مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره دوازده، اسفند ماه ۱۴۰۲ (۸۵-۶۹)

شبیه‌سازی تاثیر طغیان آفات و بهره‌برداری چوب بر آمیختگی توده‌ها در جنگل-های هیرکانی (مطالعه موردی: جنگل‌های لیره‌سر، تنکابن)

مهدی وکیلی [1*]

mehdi.environment82@gmail.com

زاهد شاکری [2]

سعید مطهری [3]

مریم فراهانی [3]

زاخاری رابینز [4]

رابرت شلر [5]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۳۰**

چکیده

زمینه و هدف: طغیان آفات و برداشت چوب ترکیب اکوسیستم جنگل را تحت تاثیر قرار می‌دهند. آفت سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا از شایع‌ترین آ شفتگی‌های بیولوژیکی جنگل‌های هیرکانی ا ست که به همراه بردا شت درختان می‌تواند ترکیب گونه‌های درختی آن را تغییر دهد. پژوهش حا ضر با هدف شبیه سازی ترکیب گونه‌های درختی جنگل‌های هیرکانی تحت تاثیر آفت ذکر شده و بردا شت درختان انجام گرفت.

روش بررسی: جهت ارزیابی وضعیت فعلی، تعداد ۶۶۷ قطعه نمونه دایره‌ای (۱۰۰۰متر مربع) در قالب شبکه ۲۰۰×۲۰۰ متری و به روش نمونه‌برداری تصادفی سیستماتیک برداشت شد. منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر سناریوهای مختلف با استفاده از مدل LANDIS-II در دوره‌های زمانی پنج ساله و برای ۱۰۰ سال آینده (۱۴۹۹-۱۳۹۹) شبیه‌سازی شد.

۱- دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست، گروه محیط زیست، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- استادیار، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه کاسل، ویتسن‌هاوزن، آلمان.

۳- استادیار، گروه محیط زیست، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.

۴- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده جنگل و منابع طبیعی، دانشگاه کارولینای شمالی، رالی، آمریکا.

۵- استاد، دانشکده جنگل و منابع طبیعی، دانشگاه کارولینای شمالی، رالی، آمریکا.

یافته ها: نتایج نشـــان داد آشـــفتگی‌های بیولوژیکی از طریق تســـریع در کاهش تیپ جنگلی غالب (ممرز خالص) و جایگزین کردن آن با تیپ‌های ممرز-خرمندی و ممرز-انجیلی، جنگل را به ســمت آمیخته‌تر شــدن پیش خواهند برد. برداشــت درختان نیز همین شــرایط را به واســطه اســتقرار تیپ‌ها جنگلی پهن‌برگ مخلوط و توســکا-ممرز ایجاد می‌کند. وقتی آشــفتگی بیولوژیکی در حضــور برداشــت درختان شبیه سازی شد، تنوع درختی به اوج خود ر سید به طوری که بی‌شترین میزان آمیختگی گونه‌های درختی تحت سناریو سو سک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حضور برداشت درختان بود.

بحث و نتیجه‌گیری: در هنگام بروز آشــفتگی بیولوژیکی، با اجرایی کردن صــحیح مدیریت برداشــت، ضــمن ایجاد آمیختگی بیشــتر در اکوسیستم جنگلی، می‌توان گونه توسکا را که میزبان آفت ذکر شده است، نیز حفاظت نمود.

واژه‌های کلیدی: سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا، چشم‌انداز جنگلی، مدیریت بهره‌برداری، LANDIS-II.

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No.12, March, 2023

Simulation of the impact of pest outbreak and forest harvesting on stand mixture in the Hhyrcanian forest
(Case study: Lireh Sar forests, Tonekabon)

Mehdi Vakili [1*]
mehdi.environment82@gmail.com
Zahed Shakeri [2]
Saeed Motahari [3]
Maryam Farahani[3]
Zachary Robbins [4]
Robert M. Scheller [5]

Admission Date: September 21, 2022 Date Received: October 11, 2021

Abstract

Background and Objective: Species composition are affected by disease outbreaks, pest outbreaks, and harvesting. In the Hyrcanian forests, alder brown leaf beetle is among the most common biological disturbances, which along with timber harvesting can alter its species composition. The present study aimed to simulate the species composition of the Hyrcanian forest at stand level under the mentioned natural and anthropogenic disturbances.

Material and Methodology: Using random-systematic sampling with a circular plot within a 200*200 grid, 667 plots (1000 m^2) were sampled for evaluating the current state. A LANDIS-II landscape change model was used to simulate the study area under different scenarios for 5-years' time periods over 100 years.

Findings: By accelerating the removal of pure hornbeam stands from the landscape, biological disturbance is likely to increase the mixture of tree composition by allowing Carpinus-Diospyros and Carpinus-Parrotia to replace them. Similarly, tree harvesting will also create the same situation by establishing mixed broadleaf and Alnus-Carpinus forest types. In the presence of biological disturbance and tree harvesting, diversity peaked so that the highest mixture stands were produced by scenario of alder brown leaf beetle in the presence of tree harvesting.

Discussion and Conclusion: When biological disturbance occur, Caucasian alder species that host this pest can be preserved by implementing appropriate harvest management techniques and creating a more mixed forest ecosystem.

Keywords: Alder leaf beetle, forest landscape, LANDIS-II, tree harvesting management.

1- Ph.D. student, Environment Department, Roudehen branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran. *(*Corresponding Author*)
2- Assistant Prof., Faculty of Organic Agricultural Sciences, University of Kassel, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen, Germany.
3- Assistant Prof., Environment Department, Roudehen branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran.
4- Ph.D. student, Department of Forestry and Natural Resources, North Carolina State University, North Carolina, NC, United States.
5- Professor, Department of Forestry and Natural Resources, North Carolina State University, North Carolina, NC, United States.

مقدمه

جنگل‌ها به عنوان یک منبع تجدید شونده نقش مهمی در حفظ منابع پایه و ارائه خدمات زیست محیطی دارند (۱،۲). امروزه برای بررسی اثرات شیوه‌های مختلف جنگل‌شناسی بر توده‌های جنگلی، تنوع گونه‌ای را مدنظر قرار می‌دهند (۳). تنوع گونه‌ای بخش اعظمی از مبحث تنوع زیستی است که از صفات مهم جوامع زیستی محسوب می‌شود (۴). آنچه امروزه بر اهمیت تنوع زیستی می‌افزاید نقش آن در حفظ ثبات اکوسیستم‌ها است؛ زیرا تنوع گونه‌ای بیشتر در یک منطقه، ساختار پیچیده‌تری به اکوسیستم‌های طبیعی خواهد داد و در نتیجه، اکوسیستم‌ها در واکنش به تغییرات توانایی بیشتری داشته و پایدارتر خواهند بود (۵).

در این میان، حشرات و پاتوژن‌ها نقش مهمی در تنظیم عملکرد اکوسیستم‌های جنگلی ایفا می‌کنند و شواهد زیادی مبنی بر این که این جانداران یکی از تعیین کننده‌های اصلی ساختار و ترکیب جنگل‌ها هستند وجود دارد (۶). جنگل‌های هیرکانی شمال ایران با داشتن گونه های بی‌نظیر درختی نیز از دیرباز با آشفتگی‌های طبیعی و انسانی متعددی مواجه شده‌اند (۷).

در این میان گونه درختی درخت توسکا ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey) جزء بزرگترین و رایج ترین گونه‌های درختی در جنگل‌های هیرکانی است و طغیان آفت برگخوار توسکا (*Galerucella lineola fabricius*, ۱۷۸۱) ممکن است باعث خسارت‌های جبران‌ناپذیری به این جنگل‌ها شود (۸).

از طرفی دیگر قطع درختان نیز سالها است که در جنگل‌های هیرکانی از طریق تغییر کاربری اراضی و مدیریت برداشت صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه جنگل‌های هیرکانی به عنوان مهمترین و تنها منبع تولید چوب جنگلی کشور و منبع درآمد اصلی طرح‌های جنگلداری و تامین چوب مورد نیاز هستند، لذا انجام هرگونه فعالیت مدیریتی و ازجمله اجرای طرح های جنگلداری می‌تواند بر ترکیب پوشش گیاهی و تنوع گونه‌ای در این مناطق جنگلی تأثیرگذار باشد (۹).

