دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

بررسی برخی از متغیرهای زیستی و غیرزیستی تأثیرگذار بر رویش قطری درختان راش در سطح قطعات نمونه ثابت با استفاده از مدل‌های رویشی

محمود بیات[۱]، سیده کوثر حمیدی[۲] و محمدحسین صادق‌زاده[۳]

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،
(نویسنده مسوول: Mbayat@rifr-ac.ir)
۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- کارشناس پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۹
صفحه: ۹۱ تا ۹۹

چکیده

کمی کردن رویش جنگل و عوامل تعیین‌کننده و تاثیرگذار بر روی آن یکی از مهم‌ترین اهداف مدیریت جنگل است. در این پژوهش، تاثیر متغیرهای زیستی و غیرزیستی بر رویش قطری راش در سطح قطعات نمونه ثابت در جنگل‌های شمال ایران بررسی شد. تمرکز این تحقیق بر تعیین و کمی‌سازی متغیرهای محیطی از قبیل مقدار انرژی تابشی نور خورشید در فصل رویش، شاخص خیسی توپوگرافی (که معرف پراکنش آب در خاک است)، ارتفاع بالای نزدیک‌ترین نقطه زهکشی شده و سرعت باد که از مدل‌های فرآیندی در زمین‌های پیچیده حاصل می‌شوند، دما و رطوبت هوا و ارتباط آنها با رویش قطری درختان راش در سطح قطعات نمونه ثابت بود. در این مطالعه جهت برآورد رویش قطری از مدل رویش قطری حاصل از اندازه‌گیری رویش قطری طی یک دوره نه ساله (۱۳۸۲-۱۳۹۱) در قطعات نمونه ثابت استفاده گردید. همچنین از متوسط قطر برابرسینه در سال ۱۳۹۱ و سطح مقطع برابرسینه به عنوان متغیرهای زیستی مرتبط با رویش قطری استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که به ترتیب، قطر برابرسینه، ترکیب عوامل توپوگرافی و شاخص خیسی خاک و سطح مقطع برابر سینه تغییرات رویش قطری راش را در سطح قطعه نمونه تعریف می‌کنند. در نهایت، نتایج نشان داد با استفاده از مدل‌های رویشی می‌توان با دقت مناسبی، رویش قطری و عوامل تاثیر گذار بر آن را تعیین کرد.

واژه‌های کلیدی: جنگل ناهمسال، شاخص خیسی، متغیرهای زیستی و غیرزیستی، مدلسازی

مقدمه

کمی کردن رویش جنگل و عوامل تعیین‌کننده و تاثیرگذار بر روی آن یکی از مهم‌ترین اهداف مدیریت جنگل است. رویش جنگل به وسیله عوامل زیستی و غیرزیستی رایج تعیین می‌شود (۱۰،۱۵). تغییرات مکانی و زمانی در متغیرهای غیرزیستی از قبیل انرژی تابشی خورشید، دمای هوای نزدیک به سطح زمین، آب و حجم مواد غذایی در خاک، پراکنش گونه‌های گیاهی و ارتباط آنها را در جوامع گیاهی، در بلندمدت در یک سیمای سرزمین تعریف می‌کند (۲۵). ترکیب دقیق متغیرهای غیرزیستی در ایجاد تغییرات رویش قطری درختان در سطح محلی در بوم‌سامانه مختلف متفاوت است. در جنگل‌های با تاج پوشش بسته استوایی، شبکه‌های هیدرولوژی و ارتفاع بالا از نزدیکترین نقطه زهکشی شده، عوامل منطقی در مدل‌های سازمان‌دهی مکانی این مناطق هستند (۱۳،۲۸). در حالی که در مناطق معتدله کوهستانی در جنگل‌های ساحلی (جذر و مدی) بادهای رایج و رژیم حرارتی در ایجاد ساختار تنوع زیستی و رویش جنگل در جنگل‌ها نقش مهم‌تری دارند (۲۴،۳۰). در نتیجه، برای شناخت سازوکارهای بوم‌شناسی اثرگذار بر روندهای تغییر در مقیاس‌های رایج مدیریت زمین (برای مثال از ۳۰ متر تا دو کیلومتر) ارزیابی اهمیت نسبی عوامل زیست‌محیطی بر تغییرات رویش، ضروری است. تعیین رویش و عوامل محیطی به تنهایی و فقط با اندازه‌گیری‌های زمینی در سطوح بزرگ اغلب خیلی مشکل و در بعضی مواقع غیرممکن است (۱۸). فراگیر شدن بسته‌های سنجش از دور و تولیدات آن یک ابزار و وسیله قابل قبول برای مشاهده و پایش پیوسته سطح زمین و تغییرات آن به شمار می‌رود که به وسیله سطوح انعکاسی و حرارتی با قدرت تفکیک زمانی و مکانی متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۸،۲۴). امروزه استفاده از مدل‌سازی‌ها و شبیه‌سازی‌ها برای بررسی و تعیین رویش جنگل و تعیین عوامل تاثیر گذار زیست‌محیطی بسیار رایج و شایع گردیده است. کاربرد مدل برای مدیریت بهتر جنگل، از مهم‌ترین عواملی است که مدل‌سازی را توجیه می‌کند. مدل‌های ایجاد شده، میزان رویش و عوامل موثر بر آن را مشخص کرده و بهترین گزینه را ارائه می‌دهند و در بعضی از مواقع می‌توان آینده جنگل را نیز به کمک آن پیش‌بینی نمود. گونه راش (*Fagus orientalis* Lipsky) حدود یک سوم از وسعت و به همین نسبت حجم سرپا را در توده‌های آمیخته و تا حدودی خالص جنگل‌های شمال ایران در بر می‌گیرد (۴). هم‌اکنون بیشتر جنگل‌های‌راش تحت مدیریت طرح‌های جنگلداری قرار گرفته‌اند و با رویکرد جدید جنگل‌شناسی مبتنی بر پرورش گروه‌ها و پایه‌ها اداره می‌شوند. این گونه به وجود شرایط طبیعی و شبه‌اوج وابستگی شدیدی دارد و به تغییراتی که در محیط ایجاد می‌شود حساس است. نور از عوامل مهمی است که بر خصوصیات کمی وکیفی نهال‌های راش تأثیر دارد. طبق مطالعات صورت گرفته، حفره‌ها یا لکه‌های خالی در تاج‌پوشش درختان راشی که قطر آن‌ها ۲۰ متر باشند، می‌تواند بهترین زادآوری را در جنگل راش تأمین کنند (۲۱). از نظر میزان بارندگی، جنگل‌های راش اسالم در غربی‌ترین بخش‌های جنگل خزری، جزء پرباران‌ترین جنگل‌های راش کشور محسوب می‌شوند که به تدریج به سمت شرق از میزان بارندگی کاسته شده به طوری که در گرگان حتی به نصف این مقدار باران کاهش می‌یابد. با مرور پیشینه تحقیق، برخی از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام شده که مرتبط با موضوع این

