Archive of SID

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۶
http://jwfst.gau.ac.ir

ارایه مدل‌های زادآوری و تعیین عوامل زنده و غیرزنده تأثیرگذار بر آن در جنگل‌های هیرکانی

*محمود بیات[۱]، منوچهر نمیرانیان[۲] و فرخ پورشکوری اله‌ده[۳]

[۱]استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، [۲]استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، [۳]کارشناس پژوهشی، مرکز فضایی ماهدشت، سازمان فضایی ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰٤/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۱

چکیده

سابقه و هدف: مدیریت پایدار و برنامه‌ریزی صحیح منابع جنگلی به اطلاعات دقیق و با کیفیت بالا از وضعیت حال و آینده جنگل نیازمند است. یکی از این بوم‌سازگان‌های حیاتی، جنگل‌های شمال ایران است که در دهه‌های اخیر به دلایل متعدد دست‌خوش تغییرات شدیدی گشته است که حفظ، دوام و بقاء آن پایش مداوم، چاره‌اندیشی و تمهیدات همه‌جانبه را می‌طلبد. زادآوری طبیعی از مهمترین عوامل مؤثر بر بقاء و پایداری جنگل‌های طبیعی تلقی می‌شود. شناخت عوامل مؤثر بر روند استقرار زادآوری گونه‌های جنگلی می‌تواند ما را در شناخت بهتر مراحل مختلف توالی این اکوسیستم‌ها یاری کند. امروزه، به‌علت تنوع و پیچیده بودن عوامل تأثیرگذار بر زآداوری استفاده از مدل‌های رویشی برای شناخت عوامل تأثیرگذار بر آن بسیار رایج شده است. هدف از این تحقیق تعیین عوامل زنده و غیره زنده مؤثر بر زادآوری به کمک مدل‌های زادآوری است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در جنگل خیرود در نزدیکی شهر نوشهر انجام شد. جهت برآورد مدل رویش زادآوری از مدل زادآوری استفاده شد که این مدل از اندازه‌گیری تمام درختان زنده و غیرزنده در شبکه آماربرداری طی یک دوره نه ساله (۱۳۸۲-۱۳۹۱) در قطعات نمونه ثابت به‌دست آمد. از متوسط قطر برابر سینه در سال ۱۳۹۱ و سطح مقطع برابر سینه به‌عنوان متغیرهای زیستی مرتبط با رویش قطری استفاده شد. در این تحقیق با استفاده از مدل رویشی زادآوری، تأثیر متغیرهای زیستی و غیرزیستی از قبیل رقابت، مقدار انرژی تابشی نور خورشید در فصل رویش، شاخص خیسی توپوگرافی، ارتفاع بالای نزدیک‌ترین نقطه زه‌کشی شده، سرعت باد که از مدل‌های فرآیندی در زمین‌های پیچیده حاصل می‌شوند و سایر متغیرهایی که برای اولین بار بررسی می‌شوند، بر زادآوری درختان در سطح قطعات نمونه ثابت در جنگل‌های هیرکانی بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین تعداد در واحد سطح (هکتار) زادآوری بسیار پایین و برابر تقریباً ۱۵ اصله در هکتار (بالاتر از قطر ۷ سانتی‌متر) در یک دوره ۹ ساله است. راش بیشترین تعداد زادآوری در هکتار را در دوره دارد که نشان از مناسب بودن شرایط زیستی و محیطی برای زادآوری این‌گونه با ارزش‌جنگل‌های شمال کشور می‌باشد.

*مسئول مکاتبه: mbayat@rifr-ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: مهمترین عوامل تأثیرگذار بر زادآوری سطح مقطع توده در هکتار هستند که تقریباً ۴۰ درصد از تغییرات زادآوری را تعریف می‌کند. شاخص‌های غیر زیستی مبتنی‌بر رطوبت، حرارت، مقدار انرژی تابشی خورشید و سرعت باد مهمترین متغیرهای تأثیرگذار بر تعداد زادآوری در جنگل‌های هیرکانی هستند. روش‌های به‌کار برده شده در این تحقیق کاملاً جدید و به روز بوده و در سایر جنگل‌های کشور نیز قابل استفاده می‌باشند. نتایج تحقیق نشان داد که می‌توان از مدل‌های تک درخت زادآوری جهت مدل‌سازی زادآوری در جنگل‌های شمال استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌های هیرکانی، زادآوری، عوامل تأثیرگذار بر زادآوری، مدل‌های رویشی، مدل‌سازی

مقدمه

آینده یک جنگل طبیعی وابسته به وضعیت کنونی زادآوری آن می‌باشد و آنچه که امروز تحت عنوان جنگل یا توده‌های جنگلی وجود دارد در واقع نتیجه تحول و تکامل زادآوری آن جنگل در دوره‌های گذشته بوده است. به همین دلیل هر گونه تغییری که در زادآوری به وجود آید در واقع در سیمای توده‌های جنگلی آینده را دگرگون می‌سازد. زادآوری درختان جنگلی تضمین کننده آینده جنگل بوده و باعث ایجاد تحول و تداوم جنگل‌ها می‌شوند (٦). زادآوری طبیعی از مهمترین عوامل مؤثر بر بقاء و پایداری جنگل‌های طبیعی تلقی می‌شود، بنابراین شناخت عوامل مؤثر بر روند استقرار زادآوری گونه‌های جنگلی می‌تواند ما را در شناخت بهتر مراحل مختلف توالی این اکوسیستم‌ها یاری کند (۷). تجدید حیات جنگل فرایندی پویاست که در نتیجه استقرار و رشد و زادآوری، درختان جدیدی به جمعیت درختان بالغ اضافه می‌شود و از دست رفتن درختان بالغ را در اثر مرگ و میر تدریجی (۲٤) بادافتادگی و بهره‌برداری (۲۱) جبران می‌کند. فرایند کامل تجدید حیات شامل انتقالات چندگانه در بین مراحل تجدید حیات مختلف (گل‌ها، بذرها، نهال‌ها و خال‌ها) است که با توجه به عوامل زیستی و غیرزیستی بر روی خروجی تجدید حیات یعنی تعداد درختان جوان مستقر شده تاثیر می‌گذارد (۱۷). از این‌رو مطالعه وضعیت زادآوری در این قبیل جنگل‌ها می‌تواند در جلوگیری از کاهش سطوح کمی و کیفی زادآوری در انواع گونه‌های درختی به عنوان بهترین راه‌حل ممکن به شمار آید. گیاهان به‌صورت اجتماعی زندگی می‌کنند و در یک بوم‌سازگان بین گیاهان و سایر اجزای آن‌ها ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. پیدایش پوشش گیاهی حاصل برخورد و کنش متقابل بین عناصر رویشی و عوامل محیطی فیزیکی است (۷). میزان دسترسی به منابع اکولوژیک، تغییرات در محیط خاک، تنوع جانوران خاکزی و خصوصیات خرد اقلیم هر عرصه جنگلی بستگی به ترکیب عوامل گفته شده با یکدیگر دارد (۱). تنها عوامل محیطی غیرزنده نیستند که موجب حضور گونه‌ای خاص و بقای آن می‌شوند، بلکه عوامل زنده همانند حضور گونه‌های گیاهی دیگر نیز باعث تغییر در آشیان اکولوژیک و تأثیر بر بقای گونه می‌شوند. برای فهمیدن مکانیسم‌های اکولوژی اثرگذار بر روندهای تغییر در مقیاس‌های رایج مدیریت زمین (برای مثال از ۳۰ متر تا دو کیلومتر) ارزیابی اهمیت نسبی فاکتورهای زیست‌محیطی بر زادآوری درختان در جنگل ضروری است (۲۵). تعیین زادآوری و فاکتورهای محیطی به تنهایی و فقط با اندازه‌گیری‌های زمینی در سطوح بزرگ اغلب خیلی مشکل و در بعضی مواقع غیرممکن است. فراگیر شدن دانش سنجش از دور و تولیدات آن یک ابزار و وسیله قابل قبول برای مشاهده و پایش پیوسته سطح