Tohidifar و همکاران (۲۰۱۶) نیز خاطرنشان کردند که از سال ۱۹۵۰، مساحت کل جنگل‌های هیرکانی به دلیل دامنه وسیعی از آشفتگی‌ها از ۲،۷۵۰،۰۰۰ هکتار به ۱،۸۵۰،۰۰۰ هکتار (۳۲٪) کاهش یافته است (۱۰). از آنجایی که جنگل‌های هیرکانی به دلیل تنوع زیاد گونه‌های آن به عنوان یک گنجینه ملی و پناهگاهی برای بسیاری از گونه‌های کواترنر محسوب می شوند، بررسی تنوع گونه‌ای آن تحت آشفتگی‌های انسانی و بیولوژیکی بسیار حائز اهمیت است.

پیشینه تحقیق

در رابطه با تاثیر آشفتگی‌های بیولوژیکی و انسانی بر روی تنوع گونه‌ای، تحقیقات زیادی انجام شده است که ازجمله این تحقیقات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. Kuuluvainen و همکاران (۱۹۹۶) با بررسی تنوع و ناهمگنی در توده های مدیریت شده و طبیعی دریافتند که توده‌های طبیعی، تنوع بیشتری را نسبت به توده‌های مدیریت شده نشان می‌دهد (۱۱). Peltzer و همکاران (۲۰۰۰) در پژوهش خود به یک رابطه مثبت بین بهره‌برداری چوب و تنوع دست یافته‌اند (۱۲). Shakeri و همکاران (۲۰۲۱) با مطالعه آشفتگی‌های موجود در جنگل خیرودکنار نوشهر دریافتند چرای دام، باد افتادگی، و بهره‌برداری با شدت متوسط می‌تواند منجر به حفظ تنوع گونه‌ای و افزایش تنوع عملکردی پوشش گیاهی گردد (۱۳). در مقابل، تحقیقات Jafari و همکاران (۲۰۱۳) و Brown (۲۰۰۴)، یک رابطه منفی بین قطع درختان و تنوع را نشان داده است (۱۴،۱۵). در زمینه تأثیر آشفتگی‌های بیولوژیکی بر تنوع زیستی، تحقیقات پیشین نشان داده است که عوامل بیماری‌زا بومی باعث افزایش تنوع جنگل‌ها می شوند (۱۸–۱۶). در مقابل، عوامل بیماری‌زا غیربومی ممکن است تنوع را از بین ببرند (۱۹).

با توجه به زمانبر بودن فرایندهای طبیعی در اکوسیستم‌های جنگلی، استفاده از فرایند شبیه‌سازی برای بررسی تنوع اکوسیستم‌های جنگلی ابزاری مناسب در این زمینه محسوب می‌گردد (۲۰). مدل LANDIS-II یک الگوی فضایی صریح و تصادفی است که چگونگی اثر فرآیندهای اکولوژیکی و اقلیمی را بر روی چشم‌انداز جنگل در طول زمان شبیه‌سازی می‌نماید (۲۱). در پژوهش حاضر با هدف شبیه سازی چشم‌انداز جنگل

مورد مطالعه تحت آفت برگخوار توسکا و برداشت درختان توسط مدل LANDIS-II، به بررسی تاثیر آشفتگی‌های بیولوژیکی و انسانی بر تنوع گونه‌ای جنگل‌های هیرکانی پرداخته شد. فرضیات تحقیق حاضر نیز بر مبنای افزایش و کاهش تنوع گونه‌ای جنگل مورد مطالعه به ترتیب در برابر آشفتگی‌های انسانی و بیولوژیکی بنا نهاده شده است.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در جنگل‌های سری چهار حوضه ۳۵ لیره‌سر انجام گرفت. این سری در قسمت غربی حوضه آبخیز ۳۵ لیره‌سر و در محدوده استحفاظی اداره منابع طبیعی تنکابن و منابع طبیعی لتاک از توابع اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری نوشهر واقع شده است (شکل ۱). این منطقه در حد ارتفاعی ۲۲۰ متر تا ۷۰۰ متر از سطح دریا بنام طرح جنگلداری دهگا می‌باشد. مساحت کل سری ۲۵۶۷ هکتار است که به ۳۵ پارسل تقسیم گردیده است. آب و هوا معتدل و مرطوب است و میزان بارش سالانه آن به طور متوسط ۱۱۸۸/۶ میلی متر و متوسط دما در سال ۱۵/۲ درجه سانتی‌گراد است (۲۲).

روش اجرای تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی- توسعه‌ای و از نظر ماهیت، توصیفی- تحلیلی می‌باشد. بخشی از اطلاعات مورد نیاز پژوهش حاضر به صورت میدانی و بخش دیگر با استناد به آمار و اطلاعات موجود در سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه گردید. جهت شبیه‌سازی جنگل از مدل LANDIS-II استفاده شد. مدل LANDIS-II برای شبیه‌سازی فرآیندهای فضایی و تعاملات بین فرایندها و الگوهای فضایی بهینه شده است. چشم‌انداز جنگل در مدل LANDIS-II به صورت شبکه‌ای از سلول‌های در حال تعامل با وضوح مکانی (اندازه سلول) که میزان آن توسط کاربر تعیین شده است نشان داده می‌شوند. اندازه سلول‌ها می‌تواند از چند متر تا یک کیلومتر متغیر باشد (۲۳،۲۴). مدل LANDIS-II برای انجام فرایند شبیه سازی به پارامترهای منحصر به فرد تاریخچه زندگی برای هر گونه درختی مانند تحمل سایه، فاصله پراکنش بذر، و غیره نیاز دارد (جدول ۱). علاوه بر این، مدل LANDIS-II برای شبیه‌سازی، از لایه جوامع اولیه (community initial layer) و مناطق زیستی (ecoregions) به صورت ورودی‌های متنی و نقشه‌ای استفاده می‌کند. برای تهیه ورودی متنی لایه جوامع اولیه، سایت‌های جنگل مورد مطالعه شماره‌گذاری می‌شوند که هر عدد نماینگر گونه درختی موجود و رده‌های سنی آنها می‌باشد. سپس، گونه‌های درختی و کلاسه‌های سنی آنها بر روی شبکه‌ای از سایت‌ها که نمایانگر چشم‌انداز جنگل مورد مطالعه است ترسیم می‌شوند (۲۱). بدین ترتیب، برای هر گونه موجود در یک سایت جنگلی، درختان منفرد در رده‌های سنی طبقه‌بندی می‌شوند. یک کلاسه سنی طیفی از سنین را در بر می‌گیرد (Cohorts) و با محدوده بالایی خود نشان داده می‌شود. به عنوان مثال، کلاس سنی ۱۱ تا ۲۰ را کلاس سنی ۲۰ می‌نامند (۲۱).

در این پژوهش از کلاس‌های سنی ۱۰ ساله استفاده شد. همچنین، لایه جوامع اولیه از طریق بردا شت میدانی ایجاد شد بدین‌ترتیب که پس از آماربرداری درختان، سن آنها با استفاده از رابطه قطر- سن به دست آمد (۲۵). از طرف دیگر، برای تهیه مناطق زیستی به صورت متنی و نقشه، باید مناطق با ویژگی‌های غیرزنده مشابه شناسایی و کدگذاری شوند و سپس نقشه آنها تهیه شود (۲۱). در پژوهش حاضر از نقشه‌های خاک موجود در سازمان جنگل‌ها جهت طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه به چهار منطقه زیستی استفاده شد (۲۵).