مطالعه بودند و برای انتخاب روش‌ها، کمک به بحث و نتیجه‌گیری و تبیین مفاهیم و مبانی پایه‌ای مفید و مورد استفاده قرار گرفتند آورده شده است. بیات و همکاران (۵) در تحقیقی در بخش گرازبن جنگل خیرود نوشهر به وسعت ۹۳۴/۲۴ هکتار با استفاده از ۲۵۶ قطعه نمونه دائم ۱۰ آری که طی یک دوره نه ساله دوبار آماربرداری شدند، مجموعه‌ای از مدل‌هایی ارایه کردند که قادر بودند توسعه توده جنگل را در روش‌های مختلف مدیریت جنگل شبیه‌سازی و در نهایت بهترین روش را انتخاب کنند. این مدل‌ها شامل، مدل تک‌درخت رویش قطری، مدل تک‌درخت رویش ارتفاع، مدل تک‌درخت رویشی زادآوری و مدل تک درخت زنده‌مانی (مرگ و میر) بودند. نتایج استفاده از این مدل‌ها بر این نکته دلالت داشت که برداشت چوب در دامنه دو و نیم تا هفت متر مکعب در هکتار (برای ممرز دو و نیم، راش پنج و بلوط تا هفت مترمکعب در هکتار) محصول پایدار این جنگل‌ها می‌باشد. همچنین، تحلیل مدل و آنالیزهای این تحقیق دلالت بر عملی بودن و برتری روش مدیریت دانه‌زاد ناهمسال در حفظ پایداری جنگل و تولید چوب از نظر اقتصادی نسبت به سایر روش‌ها (دانه‌زاد همسال جوان، دانه‌زاد همسال بالغ و دانه‌زاد دواشکوبه) داشت. سوسنی و همکاران (۲۹)، در بررسی خود، جهت تعیین تاثیر رویشگاه در رویش قطری درختان، سه رویشگاه عمده در مناطق کوهپایه‌ای،دشتی و تپه ماهوری را انتخاب نمودند و در هر رویشگاه به صورت تصادفی ۳۵ پایه انتخاب گردید. نتایج بررسی‌ها آنها نشان داد که میانگین مقدار رویش قطری درختان از رویشگاه کوهپایه‌ای به تپه ماهوری افزایش می‌یابد. به‌همین جهت آزمون مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش آنوا انجام شد که نتیجه‌ی آزمون کاملا معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۵). آزمون ناپارامتری کروسکال والیس نیز نتایج فوق را تایید کرد. مشتاق و همکاران (۲۲)، در مطالعه‌ای که در ارتباط با رویش قطری سالانه راش شرقی و عوامل محیطی در جنگل‌های شمال ایران انجام گرفته است نشان دادند که عامل ارتفاع از سطح دریا تاثیر فراوانی در میزان رویش قطری دارد به‌طوری که با افزایش ارتفاع از میزان رویش متوسط قطری کاسته می‌شود. پوربابایی و همکاران (۲۶) در پژوهشی با استفاده از داده‌های ۲۵ و ۲۰ قطعه نمونه که به روش انتخابی و با قطعات نمونه به ابعاد ۱۰۰۰ متر مربعی، (به ترتیب رویشگاه‌های رضوانشهر و تنیان) که بر اساس حضور و عدم حضور داغداغان برداشت شدند، نشان دادند که قطر برابر سینه و ارتفاع درختان داغداغان در جهت جنوبی رویشگاه تنیان بیشتر از رویشگاه رضوانشهر بود و اختلاف معنی‌داری بین دو رویشگاه مشاهده شد، اما اختلاف معنی‌داری در جهت‌های دیگر مشاهده نشد. بیشترین درصد حضور درختان داغداغان در شیب ۷۰-۳۵ درصد بود. نتایج تجزیه خاک نشان داد که کربن آلی رابطه‌ای مثبت با پراکنش داغداغان دارد و ظرفیت تبادل کاتیونی و فسفر قابل جذب رابطه‌ای منفی با پراکنش درختان داغداغان دارند. بیات و همکاران (۶) به تحلیل میزان اثر گذاری عوامل زنده و غیرزنده بر رویش قطری راش با استفاده از شبکه عصبی پرداختند. در این مطالعه از شبکه پرسپترون چند لایه با الگوریتم پس انتشار خطا به همراه تابع سیگموییدی استفاده شد. نتایج موید این نکته می‌باشد که شبکه عصبی دارای دقت لازم برای مدلسازی رویش قطری با استفاده از عوامل زنده و غیرزنده است. هیکنین (۱۶) در تحقیقی که در شمال فنلاند و ذخایر طبیعی کوو انجام داد، مدل‌های خطی تعمیم یافته و مدل‌های رگرسیونی چندگانه را برای گونه‌های اصلی و ارتباط آن با عوامل محیطی به دست آورد.

سیلوا و همکاران (۲۷)، در تعیین رویش قطری و الگوی رویش برای تک درختان رشد کرده در برزیل با انتخاب ۳۰۰ درخت به شکل تصادفی در کلاسه‌های مختلف توپوگرافی و قطری، میزان رویش قطری متوسط سالانه این درختان در دامنه ۰/۴۸ تا ۱۱/۴ میلی‌متر بیان کرد. در این راستا مطالعاتی دیگر همچون غضنفری و همکاران (۱۴)، آدم و همکاران (۱) نیز انجام شده است.

با توجه به مرور مطالعات انجام شده، تاکنون تاثیر عوامل زنده و غیرزنده از جمله مقدار تابش نور خورشید در فصل رویش، شاخص خیسی توپوگرافی، سرعت و جهت باد بر رویش قطری راش بررسی نشده است، لذا در این تحقیق برای نخستین بار عوامل زیست‌محیطی تاثیرگذار بر رویش قطری راش تعیین و کمی سازی شده و تاثیر هر یک از آنها بر رویش قطری راش با استفاده از مدل‌های رویش قطری مشخص گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

بخش گرازبن به وسعت ۹۳۴/۲۴ هکتار، سومین بخش از جنگل خیرود (با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه ۲۷ دقیقه تا ۳۶ درجه ۴۰ دقیقه و با طول جغرافیایی ۵۱ درجه ۳۲ دقیقه تا ۵۱ درجه ۴۳ دقیقه) تحت مدیریت دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران می‌باشد که در هفت کیلومتری شرق نوشهر قرار دارد. از لحاظ زمین‌شناسی سنگ مادر بخش گرازبن، آهکی و طبق نقشه وزارت نفت متعلق به دوران ژوراسیک علیا بوده و در بعضی نقاط از طبقات سخت شکافدار و طبقات نرم و به طور متناوب روی هم قرار گرفته‌اند. خاک این بخش در تقسیم‌بندی کلی جزء خاک‌های قهوه‌ای جنگلی است. قسمت شرقی و جنوب شرقی این بخش که مشرف به رودخانه خیرود است، اکثراً پرشیب می‌باشد و در حال حاضر و در این دوره با در نظر گرفتن امکانات فعلی غیرقابل بهره‌برداری می‌باشد، به همین دلیل تمام این قسمت شامل قطعه‌های ۳۰۱ تا ۳۰۳ به مساحت کلی ۱۶۵/۸۵ هکتار به عنوان جنگل حمایتی در نظر گرفته شده است. برای تشریح وضعیت اقلیم منطقه در این مطالعه از داده‌های اقلیمی سه ایستگاه هواشناسی نزدیک به شهر نوشهر شامل رامسر، سیاه‌بیشه و مرزن آباد به همراه داده‌های اقلیمی شهر نوشهر به نحوی استفاده شده است که تغییرات ارتفاع از سطح دریا مد نظر قرار گیرد. از ضریب آمبرژه (Q2) استفاده گردید که این ضریب برای منطقه مورد بررسی برابر ۲۰۳ می‌باشد و با مراجعه به میانگین دما حداقل در سردترین ماه سال (m= -۳/۵) و اقلیم‌نگار آمبرژه اقلیم منطقه مورد بررسی مرطوب سرد تعیین گردید. در سیستم

