiller et al., 2016; Shabani et al., 2018). تمامی مراحل مدل‌سازی، ارزیابی و تهیه نقشه مطلوبیت رویشگاه گونه‌ی راش با استفاده از نرم‌افزار آماری R و بسته‌های raster و biomod2 انجام شد.

نتایج

بر اساس نتایج مدل‌سازی، میزان سطح زیر منحنی (AUC) و مهارت مرتبط با آستانه (TSS) پیش‌بینی‌شده برای مدل BRT به ترتیب برابر با ۰/۸۲ و ۰/۶۳ به دست آمد. میزان AUC بیش از ۰/۸ و TSS بیش از ۰/۶ نشان می‌دهند که این مدل به‌خوبی توانسته است پراکنش این‌گونه را پیش‌بینی کند (Allouche et al., 2006; Elith et al., 2006). یکی از ویژگی‌های مدل‌های پراکنش گونه‌ای، نشان دادن اهمیت نسبی متغیرهای مختلف در تعیین پراکنش گونه‌هاست. در مطالعه حاضر که هدف آن تعیین نقش و تأثیر عوامل توپوگرافی در تعیین پراکنش گونه راش در جنگل‌های شمال ایران بوده است، بر اساس نتایج، متغیرهای ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب بیشترین تأثیر را در پراکنش این‌گونه داشته‌اند و پراکنش این‌گونه کمتر تحت تأثیر متغیرهای ثانویه توپوگرافی مانند رطوبت توپوگرافیک، انحنای مقطع و انحنای سطح بوده است (شکل ۴).

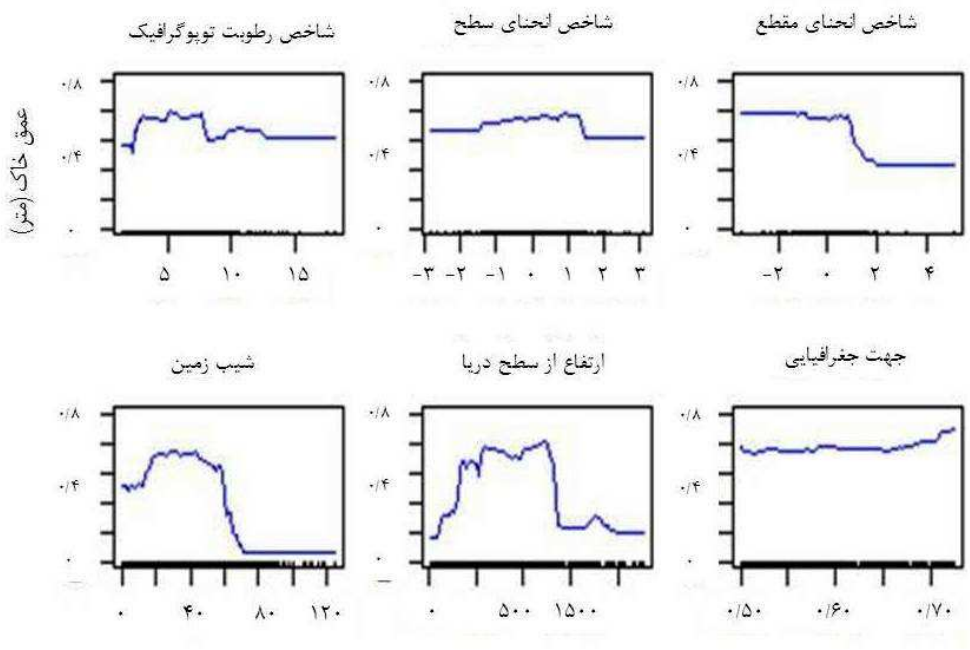
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۴- اهمیت نسبی متغیرهای توپوگرافی موردمطالعه

بر اساس نتایج حاصل از بررسی منحنی پاسخ گونه‌ی راش نسبت به متغیرهای اصلی توپوگرافی (شکل ۵) یعنی شیب، جهت و ارتفاع، این‌گونه درشیب‌های ۲۰ تا ۶۰ درصد، جهت‌های شمالی و شرقی و در ارتفاع ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا احتمال حضور بیشتری دارد. همچنین ازنظر متغیرهای ثانویه توپوگرافی، میزان رطوبت توپوگرافی ۲ تا ۱۳ درصد در عمق ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متری خاک، میزان انحنای سطح ۱- تا ۱ و انحنای مقطع ۱/۵ تا ۳ مطلوبیت بیشتری برای پراکنش این‌گونه دارند.