www.SID.ir

Archive of SID

زمین و تغییرات آن به شمار می‌رود که نمونه آن سطوح انعکاسی و حرارتی با قدرت تفکیک زمانی و مکانی متوسط است که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹). امروزه استفاده از مدل‌سازی‌ها و شبیه‌سازی‌ها برای بررسی و تعیین مقدار مناسب زادآوری جنگل و تعیین عوامل تأثیرگذار زیست‌محیطی بسیار رایج و شایع گردیده است (۱۰). کاربرد مدل برای مدیریت بهتر جنگل است و از مهمترین ابزارهایی است که می‌توآن اینده جنگل را با آن پیش‌بینی نمود. مدل‌های ایجاد شده، تعداد و مقدار مناسب زادآوری در واحد سطح را برآورد و عوامل مؤثر بر آن را مشخص کرده و بهترین گزینه را ارائه می‌دهند و در بعضی از مواقع می‌توان آینده زادآوری‌ها را در جنگل نیز به کمک آن پیش‌بینی نمود. وب و همکارن (۱۹۹۹) در توتیلا، ساموا آمریکا، با شبکه آماربرداری ۱۴۲ کیلومتر مربعی، تعداد مناسب زادآوری در واحد سطح را در امتداد گرادیان ارتفاعی از لبه کوه‌ها، شیب متوسط، تا کف درها را مشخص کردند. آن‌ها در پژوهش خود، از آنالیز کای اسکور استفاده نمودند که نتایج نشان داد که ۹ گونه گیاهی (از کل ۵۲ گونه) تمایل و گرایش زیادی به موقعیت توپوگرافی داشتند (۲۵). همچنین جارویز (۲۰۰۵) با پیاده کردن ۱۰ قطعه نمونه مربع شکل ۲۵ هکتاری، در دو رویشگاه جنگل ابری کوهستانی استوایی و جنگل‌های پست آمازون با مقیاس متوسط، زادآوری را تحت تأثیر عوامل مختلف بررسی کرده و بر اساس ترکیب مطالعات در سطح زمین و در سطح قطعه نمونه، تأثیر ۱۶ متغیر زمینی را با تغییرات زادآوری در واحد سطح در یک مقیاس کوچک آزمون نمود (۱۴). نتیجه تحقیق ایشان نشان داد که زادآوری رابطه منطقی با میانگین شیب داشت و همچنین زادآوری متنوع و بالا در شیب محدب مشاهده می‌شود. بوترو و همکاران (۲۰۱۳) در مناطق غربی اروپا تأثیر متقابل عوامل اکولوژیکی و قطعات مازاد باقی‌مانده از بهره‌برداری در جنگل بر روی زادآوری را به کمک مدل‌سازی بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که در جنگل‌های مناطق معتدله حرارت و رطوبت نسبت به سایر عوامل تأثیر بیشتری بر فراوانی زادآوری می‌گذارد (۸). اندرا و همکاران (۲۰۱۲) در نوادای آمریکا تأثیر فعالیت‌های انسان بر زادآوری و همچنین ساختار جنگل را از طریق مدل‌سازی عوامل زنده و غیر زنده مورد بررسی قرار دادند که نتایج شاخص تحقیق آن‌ها موید تأثیر فعالیت‌های انسان در این جنگل‌ها است (۱۳). مارتینز و همکاران (۲۰۱۳) نیز تأثیر عوامل زنده و غیر زنده را بر روی زادآوری در جنگل‌های مختلف مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در تحقیق خود به‌خصوص تأثیر بهره‌برداری را بر روی زادآوری مورد توجه قرار دادند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که زادآوری به عوامل مختلفی که به‌طور نامنظم تأثیرگذار هستند مرتبط و وابسته است (۱۶). کاملر و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی عوامل زنده و غیرزنده بر زاداوری بلوط در کشور جمهوری چک پرداختند و مهمترین عوامل تأثیرگذار بر زاداوری را چرای حیوانات وحشی و سطح مقطع برابر سینه درختان معرفی کردند (۱۵). در زمینه تأثیر عوامل زنده و غیر زنده بر روی زادآوری در جنگل‌های ایران نیز تحقیقات بسیار کمی انجام شده است. این تحقیقات بیشتر بر اساس روش‌های آماربرداری زمینی بوده که نمی‌تواند در زمان و مکان‌های مختلف، که بسیار پویا و تغییرپذیر هستند کاربرد داشته باشد. به‌عنوان مثال پرهیزکار و همکاران (۲۰۱۱) که به بررسی زادآوری در روشنه داخل جنگل پرداختند و برخی از عوامل تأثیرگذار بر زادآوری را که در زمان ثابت هستند مثل شدت نور نسبی، موقعیت‌های مختلف داخل روشنه، اندازه روشنه‌ها را مشخص کردند (۲۰).