اقلیمی دومارتون، بخش گرازبن با داشتن ضریب خشکی معادل ۸۲/۶، دارای اقلیم مرطوب نوع ب سرد می‌باشد (۴). شکل ۱ منطقه مورد مطالعه و شبکه آماربرداری را نشان می‌دهد.

شکل ۱- موقعیت بخش گرازبن حوضه آبخیز جنگل خیرود در حوضه‌های آبخیز شمال کشور
Figure 1. Location of the Gorazbon section of Kheyroud Forest in the northern watershed basins.

نحوه اندازه‌گیری در قطعه نمونه

با استفاده از یک شبکه آماربرداری ۱۵۰×۲۰۰ متر (الگوی اجرایی آماربرداری برخی از حوزه‌های آبخیز جنگل‌های شمال کشور)، در مجموع ۲۵۸ قطعه نمونه دائم در سال ۱۳۸۲ در قسمت قابل بهره‌برداری بخش گرازبن به مساحت ۹۳۴/۲۴ هکتار آماربرداری گردید. پس از مشخص شدن مرکز قطعه نمونه (در طبیعت ابعاد شبکه به طور افقی پیاده شدند) در جهت حداکثر خط شیب در دو جهت کلی قطعه نمونه، شیب اصلی قطعه نمونه مشخص و به کمک جدول تصحیح شیب، شعاع مناسب تعیین و قطعات نمونه مستقرگردید. در داخل قطعه نمونه، قطر برابر سینه تمام درختان زنده که در ارتفاع برابر سینه، قطری بزرگتر از ۷/۵ سانتی‌متر داشتند به کمک خط‌کش دو بازو اندازه‌گیری و مقادیر آنها در طبقات یک سانتی‌متری در فرم‌های آماربرداری به تفکیک گونه یادداشت شد. محل اندازه‌گیری قطر برابر سینه درختان با رنگ قرمز مشخص و زاویه هر یک از درختان از طبقه قطری ۷/۵ سانتیمتری به بالا نسبت به مرکز قطعه نمونه برداشت گردید. با توجه به ناهمسال بودن قسمت اعظم توده‌های بخش گرازبن، برای تهیه منحنی ارتفاع، در هر قطعه نمونه قطورترین و نزدیکترین درخت به مرکز قطعه نمونه انتخاب شده، قطر برابر سینه و ارتفاع آنها اندازه‌گیری و یادداشت شد. در مرکز و چهار جهت خارجی هر قطعه نمونه قطعات نمونه دیگری به مساحت چهار متر مربع تعیین و نسبت به برداشت اطلاعات زادآوری آنها اقدام شد. این عملیات پس از گذشت نه سال در سال ۱۳۹۱، مجددا توسط نویسنده مقاله تکرار و پس از اتمام کار محاسبات لازم انجام شد.

در این تحقیق از روش مدلسازی رویش قطری تک‌درخت که برای جنگل‌های آمیخته و ناهمسال کاربرد فراوانی دارد، استفاده شده است، در این روش اثرات آمیختگی گونه‌ها قابل برآورد و شاخص رویشگاه که مختص جنگل‌های همسال است حذف می‌شود. از نرم‌افزارهای R و SPSS برای تجزیه تحلیل و مدلسازی استفاده شد.

تعریف و روش محاسبه و برآورد متغیرهای مورد بررسی

متغیرهای استفاده شده در این پژوهش از تجزیه داده‌های اقلیمی ۴ ایستگاه (ذکر شده در بالا)، داده‌های خاک‌شناسی، مدل رقومی ارتفاع استخراج شده از تصاویر استر با اندازه تفکیک ۳۰ متر (داده‌های ارتفاعی از تصاویر سنجنده استر) استخراج شده است. از مدل رقومی ارتفاع که با اندازه تفکیک ۳۰ متر که در مقیاس جهانی تهیه می‌شود استفاده شده است). ترکیب متغیر ارتفاع از نزدیکترین نقطه زهکشی شده زمین (HNDP)[1] و متغیر شاخص خیسی توپوگرافی (TWI)[2] که نماینده‌ای از مقدار آب موجود در خاک (SWC)[3] است و گونه‌های درختی از نظر نیاز به آب در خاک و بردباری به آن متفاوتند (۲). زمانی که مقدار آب موجود در خاک محدود و یا خاک به مدت طولانی اشباع از آب است، فتوسنتز و رویش گیاه تا سطحی از تحمل‌پذیری که گیاه بتواند بر شرایط موجود پیروز شود، کاهش پیدا می‌کند. آب بهینه خاک باعث کارایی بهتر و بیشتر در جذب مواد غذایی خاک می‌شود (۲۶). اجازه افزایش عکس‌العمل‌های زیستی شیمیایی و تولید زیست‌توده را می‌دهد و در پراکنش گونه‌ای نقش بسیار مهمی دارد (۱۱). پراکنش آب در دسترس خاک، به عنوان تابعی از ارتفاع نزدیک‌ترین نقطه زهکشی‌شده شاخص خیسی توپوگرافی انتخاب شده است. ترکیب دو متغیر به عنوان معرف مقدار آب موجود در خاک منطقی و معقول می‌باشد از آنجا که حجم آب خاک با زهکشی ارتباط زیادی به خصوص در مجاورت کانال‌های زهکشی دارد همچنان که شاخص خیسی توپوگرافی ارتباط نزدیکی در مورد خصوصیات جریان آب در خاک دارد. در مجموع برای تشریح و توضیح جریان آب

1- Height above Nearest Drainage Point 2- Topographic Wetness Index 3- Soil Water Content

سطحی مرتبط با فرایندها و طرح‌های سیمای سرزمین جنگلی، شاخص ارتفاع نزدیکترین نقطه زهکشی شده و شاخص خیسی توپوگرافی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند

انرژی تابشی خورشید

تشعشات خورشیدی در دسترس (مستقیم و پخش) پراکنش و رویش درختان را برای گونه‌های مختلف تغییر می‌دهد (۲۵). گونه‌های غیر بردبار به سایه از قبیل توس و افرا دارای کارایی پایین‌تری نسبت به گونه‌های سایه‌پسند از قبیل راش هستند. در نتیجه گونه‌های غیر بردبار به سایه از رویش کمتر در مناطقی که به طور ذاتی نور کمتری در دسترس دارند برخوردار هستند. حساسیت به نور در بعضی از نهال‌ها و بذر پهن‌برگان از مرحله نهالی تا بلوغ متفاوت است (۳۲).