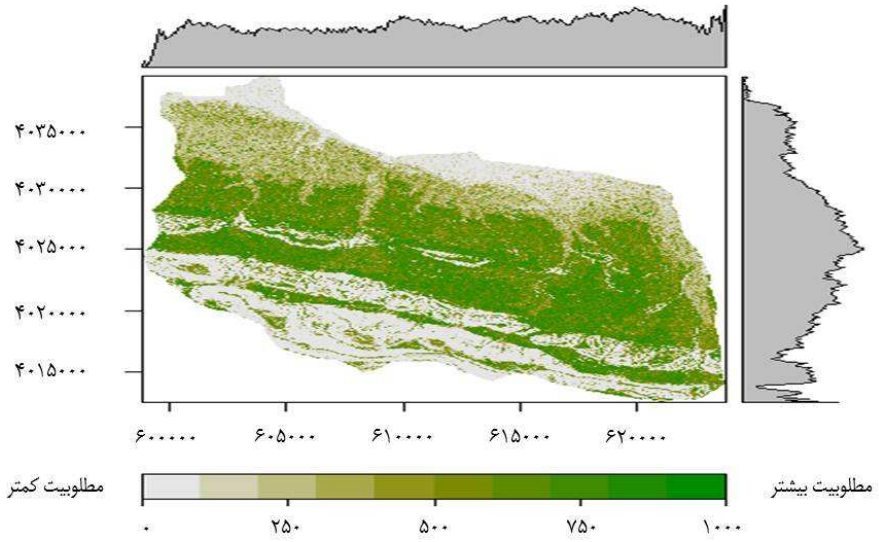
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]



شکل۵- منحنی پاسخ گونه‌ی راش نسبت به متغیرهای توپوگرافی در منطقه موردمطالعه

پس از مدل‌سازی پراکنش گونه راش با داده‌های توپوگرافی و شناسایی مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش این‌گونه، نقشه مطلوبیت رویشگاه نیز تهیه گردید و در چهار طبقه مطلوبیت زیاد (۷۵۰-۱۰۰۰) متوسط (۵۰۰-۷۵۰) کم (۲۵۰-۵۰۰) و خیلی کم (۰-۲۵۰) دسته‌بندی شد. بر اساس نتایج این نقشه، رویشگاه‌های مطلوب این‌گونه بیشتر در میان‌بند منطقه‌ی موردمطالعه واقع‌شده‌اند (شکل ۶).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۶- نقشه‌ی مطلوبیت پراکنش گونه‌ی راش در منطقه موردمطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) گونه مهم جنگل‌های شمال ایران ازنظر اکولوژیکی و اقتصادی است (Ahmadi et al, 2013, 2016, 2017). جنگل‌های هیرکانی شمال ایران حد نهایی پراکنش این‌گونه در شرق منطقه رویشی ایران- آناتولی است که از شرق اروپا شروع‌شده، قفقاز، شمال ترکیه و شمال ایران را در بر می‌گیرد (Yilmaz, 2010; Adel et al., 2014). این موقعیت اکوتونی، آن را نسبت به اختلالات طبیعی و انسانی مانند تغییر کاربری اراضی و گرم شدن جهانی حساس‌تر نموده (طالشی و همکاران، ۱۳۹۷) و لزوم توجه به حفاظت آن را نمایان می‌سازد. یکی از پیش‌نیازها و اقدامات مهم حفاظتی، شناسایی ویژگی‌های رویشگاه طبیعی این‌گونه و رفتارهای رشد و تولیدمثلی آن نسبت به متغیرهای اقلیمی، خاکی و توپوگرافی است. در مطالعه حاضر، پاسخ این‌گونه به متغیرهای تبیینی توپوگرافی با استفاده از مدل BRT موردتوجه قرار گرفت. عوامل محیطی نقش مهمی در