www.SID.ir

Archive of SID

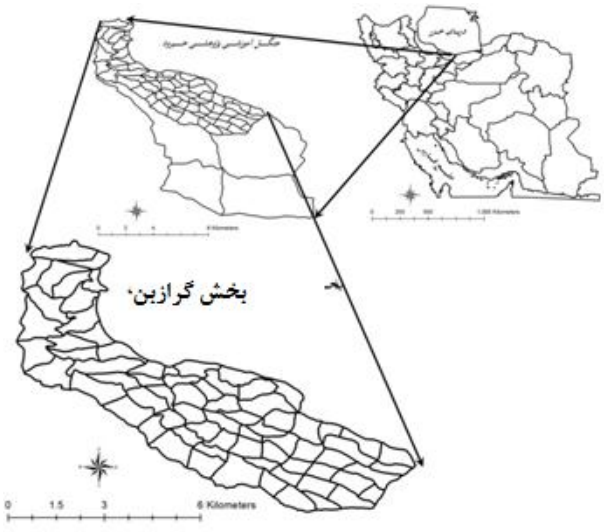
با توجه به اهمیت موضوع زادآوری در جنگل و همچنین موانع زیادی که در جنگل‌های ایران در جنگل‌ها برای زادآوری وجود دارد، ضرورت پرداختن به این موضوع و شناسایی عوامل تأثیرگذار بر زادآوری جهت کمک به رفع عوامل منفی و همچنین تقویت عوامل مثبت بر هیچ‌کس پوشیده نیست. آینده جنگل‌ها بدون زادآوری طبیعی به مخاطره افتاده و از ضروری‌ترین اقدامات در مدیریت جنگل‌ها، مدیریت زادآوری و حفظ و تقویت آن است. بنابراین این تحقیق با هدف ارایه مدل‌های زادآوری و استفاده از این مدل‌ها در بررسی عوامل زیستی و غیرزیستی تأثیرگذار بر زادآوری انجام شد. در این تحقیق برای اولین بار متغیرهای شاخص خیسی توپوگرافی، سرعت و جهت باد، ارتفاع بالای نزدیک‌ترین نقطه زه‌کشی شده و غیره در نظر گرفته شد که این متغیرها تأثیر فراوانی بر مقدار، استقرار و دوام زادآوری در جنگل‌های هیرکانی دارد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: بخش گرازبن جنگل خیرود، یک جنگل کمتر دستخورده و مدیریت شده به مساحت هزار هکتار از جنگل‌های شمال ایران است که در ۷ کیلومتری شرق شهرستان نوشهر بین ۲۷ °۳٦ تا ٤۰ °۳٦ عرض شمالی و ۳۲ °۵۱ تا ٤۸ °۵۱ طول شرقی و در حوزه اداره کل منابع طبیعی نوشهر در منطقه خیرود واقع شده است (شکل ۱). میانگین بارندگی سالیانه در یک دوره ۲۸ ساله در این ناحیه ۱۳۹۷ میلی‌متر است (۷۵۸ میلی‌متر در طول فصل رویش). بر پایه داده‌های هواشناسی ۱۳۸٤- ۱۳۵۷، ماه‌های آبان با ۲۵۸ میلی‌متر و تیر با ۳۷ میلی‌متر به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان بارندگی را در سال دارند. متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۵/۵ سانتی‌گراد است که سردترین و گرمترین ماه‌های سال به‌ترتیب آبان با ۷/٤ درجه سانتی‌گراد و مرداد با ۲۵/٤ درجه سانتی‌گراد می‌باشند. بر اساس سیستم تقسیم‌بندی خاک گروه کشور ایالات متحده آمریکا، خاک این نواحی جز خاک‌های حاصلخیز آلفی‌سویل طبقه‌بندی می‌شود (٦). از نظر ترکیب و پوشش گیاهی در بخش گرازبن، گونه راش با وجود آن‌که ۳۱ درصد تعداد درختان را تشکیل می‌دهد ولی به لحاظ حجم سرپا ۵۷ درصد موجودی این بخش را تشکیل می‌دهد. رویش حجمی سالانه ٤ سیلو در هکتار و رویش تعداد ۵/۸- اصله در هکتار و در سال می باشد، به‌ترتیب فراوانی و تعداد در هکتار گونه‌های ممرز، راش، بلوط، توسکا، افرا، شیردار و نمدار قرار دارند (۵). در شکل ۱ موقعیت بخش گرازبن در شمال کشور نمایش داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

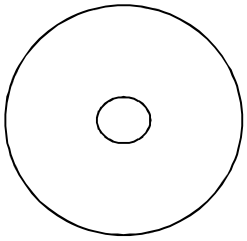
Figure 1. Geographic location of study area.

برداشت داده‌های میدانی: به‌منظور انجام این تحقیق، در سال ۱۳۸۲ به کمک یک شبکه آماربرداری مستطیلی ۱۵۰*۲۰۰ متر (الگوی دستگاه اجرائی)، با یک شروع تصادفی تعداد ۲۵۸ قطعه نمونه دایمی دایره‌ای شکل به مساحت ۱۰ آر، به‌طور سیستماتیک در سطح بخش گرازبن آماربرداری شد. ابعاد شبکه به‌طور افقی در عرصه پیادهو مختصات مرکز قطعات نمونه به کمک سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) تعیین و برای بازیابی قطعات نمونه در دوره بعدی یادداشت شد. به‌منظور انجام تصحیح شیب، شیب اصلی قطعه نمونه مشخص و به کمک جدول تصحیح شیب، شعاع مناسب تعیین گردید. درون قطعات 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 توسط رنگ قرمز مشخص شد و آزیموت هر یک از درختان از طبقه قطری ۱۰ (۷/۵-۱۲/۵) سانتی‌متری به بالا نسبت به مرکز قطعه نمونه برداشت گردید، جهت بازیابی قطعات نمونه در سال ۱۳۹۱ از مختصات مرکز قطعه نمونه و نشانه‌هایی که در مرکز قطعه نمونه وجود داشت استفاده شد. همچنین برای یافتن موقعیت هر درخت در دوره جدید از آزیموت و فاصله هر درخت نسبت به مرکز قطعه نمونه استفاده شد. با توجه به ناهمسال بودن قسمت اعظم توده‌های این بخش، 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 گردید. در مرکز هر قطعه نمونه قطعات نمونه دیگری به مساحت ٤ مترمربع (شعاع قطعات نمونه دایره‌ای شکل جهت بررسی زادآوری در قطعات نمونه متحدالمرکز ۱/۵ مترمربع است) تعیین و نسبت به برداشت اطلاعات زادآوری آن‌ها اقدام گردید (در شکل ۲ قطعات نمونه متحدالمرکز با رسم شکل نشان داده شده است). این عملیات پس از گذشت ۹ سال مجدداً تکرار شد و در هر قطعه نمونه وضعیت زادآوری درختان به‌طور دقیق مشخص شد، بدین صورت که هر درخت و نهالی که بعد از ۹ سال از طبقه قطری ۷/۵ سانتی‌متر عبور کرده

www.SID.ir

Archive of SID

است به‌عنوان زادآوری در جنگل مورد بررسی قرار گرفته و مدل آن تهیه شده است. برای بررسی دقت و صحت مدل از ضریب تبیین (R^2) و میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد است. در جدول ۳ عدد ۱۸۹۵ تعداد تمام نمونه‌هایی بودند که دارای مختصات جغرافیایی بوده و متغیرهای غیرزیستی در ارتباط با این نمونه‌ها ارزیابی شدند در نهایت وارد مدل شدند.



شکل ۲- قطعات دایره‌ای شکل متحدالمرکز، مساحت دایره بزرگ ۱۰۰۰ مترمربع و دایره کوچک ٤ مترمربع می‌باشد.

Figure 2. Concentric circular plots, the area of the large and small circles is 1000 m2 and 4 m2, respectively.