دما

دما یکی از فاکتورهای محیطی متغیری است که در طول و یا قبل از فصل رویش بر روی درختان به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیر دارد. درختان در یک دامنه دمایی مشخص دارای رویش بهینه هستند. دما، انرژی لازم را برای شروع رشد و بارش رطوبت لازم را برای رویش سالانه درختان در فصل رویش و بعد از آن فراهم می‌سازد (۱۷)، در این مطالعه از میانگین دما در فصل رویش به عنوان شاخصی از حرارت ورودی در بلند مدت استفاده شد.

رطوبت نسبی

رطوبت نسبی به صورت مستقیم بر روابط آبی گیاه (۱۱) و غیرمستقیم بر رویش جوانه‌ها، فتوسنتز، گرده‌افشانی و تولیدات زیست توده اثر می‌گذارد (۳). با در نظر گرفتن این واقعیت که فقط تعداد محدودی از ایستگاه‌های اقلیمی رطوبت نسبی را ثبت کردند که اغلب در ارتفاعات پایین بوده است. نقشه‌های رطوبت نسبی بر اساس اصول مشهور هواشناسی مرتبط با جابه‌جایی‌های هوای مرطوب وابسته به کوه توسعه و ارایه شدند (۸). محاسبات بلند مدت رطوبت نسبی بر پایه مدل رقومی زمین که در یک رفتار مشابه در ارتباط با تغییرات مکانی رطوبت نسبی در اثر تغییرات توپوگرافی، جهت و بادهای رایج و دما فصل رویش در ارتفاعات پایین انجام شد.

باد

باد یکی از آشفتگی‌های طبیعی است که به‌عنوان یک فرآیند کلیدی در همه بوم‌سامانه‌های جنگلی مطرح می‌باشد و می‌تواند بر روی پارامترهای تولیدات گیاهی، حضور گیاهان، تنوع‌زیستی و غیره اثرگذار باشد (۱۹). در این مطالعه با استفاده از مدل رقومی زمین منطقه مورد مطالعه، از شبیه‌سازهای محاسباتی کامپیوتری پویایی جریان برای مدل کردن جریان باد در سطح زمین استفاده شده است. در جدول ۱ نحوه محاسبه و برآورد متغیرهای مورد بررسی در تجزیه رویش قطری شرح و توضیح داده شده است.

جدول ۱- متغیرهای مورد بررسی در تجزیه رویش قطری

Table 1. The variables studied in the diagonal growth analysis

ردیف	متغیر	روابط با شرح منبع	توضیحات تکمیلی
۱	شیب به درصد	شیب می‌تواند مستقیما از ارزیابی‌های اختلاف محدود داده‌های مدل رقومی ارتفاع تخمین زده شود. نقشه شیب با قدرت تفکیک ۱۰ متر در سامانه اطلاعات جغرافیایی از طریق نقشه مدل رقومی ارتفاع محاسبه و در مدل‌سازی استفاده شد.	از شیب به عنوان یک شاخص پتانسیل اتلاف توده و ماده (در زمین‌های شیب‌دار اتلاف توده و ماده اتفاق می‌افتد) استفاده می‌شود. شیب‌های خیلی تند می‌تواند منجر به جریان پیدا کردن نخاله‌های قابل ملاحظه و بزرگ و یک طرفه شدن زمین شود. این امر سبب تشدید ناهمگنی‌ها در درون رویشگاه و همچنین سرعت بخشیدن به ازدیاد و تکثیر گونه‌ها در طول بازیابی رویشگاه شود.
۲	ارتفاع بالای نزدیک‌ترین نقطه زه‌کشی شده به متر	بر اساس الگوریتم‌های توضیح داده شده بوسیله مورفی و همکاران (۲۳).	HNDP یک اندازه‌گیری آسان از پتانسیل زه‌کشی فراهم می‌کند و به عنوان جداکننده عمودی بین سطح خشک و خیس بالای نقطه زه‌کشی شده و همچنین تخمین سطح آب توضیح داده می‌شود. برای یک سلول بخصوص خشک، سلول خیسی با یک تابع جستجو تکراری مشخص می‌شود و فاصله افقی بین سلول خشک و خیس را حداقل می‌کند. جایی که رابطه منطقی بین جهات جریان مدل رقومی زمین و مسیرهای آب وجود دارد. HNDP=0 نشان هنده سطح و مقدار زیاد آب و جایی که HNDP بزرگ نشان دهنده خشک بودن و کم بودن سطح آب دارد.
۳	شاخص خیسی توپوگرافی (فاقد بعد)	$TWI= \ln(As /\tan(\beta))$, بر اساس رابطه بالا در اینجا As مساحت ویژه مشارکت داده شده و $\tan(\beta)$، شیب در امتداد جهت جریان می‌باشد (۸).	توپوگرافی آب، خاک و بارندگی را پخش و پراکنده کرده و در نتیجه سطوحی از شاخص خیسی توپوگرافی می‌تواند به تنهایی از مدل رقومی زمین توسعه یابد. روش‌های محاسبه شاخص خیسی توپوگرافی متغیر می باشند که در اینجا روش جریان ماده پخمان استفاده شد.
۴	مجموع تشعشات خورشیدی در طول فصل رویش مگا ژول بر متر مربع	مجموع تشعشات خورشیدی در طول فصل رویش با استفاده از مدل LanDSET که به وسیله بروکی و همکاران (۸) ارائه شده است، استخراج شده است. این پارامتر با استفاده از تصاویر لندست ۸ که در زمان برداشت پلات‌ها تصویر برداری شده بود، و در محیط ARCGIS استخراج شده است. برای توضیحات بیشتر به بروکی و همکاران (۸) مراجعه شود.	تشعشات خورشیدی این پتانسیل را دارد که رویش و پراکنش درختان را برای گونه‌های مختلف تغییر دهد. اینجا تشعشات خورشیدی تابعی از ۱- محاسبات مدل رقومی زمین شیب، جهت، فاکتور دید، زاویه افق و عوامل تشکیل زمین ۲- هندسه خورشید – زمین و زاویه نوردهی و ۳- محاسبات جریان نور در بالای اتمسفر می‌باشد.
۵	دمای هوا به سانتی‌گراد	تغییرات عمودی در دما بر پایه این نظریه است که دما محیط هر یک کیلومتر ۶/۵ درجه تغییر می‌کند و دما اولیه سطح زمین ۲۱/۲ در نوشهر می‌باشد.	متغیرهای فیزیولوژیکی مرتبط با فتوسنتز گیاهی و رویش، گونه‌های گیاهی جواب متفاوت به دما اتمسفر و گرمای فصلی جمع شده مرتبط می‌دهد.
۶	رطوبت نسبی به درصد	رطوبت نسبی از یک روش مشابه که به وسیله بروکی و مارتین (۷) توضیح داده شده است، محاسبه شد.	متغیرهای فیزیولوژیکی با تبخیر تعرق و رویش گیاه در ارتباط هستند. محاسبه رطوبت نسبی بر اساس نرخ تغییر دما با تغیر ارتفاع و ثبات رطوبت نسبی در ۱۰۰ در یک هوای اشباع انجام می‌شود. رطوبت نسبی در یک هوای اشباع شده کاهش می‌یابد.
۷	سرعت باد (متر بر ثانیه) و جهت (نسبت به شمال واقعی)	سرعت باد بر اساس معادله‌های سه بعدی نویر- استوکس برآورد شد. محاسبات مدل بر پایه یکی شدن اثرات آشفتگی جوی و فرآیندهای حرارتی، صورت می‌گیرد. شرایط ابتدایی به وسیله دما سطحی در فصل رویش، سرعت و جهت باد که از داده‌های ایستگاه‌های اقلیمی شهر نوشهر و ایستگاه‌های نزدیک به آن محاسبه شده است به دست می‌آید و فرض اینکه سرعت بالای باد در ارتفاع ۵۰۰ متری شش متر بر ثانیه است در نظر گرفته شده است.	سرعت‌های باد می‌تواند عواقب مثبت و منفی بر روی رویش هم از نقطه نظر فیزیولوژیکی و هم از نظر آشفتگی‌های مکانیکی داشته باشد.

