

تحلیل الگوی مکانی روشن‌های طبیعی در توده‌های آمیخته راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در جنگل‌های هیرکانی

اسداله متاجی^۱، علی‌اصغر واحدی^{۲*} و عزت‌اله خطیب‌نیا^۳

۱- استاد، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. پست الکترونیک: as.vahedi@areeo.ac.ir

۳- کارشناس ارشد جنگل‌داری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران، نوشهر، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱

چکیده

الگوی مکانی و پراکنندگی روشن‌های ایجادشده در جنگل‌های طبیعی، یکی از موارد مهمی هستند که می‌توانند در ارزیابی کیفیت آینده این بوم‌سازگان‌ها به‌کار برده شوند. در این راستا، پژوهش پیش‌رو در قطعه شاهد سری سه در گلندرود شهرستان نور با هدف معرفی الگوی مکانی روشن‌های طبیعی در جنگل‌های آمیخته راش (*Fagus orientalis* Lipsky) انجام شد. بر مبنای آماربرداری صددرصد، مرکز روشن‌های موجود در منطقه مورد مطالعه با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب ثبت شد. همچنین، سطح هر روشن با استفاده از روش شعاعی اندازه‌گیری شد. تحلیل‌های آماری با کاربرد فرم اصلاح‌شده تابع K رایلی در قالب تابع L و نیز تابع تک‌متغیره همبستگی نشان‌دار انجام گرفت. از آزمون مونت‌کارلو به‌منظور بررسی معنی‌داری تفاوت الگوهای مشاهده‌شده نسبت به الگوی تصادفی به‌عنوان فرض صفر استفاده شد. نتایج نشان داد که روشن‌های با مساحت‌های کوچک (کمتر از دو آر) و متوسط (دو تا پنج آر) به‌ترتیب ۳۲ و ۴۹ درصد از فراوانی روشن‌ها را در منطقه مورد مطالعه به‌خود اختصاص دادند. پراکنش روشن‌های کوچک فقط در شعاع ۱۴ تا ۲۰ متری از نوع کپه‌ای (تجمعی) بود. به‌غیر از این مورد، روشن‌ها در همه طبقه‌های سطحی، پراکنش کاملاً تصادفی داشتند. با احتساب تمام طبقه‌های سطحی، الگوی مکانی روشن‌ها در جنگل مورد مطالعه به‌صورت کپه‌ای به‌دست آمد. نتایج تحلیل تابع همبستگی نشان‌دار و شاخص همبستگی تراکم به‌ترتیب نشان دادند که استقرار و تعداد انواع طبقه‌های سطحی روشن در هر کپه به‌صورت تصادفی و مستقل از یکدیگر هستند. با استناد به وضعیت و نحوه چیدمان روشن‌ها در این پژوهش می‌توان به‌ازای شعاع ۴۰ متر، موزاییک‌هایی را در جنگل مورد مطالعه تفکیک کرد که شامل یک یا چند توده با سنین مختلف و در مراحل مختلف تحولی باشند. از این موزاییک‌ها می‌توان به‌عنوان یکی از شاخصه‌های سطح مینا برای اجرای روند بهینه‌مدیریتی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، جنگل‌های حفاظتی، روشن‌های طبیعی، موزاییک‌های جنگل.

مقدمه

می‌شوند که تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای را در ساختار، ترکیب و در نهایت، نحوه پراکنش توده‌های درختان در بوم‌سازگان‌های

آشفته‌گی‌های جنگل به همه حادثه‌ها و واقعه‌هایی گفته

اشاره شده، اثرات مستقیمی بر استقرار تجدیدحیات و گذار مراحل مختلف رویشی و تحولی جنگل خواهند داشت. Mataji و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی الگوی استقرار روشن‌های تجدیدحیات در توده‌های جنگلی راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در خیرودکنار نوشهر عنوان کردند که این الگو پس از رخداد آشفته‌گی‌های مختلف، منعکس‌کننده فرایند پویایی توده‌های درختان و موزاییک‌های تحولی است. پژوهش‌های دیگری نیز گزارش کردند که توزیع مکانی روشن‌ها سبب ایجاد موزاییک‌های مختلف می‌شود که هر موزاییک شامل تیپ‌های مختلف با ساختارهای متنوع از توده‌های درختان است (Frelich & Lorimer 1991; Garbarino *et al.*, 2012). براساس نظر Garbarino و همکاران (۲۰۱۲)، علاوه بر اینکه سطح روشن‌ها، اثرات آشکاری بر تجدیدحیات جنگل دارد، الگوی مکانی روشن‌ها نیز نقش معنی‌داری در رژیم نوری اشکوب‌های پایینی و تنوع گونه‌ای درختان ایفا می‌کند. Parhizkar و همکاران (۲۰۲۰) نیز عنوان کردند که الگوی مکانی روشن‌های تجدیدحیات در جنگل‌های حفاظتی (قطعه‌های شاهد)، یکی از راهکارهای شناسایی فرایند پویایی توده و موزاییک‌های تحولی است.

بدیهی است که اثرات گرمایش زمین و تغییر اقلیم حاصل از آن، نقش قابل توجهی در میزان وقوع آشفته‌گی‌ها، پیدایش روشن‌ها و در نتیجه در نحوه توزیع و پراکندگی آن‌ها در بوم‌سازگان‌های جنگلی دارند. وقوع آشفته‌گی‌ها با حذف زی توده سرپا موجب ایجاد فضاهای مختلف بین درختان هم‌جوار و در نتیجه، سبب به وجود آمدن آشیان بوم‌شناختی جدید می‌شوند. از این رو، می‌توان عنوان کرد که مراحل توالی و فازهای تحولی جنگل به نوعی تحت تأثیر پراکندگی و چگونگی استقرار روشن‌ها در بوم‌سازگان‌های جنگلی هستند (Ford *et al.*, 2017). در زمینه تحلیل الگوی مکانی برای گونه‌های مختلف درختی در مراحل مختلف تحولی و ترکیب‌های توده‌ای متفاوت، مستندات زیادی برای جنگل‌های آمیخته راش در شمال کشور موجود است (Akhavan & Sagheb-Talebi, 2012; Akhavan *et al.*, 2012; Nouri *et al.*, 2015; Omidvar Hosseini *et al.*, 2015; Moayeri