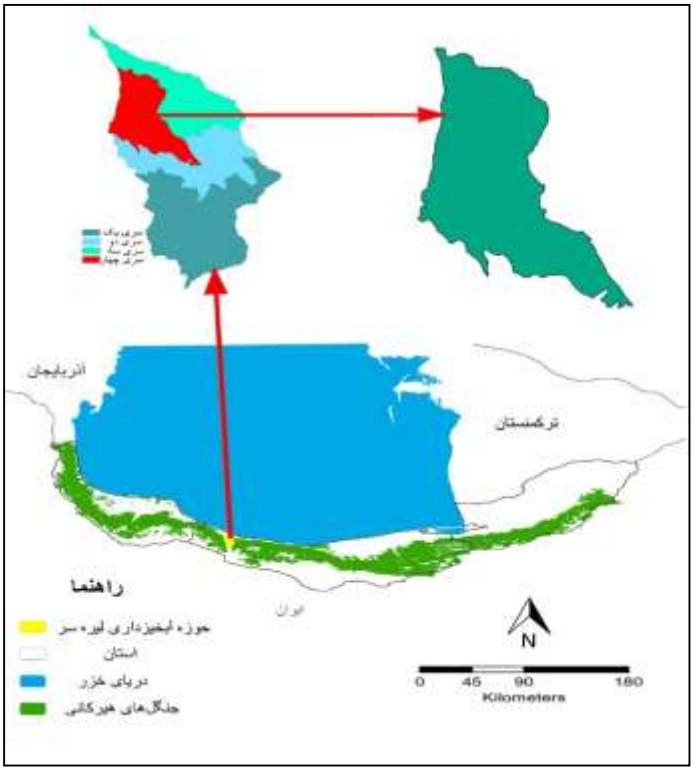
مراحل مدل سازی با ورود اطلاعات مربوط به گونه‌های درختی موجود در چشم‌انداز جنگل مورد مطالعه در افزونه (extension) توالی سن (جدول ۱) ، ورود اطلاعات مربوط به آفت و بیماری مورد نظر در افزونه آشفتگی بیولوژیکی (جدول ۲،۳) و ورود اطلاعات مربوط به برداشت درختان در افزونه بردا شت درخت به ترتیب برای برر سی روند توالی جنگل، مرگ و میر ناشی از طغیان آفت مورد نظر و روند تغییر در ترکیب گونه‌ای جنگل نا شی از اجرای سناریو بردا شت درختان در طی ۱۰۰ سال آینده (۱۳۹۹-۱۴۹۹) انجام شده و پس از اجرای سناریوهای تحقیق در مدل LANDIS-II، نتایج تحقیق مورد

تجزیه و تحلیل قرار گرفته و ترکیب گونه‌های درختی جنگل در بین گزینه‌های طراحی شده مقایسه گردید (شکل ۲).

آماربرداری از جنگل و تهیه اطلاعات مورد نیاز مدل

در بخش میدانی، نمونه‌گیری تصادفی_ سیستماتیک با ۶۶۷ قطعه نمونه دایره‌ای به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع، با ابعاد شبکه ۲۰۰×۲۰۰ متر مربع و در ۲۵۶۷ هکتار از جنگل‌های سری ۴ لیره‌سر در سال ۱۳۹۹صورت گرفت. در هر قطعه نمونه درختان با قطر بیش از هفت سانتی‌متر اندازه‌گیری و نوع گونه ثبت شد. یکی از پارامترهای مورد نیاز برای مدل سازی در LANDIS-II، سن گونه‌های شناسایی شده است که با استفاده از مدل رگرسیون قطر و سن موجود در سازمان جنگل‌ها که با استفاده از مطالعات انجام شده بر روی جنگل‌های شمال کشور به دست آمده است برآورد گردید (۲۵).

شاخص‌های منحصر به فرد گونه‌های درختی موجود در منطقه از داده‌های مورد نیاز دیگر در مدل است که با استفاده از منابع موجود و نظرسنجی از خبرگان حوزه جنگل‌شناسی و کارشناسان سازمان جنگل‌ها و مراتع تهیه گردید. میانگین اعداد به دست آمده جهت ورود به مدل استفاده شد (جدول ۱).



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مطالعاتی در جنگل هیرکانی

Figure 1. The location of the study area within Hyrcanian mixed forests

سناریوهای تحقیق

جهت بررسی ترکیب گونه‌ای جنگل‌های مختلط خزری در مقابل شیوع آشفتگی بیولوژیکی و قطع درختان، ۶ سناریو متفاوت تعریف گردید؛ ۱- سناریو بدون آشفتگی ۲- سناریو برداشت درخت ۳- سناریو طغیان سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت غیر تعادل: (احتمال مرگ و میر گسترده و غیر متعادل در همه رده‌های سنی گونه میزبان از نهال تا درخت مسن وجود دارد). ۴- سناریو طغیان سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت غیر تعادل همراه با برداشت درخت ۵- سناریو طغیان سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت تعادل: (احتمال مرگ و میر برای گونه میزبان به صورت متعادل‌تر و برای گروه‌های سنی ۹۰ سال به بالا وجود دارد) ۶- سناریو طغیان سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت تعادل همراه با برداشت درخت. سناریوهای تحقیق برای ۱۰۰ سال آینده (۱۴۹۹) در مدل LANDIS-II شبیه سازی گردید. شبیه سازی‌ها دارای

وضوح ۱۰ متر مربع (۰/۰۱ هکتار) و چشم‌انداز مورد مطالعه ۲۵۶۷ هکتار بود. هر شبیه‌سازی سه بار تکرار شد و سه خروجی حاصل شد که میانگین خروجی‌ها به عنوان خروجی اصلی مورد آنالیز قرار گرفت. از پکیج رستر (Raster) جهت آماده سازی ورودی‌ها، از پکیج پلتریکس (Plotrix) جهت محاسبه انحراف معیار، و از پکیج RColorBrewer جهت رسم نمودارها در نرم‌افزار آر (R) نسخه ۴/۱/۱ استفاده شد (۲۶).

مدل سازی فرآیند توالی در افزونه سن

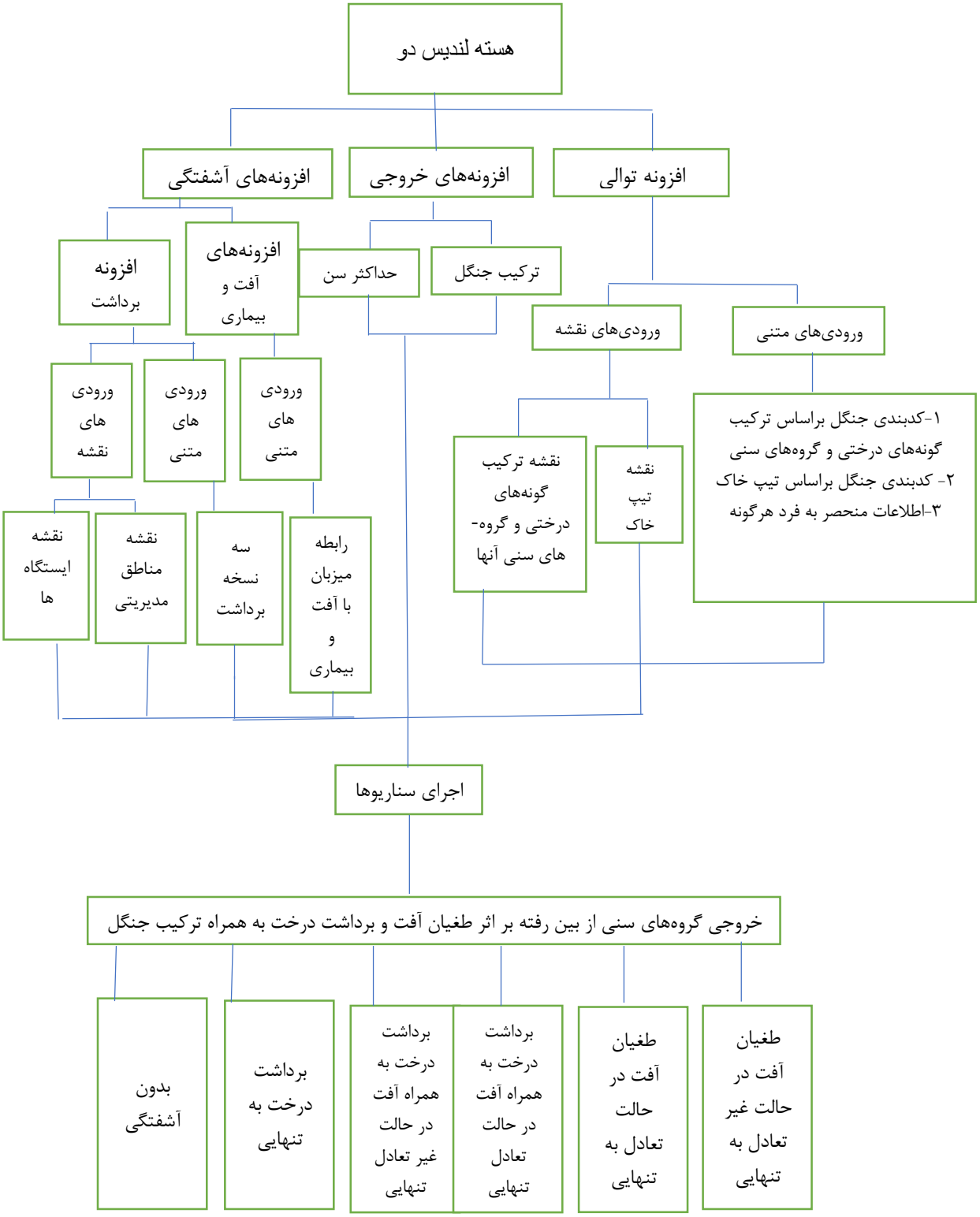
در تحقیق حاضر از افزونه توالی سن موجود در مدل LANDIS-II برای شبیه‌سازی چرخه تولید مثل و مرگ و میر درختان جنگل مورد مطالعه استفاده شد (۲۷). براساس این افزونه، تولید مثل، رشد، پیری، و مرگ و میر گروه‌های سنی گونه‌های درختی موجود درجنگل مورد مطالعه شبیه‌سازی گردید.