نتایج و بحث

ترکیب داده‌ها و متغیرهای زیستی و غیرزیستی مورد استفاده در تعیین عوامل تاثیرگذار بر رویش قطری

داده‌های مورد استفاده و ترکیب آنها در جدول ۲ آورده شده است. میانگین رویش قطری ده ساله راش ۲/۹۲ سانتی‌متر است که از مدل رویش قطری به دست آمده است و به عنوان متغیر وابسته می‌باشد، میانگین و انحراف معیار متغیرهای مستقل از قبیل میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس، میانگین مقدار آب خاک،متوسط شاخص خیسی توپوگرافی، سطح مقطع توده، سطح مقطع قطورترین درختان، قطر برابر سینه به سانتی‌متر که همگی در جدول ۱ به صورت کامل شرح داده شدند، در جدول ۲ آورده شده است.

مدل رویش قطری

مدلی که برای رویش قطری برازش داده شد به صورت زیر می‌باشد:

رابطه (۱)

$$id_{ij} = \exp(-0.8824 + u_j + 0.4343 \ln(d_{ij}) - 0.1987 (d_{ij}/100)^2 + 0.0031 BAL_{ij} + 0.5861 Fagus + 0.4396 Carpinus + 0.8202 Quercus + 0.6940 Alnus + 0.7475 AcerVelutinum + 0.6796 AcerCompestre + 0.6535 Tilia) + e_{ij}$$

در اینجا id_{ij}: رویش قطری ۱۰ ساله درخت i: از قطعه نمونه j به سانتی‌متر، $u_j \sim N(0,\sigma_u^2)$: فاکتور قطعه نمونه تصادفی، d: قطر در ارتفاع برابر سینه به سانتی‌متر، BAL (*Basal area of largest trees*): سطح مقطع قطورترین درختان در به متر مربع در هکتار و $e_{ij} \sim N(0,\sigma_e^2)$: باقیمانده است. راش، ممرز و سایر گونه‌ها، شاخص‌های متغیر برای گونه‌های مختلف می‌باشد (در اینجا ۱= *Fagus* اگر گونه مورد نظر راش باشد و برای بقیه صفر قرار داده می‌شود). انحراف معیار برای شاخص تصادفی قطعه نمونه ۰/۸۶۰، و انحراف معیار برای باقیمانده ۳/۶۸ سانتی‌متر می‌باشد (۵).

جدول ۲- متغیرهای زیستی و غیرزیستی به کار رفته در برآورد رویش قطری درختان راش

Table 2. Biotic and abiotic variables used to determine the variables affecting diameter increment of beech trees

متغیر	میانگین	انحراف معیار	تعداد
مقدار انرژی تابشی خورشیدی (مگاژول بر مترمربع)	۴۲۹۱/۷۹	۲۳۶/۵۹۰	۲۸۵
مقدار آب خاک	۰/۳۸	۰/۱۳۴	۲۸۵
دما فصلی (سانتی‌گراد)	۱۵/۲۷	۰/۳۷۵	۲۸۵
شاخص خیسی توپوگرافی (فاقد واحد)	-۰/۶۱	۱/۳۹۸	۲۸۵
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۳/۱۷	۲/۱۸۳	۲۸۵
سطح مقطع توده (مترمربع در هکتار)	۴۱/۹۵	۱۶/۰۴۷	۲۸۵
سطح مقطع قطورترین درختان (مترمربع در هکتار)	۳۲/۰۰	۱۷/۱۸۵	۲۸۵
قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	۴۳/۳۲	۳۰/۳۳۲	۲۸۵

در جدول ۳ همبستگی پیرسون بین تمام متغیرهای زیستی و غیرزیستی بررسی شده است که تاثیر مهمی در فهم روابط بین متغیرها دارد. وجود همبستگی یا عدم وجود همبستگی بین متغیرها در بررسی و اندازه‌گیری هر یک از متغیرهایی که اندازه‌گیری آنها مشکل است کمک فراوانی می‌کند. وجود رابطه منفی بین رویش قطری و سطح مقطع قطورترین درختان در هکتار نشان‌دهنده تاثیر منفی رقابت بین پایه‌ها بر رویش قطری می‌باشد. رابطه متغیرها دو به دو با هم بررسی شده است. قطر جدول نشان‌دهنده رابطه هر متغیر با خودش می باشد که در جدول مشخص شده است. به عنوان مثال قطر برابر سینه با سطح مقطع قطورترین درختان همبستگی نسبتا بالا و با سایر موارد همبستگی ضعیفی دارد.