جنگلی به وجود می‌آورند (Nagel *et al.*, 2017). از جمله علت‌های ایجادکننده آشفته‌گی به ویژه در جنگل‌های معتدله می‌توان به باد، برف و یخ، عوامل بیماری‌زا، خشکی و اثرات متقابل بین عوامل مختلف بوم‌شناختی اشاره کرد (Nagel *et al.*, 2017). علاوه بر این موارد، آتش‌سوزی، پدیده‌های لغزشی و رانشی، فرسایش خاک، مرگ‌ومیر درختان و حضور پستانداران نیز می‌توانند باعث آشفته‌گی شوند. همه آشفته‌گی‌ها در جنگل به طور عام در قالب روشن‌هایی با ابعاد و شکل‌های مختلف نمود پیدا می‌کنند. البته در بعضی از بوم‌سازگان‌های جنگلی که در زیست‌بوم‌های مختلف قرار دارند، ممکن است عوامل آشفته‌گی مذکور به عنوان علت ایجاد روشن‌ها محسوب نشوند و دلیل ایجاد آن، منحصر به عواملی خاص باشد. به طور کلی، وجود روشن‌ها حاکی از وقوع آشفته‌گی‌های متنوع هستند که در طی زمان در راستای روند پویایی (دینامیک) بوم‌سازگان‌های جنگلی ایجاد شده‌اند. روشن‌ها، نقش بسیار اساسی در چرخه عناصر غذایی، تنوع زیستی، ساختار و توالی جنگل ایفا می‌کنند (Muscolo *et al.*, 2014). آن‌ها علاوه بر اینکه به عنوان اصلی‌ترین جایگاه برای استقرار تجدیدحیات درختان به شمار می‌روند، نقش بارزی نیز در معماری ساختار جنگل، ترکیب و تنوع گونه‌ای درختان و میزان اجتماع‌پذیری و رقابت آن‌ها در توده‌های جنگلی ایفا می‌کنند، بنابراین می‌توان پویایی روشن‌ها را تضمین‌کننده آینده بوم‌سازگان‌های جنگلی قلمداد کرد.

پراکندگی و نحوه چیدمان روشن‌ها در جنگل‌های طبیعی از جمله مهم‌ترین مواردی هستند که می‌توانند بیانگر کیفیت آینده این بوم‌سازگان‌ها باشند. در واقع، الگوی مکانی روشن‌های جنگل با سنین مختلف و ابعاد هندسی متفاوت نشان‌دهنده روند استمرار حضور توده‌های درختان و در نتیجه، حاکی از تغییرات بسامد زی توده در بوم‌سازگان‌های جنگلی است. Asner و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که الگوی تراکم و ترتیب پراکندگی روشن‌ها و نیز اندازه و شکل‌های هندسی آن‌ها در بوم‌سازگان‌های جنگلی، تأثیرات متقابلی در رابطه با بازخوردهای بوم‌شناختی، فیزیولوژیکی و فرایندهای بیوژئوشیمی به جا می‌گذارند. همچنین، کنش و واکنش‌های

شود؟

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در سری سه جنگل‌های گلندرود شهرستان نور متعلق به حوضه آبخیز ۴۸ در جنگل‌های هیرکانی انجام شد. این سری از نظر تقسیمات اداری در حوزه استحفاظی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران- نوشهر قرار دارد. مساحت کل سری مذکور ۱۵۲۱ هکتار است که بین عرض جغرافیایی "۳۰' ۲۷' ۳۶° تا "۱۵' ۳۲' ۳۶° شمالی و طول "۲۵' ۵۳' ۵۱° تا "۲۵' ۵۷' ۵۱° شرقی استقرار دارد. پارسل هدف در سری مدنظر، پارسل شماره سه بود که در جنوب غربی با پارسل چهار و در شرق با پارسل دو، هم‌مرز است. پارسل شماره سه به قطعه شاهد معروف است که طی مدت حداقل ۳۵ سال فاقد هرگونه مدیریت جنگل‌شناسی و دخالت‌های انسانی بوده است. این پارسل از نظر آمیختگی، جنگل آمیخته راش محسوب می‌شود. از جمله مهم‌ترین گونه‌هایی که همراه با راش در این پارسل حضور دارند، می‌توان به ممرز، پلت، بلوط، نمدار، انجیلی و توسکای بیلاقی اشاره کرد. مساحت قطعه مورد مطالعه ۳۸ هکتار است که بین دامنه ارتفاعی ۹۸۰ تا ۱۳۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. جهت‌های عمومی در کل سری (و نیز در پارسل‌های شماره دو، سه و چهار) بیشتر به صورت غربی و جنوب غربی است. بیشینه شیب منطقه در برخی موارد به ۸۰ درصد نیز می‌رسد. سنگ مادری در پارسل مورد نظر از نوع آهک مارن و تیپ خاک نیز قهوه‌ای جنگلی تا راندزین است (Anonymus, 2008).

روش پژوهش

برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به ثبت موقعیت جغرافیایی و سطح روشن‌ها در منطقه مورد مطالعه از آماربرداری صددرصد استفاده شد. سطح هریک از روشن‌ها با استقرار در مرکز روشن‌ها از طریق روش شعاعی اندازه‌گیری شد (Namiranian, 2007). سپس، روشن‌ها به سه طبقه

(*et al.*, 2017). یافته‌های حاصل از پژوهش‌های انجام‌شده به‌نوعی نحوه چیدمان درختان گونه‌های مختلف و اجتماع‌پذیری آن‌ها در یک مقیاس محدود با میانگین مساحت در حدود کمتر از پنج هکتار را نشان می‌دهند. به عبارت دیگر، نتایج موردی هریک از مستندات موجود بیانگر نحوه پراکنش درختان در شرایط محلی هستند که الگوی مکانی متفاوتی برای فاصله‌های ازبیش تعیین‌شده را نشان می‌دهند. درخصوص الگوی پراکنش روشن‌ها در جنگل‌های هیرکانی می‌توان به پژوهش Karami و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد. این پژوهشگران بر مبنای شاخص‌های زیرمجموعه تنوع زیستی گزارش کردند که پراکنش روشن‌ها در برخی از تیپ‌های درختی (هم تیپ‌های خالص و هم آمیخته راش) یکنواختی بهتری نسبت به تیپ‌های دیگر داشتند. همچنین، Parhizkar و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی نحوه توزیع روشن‌ها در قطعه‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده راشستان‌های شفارود در شمال کشور نشان دادند که در فاصله‌های اولیه محدود از یک موزاییک، الگوی مکانی روشن‌ها به صورت تصادفی بود، اما برای فاصله‌های بیشتر، الگوی کپه‌ای گزارش شد.