مدل‌های رویشی: مدل‌های رویشی درخت به‌عنوان یک گزینه مناسب در بررسی زاداوری هستند زیرا روند توسعه برای هر درخت را در سطح توده پیش‌بینی می‌کنند. در این مدل سطح بررسی از سطح توده به درخت تغییر کرده که انعطاف‌پذیری بالایی در پیش‌بینی رویش درخت دارد بدون این‌که عواملی از قبیل آمیختگی گونه، پراکنش سنی و سیستم‌های مختلف مدیریتی که در جداول محصول و در سطح توده عوامل محدود کننده هستند، وجود داشته باشد. از مدل نمایی در ارزیابی نهایی و تعیین فاکتورهای تأثیرگذار زنده وغیر زنده بر زنده‌مانی استفاده شد. از ۷۰ درصد از داده‌ها برای تعلیم و ۳۰ درصد باقی‌مانده در ارزیابی مدل‌ها استفاده شد.

داده‌های اقلیمی: از داده‌های اقلیمی سه ایستگاه هواشناسی نزدیک به شهر نوشهر، شامل بابلسر، رامسر و سیاه بیشه به همراه داده‌های اقلیمی شهر نوشهر به نحوی استفاده شده است که تغییرات ارتفاع از سطح دریا مدنظر قرار گیرد. به‌عنوان مثال ارتفاع از سطح دریا سیاه‌بیشه ۱۸۵۵/٤ متر می‌باشد، که به‌عنوان ناحیه کوهستانی در نظر گرفته شده است و در نهایت از درون‌یابی داده‌های اقلیمی این ٤ ایستگاه هواشناسی وضعیت اقلیمی جنگل خیرود به‌طور دقیق مشخص شده است.

تعریف و روش محاسبه و برآورد متغیرهای مورد بررسی: در آنالیز زادآوری ابتدا تعریف هر یک از متغیرهای مورد بررسی ارایه و در نهایت محاسبه و برآورد می‌شوند. در جدول ۱ تمامی متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق تعریف و نحوه محاسبه و برآورد آن‌ها درج شده است. متغیرهای استفاده شده در این پژوهش از آنالیز داده‌های اقلیمی ٤ 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]) به‌عنوان نماینده‌ای از مقدار آب موجود در خاک (SWC[3]) است که گونه‌های درختی از نظر نیاز به آب در خاک و بردباری به آن متفاوتند (۲). زمانی که مقدار آب موجود در داخل خاک محدود و یا خاک به مدت طولانی اشباع از آب است، فتوسنتز و رویش گیاه تا

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

www.SID.ir

Archive of SID

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، به‌عنوان تابعی از ارتفاع نزدیک‌ترین نقطه زهکشی‌شده شاخص خیسی توپوگرافی انتخاب شده است. ترکیب دو متغیر به‌عنوان معرف مقدار آب موجود در خاک منطقی و معقول می‌باشد از آنجا که حجم آب خاک با زهکشی ارتباط زیادی به‌خصوص 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 سطحی مرتبط با فرایندها و طرح‌های سیمای سرزمین جنگلی، شاخص ارتفاع نزدیکترین نقطه زهکشی شده و شاخص خیسی توپوگرافی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (۱۸).

انرژی تابشی خورشید: تشعشات خورشیدی در دسترس (مستقیم و پخش) پراکنش و رویش درختان را برای گونه‌های مختلف تغییر می‌دهد (۲۲). 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 به‌طور ذاتی نور کمتری در دسترس دارند برخوردار هستند. حساسیت به نور در بعضی از نهال‌ها و بذر پهن‌برگان از نهالی تا مرحله بلوغ متفاوت است.

درجه حرارت: متابولیسم یا سوخت و ساز گیاهی، رویش و غنای گونه‌ای از درجه حرارت اثر می‌پذیرند (۲۳). به‌این دلیل پراکنش گیاهی می‌تواند رابطه منطقی و مناسبی با شاخص ورودی حرارت سالیانه داشته باشد. در این مطالعه از میانگین درجه حرارت در فصل رویش به‌عنوان شاخصی از حرارت ورودی در فصل رویش در بلند مدت استفاده شد.

رطوبت نسبی: رطوبت نسبی به‌صورت مستقیم بر روابط آبی گیاه (۱۰) و غیرمستقیم بر رویش جوانه‌ها، فتوسنتز، گرده افشانی و تولیدات زیست توده اثر می‌گذارد (٤) با در نظر گرفتن این واقعیت که فقط تعداد محدودی از ایستگاه‌های اقلیمی رطوبت نسبی ثبت را 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 شد (۸). محاسبات بلندمدت رطوبت نسبی بر پایه مدل رقومی زمین که در یک رفتار مشابه در ارتباط با تغیرات مکانی رطوبت نسبی در اثر تغییرات توپوگرافی، جهت و بادهای رایج و درجه حرارت فصل رویش در ارتفاعات پایین انجام شد.

باد: یک متغیر مهم محیطی که اهمیتی برابر با سایر عوامل، بر تولیدات گیاهی و پتانسیل حضور گیاهان دارد سرعت باد است. باد معمولاً در مطالعات غنای گونه‌ای به‌علت سختی تخمین و برآورد سرعت و جهت مکانی آن مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. 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 پیچیده زمین استفاده شده است.

نتایج

ترکیب داده‌های مورد استفاده در مدل زادآوری: متوسط نرخ زادآوری، در طول دوره ۹ ساله برای درختانی که قطر آن‌ها بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر شده، ۱۵/۸٦ درخت در هکتار می‌باشد که در بین گونه‌های مختلف پراکنده شده‌اند (جدول ۲). متوسط قطر درختانی که از قطر ۷/۵ سانتی‌متر در پایان دوره گذشته‌اند ۱۰/٦ سانتی‌متر است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- متغیرهای مورد بررسی در آنالیز زادآوری در جنگل‌های شمال کشور.

Table 1. Investigated variables in the analysis of regeneration in the Hyrcanian forests.