جدول ۳- بررسی همبستگی پیرسون بین تمام متغیرهای زیستی و غیرزیستی تاثیرگذار بر رویش قطری

Table 3. Investigation of Pearson correlation among all biotic and abiotic variables affecting diameter increment

متغیرها	میانگین رویش قطری	میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس	میانگین مقدار آب خاک	میانگین دما فصلی	میانگین شاخص خیسی توپوگرافی	میانگین سرعت باد	میانگین سطح مقطع توده	میانگین سطح مقطع قطورترین درختان
میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی	۰/۰۳۳	۱/۰۰۰						
میانگین مقدار آب خاک	-۰/۰۷۲	-۰/۰۲۸	۱/۰۰۰					
میانگین دما فصلی	۰/۱۲۲	۰/۲۴۷	۰/۰۸۹	۱/۰۰۰				
میانگین شاخص خیسی توپوگرافی	۰/۱۳۸	۰/۰۳۰	-۰/۲۹۹	۰/۳۰۸	۱/۰۰۰			
میانگین سرعت باد	-۰/۰۱۵	-۰/۲۷۸	-۰/۳۱۸	-۰/۲۶۴	-۰/۲۰۷	۱/۰۰۰		
میانگین سطح مقطع توده	۰/۰۱۸	-۰/۲۴۷	۰/۰۶۳	-۰/۱۶۵	-۰/۰۰۷	-۰/۰۳۶	۱/۰۰۰	
میانگین سطح مقطع قطورترین درختان	-۰/۱۸۲	-۰/۲۳۸	۰/۰۵۶	-۰/۱۷۸	-۰/۰۳۵	-۰/۰۲۵	۰/۷۳۴	۱/۰۰۰
میانگین قطر برابرسینه	۰/۴۰۶	۰/۰۵۵	-۰/۰۲۹	۰/۰۸۳	۰/۰۶۱	-۰/۰۳۸	۰/۰۹۱	-۰/۵۱۰

در جدول ۴ ضریب همبستگی، ضریب تبیین، ضریب تبیین اصلاح شده، انحراف معیار و تغییرات آماری برای مدل رگرسیونی عوامل زیستی و غیرزیستی تاثیر گذار بر رویش قطری آورده شده است.

جدول ۴- ضریب همبستگی، ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده برای مدل رگرسیونی متغیرهای زیستی و غیرزیستی تاثیرگذار بر رویش قطری

Table 4. Correlation coefficient, coefficient of explanation and modified correction coefficient for regression model of environmental variables affecting diameter increment

متغیرهای مدل	R	R^2	R اصلاح شده	انحراف معیار	تغییرات آماری	
					مربع تغییرات R	تغییرات آماره F
۱	۰/۴۵۱	۰/۲۰۳	۰/۱۹۸	۲/۱۷۴	۰/۲۰۳	۴۰/۰۵۸

در جدول ۵ تجزیه واریانس مدل رگرسیونی عوامل زیستی و غیرزیستی تاثیرگذار بر رویش قطری راش آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان معناداری مدل قابل قبول می‌باشد.

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس مدل رگرسیونی متغیرهای زیستی و غیرزیستی تاثیرگذار بر رویش قطری راش

Table 5. Analysis of the variance of the regression model of the environmental variables affecting the diameter growth of the beech

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	معناداری
رگرسیون	۲۲۷۲/۷۰۰	۱۲	۱۸۹/۳۹۲	۴۰/۰۵۸	۰/۰۰۰
باقی‌مانده	۸۸۹۸/۰۳۹	۱۸۸۲	۴/۷۲۸		
مجموع	۱۱۱۷۰/۷۳۹	۱۸۹۴			

متغیرهای مستقل: میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس، میانگین مقدار آب خاک، متوسط دما فصلی، متوسط شاخص خیسی توپوگرافی، متوسط سرعت باد، سطح مقطع توده، سطح مقطع قطورترین درختان، قطر برابر سینه به سانتی‌متر، متغیر وابسته: رویش قطری

با توجه به ضرایب به‌دست آمده از مدل رگرسیونی عوامل زیستی و غیرزیستی تاثیرگذار بر رویش قطری راش، سطح مقطع برابرسینه در هکتار، سطح مقطع قطورترین درختان در هکتار و قطر برابر سینه به سانتی‌متر معنادارترین متغیرهای تاثیرگذار بر رویش قطری مشخص شد (جدول ۶). سایر ضرایب نیز به طور کامل در جدول ۶ نشان داده شده‌اند.

جدول ۶- ضرایب مدل رگرسیونی متغیرهای زیستی و عیرزیستی تاثیر گذار بر رویش قطری راش

Table 6. Regression coefficients of the biotic and abiotic affecting the diameter increment of the beech

مدل	ضرایب غیر استاندارد	ضرایب استاندارد شده		t	معناداری
	B	انحراف معیار	بتا		
ضریب ثابت	-۵/۴۰۵	۲/۶۰۵		-۲/۰۷۵	۰/۰۳۸
میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۳۲	۱/۰۶۸	۰/۲۸۶
میانگین مقدار آب خاک	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۳۱	۱/۰۱۴	۰/۳۱۱
میانگین دما فصلی	-۰/۷۲۵	۱/۶۳۲	-۰/۰۱۸	-۰/۴۴۴	۰/۶۵۷
میانگین شاخص خیسی توپوگرافی	۰/۱۵۵	۰/۰۵۷	۰/۰۸۹	۲/۷۳۷	۰/۰۰۶
میانگین سرعت باد	۰/۰۲۰	۰/۰۲۹	۰/۰۱۸	۰/۶۶۴	۰/۵۰۷
میانگین سطح مقطع توده	-۰/۰۴۱	۰/۰۰۸	-۰/۲۶۹	-۵/۱۹۴	۰/۰۰۰
میانگین سطح مقطع قطورترین درختان	۰/۰۴۷	۰/۰۰۸	۰/۳۳۰	۵/۵۸۱	۰/۰۰۰
میانگین قطر برابر سینه به سانتی‌متر	۰/۰۴۷	۰/۰۰۳	۰/۵۹۰	۱۴/۵۲۸	۰/۰۰۰

مدل رگرسیونی متغیرهای زیستی و غیرزیستی تاثیرگذار بر رویش قطری راش به صورت زیر می‌باشد:

G growth = -5.405 + 0.155 (TWI) – 0.041 (BA) - 0.047 (BAL) + 0.047 (DBH_2012)

که در اینجا G growth: رویش قطری، TWI: متوسط شاخص خیسی توپوگرافی، BA: سطح مقطع توده به متر مربع در هکتار، BAL: سطح مقطع قطورترین درختان به متر مربع در هکتار، DBH_2012 قطر برابر سینه به سانتی‌متر.

مجذور میانگین مربعات خطای مدل برابر ۲/۹ سانتی‌متر است که نشان‌دهنده دقت نسبتا مناسب مدل در برآورد رویش قطری تحت‌تاثیر متغیرهای زیستی محیطی می‌باشد.

نتایج این تحقیق و مدل نشان دادند که قطر برابر سینه، ترکیب عوامل توپوگرافی و شاخص خیسی خاک و سطح مقطع برابر سینه تغییرات رویش قطری راش را در سطح قطعه نمونه تعریف می‌کنند.