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

پراکنش گیاهان دارند و مشخص می‌نماید در هر مکانی کدام گونه یا گونه‌ها حضور پیدا می‌کنند (اردکانی، ۱۳۹۲؛Steege and Zagt, 2002). درک اثر متقابل بین گیاهان و متغیرهای محیطی این امکان را فراهم می‌سازد که از آن به‌عنوان یک راهنما در بهبود، حفظ و نگهداری پوشش گیاهی اکوسیستم‌های جنگلی کمک گرفت (Downing and Selkirk, 1993).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، از میان متغیرهای توپوگرافی ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب بیشترین اثر را بر پراکنش گونه‌ی راش داشتند. این نتایج در تائید نتایج طویلی و جعفری (Tavili and Jafari, 2009) بود که دریافتند عامل ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب با تأثیر بر میزان دما و رطوبت، عوامل عمده کنترل پراکنش گونه‌های گیاهی می‌باشند. همچنین بررسی شکل منحنی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی نسبت به گرادیان‌های محیطی و اینکه در یک رویشگاه معین حدود کمینه، بیشینه و بهینه آشیان بوم‌شناختی گونه گیاهی نسبت به گرادیان‌های محیطی چگونه است، یکی از مسائل و موضوعات اساسی در علم اکولوژی می‌باشد. نتایج حاصل از منحنی پاسخ گونه‌ی راش نسبت به درصد شیب نشان می‌دهد درشیب‌های ۲۰ تا ۶۰ درصد بیشترین احتمال حضور این‌گونه وجود دارد. همچنین در ارتفاع حدود ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا بیشترین احتمال حضور را دارد. ازنظر جهت جغرافیایی، بیشترین پراکنش گونه راش در منطقه موردمطالعه در جهت شمال و شرق است. این نتایج تائید کننده مطالعات پایه انجام‌شده در جنگل‌های هیرکانی است که گونه راش را ازنظر ارتفاع از سطح دریا، جزو گونه‌های مختص ارتفاعات میانی البرز ذکر کرده و می‌گویند رویشگاه طبیعی و انبوه آن از ۱۰۰۰ متر به بالا قرار دارد، ولی بسته به شرایط محلی و میکروکلیمایی نمونه‌های از آن به‌صورت جامعه تا حدود ۶۰۰ متر از سطح دریا دیده می‌شود و تا ارتفاعات ۵۰۰ متری به‌صورت دسته‌ها و گروه‌های کوچک وجود دارد و به‌صورت تک‌درخت تا ۱۱۰ متری از سطح دریا نیز دیده‌شده است (مروی مهاجر، ۱۳۸۴؛ Sagheb-Talebi et al., 2014). طالشی و همکاران (۱۳۹۷) نیز میانگین ارتفاع مطلوب برای گونه راش را در شرایط اقلیمی فعلی ۱۳۸۷ متر ذکر کرده‌اند اما کمینه و بیشینه حضور آن را به ترتیب در ارتفاع ۲۸۷ و ۲۵۷۸ متر از سطح دریا گزارش کرده‌اند. گانگراوغلو (Gungoroglu, 2015) در مطالعه دامنه پراکنش گونه راش شرقی در جنگل‌های شمال ترکیه (جنوب دریای سیاه) دامنه ارتفاعی مطلوب این‌گونه را ۵۹۴ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا ذکر کرده ولی دامنه بهینه (بیش از ۷۰٪ پراکنش) این‌گونه را در محدوده ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ ثبت نموده‌اند. ایشان همچنین ازنظر جهت دامنه، به ترتیب جهت‌های شرقی، غربی و شمالی را به‌عنوان جهت‌های مطلوب پراکنش این‌گونه ذکر می‌کند. بااین‌حال ایلماز (Yilmaz, 2010) شروع پراکنش گونه راش در

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

جنگل‌های جنوب ترکیه (شرق دریای مدیترانه) را از ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا گزارش کرده و ازاین‌جهت با نتایج تحقیق حاضر و مطالعات دیگر (طالشی و همکاران،۱۳۹۷) همخوانی دارد.