ردیف row	متغیر variable	منبع Derivation and/or source	توضیحات Comments
۱	شیب Slope (°)	شیب می‌تواند مستقیماً 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 به‌عنوان یک شاخص پتانسیل اتلاف توده و ماده (در زمین‌های شیب-دار اتلاف توده و ماده اتفاق می‌افتد) استفاده می‌شود. شیب‌های خیلی تند می-تواند 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 Height above nearest drainage point (HNDP; m)	بر اساس الگوریتم‌های توضیح داده شده به‌وسیله مورفی و همکاران (۲۰۱۱) (۱۷).	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 به‌خصوص 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 دهنده 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) Topographic wetness index (TWI; non-dimensional)	/tan(β)), TWI= ln(As بر اساس رابطه بالا در اینجاAs مساحت ویژه مشارکت داده شده و tan(β)، 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 می‌باشند که در اینجا روش جریان ماده پخمان استفاده شد.
٤	مجموع تشعشعات خورشیدی در طول فصل رویش Growing-season accumulated potential solar radiation (MJ m-2)	مجموع تشعشعات خورشیدی در طول فصل رویش با استفاده از مدل LanDSET که به وسیله بروکی و همکاران (۱۹۹۸) ارائه شده است، استخراج شده است. این پارامتر با استفاده از تصاویر لندست ۸ که در زمان برداشت پلات‌ها تصویربرداری شده بود، و در محیط ARCGIS استخراج شده است. برای توضیحات بیشتر به بروکی و همکاران (۱۹۹۸) مراجعه شود.	تشعشات خورشیدی این پتانسیل را دارد که رویش و پراکنش درختان را برای گونه‌های مختلف تغییر دهد. اینجا تشعشعات خورشیدی تابعی از ۱- محاسبات مدل رقومی زمین شیب، جهت، فاکتور دید، زاویه افق و فاکتورهای تشکیل زمین ۲- هندسه خورشید- زمین و زاویه نوردهی و ۳- محاسبات جریان نور در بالای اتمسفر می‌باشد.
٥	درجه حرارت هوا به سانتی‌گراد Air Temperature (oC)	تغییرات عمودی در درجه حرارت بر پایه این نظریه است که درجه حرارت محیط هر یک کیلومتر ٦/٥ درجه تغییر می‌کند و درجه حرارت اولیه سطح زمین ۲۱/۲ در نوشهر می‌باشد.	متغیرهای فیزیولوژیکی مرتبط با فتوسنتز گیاهی و رویش، گونه‌های گیاهی جواب متفاوت به درجه حرارت اتمسفر و گرمای فصلی جمع شده مرتبط می‌دهد.
٦	رطوبت نسبی به درصد Relative humidity (RH, %)	رطوبت نسبی از یک روش مشابه که به وسیله بروکی و مارتین (۲۰۱۲) توضیح داده شده است، محاسبه گردید (۸).	متغیرهای فیزیولوژیکی با تبخیر تعرق و رویش گیاه در ارتباط هستند. محاسبه رطوبت نسبی بر اساس نرخ تغییر درجه حرارت 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) Wind velocity (m s-1) and direction (o from true North)	سرعت باد بر اساس معادله‌های سه بعدی نویر- استوکس[1] برآورد شد. محاسبات مدل بر پایه یکی شدن اثرات آشفتگی جوی و فرآیندهای حرارتی، صورت می‌گیرد. شرایط ابتدایی به وسیله درجه حرارت سطحی در فصل رویش، سرعت و جهت باد که از داده‌های ایستگاه‌های اقلیمی شهر نوشهر و ایستگاه‌های نزدیک به آن محاسبه شده است به‌دست 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.

1- 3D Navier-Stokes equations

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- میانگین تعداد درختان گونه‌های مختلف که از قطر ۷ سانتی‌متر در طول دوره ۱۰ ساله گذشته‌اند.

Table 2. The mean number of trees for different species that have a diameter of 7 cm during the past 10 years.

گونه Species	درختانی که به بالای ۷ سانتی‌متر رسیده‌اند (درخت در هکتار) Ingrowth
راش *Fagus orientalis*	8.71
ممرز *Carpinus betulus*	6.47
بلندمازو *Quercus casaneifolia*	0.04
توسکای ییلاقی *Alnus*	0.20
انجیلی *Parrotia persica*	0
پلت *Acer velutina*	0.16
نمدار *Tilia begonifolia*	0.08
ملج *Ulmus glabra*	0.16
سایر گونه‌ها Other species	0.04
مجموع Total	15.86

ترکیب داده‌ها و متغیرهای زیستی محیطی مورد استفاده در تعیین عوامل تأثیرگذار بر تعداد زادآوری: متغیرهای زیستی مورد استفاده در مدل‌سازی و همچنین ترکیب آن‌ها در جدول ۲ درج شده است. میانگین زادآوری در یک دوره نه ساله برای گونه‌های درختی جنگل‌های شمال کشور ده اصله در هکتار به‌دست آمد. میانگین و انحراف معیار متغیرهای مستقل از قبیل میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس، انحراف معیار مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس، میانگین مقدار آب خاک، انحراف معیار مقدار آب خاک، متوسط درجه حرارت فصلی، انحراف معیار درجه حرارت فصلی، متوسط شاخص خیسی توپوگرافی، انحراف معیار شاخص خیسی توپوگرافی، متوسط سرعت باد، انحراف معیار سرعت باد، سطح مقطع توده، سطح مقطع قطورترین درختان، قطر برابر سینه به سانتی‌متر در جدول ۳ آورده شده است. در این مطالعه قطر برابر سینه به‌طور متوسط به میزان ٤٢/٣٢ سانتی‌متر به‌دست آمد که نشان دهنده بالغ بودن جنگل می‌باشد.

در جدول ٤ همبستگی پیرسون بین تمام متغیرهای زیستی محیطی بررسی شده است که تأثیر مهمی در فهم روابط بین متغیرهایی که برای اولین بار معرفی شده‌اند را دارد. وجود همبستگی یا عدم وجود همبستگی بین متغیرها در بررسی و اندازه‌گیری هریک از متغیرهایی که اندازه‌گیری آن‌ها مشکل است کمک فراوانی می‌کند. رابطه متغیرهایی برای اولین بار بررسی شده است که کمی کردن آن‌ها بسیار مشکل و هزینه‌بر می‌باشد. جدول ٤ نشان می‌دهد که بین زادآوری و متغیرهای میانگین مقدار آب خاک، انحراف معیار مقدار انرژی تابش، میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی، انحراف معیار مقدار آب خاک، متوسط درجه حرارت فصلی، متوسط شاخص خیسی توپوگرافی، انحراف معیار شاخص خیسی و متوسط سرعت باد همبستگی معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد وجود دارد. در بین تمامی مدل‌های طراحی شده بین زادآوری و متغیرهای مستقل، بهترین مدل مربوط به مدلی بود که بر اساس سطح مقطع متوسط بر روی داده‌ها برازش داده شد. در این مدل میانگین مربعات خطا (RMSE) ۷ اصله درخت در هکتار می‌باشد که R^2 برابر با ٦٧ درصد و RMSE درصد برابر با ۹ درصد است.

$$INj = \exp(2.75+0.2\ln(Gj)-0.005\,Gj) \quad (۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در رابطه ۱: INj زادآوری ۹ ساله (درختانی که قطر آن‌ها بیشتر از ۷ سانتی‌متر در هکتار، در طول دوره شده است) از پلات j و Gj سطح‌مقطع توده به مترمربع در هکتار است. از این مدل (مدل‌نمایی زادآوری) در تعیین متغیرهای زیستی و غیرزیستی استفاده شده است.

جدول ۳- داده‌ها و متغیرهای زیستی محیطی مورد استفاده در تعیین متغیرهای تأثیرگذار بر زادآوری.

Table 3. The combination of data and environmental variables used in determining the variables affecting regeneration.