نبود ایستگاه‌های هواشناسی در عرصه جنگل و در بخش گرازبن اندازه‌گیری عوامل اقلیمی را برای بلندمدت غیر ممکن می‌کند و باعث عدم تعیین دقیق عوامل اثرگذار بر رویش جنگل خواهد شد که در این تحقیق سعی بر حل این مشکل شده است. در این تحقیق متغیرهای زیستی و غیرزیستی تعیین و کمی‌سازی شدند و در نهایت با استفاده از مدل‌های رویش قطری، تاثیرگزار ترین عوامل رویشی زنده و غیرزنده بر رویش قطری تعیین شدند. متغیرهایی برای اولین بار مطرح و مورد بررسی قرار گرفته‌اند که اندازه‌گیری آنها به تنهایی و با استفاده از داده‌های اقلیمی در سطح قطعات نمونه ممکن نبود. اندازه گیری متغیرهایی از قبیل مقدار انرژی تابشی

خورشیدی در دسترس، مقدار آب خاک، متوسط دما فصلی، شاخص خیسی توپوگرافی، سرعت و جهت باد که هر یک می‌تواند تاثیر به سزایی بر رویش قطری در جنگل بگذارد. کاهش رویش قطری در قطعات نمونه ثابتی مشاهده شد که سرعت باد در سطح سیمای سرزمین افزایش یافته و رطوبت خاک نیز به مدت طولانی افزایش و تا حدودی خاک را از آب اشباع کرده بود. به طور کلی مجموع اثرات عوامل غیرزیستی از قبیل انرژی تابشی خورشید در فصل رویش، شاخص خیسی توپوگرافی، سرعت باد و دمای هوا بر تغییرات رویش قطری راش تا حدودی نسبت به مجموع اثرات متغیرهای زیستی یعنی سطح مقطع توده در قطعات نمونه و شاخص تغییرات قطر برابر سینه بیشتر است که با نتایج (۳،۱۷،۲۶) همخوانی دارد. در این راستا مطالعاتی دیگر همچون بورتوزی (۹)، اثر شرایط اقلیمی بر رویش picea abies را در منطقه آلویین ایتالیا در چند افق ارتفاعی بررسی نمود. جهت تعیین همبستگی رویش و شرایط اقلیمی اطلاعات را جمع‌آوری و نتایج نشان داد که در مقیاس بزرگ در شرایط مناسب همبستگی زیادی بین رویش و اقلیم وجود ندارد که با نتایج این تحقیق که عوامل غیرزیستی تاثیر بیشتری بر رویش می‌گذارند مغایرت دارد. همچنین نتایج پژوهش مک‌کین (۲۰)، در جنوب فنلاند، روی رویش درختان کاج جنگلی نشان داد که رشد، اساسا به‌وسیله دما در طول همه‌ی ماه‌های تابستان تعیین می‌شود و دما در تابستان جاری و پیشین بیشترین اثر روی رشد درختان داشته است که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد. از آنجایی که در مناطق معتدله شمال ایران رطوبت تاثیر بیشتری نسبت به مناطق سردسیر که حرارت تاثیر گذار می‌باشد، دارد.

برای شرح الگوهای رویش قطری در سطح قطعات نمونه ثابت گونه راش در امتداد تغییرات عوامل اقلیمی و ارتفاع از سطح دریا، فرضیه‌های متعددی مطرح شده است. به عنوان مثال، شرایط مطلوب رطوبت در ارتفاع میانی و حاصلخیزی بالا در منطقه میان‌بند که منجر به دسترسی به منابع بهینه ترکیبی می‌شود. ارتفاع میانی با ترکیبی بهینه از منابع زیست‌محیطی برای همزیستی بسیاری از گونه‌ها ترجیح داده می‌شود، از این رو در جنگل‌های هیرکانی احتمال رویش بیشتر در این محدوده ارتفاعی میان‌بند مشاهده می‌شود که با نتایج (۶،۱۶) هم‌خوانی دارد. تعداد کمی از گونه‌ها قادر به تحمل محیط و محدوده‌های مختلف گرادیان ارتفاعی و شرایط اقلیمی نامناسب هستند. نتایج این تحقیقات و سایر پژوهش‌های مشابه نشان می‌دهد که پارامترهای اقلیمی بر حسب مکان و نوع اقلیم تاثیر متفاوت بر روی رویش و عملکرد درختان دارند. همچنین انتخاب بازه زمانی مناسب برای ارتباط دادن عوامل اقلیمی با رویش، بسته به هدف پژوهش متفاوت است؛ برای یافتن اثر اقلیمی غالب، بازه‌های بلند مدت‌تر (سالیانه) توصیه شده، در حالی که بازه‌های ماهیانه، جزئیات بیشتر و در عین حال پیچیده‌تر و مبهم‌تری از این نحوه ارتباط به‌دست می‌دهند. بنابراین در مطالعه حاضر، مدیریت عوامل و متغیرهای زیستی می‌تواند تاثیر مثبتی در رویش قطری راش در آینده داشته باشد. همچنان که با تنک کردن‌ها و عملیات‌های پرورشی مناسب تا حدودی می‌توان رقابت را کاهش داده و به افزایش رویش قطری کمک فراوانی کند (۲۳). عملیات‌های پرورشی و تنک‌سازی‌های به جا همچنین در میزان دریافتی انرژی تابشی خورشید تاثیر گذاشته که خود باعث بهبود شرایط رویشی می‌شود (۱۴). در نهایت هدف از این پژوهش کمی‌سازی و تعیین متغیرهای زیست‌محیطی تاثیرگذار در سطح قطعات نمونه بود، که با توجه به وجود قطعات نمونه ثابت در جنگل‌های آموزشی و پژوهشی خیرود، امکان این مهم صورت گرفت که بر اهمیت استفاده از قطعات نمونه ثابت در آماربرداری از جنگل‌های شمال کشور تاکید می‌کند، کاری که چندین سال است که در کشورهای پیشرفته در علم جنگل به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

منابع

1. Adame, P., J. Hynynen, I. Canellas, M. Del Rìo. 2008. Individual-tree diameter growth model for rebollo oak (Quercus pyrenaica Willd.) coppices. Forest Ecology and Management. 255: 1011-1022.
2. Bang, C., J.L. Sabo and S.H. Faeth. 2010. Reduced wind speed improves plant growth in a desert city, PLoS One, 5(6): 1-8.
3. Bassow, S.L. and F.A. Bazzaz. 1998. How environmental conditions affect canopy leaf-level photosynthesis in four deciduous tree species, Ecology, 79(8): 2660-2675.
4. Bayat, M., T. Pukkala, M. Namiranian and M. Zobeiri. 2013. Productivity and optimal management of the uneven-aged hardwood forests of Hyrcania, European journal of Forest Research, 132: 851-864 (In Persian).
5. Bayat, M., M. Nimranian, M. Zobieri and T. Pukala. 2014. Application of vegetative models for studying and simulating various forest management methods and scenarios (Case study: Gorazbon Section, Kheyroud Forest), Journal of Forest and Wood Products, 67(4): 595-612 (In Persian).
6. Bayat, M., F. Gorzin and M. Hasani. 2018. Analysis of the effect of environmental factors on the diameter of the beech (Fagus orientalis lipsky) using artificial neural networks, in the forests of Mazandaran province, Natural Environment, Iranian Natural Resources Journal, 70(4): 783-797 (In Persian).
7. Bourque, C.P.A. and M.A. Matin. 2012. Seasonal snow cover in the Qilian Mountains of Northwest China: Its dependence on oasis seasonal evolution and lowland production of water vapor, Hydrology, 454-455: 141-151.
8. Bourque, C.P.A. and J.J. Gullison. 1998. A technique to predict hourly potential solar radiation and temperature for a mostly unmonitored area in the Cape Breton Highlands, Soil Science, 78: 409-420.