نقشه‌ی مطلوبیت پراکنش گونه‌ی راش نشان می‌دهد بیشترین احتمال حضور این‌گونه در قسمت میان‌بند منطقه‌ی موردمطالعه واقع‌شده است. این موقعیت ارتفاعی به‌ویژه در استان مازندران با توجه به نتایج تحقیق طالشی و همکاران (۱۳۹۷) حتی در خوش‌بینانه‌ترین سناریوهای تغییر اقلیمی در آینده، تحت تأثیر قرارگرفته و در سال ۲۰۷۰ میلادی بیش از ۷۰ درصد رویشگاه‌های مطلوب خود در جنگل‌های هیرکانی را از دست خواهد داد. لذا با توجه به اهمیت و نقش اکولوژیکی جنگل‌های هیرکانی (تعدیل اقلیمی، حفاظت آب‌وخاک، فراهم نمودن زیستگاه و حفظ تنوع زیستی و گردشگری) و گونه راش به‌عنوان یکی از گونه‌های غالب و کلیدی این جنگل‌ها، توجه به شیوه‌های جنگل‌شناسی سازگار با تغییر اقلیم و طرح‌های حفاظت گونۀ راش منطبق بر تأثیرات تغییر اقلیم (عطایی و همکاران، ۱۳۹۳؛ طالشی و همکاران، ۱۳۹۷) برای مقابله با این پدیده بیش‌ازپیش ضروری به نظر می‌رسد. به‌عنوان‌مثال انتظار می‌رود پایه‌های درختی که از طریق بذر رشد کرده‌اند دارای ساختار ژنتیکی مناسب‌تری برای مقابله با تنش‌های محیطی باشند (Yilmaz, 2010). همچنین می‌توان با انجام اقدامات تنک‌سازی و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای، پایه‌های قوی‌تر و مقاوم‌تر به تنش‌های اقلیمی را پرورش داد.

یادداشت‌ها

[1] Species Distribution Models

[2] Radiation Index

[3] Topographic Wetness Index

[4] Plan Curvature index

[5] Profile curvature index

[6] Boosted Regression Tree

[7] Learning rate

[8] Tree complexity

[9] Missing Data

[10] Outliers

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

منابع

ابراری واجاری، ک. ۱۳۹۵. تعیین ارتباط فراوانی درختان با برخی عوامل محیطی در جنگل راش (مطالعه موردی: جنگل‌های راش سوادکوه -مازندران). مجله پژوهش‌های گیاهی، ۲۹ (۴): ۶۹۴ - ۷۰۱.

اردکانی، م. ح. ۱۳۹۲. اکولوژی. نشر دانشگاه تهران. چاپ پانزدهم. ۳۴۰ ص.

حبشی، ه.، حسینی، س.م.، محمدی، ج.، رحمانی، ر. ۱۳۸۶. تعیین الگوی پراکنش و ساختار در جنگل آمیخته شصت کلا گرگان. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۱): ۵۵-۶۴.

جعفریان، ز.، کارگر، م. ۱۳۹۶. مقایسه مدل‌های جنگل تصادفی (RF) و درخت رگرسیون تقویت‌شده (BRT) در پیش‌بینی حضور گونه‌های غالب مرتعی در مراتع پلور، مازندران. بوم‌شناسی کاربردی، ۶ (۱۹) : ۴۱-۵۵.

جعفری، ع.، علیپور، م.، عباسی، م.، سلطانی، ع. ۱۳۹۸. مدلسازی پراکنش گونه زالزالک در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از روش تحلیل آنتروپی بیشینه. محیط‌شناسی، ۴۵(۲): ۲۲۳-۲۳۵.

فرهادی، پ.، سوسنی، ج.، عرفانی فرد، س.ی. ۱۳۹۶. تحلیل الگوی پراکنش مکانی گونه راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در جنگل‌های هیرکانی با استفاده از شاخص‌های زاویه‌ای (مطالعه موردی: جنگل‌های ناو اسالم گیلان). بوم‌شناسی کاربردی، ۶(۲): ۱-۱۳.