به‌طور کلی، تحلیل الگوی پراکندگی روشن‌های با مساحت‌های مختلف در شرایط طبیعی و حفاظتی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای افزایش ضریب پایداری جنگل، تنوع زیستی و موجودی زی‌توده گیاهی ارائه کند. پژوهش پیش‌رو نیز به صورت موردی در یکی از جنگل‌های کاملاً حفاظتی و طبیعی آمیخته راش در شمال کشور انجام شد. با توجه به حاکمیت شرایط حفاظتی و طبیعی در جنگل مورد مطالعه، این پژوهش به دنبال پاسخ‌گویی به دو پرسش اصلی است. ۱) وقوع آشفستگی‌های طبیعی که سبب ایجاد روشن‌های با سطح‌های مختلف در جنگل مورد پژوهش شده‌اند، از چه الگویی پیروی می‌کنند؟ و ۲) آیا براساس پراکندگی روشن‌ها و نحوه چیدمان انواع مختلف آن‌ها در مجاورت هم می‌توان حیطة یا لکه‌ای را به‌عنوان مبنای تمرکز مدیریتی معرفی کرد که برای ارتقای روند تجدیدحیات طبیعی، پایش تغییرات ساختاری و فازهای تحولی جنگل مورد پژوهش استفاده

آزمون مونت‌کارلو باشد، پراکنش تصادفی را نشان می‌دهد. برای بررسی همبستگی مکانی روشن‌های مورد پژوهش از تابع تک‌متغیره همبستگی نشان‌دار (MCF: Mark correlation function) استفاده شد. با استفاده از این تابع، تشابه یا عدم تشابه استقرار مکانی نشان‌ها در قالب متغیر وابسته توصیف می‌شود (Wälder & Wälder, 2007). از طریق رابطه ۲، همبستگی مکانی روشن‌ها (به‌عنوان مارک یا نشان) در قالب تشابه یا عدم تشابه استقرار طبقه‌های سطحی به‌فاصله d از یکدیگر محاسبه شد (Erfanifard, 2014):

$$f(m_1, m_2) = m_1 \times m_2 \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن: m_1 و m_2 متغیرهای کمی از طبقه‌های سطحی روشن‌ها در مجاورت یکدیگر و در فاصله تعریف شده d هستند.

تفاوت معنی‌دار این همبستگی از توزیع مستقل به‌وسیله آزمون مونت‌کارلو تعیین می‌شود. با توجه به استنباط تحلیلی از پژوهش Khan و همکاران (۲۰۱۳)، اگر نمودار MCF بالاتر از حد بالایی مونت‌کارلو قرار گیرد، همبستگی بین نشان‌ها مثبت است. یعنی در فاصله‌های نزدیک، نشان‌ها به‌هم شباهت دارند، بنابراین فقط روشن‌های هریک از طبقه‌های سطح در مجاورت یکدیگر قرار دارند. اگر این نمودار پایین‌تر از محدوده مونت‌کارلو قرار گیرد، همبستگی بین نشان‌ها منفی است. در نتیجه، روشن‌های با مساحت‌های مختلف در فاصله‌های نزدیک نسبت به‌هم، پراکنندگی اجتماعی دارند. در صورتی‌که نمودار مذکور بین دو حد مونت‌کارلو جای گیرد، حاکی از آن است که مارک‌ها یا نشان‌ها در فاصله‌های مشخص بدون همبستگی و مستقل از هم قرار دارند. پس از اجرای تابع همبستگی MCF، برای ارزیابی تراکم پراکنندگی روشن‌ها در طبقه‌های مختلف سطح در داخل هریک از الگوهای تبیین‌شده از شاخصه همبستگی تراکم استفاده شد. همچنین، به‌منظور بررسی معنی‌داری تفاوت این همبستگی نسبت به توزیع مستقل، آزمون مونت‌کارلو به‌کار برده شد. میزان همبستگی

سطحی کمتر از دو آر، دو تا پنج آر و پنج تا ۱۰ آر تقسیم‌بندی شدند. مشخصات کمی تمام درختان در حاشیه مرزی روشن‌ها شامل قطر برابر سینه و ارتفاع کل نیز اندازه‌گیری شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. با توجه به ماهیت آماری داده‌ها برای ارائه رتبه میانگین قطر برابر سینه و ارتفاع درختان حاشیه روشن‌ها در هریک از طبقه‌های سطحی از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد.

مختصات جغرافیایی اولین روشن‌ها در عرصه پژوهش به‌عنوان جایگاه نخست با دستگاه موقعیت‌یاب ثبت شد و فاصله-آزموت روشن‌های مجاور نیز نسبت به آن اندازه‌گیری شد. برای روشن‌هایی که دور از موقعیت ایستگاه نخست قرار داشتند، همین روند در قالب ایستگاه بعدی تکرار شد. درنهایت، مختصات همه روشن‌ها از طریق رابطه‌های مثلثاتی به مختصات دکارتی تبدیل شدند (Miao et al., 2015; Omidvar Hosseini et al., 2014). برای تحلیل الگوی مکانی روشن‌های موجود در جنگل مورد مطالعه از تابع K رایبلی تک‌متغیره استفاده شد. این تابع برای یک الگوی نقطه‌ای مشخص از طریق رابطه ۱ به‌دست می‌آید. برای محاسبه صحیح‌تر تابع K رایبلی از شکل اصلاح‌کننده آن یعنی تابع L استفاده می‌شود که شکل خطی K است و واریانس آن را نیز تثبیت می‌کند (Akhavan et al., 2012).

$$\text{رابطه (۱)} \quad K_r = \frac{\bar{n}_r}{\rho} \xrightarrow{\text{Linearized}} L_r = \sqrt{\frac{K_r}{\pi}} - r$$

در رابطه فوق: $\bar{n}(r)$ میانگین تعداد روشن‌های مجاور است که به شعاع r از یک روشن‌ها قرار دارد و ρ تراکم (تعداد در واحد سطح) روشن‌ها است.

در روش رایبلی برای بررسی معنی‌داری تفاوت بین الگوی مشاهده‌شده و الگوی تصادفی به‌عنوان فرض صفر از آزمون مونت‌کارلو استفاده شد. اگر الگوی پراکنش، بالاتر یا پایین‌تر از حدود مونت‌کارلو باشد، پراکنش به‌ترتیب به‌صورت کپه‌ای (تجمعی) یا منظم است. در صورتی‌که این الگو در محدوده

سینه و ارتفاع کل درختان مستقر در حاشیه روشن‌ها، توزیع نرمال ندارند. از این رو از آزمون ناپارامتریک کروسکال-والیس برای مقایسه میانگین کمیت‌های مذکور بر مبنای رتبه بین طبقه‌های سطحی تعریف شده استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که قطر برابر سینه و ارتفاع کل درختان در حاشیه مرزی روشن‌ها با مساحت‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول ۱). همچنین، رتبه میانگین حاصل از آزمون مذکور نیز در قالب مقایسه میانگین نشان می‌دهد که دامنه‌های قطری و ارتفاعی درختان در حاشیه مرزی روشن‌ها بین طبقه‌های سطحی مختلف، توزیع یکنواخت دارند (جدول ۲).

تراکم روشن‌ها نیز در حدهای بالا و پایین محدوده مونت کارلو به وضوح مشخص است. در صورتی که کمیت‌های همبستگی تراکم در محدوده مونت کارلو قرار گرفته باشند، حاکی از آن است که همه روشن‌ها در طبقه‌های مختلف سطح و در فاصله‌های تعیین شده بدون همبستگی و مستقل از هم (به طور تصادفی) پراکنده شده‌اند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار Programita 2018 استفاده شد.