عوامل بیولوژیکی غالب

سوسک‌های قهوه‌ای برگخوار توسکا از برگ گونه‌های خانواده بید (*Salicaceae*) برای تغذیه و تخم‌گذاری ا ستفاده می‌کنند (۲۸)، به این ترتیب که هم لاروها و هم سوسک‌های بالغ از برگ ها و جوا نه های در حال ظهور تغذ یه می‌کنند که به آسیب‌های بسیار شدید و گسترده منجر می‌شود. (۳۲–۲۹). این آسیب بیشتر مربوط به حشرات زمستانه بالغ است زیرا این ح شرات پس از اتمام خواب زم ستانه ب سیار گر سنه ه ستند و مقدار زیادی از برگ‌ها را مصرف می‌کنند. این مصرف شدید منجر به سوراخ‌های نامنظم در سطح برگ می‌شود که باعث تخریب برگ‌ها و کاهش فتوسنتز و ضعیف شدن درخت و در نهایت منجر به مرگ گونه میزبان می‌شود. در ایران گزارش‌ها حاکی از فعالیت بالای این سوسک بر روی درختان توسکا ییلاقی است (۱۱). از سوی دیگر، وقوع و پویایی این سوسک در بایروت (شمال بایرن) نیز نشان داد که شیوع شدید آن بر روی درختان توسکا بوده است (۳۳). درختان توسکا یکی از غالب‌ترین گونه‌ها در جنگل‌های هیرکانی هستند و شیوع این سوسک می‌تواند ترکیب جنگل را به میزان قابل توجهی تغییر دهد (۱۱).

مدل سازی فرایند مرگ و میر درختان در افزونه آشفتگی بیولوژیکی

برای شبیه‌سازی مرگ و میر درختان ناشی از شیوع بیماری ذغالی بلوط و سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا از افزونه آشفتگی بیولوژیکی نسخه ۳ موجود در نرم‌افزار LANDIS-II در فواصل زمانی ۵ سال یک بار و در یک بازه زمانی ۱۰۰ ساله استفاده شد (۳۴).



شکل ۲- مراحل اجرایی مدل LANDIS-II (۲۷،۳۴)

Figure 2. Execution stages of LANDIS-II model

جدول ۱- داده‌های مورد نیاز مدل

Table 1. Required data of the model

احیا بعد از آتش	حداکثر سن جست زدن(سال)	حداقل سن جست زدن (سال)	احتمال تولید مثل رویشی بین صفر(کمترین احتمال) و یک (بیشترین احتمال)	حداکثر فاصله بذر افشانی (متر)	فاصله بذر افشانی مؤثر (متر)	تحمل آتش بین ۱ (کمترین تحمل) و ۵ (بیشترین تحمل)	تحمل سایه بین ۱ (کمترین تحمل) و ۵ (بیشترین تحمل)	سن بلوغ(سال)	طول عمر (سال)	نام به فارسی	نام علمی گونه‌های درختی به
خیر	۷۰	۲۰	۰/۸	۴۰	۱۰	۳	۲	۱۵	۱۴۰	توسکا ییلاقی	*Alnus subcordata*
رویش مجدد	۱۰۰	۴۰	۰/۵	۷۵	۲۰	۲	۳	۲۵	۲۰۰	ممرز	*Carpinus betulus*
روش مجدد	۱۲۰	۲۰	۰/۴	۷۰	۶	۲	۲	۱۲	۷۰	خرمندی	*Diospyros lotus*
روش مجدد	۲۰۰	۵۰	۰/۶	۳۰۰	۲۰	۲	۱	۲۷	۳۵۰	افرا پلت	*Acer velutinum*
رویش مجدد	۱۰۰	۴۰	۰/۳	۱۰۰	۲۰	۲	۳	۲۲	۲۵۰	افرا شیردار	*Acer cappadocicum*
رویش مجدد	۱۰۰	۳۰	۰/۵	۲۰۰	۲۰	۲	۲	۳۲	۲۲۵	ون	*Fraxinus excelsior*
رویش مجدد	۱۰۰	۲۸	۰/۵	۵۰	۱۰	۳	۳	۲۰	۲۵۰	نمدار	*Tilia platyphyllos*
خیر	۱۰۰	۳۰	۰/۶	۱۰۰۰	۳۰	۱	۱	۲۰	۲۰۰	ملچ	*Ulmus glabra*
رویش مجدد	۱۰۰	۲۵	۰/۵	۲۰	۱۰	۱	۲	۲۰	۱۳۰	لیلکی	*Gleditsia caspica*
خیر	۷۰	۲۰	۰/۴	۹	۶	۱	۲	۱۸	۹۰	شب خسب	*Albizia julibrissin*
رویش مجدد	۲۰۰	۳۰	۰/۶	۲۳	۶	۲	۳	۲۷	۲۷۵	انجیلی	*Parrotia persica*
رویش مجدد	۸۰	۲۰	۰/۵	۲۰	۶	۳	۳	۲۱	۱۷۵	لرگ	*Pterocarya fraxinifolia*
رویش مجدد	۴۰۰	۱۰	۰/۹	۱۰۰	۱۰	۳	۱	۳۵	۷۵۰	بلند مازو	*Quercus castaneifolia*
خیر	۱۷۰	۴۰	۰/۶	۱۰۰	۱۰	۳	۵	۳۰	۳۰۰	راش	*Fagus orientalis*
خیر	۱۰۰	۵	۰/۹	۱۰۰۰	۵۰	۱	۱	۸	۱۷۵	تبریزی	*Populous nigra*
رویش مجدد	۱۰۰	۵	۰/۹	۱۰۰۰	۵۰	۳	۲	۸	۱۷۵	بید سفید	*Salix alba*

تعریف آفت سو سک قهوه‌ای برگخوار تو سکا در افزونه آشفتگی‌های بیولوژیکی

مرگ و میری که توسط آفت سوسک برگخوار توسکا در درخت تو سکا ایجاد می شود دارای اطلاعات علمی منتشر شده بسیار کمی در رابطه با سن میزبان، اولویت میزبان و میزان حساسیت (مستعد بودن) میزبان است. بنابراین، پارامترها بر اساس نظر کارشناسان بومی جنگل مورد مطالعه، دانش و اطلاعات حشره‌شناسان و گزارش‌های بصری کالیبره شدند. در این پژوهش برای وارد کردن اعداد مربوط به سن و احتمال چیرگی میزبان جزئی، دوم و اصلی در جدول مربوطه، مشابه پژوهش Sturtevant و همکاران (۲۰۰۴) عمل شد (۳۵). بدین ترتیب، میزان چیرگی منابع غذایی آفت سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در سه کلاس اولویت میزبان (میزبان جزئی ، دوم و اصلی) به ترتیب اعداد ۳۳٪، ۶۶٪ و ۱ برای سنین ۵۰،۱۰ و ۹۰ در نظر گرفته شد (۳۵). در این شیوه فرض بر این قرار گرفت که با افزایش سن درختان، میزان فراهم کردن (چیرگی) مواد غذایی برای آفت سوسک برگخوار توسکا بیشتر خواهد شد. این روش با رتبه بندی حساسیت میزبان منتشر شده برای بسیاری از آفات

جنگل مطابقت دارد (۳۸–۳۶). میزان حساسیت گونه میزبان توسط سه کلاس یک (شیوع کم بیماری)، کلاس دو (شیوع متوسط) و کلاس سه (شیوع شدید) تعیین می‌شود که به ترتیب در هر کلاس اعداد ۹۰، ۵۰ و ۱۰ برای سنین و اعداد ۰/۹۰، ۰/۶۰ و ۰/۳۰ برای احتمال آسیب‌پذیری تعیین شده است. بدین ترتیب، اگر شیوع بیماری کم باشد (کلاس ۱) درختان سن ۹۰ به بالا از بین می‌روند. در شیوع متوسط بیماری (کلاس ۲)، درختان ۵۰ سال به بالا و در شیوع شدید بیماری (کلاس ۳)، درختان ۱۰ سال به بالا از بین می‌روند.