9. Bortouzzi, D. 2002. Analysis of climate-growth relationships for picea abies karst in Alpine environment forthe forest to the cells, Dendrochronology, Environmental changeand History,6 thinternational conference on Dendrochronology, America, 29-31.
10. Byun, J.G., W.K. Lee, M. Kim, D.A. Kwak and H. Kwak. 2013. Radial growth response of Pinus densiflora and Quercus spp. to topographic and climatic factors in South Korea, Plant Ecology, 6(5): 380-392.
11. Campbell, G.S. and J.M. Norman. 1998. An introduction to environmental biophysics (2nd Ed.). Springer-Verlag, New York, 306 pp.
12. Chavez, P.S. 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data, Remote Sensing of Environment, 24: 459-479.
13. Detto, M., H.C. Muller-Landau, J. Mascaro and G.P. Asner. 2013. Hydrological networks and associated topographic variation as templates for the spatial organization of tropical forest vegetation, PLoS ONE, 8(10): 1-13
14. Ghazanfari, H., M. Nemiranian, H. Sobhani, M. Mervi Mohajer and K. Pour Tahmasi. 2004. Estimation of the diameter of the trees in the northern Zagros region, Journal of Natural Resources of Iran, 57(4): 662-649 (In Persian).
15. Goudriaan, J. 1977. Crop micrometeorology: A simulation study, Published by Centre for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen, 450 pp.
16. Heikkinen, R.K. and S. Neuvonen. 1997. Species richness of vascular plants in the subarctic landscape of northern Finland: modelling relationships to the environment, Biodiversity and Conservation, 6: 1181-1201.
17. Jalilvand, H. and Sh. Balapour. 2013. The effect of climate on tree-ring chronologies of Oak (Quercus macranthera) on tree line of Hyrcanian forest, Journal of Wood & Forest Science and Technology, 20(4): 1-19 (In Persian).
18. Kerr, J.T. and M. Ostrovsky. 2003. from space to species: ecological applications for remote sensing, Trends in Ecology and Evolution, 18(6): 299-305.
19. Kooch, Y., S.M. Hosseini, J. Mohammadi and S.M. Hojjati. 2011. Wind throw Effects on Biodiversity of Natural Forest Ecosystem in Local Scale, Journal of humans and environment, 9(3): 65-72 (In Persian).
20. Maekine, H. 1998. The suitability of height and radial increment variation in Pinus sylvestris (L.) for expressing environmental signals. Forest Ecology and Management. 112: 191-197.
21. Marvi Mohajer, M.R. 2013. Silvicture, Tehran University Press, 387 pp (In Persian).
22. Moshtagh Kahnamoie, M.H., W. Bijker and Kh. Sagheb-Talebi. 2004. The relation between annual diameter increment of Fagus orientalis and environmental factors, Hyrcanian forest, 76-82 pp (In Persian).
23. Murphy, P.N.C., J. Ogilvie, F.R. Meng, B. White and J.S. Bhatti. 2011. Modelling and mapping topographic variations in forest soils at high resolution: A case study, Ecological Modelling, 222: 2314-2332.
24. Nagendra, H. 2001. Using remote sensing to assess biodiversity, Remote Sensing, 22(12): 2377-2400.
25. Pausas, J.G. and M.P. Austin. 2001. Patterns of plant species richness in relation to different environments: an appraisal, Vegetation Science, 12: 153-166.
26. Pourbabaei, H., J. Sadegh Kuhestani and M. Naghi Adel. 2014. Study on Ecology of Hackberry Trees (Celtisaustralis) in the West Forests of Guilan (Case Study: Rezvanshahr and Taniyan), Ecology of Iranian Forest, 2(4): 1-11 (In Persian).
27. Silva, R.P., J. dos Santos, E.S. Tribuzy, J.Q. Chambers, S. Nakamura and N. Higuchi. 2002. Diameter increment and Growth patterns for individual tree growing in central amazon, Brazil. Forest Ecology and Management, 166(1-3): 295-301.
28. Schietti, J., T. Emilio, C.D. Rennó, D.P. Drucker and F.R.C. Costa. 2014. Vertical distance from drainage drives floristic composition changes in an Amazonian rainforest, Plant Ecology and Diversity, 7(1-2): 241-253.
29. Soosani, J., A. Fallah, Kh. Mohammadalizadeh and H. Naghavi. 2014. The Effect of Environmental Factors on Oak Branch Production of Zagros Branch Case Study: Investigating the Effects of Landscape on Diameters, Environmental science and technology, 16(3): 119-126 (In Persian).
30. Sprugel, D.G. and F.H. Bormann. 1982. Natural disturbance and the steady state in high-altitude balsam fir forests, Science, 211(4480): 390-393.
31. Tabari, M., P. Fayaz, K. Espahbodi, J. Staelens and L. Nachtergale. 2005. Response of oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) seedlings to canopy gap size, Forestry, 78(4): 443-450.
32. Tabari, M., K. Espahbodi and M.R. Poormajidian. 2007. Composition and structure of a Fagus orientalis-dominated forest managed with shelterwood aim: a case study in the Caspian forests, northern Iran, Caspian Journal of Environmental Sciences, 5(1): 35-40 (In Persian).

Investigation some of the Biotic and Abiotic Variables Effective on the Diameter Increment of the Beech Trees at Fixed Sample Plots Level by Growth Models

Mahmoud Bayat[1], Seyedeh Kosar Hamidi[2] and Mohammad Hossein Sadeghzadeh[3]

1- Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, (Corresponding Author: Mbayat@rifr-ac.ir)
2- PhD Student, Sari University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
3- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
Received: May 25, 2018 Accepted: October 1, 2018

Abstract

Quantifying forest growth and determination of its affective factors are fundamental for forest management. This study examines the effects of biotic and abiotic factors on the diameter increment of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in a high-elevation forest in northern Iran using permanent sample plots. The aim of this study was identification and quantifying environmental factors such as potential solar radiation in growing season, topographic wetness index in representing soil water distribution seasonal air temperature, topographic wetness index (as indicator of soil water distribution), wind velocity generated from simulation of fluid-flow dynamic models of complex terrains, temperature and humidity and their relation with diameter increment of beech. On the basis of diameter measurements in a 9 year period (2003-2012) a model was used in order to estimate diameter increment. Also, mean of DBH and basal area of beech trees were implemented in model as biotic factors. The results showed that DBH, combination of topographic and soil water index factors and basal area are the most important factors affecting diameter increment of beech trees, respectively. Eventually, the results showed that by using increment models, it is possible to determine the increment of diameter and factors affecting it with high accuracy.

Keywords: Abiotic and biotic variables, Modelling, Topographic wetness index, Uneven forest