نتایج

ویژگی‌های کمی درختان در حاشیه مرزی روشن‌ها نتایج حاصل از آزمون شاپیروویلیک نشان داد که قطر برابر

جدول ۱- تغییرات کمی درختان در حاشیه روشن‌های با طبقه‌های سطحی مختلف با استفاده از آزمون کروسکال-والیس

ارتفاع کل درخت (متر)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	آماره مربع کای	حاشیه مرزی روشن‌ها
۳/۸۵ ^{ns}	۲/۲۸ ^{ns}		
۲	۲	درجه آزادی	

^{ns} غیر معنی‌دار

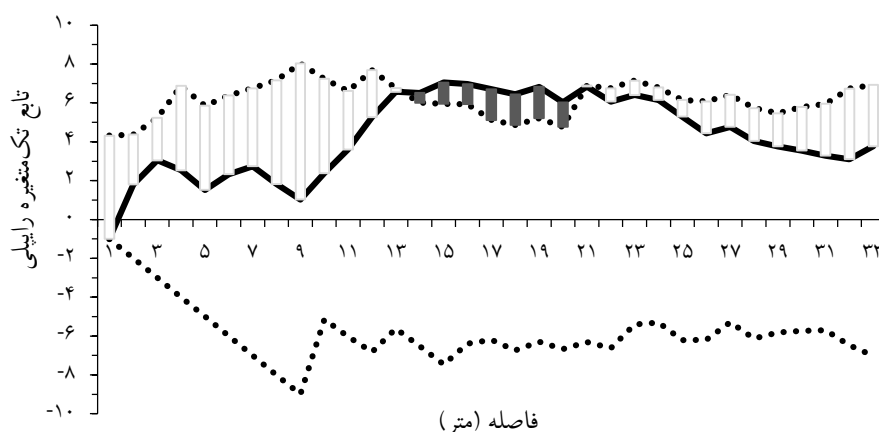
جدول ۲- رتبه میانگین قطر برابر سینه و ارتفاع درختان در حاشیه مرزی روشن‌های با طبقه‌های سطحی مختلف

رتبه میانگین طبقه سوم	رتبه میانگین طبقه دوم	رتبه میانگین طبقه اول	متغیر هدف
۱۷۸/۰۱	۲۰۲/۵۵	۱۹۴	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)
۱۷۶/۸۶	۱۹۳/۲۳	۲۰۹	ارتفاع (متر)

جنگل مورد مطالعه به ترتیب ۶۸ و ۷۲۳ متر مربع به دست آمد. شکل ۱، نتایج آماره K رایبلی تک‌متغیره برای نحوه توزیع روشن‌های مربوط به اولین طبقه سطحی (ریز روشن‌ها) را نشان می‌دهد. نتایج آزمون مونت کارلو حاکی از آن بود که الگوی مکانی روشن‌های طبقه مذکور فقط در فاصله شعاعی ۱۴ تا ۲۰ متر به صورت تجمعی هستند، اما در فاصله‌های دیگر، الگوی تصادفی مشاهده شد.

پراکنش مکانی وقوع آشفستگی‌های طبیعی در سطح منطقه مورد مطالعه

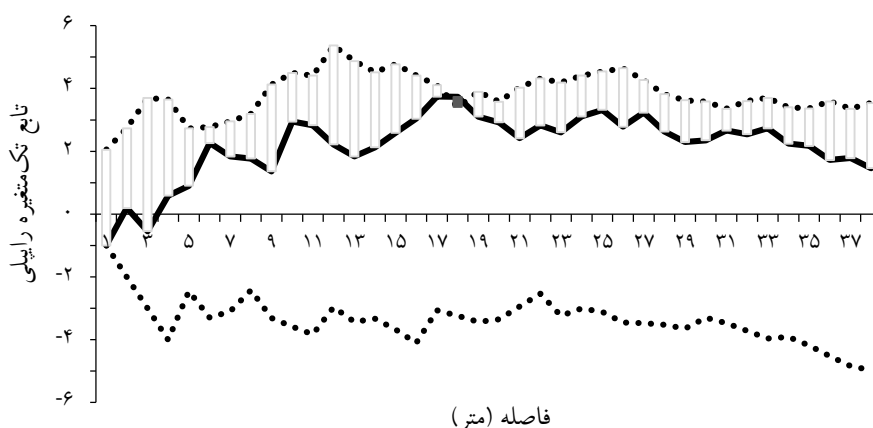
روشن‌های با طبقه‌های سطحی کوچک (کمتر از دو آر)، متوسط (دو تا پنج آر) و بزرگ (پنج تا ۱۰ آر) به ترتیب ۳۲، ۴۹ و ۱۷ درصد از کل فراوانی روشن‌های منطقه مورد پژوهش را به خود اختصاص دادند. با احتساب همه طبقه‌های سطحی تعریف شده، کمترین و بیشترین مساحت روشن‌ها در



شکل ۱- الگوی مکانی ریزروشنه‌ها در جنگل مورد مطالعه

(خطوط نقطه‌چین بیانگر نمایانگر محدوده مونت کارلو و خطوط ممتد بیانگر الگوی پراکنش هستند.)

نتایج به دست آمده از بررسی الگوی مکانی روشن‌ها در دومین طبقه سطحی (طبقه متوسط) نشان داد که نحوه توزیع آن‌ها در محدوده مونت کارلو قرار دارد، بنابراین توزیع روشن‌های مذکور، تصادفی است (شکل ۲).

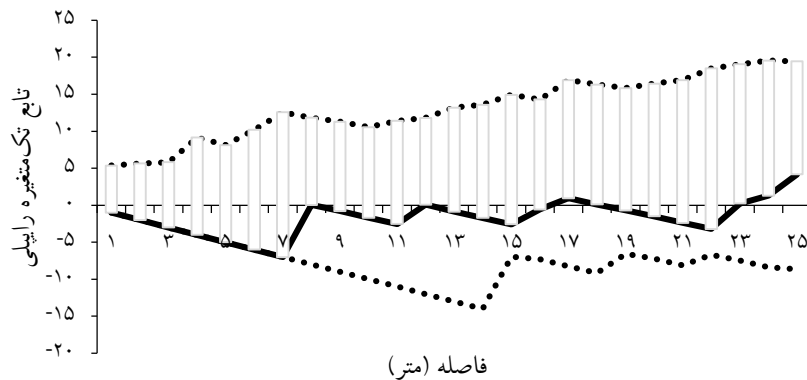


شکل ۲- الگوی مکانی روشن‌های طبقه متوسط در جنگل مورد مطالعه

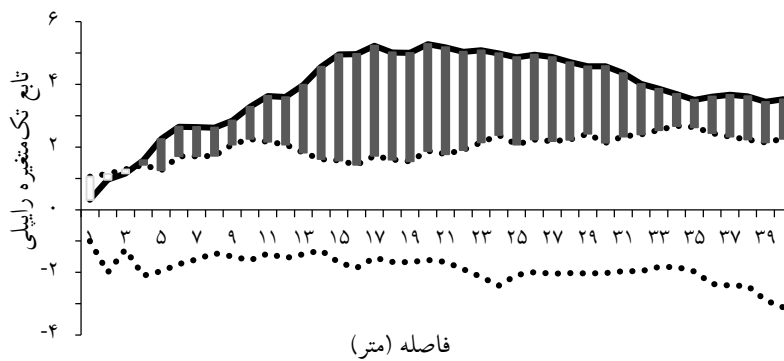
(خطوط نقطه‌چین بیانگر نمایانگر محدوده مونت کارلو و خطوط ممتد بیانگر الگوی پراکنش هستند.)