نظر کارشناسان برای وارد کردن اعداد مربوط به میزان حساسیت گونه میزبان براساس سن دیرزیستی درخت و مقاومت کلی میزبان با افزایش سن بود. تحقیقات نشان داده است که درختان مسن و بزرگتر ممکن است به گونه‌ای متفاوت نسبت به درختان جوان، تحت رژیم‌های مختلف آشفتگی پاسخ دهند به طوری که درختان جوان در شرایط بد ممکن است مقاومت کاملا بیشتری نسبت به درختان قدیمی از همان گونه در شرایط بهتر داشته باشند (۳۹). علاوه بر این، مطالعات منتشر شده نشان می‌دهد که فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای نیز با افزایش سن درختان کاهش می‌یابد؛ به طوری که با بالغ شدن و افزایش سن برگ، ظرفیت فتوسنتز تغییر می‌کند (۴۰). از آنجا که داده‌ها پیرامون مرگ و میر نهایی ناشی از طغیان آفت سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا محدود است، در این پژوهش دو حالت برای این آشفتگی بیولوژیکی در نظر گرفته شد. در حالت اول، طغیان سوسک برگخوار توسکا می‌تواند منجر به مرگ و میر گسترده شود؛ حالتی غیر تعادلی که در آن همه رده‌های سنی می‌توانند کشته شوند (جدول ۲)، و حالت دوم زمانی است که مرگ ومیر نهایی ایجاد شده توسط این آفت ناچیز است؛ حالتی تعادلی که طی آن فقط گروه‌های سنی مسن‌تر کشته می‌شوند (جدول ۳).

جدول ۲- کلاس اولویت و مستعد بودن گونه درختی توسکا در حالت غیر تعادلی طغیان سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا

Table 2. Class of priority and susceptibility of alder tree species in non-equilibrium state of alder leaf beetle outbreak

گونه میزبان	مقدار گونه میزبان						میزان مستعد بودن (حساسیت) گونه میزبان					
	میزبان جزئی		میزبان دوم		میزبان اصلی		کلاس ۳		کلاس ۲		کلاس ۱	
درخت توسکا	سن (سال)	احتمال پذیری	سن (سال)	احتمال پذیری	سن (سال)	احتمال پذیری	سن (سال)	احتمال پذیری	سن (سال)	احتمال پذیری	سن (سال)	احتمال پذیری
	۱۰	۰/۳۳	۵۰	۰/۶۶	۹۰	۱	۱۰	۰/۳۰	۵۰	۰/۶۰	۹۰	۰/۹۰

بنابراین، با تغییر پارامترهای کلاس مستعد بودن میزبان (سن و احتمال آسیب‌پذیری) در جدول دو، به یک سناریوی جدید به نام طغیان سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت تعادل رسیدیم که در آن سن و احتمال آسیب‌پذیری برای کلاس ۳ به ترتیب از ۱۰ سال به ۹۰ سال و از ۰/۳۰ به ۰/۷۰ تغییر کرد. این تغییرات در کلاس ۲ برای سن، از ۵۰ سال به ۱۰۰ سال و برای احتمال آسیب‌پذیری، از ۰/۶۰ به ۰/۹۰ است. در کلاس ۱ نیز سن از ۹۰ سال به ۱۲۰ سال و احتمال آسیب‌پذیری از ۰/۹۰ به ۱/۰ تغییر کرد (جدول ۳).

جدول ۳- کلاس اولویت و مستعد بودن گونه درختی توسکا در حالت تعادلی طغیان سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا

Table 3 .Class of priority and susceptibility of alder tree species in equilibrium state of alder leaf beetle outbreak

گونه میزبان	مقدار گونه میزبان						میزان مستعد بودن (حساسیت) گونه میزبان					
	میزبان جزئی		میزبان دوم		میزبان اصلی		کلاس ۳		کلاس ۲		کلاس ۱	
درخت توسکا	سن (سال)	احتمال چیرگی	سن (سال)	احتمال چیرگی	سن (سال)	احتمال چیرگی	سن (سال)	احتمال چیرگی	سن (سال)	احتمال چیرگی	سن (سال)	احتمال چیرگی
	۱۰	۰/۳۳	۵۰	۰/۶۶	۹۰	۱	۹۰	۷۰/۰	۱۰۰	۹۰/۰	۱۲۰	۰/۱

مدل سازی قطع درختان در افزونه برداشت درخت

از افزونه برداشت درخت نسخه ۳، موجود در LANDIS-II برای شبیه‌سازی مدیریت گونه‌های درختی جنگلی (مدیریت برداشت) در فواصل زمانی ۵ ساله و به مدت ۱۰۰ سال استفاده شد (۴۱). شبیه سازی قطع درخت باید در مناطقی تحت عنوان مناطق مدیریتی انجام شود؛ براساس طبقه‌بندی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، سه منطقه مدیریتی مشخص شد که شامل جنگل تولیدی (منطقه ۱)، جنگل تخریب‌شده (منطقه ۲) و جنگل‌زدایی (منطقه ۳) ا ست (۲۵). از این رو، سه نسخه برداشت طبق سیاست سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری در مدل تعریف گردید. لازم به ذکر است که این سیاست در راستای حفظ سرشت غایی جنگل‌های آمیخته هیرکانی در قالب جنگل‌های آمیخته ناهمسال می‌باشد. نسخه برداشت برای اولین ناحیه مدیریتی (جنگل تولیدی) بر اساس شیوه تک‌گزینی خواهد بود که برداشت درختان بر اساس سن دیرزیستی هر گونه انجام می شود. گونه‌های درختی بر ا ساس بیشترین تعداد درختان موجود برای هر گونه در هکتار فهرست بندی شدند. سپس گروهای سنی در هر سایت بر اساس سن دیرزیستی آنها برداشت شدند. این نسخه برداشت علاوه بر این که بقا و رشد جنگل را با حفظ کردن گونه‌های درختی جوان و میانسال باقی مانده تأمین می‌کند، با ایجاد فضای رشد جدید برای گونه‌های دیگر، جنگل را نیز به سمت حالت طبیعی خود (جنگل آمیخته ناهمسال) سوق می‌دهد. در منطقه مدیریتی دوم از روش تنک‌کردن استفاده شد که بر اساس آن گونه‌های نورپسند و پیش‌آهنگ (مانند تو سکا و افرا پلت) که در مناطق جنگل‌زدایی کاشته شده‌اند از سن ۱۵ تا ۳۰ سال برداشته شدند. این نحوه برداشت، امکان تولید مثل را برای سایر گونه‌های درختی فراهم کرده و در نتیجه سبب تبدیل این مناطق به جنگل‌های آمیخته خواهد شد. برنامه سازمان جنگل‌ها برای منطقه مدیریتی سوم (مناطق جنگلی تخریب شده) یک نسخه برش یکسره است. در این روش ایستگاه‌ها به طور تصادفی انتخاب شدند و در هر مرحله زمانی پنج ساله ۵٪ از این منطقه مدیریتی برداشت شد. کاشت گونه‌های درختی نورپسند از جمله توسکا، افرا و بلوط نیز در این منطقه مدیریتی شبیه‌سازی شد (۲۵).