ثاقب طالبی، خ، ساجدی، ت.، یزدیان، ف. ۱۳۸۴. نگاهی به جنگل‌های ایران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ایران .۴۵ صفحه

رحیمی فر، ع.، واحدبردی، ش.، بهرهمند، ع. ۱۳۹۰. معرفی و تهیه نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب‌وخاک. انجمن مهندسی آبیاری و آب. کرمان

زارع چاهوکی، م.ع.، پیری صحراگرد، ح.، آذرنیوند، ح. ۱۳۹۲ مدل‌سازی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی در مراتع حوض سلطان قم با روش آنتروپی حداکثر. مرتع، ۷(۳): ۲۱۲ -۲۲۱.

طالشی، ح.، جلالی، س.، غ.، علوی، س.ج.، حسینی، س.م.، نعیمی، ب.، ۱۳۹۷. اثر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی بالقوهٔ گونهٔ راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در جنگل‌های هیرکانی ایران. جنگل ایران، ۱۰(۲): ۲۵۱-۲۶۶.

عطایی، ه.، توانا، م.، پارسا، ل. ۱۳۹۳، تحلیل آب‌وهوای استان مازندران و پهنه‌بندی اقلیمی استان با استفاده از نرم‌افزارGIS ، دومین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیطزیست پایدار، همدان، انجمن ارزیابان محیطزیست هگمتانه، دانشکده شهید مفتح.

مروی مهاجر، م.ر. ۱۳۸۴. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول،۴۱۰ صفحه

نوری، ز.، زبیری، م.، فقهی، ج.، مروی مهاجر، م.ر. ۱۳۹۲. بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان و ساختار در راشستان های طبیعی شمال ایران (مطالعهٔ موردی :بخش گرازبن جنگل خیرود). محیطزیست طبیعی، ۶۶(۱): ۱۱۳-۱۲۵.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

Adel, M.N., Pourbabaei, H., Dey, D.C. 2014. Ecological species group Environmental factors Relationships in unharvested beech forests in the north of Iran. Ecological Engineering, 69:1-7.

Ahmadi, K., Alavi, S.J., Kouchaksaraei, M.T., Aertsen, W. 2013. Non-linear height-diameter models for oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the Hyrcanian forests, Iran. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment, 17(3): 431-440.

Ahmadi, K., Alavi, S.J. 2016. Generalized height-diameter models for *Fagus orientalis* Lipsky in Hyrcanian forest, Iran. Journal of forest science, 62(9): 413-421.

Ahmadi, K., Alavi, S.J., Kouchaksaraei, M.T. 2017. Constructing site quality curves and productivity assessment for uneven-aged and mixed stands of oriental beech (*Fagus oriental* Lipsky) in Hyrcanian forest, Iran. Forest science and technology, 13(1), 41-46.

Alavi, S.J., Ahmadi, K., Hosseini, S.M., Tabari, M., Nouri, Z. 2019. The response of English yew (Taxus baccata L.) to climate change in the Caspian Hyrcanian Mixed Forest ecoregion. Regional Environmental Change, 19(5): 1495-1506.

Alaska Satelatite Facility. 2010. Available online: https://vertex.daac.asf.alaska.edu.

Allouche, O., Tsoar, A., Kadmon, R. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). Journal of Applied Ecology, 43: 1223–1232.

Aragon, C.F., Albert, M.J., Nez-Benavides, L.G., Luzuriaga, A.L., Escudero, A.N. 2007. Environmental scales on the reproduction of a Gypsophyte: A hierarchical approach. J. Bot. 99: 519-527.

Austin, M.P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. Ecological Modeling, 157: 101–118.

Carmel, Y., Kadmon, R. 1999. Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a Mediterranean ecosystem in Israel. Plant Ecology, 145: 243-254.

Dobrowski, S.Z. 2011. A Climatic Basis for Microrefugia: The Influence of Terrain on Climate. Global Change Biology, 17: 1022-1035.

Downing, A.J. Selkirk, P.M. 1993. Bryophytes on the calcareous soils of Mungo National Park, an arid area of southern central Australia, *Great Basin Naturalist*: 53: No. 1, Article 3.

Duan, R.Y, Kong, X.Q, Huang, M.Y, Fan, W.Y., Wang, Z.G. 2014. The Predictive Performance and Stability of Six Species Distribution Models. PLoS ONE 9(11): e112764.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Echography, 29: 129-151.