روشن‌های موجود، بالاتر از محدوده مونت کارلو قرار گرفتند. این یافته نشان می‌دهد که پراکنش روشن‌های طبیعی در سراسر رویشگاه مورد مطالعه به صورت تجمعی (کپه‌ای) است. لازم به ذکر است که در فاصله‌های اولیه (تا فاصله حدود سه متری) پراکنندگی روشن‌ها به صورت تصادفی به دست آمد.

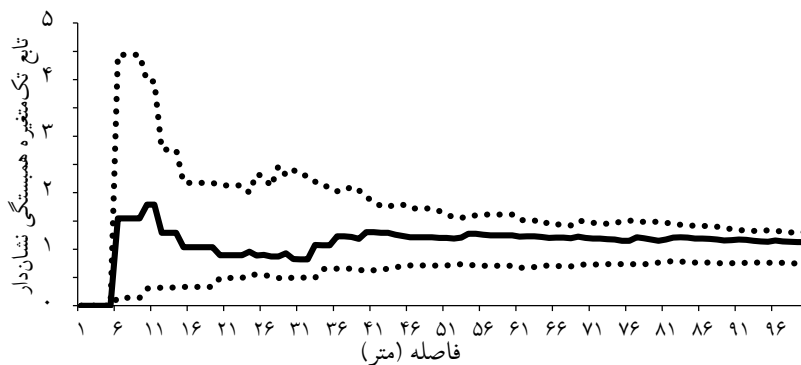
شکل ۳، الگوی مکانی برای روشن‌های بزرگ را در رویشگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور، دامنه توزیع این روشن‌ها برای فاصله‌های موجود در محدوده مونت کارلو قرار داشتند، بنابراین الگوی مکانی روشن‌های بزرگ نیز به صورت کاملاً تصادفی قلمداد می‌شود. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، پراکنندگی کل



شکل ۳- الگوی مکانی روشنه‌های طبقه سطحی بزرگ در جنگل مورد مطالعه
(خطوط نقطه‌چین نمایانگر محدوده مونت کارلو و خطوط ممتد بیانگر الگوی پراکنش هستند.)



شکل ۴- الگوی مکانی همه روشنه‌های طبیعی در جنگل مورد مطالعه
(خطوط نقطه‌چین بیانگر نمایانگر محدوده مونت کارلو و خطوط ممتد بیانگر الگوی پراکنش هستند.)



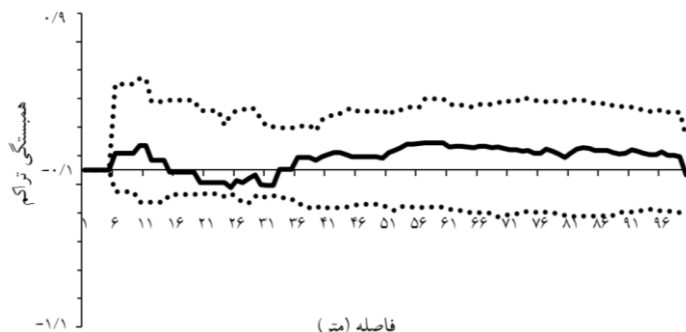
شکل ۵- تابع همبستگی تک متغیره نشان‌دار برای پراکنندگی روشنه‌های طبیعی در جنگل مورد مطالعه
(خطوط نقطه‌چین: نمایانگر محدوده مونت کارلو، خطوط ممتد: تابع همبستگی)

دارد. در خصوص همبستگی تراکم روشنه‌ها نیز معیار هدف برای تمام فاصله‌های تعریف‌شده در محدوده آزمون

براساس شکل ۵، کمیت‌های به‌دست‌آمده از تابع تک متغیره همبستگی نشان‌دار در محدوده مونت کارلو قرار

پژوهش پیش‌رو از الگوی تصادفی پیروی می‌کنند. به عبارت دیگر، روشن‌ها مستقل از یکدیگر استقرار یافتند.

مونت‌کارلو جای گرفت (شکل ۶)، بنابراین استقرار و تراکم روشن‌ها با احتساب همه طبقه‌های سطحی تبیین‌شده در



شکل ۶- همبستگی تراکم روشن‌های طبیعی در جنگل مورد مطالعه

(خطوط نقطه‌چین بیانگر نمایانگر محدوده مونت‌کارلو و خطوط منتهی بیانگر الگوی پراکنش هستند.)

بحث

۱۰ آر) به ترتیب ۳۲، ۴۹ و ۱۷ درصد فراوانی روشن‌ها در منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص دادند. در پژوهش‌های دیگر انجام‌شده در جنگل‌های آمیخته راش هیرکانی از جمله پژوهش Amanzadeh و همکاران (۲۰۱۵)، دامنه فراوانی مشابهی برای طبقه‌های سطحی روشن‌های طبیعی گزارش شد. براساس نتایج آن‌ها، بیشترین فراوانی متعلق به روشن‌های طبیعی با مساحت کمتر از پنج آر بود. همچنین، روشن‌های با طبقه سطح متوسط، بیشترین فراوانی را به خود اختصاص دادند. البته برخی پژوهش‌های انجام‌شده در این جنگل‌ها به روند متفاوتی دست یافتند. به عنوان مثال، Sefidi و همکاران (۲۰۱۱ و ۲۰۱۴) گزارش کردند که ۵۸ درصد فراوانی روشن‌ها متعلق به طبقه سطحی کمتر از دو آر هستند، در صورتی‌که در جنگل مورد مطالعه، فراوانی روشن‌های کمتر از ۲ آر نزدیک به ۳۲ درصد از کل فراوانی روشن‌ها را شامل می‌شد. بنابراین، در مورد فراوانی طبقه‌های سطحی روشن‌ها در جنگل‌های آمیخته راش هیرکانی نمی‌توان به یک قاعده معین و قابل استناد اشاره کرد.