نتایج

برر سی ترکیب گونه‌ای جنگل تحت سناریوهای مختلف پژوهش

با توجه به عملیات میدانی و داده‌های جمع‌آوری شده، گونه‌های درختی جنگل‌های سری چهار لیره سر شامل گونه‌های تو سکا، ممرز، خرمندی، افرا پلت، افرا شیردار، ون، نمدار، ملچ، لیلکی، شب خ سب، انجیلی، لرگ، بلند مازو، راش، تبریزی (به صورت دست کاشت)، بید سفید می‌باشند. طول عمر این گونه‌های درختی بین ۷۰ (خرمندی) و ۷۵۰ (بلندمازو) سال می‌باشد. اگرچه تیپ اکثریت سطح سری را ممرز خالص تشکیل داده است، تیپ‌های توسکا-ممرز، ممرز-خرمندی، ممرز-انجیلی، و تیپ پهن برگ مخلوط (توسکا، خرمندی، بلوط، افرا پلت، انجیلی) نیز در منطقه مطالعاتی وجود دارند. از نظر سنی نیز از

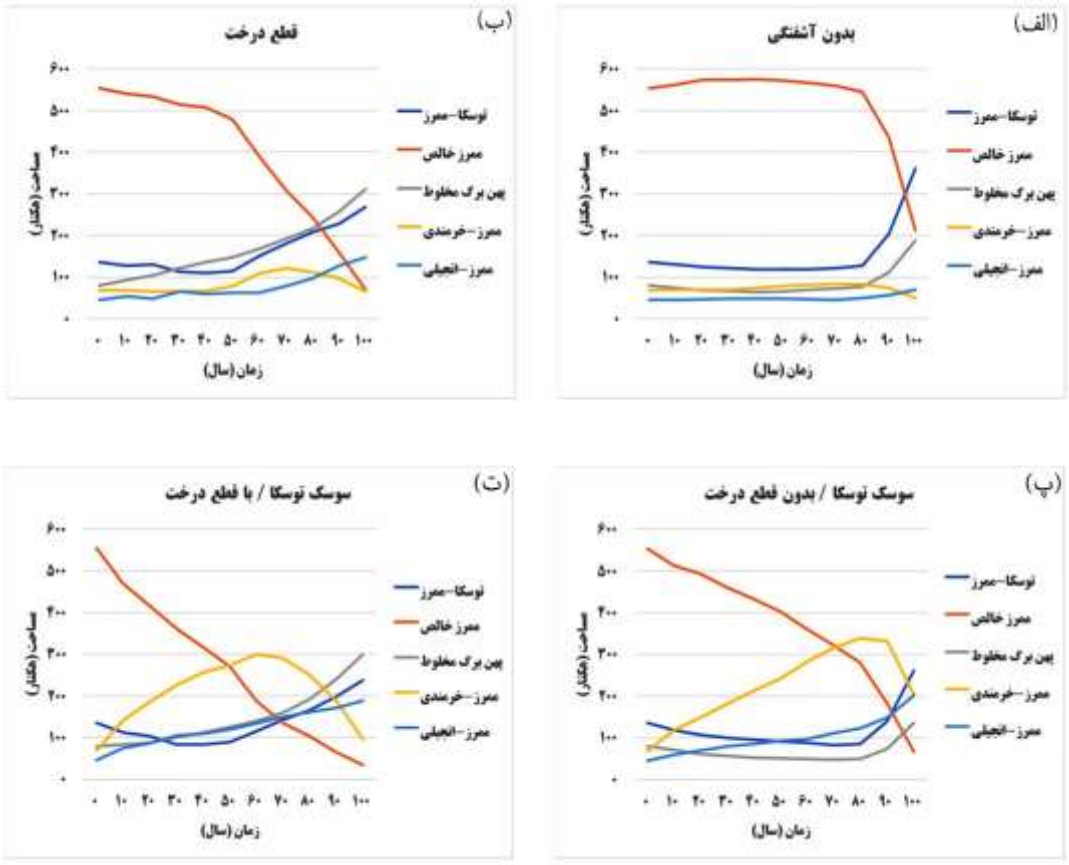
توده آمیخته جوانسال، میانسال تا کهنسال و گاهی درختان مادری پیر فرتوت تشکیل شده است. نتایج مربوط به شبیه‌سازی سناریوهای تحقیق و تاثیر آن بر ترکیب گونه‌های درختی جنگل مورد مطالعه در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است.

هنگامی که جنگل تحت سناریو بدون آشفتگی شبیه‌سازی شد، تا ۸۰ سال پس از شبیه سازی (سال ۱۴۷۹)، چشم‌انداز جنگل از تیپ ممرز خالص تشکیل شده است که این امر خود بازتاب واقعیت موجود در منطقه مطالعاتی و تأیید کننده صحت شبیه‌سازی است. سپس به تدریج با ترکیب شدن ممرز خالص با سایر تیپ‌های جنگلی، منطقه به سمت ایجاد چشم‌اندازی متنوع‌تر که مطابق با سرشت اصلی آن است، پیش خواهد رفت (شکل ۳، الف).

با اجرای سناریو مدیریت برداشت جنگل، روند کاهش تیپ ممرز خالص نسبت به سناریو بدون آشفتگی از سرعت بیشتری برخوردار خواهد شد (شکل ۳، ب). این مطلب در سایر سناریوهایی که همراه با برداشت می‌باشد نیز قابل انتظار است. همچنین با شبیه‌سازی سناریو برداشت، تیپ ممرز خالص (تیپ غالب منطقه مطالعاتی که بیش از ۸۰٪ ترکیب آن را گونه درختی ممرز تشکیل می‌دهد) به ترتیب با تیپ پهن‌برگ مخلوط (به عنوان متنوع‌ترین تیپ جنگل) و سپس تیپ توسکا – ممرز جایگزین خواهد شد. بنابراین مطابق نتایج، قطع درختان باعث ایجاد تنوع گونه‌های درختی بیشتر در جنگل مورد مطالعه خواهد شد. معیار افزایش تنوع، جایگزینی تیپ ممرز خالص با تیپ جنگلی پهن‌برگ آمیخته و تیپ توسکا-ممرز می‌باشد.

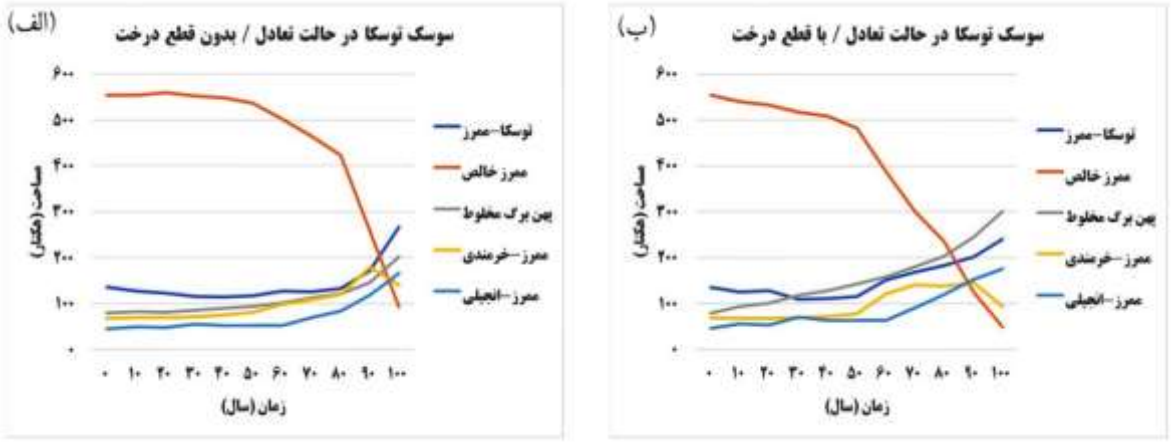
هنگامی که جنگل مورد مطالعه تحت سناریوی سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت غیر تعادل شبیه سازی شد، از همان شروع شبیه‌سازی تیپ ممرز خالص روند نزولی نسبتاً تندی را تا سال ۸۰ تجربه می‌کند و پس از آن سطح تیپ ممرز خالص به شدت کاهش خواهد یافت. از سوی دیگر یک افزایش متناظر در تیپ ممرز- خرمندی رخ می‌دهد به گونه‌ای که در سال ۷۰ سهم آن در ترکیب جنگل از تیپ خالص ممرز فراتر خواهد رفت. سطح تیپ ممرز-خرمندی در چشم‌انداز مورد مطالعه در حدود سال ۸۰ به اوج خود رسیده و تا ۳۵۰ هکتار افزایش نشان داده است (شکل ۳، پ). وقتی این سناریو در حضور مدیریت برداشت شبیه سازی شد، علاوه بر تسریع روند کاهشی تیپ ممرز خالص و ترکیب شدن آن با تیپ پهن‌برگ مخلوط و توسکا-ممرز، روند افزایشی تیپ ممرز-خرمندی و ممرز-انجیلی نیز کاهش یافت (شکل ۳، ت).

با شبیه سازی چشم‌انداز جنگل مورد مطالعه تحت سناریوهای سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت تعادل، نه تنها کاهش شدید و مداوم در مقدار تیپ خالص ممرز مشاهده نشد، بلکه در تیپ‌های ممرز-انجیلی و ممرز-خرمندی نیز برخلاف حالت غیر تعادلی این آفت، رشد ناچیزی مشاهده شد (شکل ۴، الف). بنابراین، میزان تنوع گونه‌های درختی در سناریوهای تعادلی کمتر از سناریوهای غیر تعادلی بوده است. بر اساس آنچه در مورد سناریو برداشت درختان ذکر گردید؛ زمانی که سناریوهای سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت تعادل در حضور سناریو برداشت درخت شبیه سازی شدند روند کاهشی تیپ ممرز خالص مجددا سریعتر از قبل شده و با تیپ پهن‌برگ مخلوط و تیپ توسکا ممرز جایگزین می‌گردد (شکل ۴، ب) .