تعداد نمونه‌ها	انحراف معیار	میانگین	متغیر
N	Std. Deviation	Mean	Variable
1895	0.143	10	تعداد زادآوری در هکتار Ingrowth Number
1895	236.590	4291.79	
1895	18.85	19.8	میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس Asol_mean
1895	0.134	0.38	انحراف معیار مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس Asol_std
1895	0.059	0.05	
1895	0.375	15.27	میانگین مقدار آب خاک Swc_mean
1895	0.000	0.00	
1895	1.398	-0.61	انحراف معیار مقدار آب خاک Swc_std
1895	0.765	0.81	متوسط درجه حرارت فصلی Tmp_mean
1895	2.183	3.17	
1895	0.145	0.17	انحراف معیار درجه حرارت فصلی Tmp_std
1895	16.047	41.95	متوسط شاخص خیسی توپوگرافی TWI_mean
1895	17.185	32.00	
1895	30.332	43.32	انحراف معیار شاخص خیسی توپوگرافی TWI_std
			متوسط سرعت باد Wind_mean
			انحراف معیار سرعت باد Wind_std
			سطح مقطع توده BA به سانتی‌متر مربع در هکتار
			سطح مقطع قطورترین درختان BAL به سانتی‌متر مربع در هکتار
			قطر برابر سینه به سانتی‌متر DBH

www.SID.ir

جدول ٤- بررسی همبستگی پیرسون بین تمام متغیرها زیستی و غیرزیستی تأثیرگذار بر زادآوری.

Table 4. Pearson correlation between all the variables affecting the regeneration of biotic and abiotic.

	قطر برابر سینه (cm) ۱۳۹۱ DBH_ 2012	مقدار انرژی تابشی خورشیدی در دسترس Asol_mean	انحراف معیار مقدار انرژی تابشی Asol_std	میانگین مقدار آب خاک Swc_mean	انحراف معیار مقدار آب خاک Swc_std	متوسط درجه حرارت فصلی Tmp_mean	متوسط شاخص خیسی توپوگرافی TWI_mean	انحراف معیار شاخص خیسی TWI_std	متوسط سرعت باد Wind_mean	سطح مقطع توده BA	سطح مقطع قطورترین درختان BAL	تعداد زاداوری ingrowth
قطر برابر سینه (cm) ۱۳۹۱	1	0.200**	0.186**	0.053*	0.004	-0.170**	-0.026	0.009	-0.029	0.744**	0.962**	0.004
میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی	-0.200**	1	-0.697	-0.028	0.134**	0.247**	0.030	-0.089**	-0.278	-0.247**	-0.238**	0.134**
انحراف معیار مقدار انرژی تابشی	0.186**	0.697**	1.000	-0.019	-0.149**	-0.211**	-0.131**	0.089**	0.383**	0.261**	0.230**	-0.149**
میانگین مقدار آب خاک	0.053*	-0.028	-0.019	1.000	0.563**	0.089**	0.299**	0.110**	-0.318**	0.063**	0.056*	0.563**
انحراف معیار مقدار آب خاک	0.004	0.134**	-0.149**	0.563**	1.000	0.159**	0.249**	0.434**	-0.370**	-0.005	-0.010	0.159**
متوسط درجه حرارت فصلی	-0.170**	0.247**	-0.211**	0.089**	0.195**	1	-0.308**	-0.172**	0.048*	-0.165**	-0.178**	0.249**
متوسط شاخص خیسی توپوگرافی	-0.026	0.030	-0.131**	-0.299**	0.249**	0.308**	1.000	-0.185**	-0.207**	-0.007	-0.035	0.434**
انحراف معیار شاخص خیسی	0.009	0.089**	-0.047*	0.110**	0.434**	-0.172**	-0.185**	1.000	-0.114**	-0.011	-0.004	-0.370**
متوسط سرعت باد	-0.029	-0.278**	0.383**	-0.318**	-0.370**	-0.264**	-0.207**	-0.114**	1.000	-0.036	-0.025	-0.335**
سطح مقطع توده	0.744**	-0.247**	0.261**	0.063**	-0.005	-0.165**	-0.007	-0.011	-0.036	1.000	0.734**	0.048*
سطح مقطع قطورترین درختان	0.962**	-0.238**	0.230**	0.056*	-0.010	-0.178**	-0.035	-0.004	-0.025	0.734**	1.000	-0.010
تعداد زاداوری	0.004	0.134**	-0.149**	0.563**	0.159**	0.249**	0.434**	-0.370**	-0.335**	0.048*	-0.010	1.000

**همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنادار است؛ *همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنادار است.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

جنگل‌های هیرکانی دارای کارکردهای مختلفی از قبیل تولید چوب، تنوع زیستی، زیبایی و تفرج، حفاظت از آب و خاک و غیره می‌باشند، که نیاز به یک مدیریت یک‌پارچه و همه‌جانبه دارند. به‌نظر می‌رسد که مدیریت ناهمسال در پیش‌برد این اهداف روشی کارآمد و مؤثر می‌باشد. اما روش مدیریت ناهمسال باید توأم با زادآوری باشد تا ساختار جنگل دستخوش تغییر نشده و جنگل همیشه به‌صورت نرمال و ناهمسال باقی بماند. در جنگل‌های ایران و به‌خصوص جنگل‌های شمال ایران علاوه‌بر بحث‌های مدیریتی، چالش مسائل اقتصادی و اجتماعی وجود دارد. تناقش بین برنامه‌های مدیریتی جنگل و استفاده‌های ذینفعان از جنگل، زادآوری را از حالت نرمال خارج کرده و در بسیاری از موارد زادآوری را به حد بسیار پایینی می‌رساند. بنابراین ضرورت دارد که برای حفظ از جنگل‌ها، ضمن مطالعه زادآوری، عوامل مهم تأثیرگذار بر زادآوری شناسایی شود تا بتوان به‌صورت دقیق و علمی، اقدامات مؤثری در زمینه تقویت زادآوری انجام داد. مقدار کافی زادآوری را عوامل مختلفی کنترل و تعیین می‌کنند که به علت پیچیده بودن روابط بین این عوامل به روش‌های نوینی برای بررسی آن‌ها نیاز است که در این تحقیق تلاش شد گامی کوچک برداشته شود. در این تحقیق عوامل متغیر زیستی و غیرزیستی که در طول زمان و مکان بسیار پویا هستند مشخص و تأثیر آن‌ها بر زادآوری مشخص شد. برای انجام این مهم نیاز به پایگاه داده‌های عظیم و دقیق می‌باشد، کاری که کشورهای پیشرفته در امر جنگل، سال‌هاست به آن پرداخته‌اند و با استفاده از آماربرداری با قطعات نمونه دایمی در دوره‌های متمادی به پایگاه داده‌های بزرگ و با دقتی رسیده‌اند و در کشور ما نیز برای اولین بار در بخش گرازبن جنگل خیرود با انجام آماربرداری با قطعات نمونه ثابت در سال ۱۳۸۲ و تکرار و برداشت آن‌ها توسط نویسنده‌گان این مقاله تا حدودی شرایط انجام این تحقیق فراهم شده است هر چند هنوز پایگاه داده‌ها باید تکمیل گردند. متغیرهای میانگین مقدار آب خاک، انحراف معیار مقدار انرژی تابش، میانگین مقدار انرژی تابشی خورشیدی، انحراف معیار مقدار آب خاک، متوسط درجه حرارت فصلی، متوسط شاخص خیسی توپوگرافی، انحراف معیار شاخص خیسی و متوسط سرعت باد فاکتورهای تأثیرگذار غیر زیستی هستند که وقتی به‌صورت ترکیب و به‌همراه سایر فاکتورهای دیگر باعث تلفات و مرگ و میر بیشتر در جنگل می‌شود که این یافته‌ها با نتایج مطالعات وایسی و همکاران (۲۰۰۹)، بافام و همکاران (۲۰۰۹)، اندارا و همکاران (۲۰۱۲)، سوریانو و همکاران (۲۰۱۲)، مارتینز و همکاران (۲۰۱۳) و بوترو و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد (۲۶، ۹، ۱۳، ۲۳، ۷). جهت طراحی مدل زادآوری (قطر درختانی که از قطر ۷ سانتی‌متر در پایان دوره گذشته‌اند) به‌خاطر بی‌نظمی ذاتی زادآوری، نیاز به یک پایگاه داده بزرگتر و یا قطعات نمونه بزرگتر با تعداد بیشتر می‌باشد تا بتوان تأثیرات ساختار توده را بر روی زادآوری بررسی کرد. ساده‌ترین راه برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی (زآداوری) استفاده از سطح مقطع متوسط برای کل توده است. به‌هرحال از آنجا که با افزایش سطح‌مقطع توده از زادآوری کاسته می‌شود این یک برازش زیستی نیست و همچنین این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که یک توده خیلی تنک، زادآوری کمتری دارد که نتیجه‌ای از کمبود درخت مادری بذرده، افزایش رقابت بوته‌ها، تمشک‌ها، گیاهان علفی و زیراشکوب است. اگرچه زادآوری در منطقه به مقدار کافی نیست (یک یا دو درخت در هکتار و در سال) ولی از آن‌جایی که تعداد درختانی که برداشت می‌شوند کم و حدود ۲۰ تا ٤٠ اصله درخت در هکتار