Elith, J., Leathwick, J.R. Hastie, T. 2008. A working guide to boosted regression trees. Journal of Animal Ecology, 77 (4): 802–813.

Enright, N.J., Miller, B.P., Akhter, R. 2005. Desert vegetation and vegetation-environment relationships in Kirthar national park, Sindh, Pakistan. Journal of Arid Environment, 61: 397-418.

Fielding, A.H., 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.

Fourcade, Y., Engler, J.O., Rodder D., Secondi, J. 2014. Mapping Species Distributions with MAXENT Using a Geographically Biased Sample of Presence Data: A Performance Assessment of Methods for Correcting Sampling Bias. PLoS ONE 9(5): e97122.

Giovanell, J.F., 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.

Goldi, A. 2001. Relationships between aspect and plant distribution on calcareous soils near Missoula, Montana. J. Northwest Sci. 75: 3. 197-203.

Grabs, T., Seibert, J., Bishop, K., Laudon, H. 2009. Modeling spatial patterns of saturated areas: A comparison of the topographic wetness index and a dynamic distributed model. J. Hydrol. 373: 15-23.

Gungoroglu C. 2015. Spatial distribution analysis of Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Buyukduz research forest. 10th International Beech Symposium, Kastamonu, Turkey, September, 1-6, 2015.

Moeslund J.E., Arge, L., Bøcher, P.K., Dalgaard, T., Ejrnæs, R., Odgaard, M.V., Svenning, J.C. 2013. Topographically controlled soil moisture drives plant diversity patterns within grasslands. Biodiversity Conservation, doi: 10.1007/s10531-013-0442-3.

Remya, K., Ramachandran, A., Jayakumar, S. 2015. Predicting the current and future suitable habitat distribution of Myristica dactyloides Gaertn. Using MaxEnt model in the Eastern Ghats, India. Ecological Engineering, 82: 184-188.

Shabani, F., Kumar, L., Ahmadi, M. 2018. Assessing Accuracy Methods of Species Distribution Models: AUC, Specificity, Sensitivity and the True Skill Statistic. Acta Scientiarum Human and Social Sciences, 18(1): 7-17.

Sagheb-Talebi, K., Sajedi, T., Pourhashemi, M. 2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future. Netherlands: Springer Publishing.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H., Burger, J.A. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. Forest Ecology and Management, 138: 335-356.

Solon, J., Degorski, M., Roo-Zielinska, E. 2007. Vegetation response to a topographical-soil gradient. J. Catena, 71: 309-320.

Sorensen, R., Zinko, U., Seibert, J. 2005. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observation. Hydrology and Earth System Sciences. 10: 101-112.

Steege, H & Zagt, R. 2002. Density and diversity. Nature 417: 698-699.

Tavili, A., Jafari, M. 2009. Interrelations between plants and environmental variables. International Journal of Environmental Research, 3(2): 239-246. DOI: 10.22059/ijer.2009.51.

Thuiller, W., Georges, D., Engler, R., Breiner, F., Georges, M.D., Thuiller, C.W. 2016. Package 'biomod2'. Ensemble platform for species distribution modeling.

Welsch, D.L., Kroll, C.N., Mc Donnell, J.J., Burns, D.A. 2001. Topographic controls on the chemistry of subsurface storm flow, Hydrology Processes, 15: 10. 1925-1938.

Western, A.W. 2004. Spatial correlation of soil moisture in small catchments and its relationship to dominant spatial hydrological processes. Journal of Hydrology, 286: 1-4. 113-134.

Whelan, M.J., and Gandolfi, C. 2002. Modeling of spatial controls on denitrification at the landscape scale. Hydrology Processes, 16: 7. 1437-1450.

Wood, S.N. 2006. Generalized Additive Models: An Introduction with R, Chapman and Hall/CRC, USA. 410 p.

Yilmaz, M. 2010. Is there a Future for the Isolated Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Forests in Southern Turkey? Acta Silvatica et Lignaria Hungarica, 6: 111-114.

Yimer, F., Ledin, S., Abdelkadir, A. 2006. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. Forest Ecology and Management, 232: 90-99.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]