شکل ۳- بررسی ترکیب گونه‌های درختی تحت سناریوهای مختلف سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حضور و غیاب برداشت درخت در طی دوره شبیه‌سازی

Figure 3. Investigation of tree species composition under different scenarios of alder leaf beetle in the presence and absence of tree harvesting during the simulation period



شکل ۴- بررسی ترکیب گونه‌های درختی تحت سناریو سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت تعادل در حضور و غیاب برداشت درخت در طی دوره شبیه‌سازی.

Figure 4. Investigation of tree species composition under the scenario of brown alder leaf beetle in equilibrium state in the presence and absence of tree harvesting during the simulation period

وفتی چشم‌انداز جنگل مورد مطالعه تحت سناریو بدون آشفتگی شبیه‌سازی شد، تیپ غالب منطقه مورد مطالعه (ممرز خالص) به تدریج شروع به آمیخته شدن با تیپ توسکا – ممرز و سپس تیپ پهن‌برگ آمیخته کرد. از آنجایی که تنوع درختی یکی از ویژگی‌های بارز طبیعی جنگل‌های هیرکانی می‌باشد (۴۲)، لذا گونه‌های درختی منطقه بر اساس سرشت طبیعی خود تمایل به حفظ همیشگی این تنوع داشته و دلالت بر صحت نتایج شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار دارد.

سناریو قطع درخت شبیه‌سازی شده در این تحقیق سالها است که توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری به منظور حفظ سرشت طبیعی جنگل‌های هیرکانی (به عنوان یک جنگل مخلوط ناهمسال) و توسعه تیپ‌های جنگلی متنوع‌تر انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی سناریو قطع درخت در تحقیق حاضر نیز از هدف سازمان جنگل‌ها و مراتع در این مقیاس پشتیبانی می‌کند. وقتی چشم‌انداز جنگل در حضور سناریو قطع درخت به تنهایی و یا در کنار سایر سناریوها شبیه‌سازی شد، روند طبیعی جنگل از چیرگی یک گونه (تیپ ممرز خالص) به سمت چشم‌اندازی متنوع‌تر (از طریق جایگزین شدن با تیپ پهن‌برگ مخلوط به عنوان متنوع‌ترین تیپ جنگل و تیپ توسکا-ممرز) تسریع گردید. دلیل این مطلب نه تنها کاشت گونه‌های درختی تیپ پهن‌برگ که شامل سه گونه درختی افرا، بلوط و توسکا در منطقه مخروبه (منطقه مدیریتی سوم) می‌باشد، بلکه مربوط به برداشت همزمان تیپ ممرز خالص در سطح وسیع جنگل‌های تولیدی (منطقه مدیریتی اول) می‌باشد که منجر به ایجاد فضای کافی برای زادآوری سایر اجزای تیپ پهن‌برگ مخلوط (خرمندی و انجیلی) شده است. با توجه به این که در تعریف این سناریو در مدل فرض بر این قرار گرفت که در منطقه مدیریتی اول (جنگل تولیدی) فراوانترین گونه منطقه یعنی ممرز مورد برداشت قرار گیرد و از آنجایی که منطقه تولیدی بزرگترین منطقه در بین مناطق مدیریتی دیگر است، این نتایج قابل توجیه می‌باشد.

در راستای تایید نتایج تحقیق حاضر Kuuluvainen و همکاران (۱۹۹۶) دریافتند که توده‌های طبیعی، تنوع و ناهمگنی بیشتری را نسبت به توده‌های مدیریت شده نشان می‌دهد (۱۱). Peltzer و همکاران (۲۰۰۰) نیز طبق تحقیقاتی که انجام دادند به یک رابطه مثبت بین برداشت درختان و تنوع دست یافته‌اند (۱۲). در مقابل، تحقیقات دیگری نیز در این زمینه انجام شده‌اند که به یک رابطه منفی بین برداشت درختان و تنوع جنگل اشاره می‌کنند (۱۴).

بر اساس مطالعات انجام شده، ارگانیسم‌های بیماری‌زا عناصر جدایی‌ناپذیر اکوسیستم‌های جنگلی به حساب می‌آیند و به روش‌های مختلفی می‌توانند تنوع اکوسیستم‌ها را تغییر دهند (۱۷). در زمینه تأثیر آشفتگی‌های بیولوژیکی بر تنوع، تحقیقات پیشین نشان داده است که عوامل بیماری‌زای بومی باعث افزایش تنوع توده‌های جنگلی می‌شوند (۱۷،۱۸).

در مقابل، عوامل بیماری‌زا غیربومی ممکن است تنوع را کاهش دهند (۱۹). سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت غیر تعادل به عنوان یک عامل بیولوژیکی بومی توانست با کاهش چشمگیر در تیپ ممرز خالص و ترکیب کردن آن با گونه‌های خرمندی و انجیلی تاثیر قابل توجه‌ای بر روی تنوع گونه‌ای ایجاد کند. این امر می‌تواند به دلیل مرگ و میر گسترده گونه توسکا در سناریو غیر تعادلی و در نتیجه ایجاد شرایط مناسب برای زادآوری و گسترش گونه‌های کم توقع‌تر همچون خرمندی و انجیلی باشد. وقتی سناریو آفت سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در حالت تعادلی شبیه سازی شد، باتوجه به اینکه در حالت تعادل میزان مرگ و میر در درختان توسکا کمتر است، فضای کمتری برای سایر گونه‌های جنگلی جهت جایگزینی با تیپ ممرز خالص ایجاد می‌شود که این عامل خود می‌تواند دلیلی بر کاهش سرعت نزولی تیپ ممرز خالص و در نتیجه کاهش رشد تیپ های ممرز-انجیلی و ممرز-خرمندی برای جایگزینی با تیپ ممرز خالص باشد. همانطور که در بخش تعریف آفت سوسک قهوه‌ای برگخوار توسکا در افزونه آشفتگی‌های بیولوژیکی ذکر شد، برای وارد کردن اعداد مربوط به سن و احتمال چیرگی میزبان جزئی، دوم و اصلی در جدول مربوطه، مشابه پژوهش Sturtevant و همکاران (۲۰۰۴) عمل شد (۳۴).

محرک‌های دیگری نیز می‌توانند در شکل‌دهی چشم‌انداز جنگلی مورد مطالعه نقش قابل توجهی ایفا کنند؛ از جمله چرای

بی‌رویه دام، آتش سوزی، باد افتادگی و عوامل بیولوژیکی دیگری که در تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند.

اگرچه مطالعات بیشـــتر و در مقیاس‌های بزرگتر برای ارزیابی دقیق‌تر تأثیر آشـــفتگی های بیولوژیکی و انســـانی بر تنوع جنگل‌های هیرکانی مورد نیاز است، اما نتایج این پژوهش نشان داد که به طور کلی چشـــم‌انداز جنگل مورد مطالعه در این مقیاس حتی در نبود هیچ‌گونه آشـــفتگی هم تمایل دارد تا در بلند مدت به ســـمت آمیختگی بیشـــتر پیش رود. مطابق نتایج، شـــیوع آشـــفتگی بیولوژیکی می‌تواند این بازه زمانی را کاهش دهد؛ اگرچه مدیریت بهره‌برداری شبیه‌سازی شده در حال حاضر در جنگل‌های هیرکانی ممنوع شده است و شیوه‌های دیگری در آینده ممکن است اتخاذ شود، ولی براساس نتایج به دست آمده، بـا انجـام همزمـان مـدیریـت بهره‌برداری در زمـان شـــیوع آشـفتگی‌های بیولوژیکی، نه تنها بازه زمانی آمیختگی در جنگل بسیار کوتاه‌تر از قبل می شود، بلکه این شیوه مدیریتی می‌تواند باعث حفظ گونه‌های میزبان در آشـــفتگی‌های بیولوژیکی مورد نظر شـــود. مطالعات علمی در آینده نیز می‌تواند تاثیر متنوع‌تر شدن جنگل در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر به وا سطه آ شفتگی‌های طبیعی و انســـانی را بر روی عوامل اکولوژیکی نظیر تاب‌آوری جنگل مورد بررسی قرار دهد.