www.SID.ir

Archive of SID

در هر ۳۰ تا ٤٠ سال می‌باشد، همین مقدار زادآوری نیز کافی و می‌تواند جایگزین درختان برداشت شده، شود و توسعه این جنگل‌ها را فراهم کند. به‌هرحال زادآوری بیشتر می‌تواند اثرات مثبت قابل توجهی بر روی حاصلخیزی، تولید چوب و ساختار این جنگل‌ها داشته باشد. اگر نرخ زادآوری دو برابر شود (قطر درختانی که از قطر ۷ سانتی‌متر در پایان دوره گذشته‌اند) تولید پایدار جنگل تا ۵۰ درصد برای گونه راش و ۱۰۰ درصد برای توده‌های ممرز افزایش نشان می‌دهد. بنابراین یک فاکتور کلیدی در بهبود حاصل‌خیزی در جنگل‌های شمال کشور زادآوری و تجدید نسل بهتر می‌باشد (۵). مدیریت عوامل و متغیرهای زیستی می‌تواند تأثیر مثبتی در زادآوری درختان در آینده داشته باشد. همچنان که با تنک کردن‌ها و عملیات‌های پرورشی مناسب تا حدودی می‌توان رقابت را کاهش داده و به افزایش زادآوری کمک فراوانی کند (۲۳). نتایج این مطالعه همانند مطالعات زیادی که در جنگل‌های مشابه انجام شده است (کاملر و همکاران (۲۰۱۵)، مارتینز و همکاران (۲۰۱۳)، اندرا و همکاران (۲۰۱۲)، نشان داد که عوامل زنده و غیر زنده بر روی زاد آوری تأثیرگذار هستند. تفاوت مطالعه اخیر با مطالعات خارجی در کامل نبودن بانک داده‌ها و اطلاعات است که با تکمیل شدن چنین اطلاعاتی می‌توان مطالعات جامع‌تر و کاملتری انجام داد. همچنین می‌توان بیان نمود که با انجام عملیات‌های پرورشی و تنک‌سازی‌های به جا در میزان دریافتی انرژی تابشی خورشید تأثیر گذاشته که خود باعث بهبود شرایط رویشی و افزایش احتمال رویش بذرها و در نهایت استقرار بهتر نهال‌ها در عرصه جنگلی می‌شود. در پایان هدف این پژوهش شناخت عوامل زیستی و غیرزیستی تأثیرگذار بر زادآوری بود و سعی در کمی کردن متغیرهایی داشت که تأثیر به سزایی داشته ولی اندازه‌گیری آن‌ها مشکل و هزینه‌بر می‌باشد و تا حدودی هموار کردن مسیری که پژوهش‌های آینده در پیش دارند، که امیدوار است به اهداف خویش رسیده باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که می‌توان از مدل‌های تک درخت زادآوری جهت مدل‌سازی زادآوری در جنگل‌های شمال استفاده نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که زادآوری در عرض ۹ سال در جنگل‌های شمال در حد پایین و در دوره ۹ ساله در حدود ۱۵ اصله در هکتار می‌باشد. همچنین بیشترین زادآوری مربوط به گونه راش می‌باشد. نتایج مدل‌سازی نشان داد که مهمترین عوامل تأثیرگذار بر زادآوری در این جنگل‌ها به‌ترتیب سطح مقطع توده، رطوبت، حرارت، مقدار انرژی تابشی خورشید و سرعت باد می‌باشد. با استفاده از نتایج این تحقیق و مدیریت عوامل تأثیرگذار بر زادآوری می‌توان سبب بهبود زادآوری در جنگل‌ها شد. اکثر عوامل تأثیرگذار ذکر شده در این تحقیق را می‌توان با مدیریت صحیح و حتی عملیات پرورشی و مراقبتی از جنگل‌ها بهبود بخشید.

منابع

1. Atri, M. 1997. Phytosociology (Sociology plant). Research Institute of Forests and Rangelands press. 384p. (In Persian)
2. Bang, C., Sabo, J.L., and Faeth, SH. 2010. Reduced wind speed improves plant growth in a desert city. PLoS One, 5(6): 1-12.