به طور کلی، براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، الگوی مکانی روشن‌ها در هر یک از طبقه‌های سطحی در جنگل مورد مطالعه از نوع تصادفی بود. Garbarino و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که الگوی تصادفی روشن‌ها در جنگل‌های آمیخته راش واقع در ذخیره‌گاه‌های طبیعی و حفاظتی اروپای

درختان، یکی از اصلی‌ترین مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده ساختار حاشیه مرزی روشن‌ها به‌شمار می‌روند. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین طبقه‌های سطحی روشن‌ها از نظر قطر برابر سینه و ارتفاع درختان مستقر در حاشیه آن‌ها وجود ندارند، بنابراین از این پارامترها نمی‌توان به‌عنوان عوامل مستقل توصیفی در رابطه با تغییرات مکانی روشن‌های با مساحت متغیر در منطقه مورد مطالعه استفاده کرد. مبنای پژوهش پیش‌رو، روشن‌هایی است که بر اثر وقوع آشفته‌گی‌های طبیعی ایجاد شده بودند. با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه از نظر شرایط حفاظتی و حاکمیت شرایط طبیعی، مشاهده‌های انجام‌شده با استفاده از آماربرداری صددرصد حاکی از آن است که همه روشن‌های موجود توسط عواملی مانند باد، برف و یخ، رقابت و یا مرگ‌ومیر طبیعی ایجاد شده بودند. البته در برخی از موارد معدود، دخالت‌های انسانی همچون آثار ناشی از کت‌زدگی یا قطع شاخه‌های قطور درختان توسط ساکنان منطقه مورد مطالعه نیز مشاهده شد. در واقع، می‌توان این عوامل را جزء روند طبیعی رویشگاه مورد مطالعه به‌شمار آورد. مجموعه این عوامل سبب ایجاد روشن‌هایی با مساحت‌های مختلف در این منطقه شده بودند. نتایج پیش‌رو نشان داد که روشن‌های با طبقه‌های سطحی کوچک (کمتر از دو آر)، متوسط (دو تا پنج آر) و بزرگ (پنج تا

مکانی متغیرهای هدف در جنگل‌های ناهمگن محسوب می‌شد، اما تابع مورد استفاده در پژوهش پیش‌رو، K رایبلی خطی بود. این تابع در حال حاضر برای تعیین الگوی مکانی، پیشرفته‌تر از تابع M به‌شمار می‌رود. همچنین، نتایج پژوهش مذکور در رابطه با پراکنش تصادفی روشن‌ها بیانگر نموداری از الگوی مکانی همه روشن‌ها است که طبقه‌های سطحی مختلف در رویشگاه مورد مطالعه را شامل می‌شد، در حالی‌که یافته‌های پژوهش پیش‌رو نشان داد که پراکنش الگوی مکانی روشن‌ها (شامل روشن‌های متعلق به طبقه‌های مختلف سطح) از نوع کپه‌ای است. Parhizkar و همکاران (۲۰۲۰) نیز با استفاده از شکل خطی تابع K رایبلی در جنگل‌های شفاورد گیلان به این نتیجه رسیدند که الگوی پراکنندگی روشن‌ها (با احتساب همه طبقه‌های سطحی تعریف‌شده منطبق با پژوهش پیش‌رو) به‌غیر از ۲۵ متر ابتدایی فاصله شعاعی، از نوع کپه‌ای است. آن‌ها، الگوی کپه‌ای روشن‌ها را تحت تأثیر آمیختگی گونه‌ها، سن درختان، توپوگرافی و شرایط خاک منطقه مورد مطالعه عنوان کردند. Garbarino و همکاران (۲۰۱۲) نیز ذکر کردند که پراکنندگی تجمعی روشن‌ها به‌دلیل شرایط توپوگرافی، فعالیت‌های نامتعارف انسانی در ایجاد روشن‌های غیرطبیعی و درنهایت، وقوع آشفته‌گی‌های طبیعی با شدت محسوس به‌وجود می‌آیند. با توجه به شرایط حفاظتی و فراوانی طبقه‌های سطحی موجود در قطعه شاهد مورد مطالعه، دخالت‌های نامتعارف بشر نمی‌تواند به‌عنوان عامل اصلی تلقی شود، اما شرایط ناهمگن رویشگاهی و ترکیب گونه‌ای مختلف را می‌توان به‌عنوان یکی از دلایل اصلی تجمع کپه‌ای روشن‌ها در قطعه شاهد جنگل گلندرود برشمرد. زیرا تغییر تیپ‌های پوشش درختی بر اثر شرایط مختلف محیطی مانند تغییرات توپوگرافی منطقه مورد مطالعه، محسوس است.

یکی دیگر از نتایج قابل‌توجه در پژوهش پیش‌رو، خروجی تابع همبستگی نشان‌دار و همبستگی تراکم با احتساب همه طبقه‌های سطح روشن‌ها بر مبنای فاصله است. این یافته‌ها نشان داد که پراکنندگی طبقه‌های سطحی روشن‌ها در یک فاصله مبنای، انسجام همبسته یا براساس تحلیل آماری و ریاضی، همبستگی مکانی دارند. در واقع، پراکنندگی همه

شرقی می‌تواند به‌دلیل همگنی نسبی در شرایط محیطی (هم از نظر فیزیوگرافی و هم شرایط آب‌وهوایی) و رویشگاهی و نیز عدم وقوع آشفته‌گی‌های طبیعی یا غیرطبیعی با شدت زیاد باشد. با استناد به پژوهش مذکور می‌توان عنوان کرد که اگر الگوی مکانی روشن‌ها در هر یک از مقیاس‌های سطحی به‌صورت مجزا در نظر گرفته شوند، بیشتر روشن‌های طبیعی قطعه شاهد در جنگل گلندرود بر اثر مرگ‌ومیر طبیعی درختان حاصل شده‌اند. همچنین، حداقل طی ۴۰ سال اخیر آشفته‌گی‌های محسوس و با شدت زیادی در این منطقه رخ نداده‌اند. براساس نتایج تحلیل الگوی مکانی برای تمام روشن‌ها و با ادغام همه طبقه‌های سطحی به‌طور صددرصد (شکل ۴) می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دلیل‌های ذکرشده در خصوص نحوه پراکنندگی روشن‌های طبیعی در قطعه شاهد جنگل گلندرود نمی‌تواند قابل استناد باشد. Mataji و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی الگوی مکانی روشن‌ها در دو پارسل مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرودکنار گزارش کردند که الگوی مکانی آشفته‌گی‌های رخ‌داده در هر دو پارسل مذکور در فاصله‌های معین (به‌ترتیب تا شعاع ۶۰ و ۸۰ متری) به‌صورت یکنواخت (منظم) است، اما در فاصله‌های بیشتر، الگوی تصادفی مشاهده شد. اگرچه روشن‌های مورد مطالعه در پژوهش پیش‌رو به‌تفکیک هر یک از طبقه‌های سطحی، پراکنش تصادفی داشتند، اما الگوی یکنواخت در پارسل مورد بررسی تحت عنوان جنگل مدیریت‌نشده مشاهده نشد. در جنگل‌های طبیعی به‌دلیل وقوع آشفته‌گی‌های مختلف طبیعی از جمله رخدادهای ناگهانی، پراکنندگی روشن‌هایی با سنین مختلف و گاهی توسعه یک روشن‌ها به‌علت افتادن درختان مجاور آن در سال‌های متوالی می‌توان انتظار داشت که احتمال پراکنش یکنواخت روشن‌ها در این جنگل‌ها بسیار کمتر از الگوهای مکانی دیگر است. صرف‌نظر از مقایسه انجام‌شده در رابطه با نتایج به‌دست‌آمده، نکته حائز اهمیت این است که در پژوهش Mataji و همکاران (۲۰۰۸) از تابع M بر مبنای اصل برنولی استفاده شد. تابع مذکور در آن زمان به‌نوعی شاخصی پیشرفته‌تری از تابع K رایبلی غیرخطی برای تعیین الگوی