References

1. Wangchuk J, Choden K, Sears RR, Baral H, Yoezer D, Tamang KTD, et al. Community perception of ecosystem services from commercially managed forests in Bhutan. Ecosyst Serv. 2021;50:101335.
2. Derakhshan Hooreh S, Mahmoudi B. The position of forest resource management in the Sixth Development Plan. International Conference on Society and Environment. Tehran: Tehran University; 2018.
3. Pourbabaei H, RANJ AAR. Effect of shelterwood silvicultural method on plant species diversity in beech (Fagus orientalis Lipsky.) forests in Shafaroud, Guilan province. 2008;
4. Krebs CJ. Ecological methodology. 1999.
5. Jenkins MA, Parker GR. Composition and diversity of woody vegetation in silvicultural openings of southern Indiana forests. For Ecol Manage. 1998;109(1–3):57–74.
6. Lewis KJ, Lindgren BS. A conceptual model of biotic disturbance ecology in the central interior of BC: how forest management can turn Dr. Jekyll into Mr. Hyde. For Chron. 2000;76(3):433–43.
7. Shakeri Z, Mohadjer MRM, Simberloff D, Etemad V, Assadi M, Donath TW, et al. Plant community composition and disturbance in Caspian Fagus orientalis forests: which are the main driving factors? Phytocoenologia. 2012;41(4):247–63.
8. Sadeghi SE, Ahmadi SSM, Shayesteh N, Ali ZM, Pour MA. Study on biology of alder brown leaf beetle, Galerucella lineola (Col., Chrysomelidae) in Golestan Province of Iran. J Entomol Soc Iran [Internet]. 2004 [cited 2020 Jul 31];24(1):99–120. Available from: https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=19744
9. Nouri Z, Feghhi J, Amiri GZ, Rahmani R. Estimation of species diversity in forest different stories (case study: Patom District of Kheyrud forest). J Nat Environ. 2011;63(4):399–407.
10. Tohidifar M, Moser M, Zehzad B, Ghadirian T. BIODIVERSITY OF THE HYRCANIAN FORESTS. 2016;
11. Kuuluvainen T, Penttinen A, Leinonen K, Nygren M. Statistical opportunities for comparing stand structural heterogeneity in managed and primeval

forests: an example from boreal spruce forest in southern Finland. 1996;

12. Peltzer DA, Bast ML, Wilson SD, Gerry AK. Plant diversity and tree responses following contrasting disturbances in boreal forest. For Ecol Manage. 2000;127(1–3):191–203.
13. Shakeri Z, Simberloff D, Bernhardt-Römermann M, Eckstein RL. The impact of livestock grazing and canopy gaps on species pool and functional diversity of ground flora in the Caspian beech forests of Iran. Appl Veg Sci. 2021;24(3):e12592.
14. Jafari SM, Zarre S, Alavipanah SK. Woody species diversity and forest structure from lowland to montane forest in Hyrcanian forest ecoregion. J Mt Sci. 2013;10(4):609–20.
15. Brown KA, Gurevitch J. Long-term impacts of logging on forest diversity in Madagascar. Proc Natl Acad Sci. 2004;101(16):6045–9.
16. Thom D, Seidl R. Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. Biol Rev. 2016;91(3):760–81.
17. Goheen DJ, Hansen EM. Effects of pathogens and bark beetles on forests. Beetle-Pathogen Interact Conifer For TD Schowalter GM Filip, eds Acad Press San Diego. 1993;175–96.
18. Kamp BJ van der. Pathogens as agents of diversity in forested landscapes. For Chron. 1991;67(4):353–4.
19. Hansen EM. Disease and diversity in forest ecosystems. Australas Plant Pathol AAP. 1999;28(4):313.
20. Martin S, Deffuant G, Calabrese JM. Defining resilience mathematically: from attractors to viability. In: Viability and resilience of complex systems. Springer; 2011. p. 15–36.
21. Scheller RM, Domingo JB, Sturtevant BR, Williams JS, Rudy A, Gustafson EJ, et al. Design, development, and application of LANDIS-II, a spatial landscape simulation model with flexible temporal and spatial resolution. Ecol Modell. 2007;201(3–4):409–19.
22. Azizi Z, Najafi A, Fatehi P, Pirbavaghar M. Forest stand volume estimation using satellite IRS_P6 (LISS_IV) data (case study: Lirehsar, Tonekabon). Iran J For Poplar Res. 2010;18(1):143–51.
23. Mladenoff DJ. LANDIS and forest landscape models. Ecol Modell. 2004;180(1):7–19.
24. Scheller RM. Forest landscape simulation models: Tools and strategies for projecting and understanding spatially extensive forest ecosystems. The University of Wisconsin-Madison; 2004.
25. Anonymous. Forestry plan for watershed No. 35 Lirehsar forest, series 4. 2002;
26. Team RC. R: A language and environment for statistical computing [Internet]. R Foundation for Statistical Computing; 2018. Available from _ http//www R-project org/_[Google Sch. 2020;
27. Mladenoff DJ, He HS. Design, behavior and application of LANDIS, an object-oriented model of forest landscape disturbance and succession. Spat Model For Landsc Chang approaches Appl Cambridge Univ Press Cambridge, UK. 1999;125–62.
28. Hambäck, Peter AHambäck, P. A., Weingartner, E., Ericson, L., Fors, L., Cassel-Lundhagen, A., Stenberg, J. A., et al. (2013). Bayesian species delimitation reveals generalist and specialist parasitic wasps on

Galerucella beetles (Chrysomelidae): sorting b 92., Weingartner E, Ericson L, Fors L, Cassel-Lundhagen A, Stenberg JA, et al. Bayesian species delimitation reveals generalist and specialist parasitic wasps on Galerucella beetles (Chrysomelidae): sorting by herbivore or plant host. BMC Evol Biol. 2013;13(1):92.

29. Escherich K. Die Forstinsekten Mitteleuropas II. Paul Parey, Berlin. 1923;406411.
30. KOVAČEVIČ Ž. Die Probleme des Forstschutzes in Jugoslawien. Anzeiger für Schädlingskd. 1957;30:65–9.
31. Hunter T. Pest and disease problems in willow biomass plantations. Proc Wood-Energy Environ Oxford. 1992;105–9.
32. Hoeglund S, Eklund K, Bjoerkman C. Outbreaks of three leaf beetles species in Salix plantations; Insektsskadegoerelse i Salixodlingar-bladbaggar. Växtskyddsnotiser. 1999;63.
33. Gharadjedaghi B. Phytophage Arthropoden an Erlen (Alnus spp.) in bachbegleitenden Gehölzsäumen Oberfrankens, Teil 1: Klopfprobenuntersuchung. Forstwissenschaftliches Cent Ver mit Tharandter Forstl Jahrb. 1997;116(1):158–77.
34. Sturtevant BR, Gustafson EJ, He HS, Scheller RM, Miranda BR. LANDIS-II biological disturbance agent v3. 0 extension user guide. USDA For Serv North Res Station Rhinelander, Wisconsin, USA. 2015;
35. Sturtevant BR, Gustafson EJ, Li W, He HS. Modeling biological disturbances in LANDIS: a module description and demonstration using spruce budworm. Ecol Modell. 2004;180(1):153–74.
36. MacLean DA. Vulnerability of fir-spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks: a review and discussion. For Chron. 1980;56(5):213–21.
37. Hall RJ, Volney WJA, Wang Y. Using a geographic information system (GIS) to associate forest stand characteristics with top kill due to defoliation by the jack pine budworm. Can J For Res. 1998;28(9):1317–27.
38. Chojnacky DC, Bentz BJ, Logan JA. Mountain pine beetle attack in ponderosa pine: Comparing methods for rating susceptibility. Res Pap RMRS-RP-26 Ogden, UT US Dep Agric For Serv Rocky Mt Res Station 10 p. 2000;26.
39. Bond BJ. Age-related changes in photosynthesis of woody plants. Trends Plant Sci. 2000;5(8):349–53.
40. Freeland RO. Effect of age of leaves upon the rate of photosynthesis in some conifers. Plant Physiol. 1952;27(4):685.
41. Robert M. Scheller Eric J. Gustafson, Brian R. Miranda, Patrick A. Zollner, David J. Mladenoff, James B. Domingo BRS. Base Harvest v3.0 LANDIS-II Extension User Guide . 2015;
42. Marvie Mohadjer MR. Silviculture. Univ Tehran, Tehran, Iran. 2005;