www.SID.ir

Archive of SID

3. Basiri, R. 2003. Growth area ecological study of Quercus Libani using analysis environmental factors in the region of Marivan (northern Zagros). Ph.D. thesis. Natural Resources. (In Persian)
4. Bassow, S.L., and Bazzaz, F.A. 1998. How environmental conditions affect canopy leaf-level photosynthesis in four deciduous tree species. Ecology, 79(8): 2660-2675.
5. Bayat, M., Pukkala, T., Namiranian, M., and Zobeiri, M. 2013. Productivity and optimal management of the uneven-aged hardwood forests of Hyrcania. European Journal of Forest Research, 132: 851-864.
6. Bayat, M., Namiranian, M., Zobeiry, M., and Pukkala, T. 2015. Growth Models using to Simulate and Investigate Different Forest Management Methods (Case Study: Gorazbon District in Kheyroud Forest, North of Iran), Journal of Forest and Wood product, 67(4): 595-612. (In Persian)
7. Bottero, A., Garbarino, M., Long, J.N., and Motta, R. 2013. The interacting ecological effects of large-scale disturbances and salvage logging on montane spruce forest regeneration in the western European Alps. Forest Ecology and Management, 292: 19–28.
8. Bourque, CP-A., and Matin, MA. 2012. Seasonal snow cover in the Qilian Mountains of Northwest China: Its dependence on oasis seasonal evolution and lowland production of water vapour. Journal of Hydrology, 454-455: 141-151.
9. Buffum, B., Gratzer, G., and Tenzin, Y. 2009. Forest Grazing and Natural Regeneration in a Late Successional Broadleaved Community Forest in Bhutan. Mountain Research and Development, 29(1): 30–35.
10. Campbell, G.S., and Norman, J.M. 1998. An introduction to environmental biophysics (2nd Ed.). Springer-Verlag, New York, 306p.
11. Chavez, P.S. 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. Remote Sensing of Environment, 24: 459-479.
12. Daubenmire, R.F. 1976. The use of vegetation in assessing the productivity of forest lands. Botanical Review. 42: 115-143.
13. Endara Agramont, A.R., Maass, S.F., Bernal, G.N., Valdez Hernández, J.I., and Fredericksen, T.S. 2012. Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, Mexico. Journal of Forestry Research, 23(1): 39−44.
14. Geiger, R. 1965. The climate near the ground. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 611p. Lutz, JA and Halpern, CB. 2006. Tree mortality during early forest development: along-term study of rates, causes, and consequences. Ecological Monographs, 76: 257–275.
15. Kamler, J., Dobrovolny, L., Drimaj, J., Kadavy, J., Kneifl, M., Adamec, Z., Knott, R., Martinik, R., Plhal, R., Zeman, J., and Hrbek, J. 2015. The impact of seed predation and browsing on natural sessile oak regeneration under different light conditions in an over-aged coppice stand. Journal iForest- Biogeosciences and Forestry. 9: 569-576.
16. Martinez Pastur, G.J., Esteban, R.S., Pulido, F., and Lencinas, M.V. 2013. Variable retention harvesting influences biotic and abiotic drivers of regeneration in Nothofagus pumilio southern Patagonian forests. Forest Ecology and Management, 289: 106–114.
17. Murphy, PNC., Ogilvie, J., Meng, F-R., White, B., and Bhatti, JS. 2011. Modelling and mapping topographic variations in forest soils at high resolution: A case study. Ecological Modelling, 222: 2314-2332.
18. Nagendra, H. 2001. Using remote sensing to assess biodiversity. International Journal of Remote Sensing, 22(12): 2377-2400.
19. Nakashizuka, T. 2001. Species coexistence in temperate, mixed deciduous forests. Trends in Ecology and Evolution, 16: 205–210.
20. Parhizkar, P., Sagheb-Talebi, K., Mataji, A., Nyland, R., and Namiranian, M. 2011. Silvicultural characteristics of Oriental beech (*Fagus orient*alis Lipsky) rgeneration under different RLI and positions within gaps. Forestry. 84: 2. 177–185.

www.SID.ir

Archive of SID

21. Pausas, J.G., and Austin, M.P. 2001. Patterns of plant species richness in relation to different environments: an appraisal. Journal of Vegetation Science, 12: 153-166.
22. Retuerto R., and Woodward FI. 1992. Effects of windspeed on the growth and biomass allocation of white mustard Sinapis alba L. Oecologia, 92: 113-123. Zhang, J., Hao, Z., Sun, IF., Song, B., and Ye, J. 2009. Density dependence on tree survival in an old-growth temperate forest in northeastern China. Annuals of Forest Sciences, 66: 204.
23. Soriano, M., Kainer, K.A., Staudhammer, C., Marlene Soriano, E.S., Kainer, K.A., Staudhammer, C., and Soriano, E. 2012. Implementing multiple forest management in Brazil nut-rich community forests: Effects of logging on natural regeneration and forest disturbance. Forest Ecology and Management, 268: 92–102.
24. Tahmasebi, P. 2015. Ecology of plant communities. University of shahrekord Press. 247p. (In Persian)- Volkov, I., Banavar, JR., He, FL., Hubbell, SP., and Maritan, A. 2005. Density dependence explains tree species abundance and diversity in tropical forests. Nature, 438: 658–661.
25. Wang, X., Comita, L.S., Hao, Z., Davies, S.J., and Ye, J. 2012. Local-Scale Drivers of Tree Survival in a Temperate Forest. PLoS ONE, 7(2): e29469.
26. Wassie, A., Sterck, F.J., Teketay, D., and Bongers, F. 2009. Effects of livestock exclusion on tree regeneration in church forests of Ethiopia. Forest Ecology and Management, 257(3): 765–772.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 24 (2), 2017
http://jwfst.gau.ac.ir

Presentation of Ingrowth models and determination of biotic and abiotic factors affecting regeneration in the Hyrcanian forests

***M. Bayat[1], M. Namiranian[2] and F. Pourshakouri Allahdeh[3]**
[1]Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran, [2]Professor, Dept., of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, [3]Senior Expert Researcher, Iranian Space Agency Mahdasht Space Center
Received: 06/25/2016 ; Accepted: 01/30/2017

Abstract
Background and objectives: Hyrcanian is a productive region near the southern coast of Caspian Sea. Her forests are mostly uneven-aged beach-dominated hardwood mixtures. There is increasing willingness to treat these forests without clear-felling, following the ideas of continuous cover management. This paper examines the possible ecological controls on ingrowth in a high-elevation forest in northern Iran. Natural regeneration is one of the most important affecting factors in survival and stability of natural forests. Understanding the factors that affecting the forest species regeneration can be helpful to understand the ecosystem succession stages. Recently, due to complexity of factors that affecting natural regeneration, using the growing models in order to determine affecting factors is very common.
Materials and methods: The Kheyrud forest covers 80 km^2 near the port city of Nowshahr. The elevation of the Kheyrud forest varies from 10 m to 2200 m above sea level Ingrowth model was used to estimate the diameter increment in oriental beech at fixed sample plots level over a period of 9 years (2003-2012) In this study the impact of biotic and abiotic variables like competition, energy of sunlight in the growing season, topographic wetness index, highest point to nearest of drainage area, wind speed from ground-complex process models and other variables which are considered to be achieved for the first time on natural regeneration were investigated using fixed plots in Hyrcanian forests.
Results: Results showed that the mean number of regeneration in the unit area (hectares) are very low and equal to approximately 15 trees per hectare (up to a diameter of 7 cm) in a period of 9 years. The simplest way to predict and simulate ingrowth is to use the mean values for all stands. However, this is not biologically justified since ingrowth should eventually start decreasing with increasing stand basal area. The beech trees are of the most number of regeneration per hectare which represents the suitability of environmental and biological conditions for these valuable trees in the Hyrcanian forests. Basel area per hectare was the main affecting factor on regeneration in study area which defines about 40 percent of regeneration.
Conclusion: Humidity and temperature and the amount of solar radiation were the most important variables in the number of regeneration in Hyrcanian Forests. Consequently methods that used in this study are new and also can be used in other forested area in Iran. Finally, this research is trying to explain changes of ingrowth and abiotic and biotic variables in the fixed sample plots.

Kaywords: Hyrcanian forests, Regeneration, Affecting factors in regeneration, Modeling

*Corresponding author: mbayat@rifr-ac.ir

www.SID.ir