این اساس می‌توان عنوان کرد که ترکیب توده‌ای و شرایط رویشگاهی در جنگل مورد مطالعه به صورت ناهمگن است. این ناهمگنی می‌تواند یکی از شاخص‌های پایداری جنگل مذکور در مقابل استرس‌های طبیعی ناشی از انواع آشفتگی‌ها معرفی شود. از سویی، با توجه به فاصله شعاعی تعریف‌شده در تابع K رایپلی می‌توان موزاییک‌هایی با مساحت حدود ۵۰۰۰ متر مربع را به عنوان معرف سطح توده در جنگل مورد مطالعه تفکیک کرد. لازم به ذکر است که هر یک از توده‌های درختان موجود در هر موزاییک علاوه بر ترکیب گونه‌ای و ساختار متفاوت، مراحل و یا فازهای مختلف تحولی نیز دارند، بنابراین تفکیک موزاییک‌ها به معنی تبیین هر یک از این مشخصه‌ها خواهد بود که برای پیش اهداف مطالعاتی در آینده می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج طرح پژوهشی مصوب شماره ۹۶۰۰۰۰۴۶ است که با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری انجام شد. بر این اساس نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب سپاس خود را از حمایت‌های صندوق اعلام کنند.

منابع مورد استفاده

- Akhavan, R. and Sagheb-Talebi, Kh., 2012. Application of bivariate Ripley's K- function for studying competition and spatial association of trees (Case study: intact Oriental beech stands in Kelardasht). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(4): 632-644 (In Persian).
- Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Zenner, E.K. and Safavimanesh, F., 2012. Spatial patterns in different forest development stages of an intact old-growth Oriental beech forest in the Caspian region of Iran. European Journal of Forest Research, 131(5): 1355-1366.
- Amanzadeh, B., Pourmajidian, M.R., Sagheb-Talebi, Kh. and Hojjati, S.M., 2015. Impact of canopy gap size on plant species diversity and composition in mixed stands, case study: Reserve area, district No.3 Asalem forests. Journal of Forest and Wood Product, 68(2): 287-301 (In Persian).
- Anonymous, 2008. Glandrood forest management project, District no: 3, Noor, Mazandaran (second

روشنه‌ها در یک فاصله شعاعی از نظر نحوه استقرار در کنار یکدیگر و نیز با در نظر گرفتن تراکم انواع طبقه‌های سطحی روشنه‌ها در هر کپه به صورت تصادفی به دست آمد. در این راستا، هیچ قاعده منظم یا الگوی خاصی یافت نشد. با توجه به حاکمیت روند طبیعی در جنگل مورد پژوهش، یکی از دلایل‌های این یافته می‌تواند این باشد که در بسیاری از موارد، روشنه‌های با سطح کوچک طی گذر زمان بر اثر وقوع مکرر انواع آشفتگی‌ها به سطح وسیع‌تری تبدیل می‌شوند، بنابراین انتقال سطح هر روشنه از یک طبقه به طبقه دیگر ممکن است عامل تأثیرگذار در رابطه با تصادفی بودن نحوه استقرار و تراکم روشنه‌های با مساحت‌های متفاوت در هر کپه باشد. برعکس این قضیه نیز صادق است، به طوری که با گذشت زمان بر اثر بسته شدن روشنه‌های بزرگ از سمت حاشیه‌های آن‌ها نسبت به مرکز به روشنه‌های کوچک‌تر تبدیل می‌شوند. با استناد به پژوهش‌های Bugmann (۲۰۰۱) و Lydersen و همکاران (۲۰۱۳)، بر مبنای الگوی پراکندگی روشنه‌ها می‌توان موزاییک‌های مختلف را از یکدیگر تفکیک کرد. این موزاییک‌ها به طور مسلم در مراحل تحولی مختلف قرار دارند و شامل یک یا چند توده با سنین مختلف هستند. بر این اساس و بر مبنای فاصله تعریف‌شده در تابع K رایپلی می‌توان یک حیطه شعاعی مجزا در قالب موزاییک‌های مختلف در جنگل مورد پژوهش معرفی کرد که شامل انواع مختلف طبقه‌های سطحی روشنه به عنوان کپه‌های مجزا باشند.

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی از یافته‌های به دست آمده می‌توان عنوان کرد که در جنگل آمیخته راش مورد مطالعه، اثرات ناشی از آشفتگی‌های با شدت زیاد (روشنه‌های بزرگ با مساحت پنج تا ۱۰ آر) فقط ۱۷ درصد از کل روشنه‌های موجود را به خود اختصاص می‌دهد. از این رو، بعید است که آشفتگی‌های با شدت خیلی زیاد حداقل در چند سال اخیر اتفاق افتاده باشد. حتی در صورت رخداد این آشفتگی‌ها طی زمان‌های گذشته به نظر می‌رسد که روشنه‌های حاصل از آن‌ها با استقرار تجدید حیات و گذار مراحل رویشی به طور کامل بسته شده‌اند. همان‌طور که نتایج تحلیل الگوی مکانی نشان داد، پراکندگی روشنه‌ها تا فاصله‌ای به شعاع ۴۰ متر به صورت تجمعی است. بر

- Province, Nowshahr, 174p (In Persian).
- in a secondary *Abies-Betula* forest on the eastern edge of the Qinghai-Tibetan Plateau, China. *Forest Ecology and Management*, 313: 104-111.
- Moayeri, M.H., Hajivand, A.R., Shataee Joybari, Sh. and Rahbari Sisakht, S., 2017. Spatial pattern and characteristic of tree-fall gaps to approach ecological forestry in Northern Iran. *Environmental Resources Research*, 5(1): 51-61.
 - Muscolo, A., Bagnato, S., Sidari, M. and Mercurio, R., 2014. A review of the roles of forest canopy gaps. *Journal of Forestry Research*, 25(4): 725-736.
 - Nagel, T.A., Mikac, S., Dolinar, M., Klopčič, M., Karen, S., Svoboda, M., ... and Paulic, V., 2017. The natural disturbance regime in forests of the Dinaric Mountains: A synthesis of evidence. *Forest Ecology and Management*, 388: 29-42.
 - Namiranian, M., 2007. *Measurement of Tree and Forest Biometry*. University of Tehran Press, Tehran, 574p (In Persian).
 - Nouri, Z., Zobeiri, M., Feghhi J. and Marvie-Mohadjer, M.R., 2015. Application of nearest neighbor indices in studying structure of the unlogged beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests in Kheyroud, Nowshahr. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 4(12): 11-21 (In Persian).
 - Omidvar Hosseini, F., Akhavan, R., Kia-Daliri, H. and Mataji, A., 2015. Spatial patterns and intra-specific competition of Chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) using O-ring statistic (Case study: Neka Forest, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(2): 294-306 (In Persian).
 - Parhizkar, P., Amanzadeh, B., Hassani, M. and Sadeghzadeh Hallaj, M.H., 2020. Effect of single tree selection system on some of the canopy gap characteristics within Shafaroud beech forests. *Journal of Forest Research and Development*, 6(2): 203-218 (In Persian).
 - Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V. and Mozandel, R., 2014. Canopy gaps properties effect on regeneration of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the mixed beech stands. *Journal of Natural Ecosystems of Iran*, 5(2): 25-40 (In Persian).
 - Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Mosandl, R. and Copenheaver, C.A., 2011. Canopy gaps and regeneration in old-growth Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands, northern Iran. *Forest Ecology and Management*, 262(2): 1094-1099.
 - Walder, K. and Walder, O., 2007. Analysing interaction effects in forests using the mark correlation function. *iForests*, 4(4): 365-372.
 - renewal view). General Office of Natural Resources and Watershed Management of Mazandaran
 - Asner, G.P., Keller, M. and Silvas, J.N.M., 2004. Spatial and temporal dynamics of forest canopy gaps following selective logging in the eastern Amazon. *Global Change Biology*, 10(5): 765-783.
 - Bugmann, H., 2001. A review of forest gap models. *Climatic Change*, 51: 259-305.
 - Erfanifard, Y., 2014. Analysing the effect of intraspecific competition on biometric attributes of Persian oak coppice trees using pair- and mark-correlation functions in Zagros dry forests. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 23(2): 89-109 (In Persian).
 - Ford, S.A., Kleinman, J.S. and Hart, J.L., 2017. Spatial patterns of canopy disturbance, structure, and species composition in a multi-cohort hardwood stand. *Forests*, 8(3): 93.
 - Frelich, L.E. and Lorimer, C.G., 1991. Natural disturbance regimes in hemlock-hardwood forests of the upper Great Lakes region. *Ecological Monographs*, 61(2): 145-164.
 - Garbarino, M., Borgogno Mondinno, E., Lingua, E., Nagel, T.A., Dukić, V., Govedar, Z. and Motta, R., 2012. Gap disturbances and regeneration patterns in a Bosnian old-growth forest: a multispectral remote sensing and ground-based approach. *Annals of Forest Science*, 69(5): 617-625.
 - Karami, A., Feghhi, J. and Marvie Mohajer, M.R., 2014. Analysis environmental and ecological spatial state of forest regeneration patches in various types natural *Fagetum - orientalis* north Iran. (Case study: Gorazbon district, Kheyrod forest). *Journal of Natural Environment*, 66(4): 411-422 (In Persian).
 - Khan, M.N.I., Sharma, S., Berger, U., Koedam, N., Dahdouh-Guebas, F. and Hagihara, A., 2013. How do tree competition and stand dynamics lead to spatial patterns in monospecific mangroves? *Biogeosciences*, 10: 2803-2814.
 - Lydersen, J.M., North, M.P., Knapp, E.E. and Collins, B.M., 2013. Quantifying spatial patterns of tree groups and gaps in mixed-conifer forests: Reference conditions and long-term changes following fire suppression and logging. *Forest Ecology and Management*, 304: 370-382.
 - Mataji, A., Babaie Kafaki, S., Safaee, H. and Kiadeliri, H., 2008. Spatial pattern of regeneration gaps in managed and unmanaged stands in natural beech (*Fagus orientalis*) forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(1): 149-157 (In Persian).
 - Miao, N., Liu, S., Yu, H., Shi, Z., Moermond, T. and Liu, Y., 2014. Spatial analysis of remnant tree effects

Spatial patterns analysis for natural disturbances consequences within the Hyrcanian mixed-beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests, Iran

A. Mataji¹, A.A. Vahedi^{2*} and E. Khatibnia³

1- Prof., Department of Forestry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2* - Corresponding author, Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran. E-mail: as.vahedi@areeo.ac.ir

3- M.Sc. of Forest Management, Mazandaran Natural Resources and Watershed Management Administration, Nowshahr, Iran

Received: 20.06.2020

Accepted: 25.07.2020

Abstract

One of the most prominent issues indicating the future quality and quantity of natural forest ecosystems is spatial pattern and distribution of disturbances consequences manifested as canopy gaps (CGs). The main purpose of this study was to illustrate the CGs distribution pattern in one of the Hyrcanian mixed-beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests, so-called preserved Glandroud forests. All CGs areas were measured based on full callipering on the basis of the radius method, and the coordinate of each CG was recorded in the forest. The univariate Ripley's L-function, mark correlation function (MCF), and density function (DC) in turns were used for analyzing the spatial patterns, size correlation, and frequency of the CGs distribution at the observation scale. Furthermore, the statistical significance of all ordination analyses was tested by the Monte Carlo permutation method. The results showed that the frequency of small gaps (0-2 R), medium gaps (2-5 R), and in turns were almost 32%, 49% in the study forest. Only the small CGs distribution was clustered at a specified distance of 14–20 meters, though the other CGs size classes were completely randomly distributed in the forest. Integrating whole CGs size classes on the basis of Ripley's L-function showed that the CGs spatial pattern in the studied forest was clustered at a distance of 40 m. According to the mark correlation function (MCF) and density correlation (DC) analyses, there in turns were found that the location and number of size classes in each aggregation were totally significantly independent and random based on the specific distance in the forest. Pertaining to these results, it is possible to introduce mosaics consisting of forest stands which may include specified tree stands with various tree species composition, different developmental stages, and structures in the forest. Therefore, each mosaic can be a base area for monitoring disturbances consequences and implementing optimum managements.

Keywords: Climate change, forest mosaics, natural canopy gaps, preserved forests.