بسم الله الرحمن الرحیم

الگوی پراکنش مکانی روشنه‌های پوشش تاجی در راشستان‌های کلاردشت

نگارش:

پژمان پرهیزکار

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

مجید حسنی

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۱۳۹۸

عنوان طرح منتج به نشریه	کد مصوب
بررسی الگوی پراکنش زمانی و مکانی روشنه‌های تجدیدحیات در راشستان‌های طبیعی کلاردشت	۲-۰۹-۰۹-۹۳۰۱

عنوان نشریه: الگوی پراکنش مکانی روشنه‌های پوشش تاجی در راشستان‌های کلاردشت
نگارش: پژمان پرهیزکار، مجید حسنی
نشانی نویسنده: موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور
مدیر داخلی: فاطمه عباسپور
ویرایش علمی: بیت‌اله امان‌زاده، مهدی پورهاشمی، خسرو ثاقب طالبی
ویرایش فنی: اصغر احمدی
تهیه شده در: موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور / اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی
نشانی: اتوبان تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید علی گودرزی، بلوار باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
صندوق پستی ۱۱۶-۱۳۱۸۵.
تلفن: ۵-۴۴۷۸۷۲۸۲-۰۲۱
وب‌سایت: www.rifr-ac.ir
شمارگان: الکترونیکی
نوبت و سال انتشار: اول - ۱۳۹۸
شماره نشریه: ۴

این نشریه به شماره ۵۶۲۲۹ در تاریخ ۱۳۹۸/۰۷/۰۷ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است

ISBN:978-964-473-413-7

مخاطبان نشریه:

- اعضای هیئت علمی، پژوهشگران، کارشناسان طرح‌های جنگل‌داری در شمال کشور، مروجان منابع طبیعی، بهره‌برداران، مدیران جنگل، مجریان و ناظران طرح‌های جنگل‌داری

اهداف آموزشی:

- تهیه یک الگو برای نشانه‌گذاری‌های آینده درختان براساس نگرش‌های مدیریتی جنگلشناسی نزدیک به طبیعت
- رعایت فاصله متوسط مکانی بین نشانه‌گذاری‌ها و نحوه الگوی پراکنش آنها
- ارزیابی عملکرد نشانه‌گذاری‌های پیشین

فهرست مندرجات

چکیده ۱

مقدمه ۲

جامعه *Fagetum hyrcanum* یا راش هیرکانی ۳

تعریف روشنه (Gap) ۴

عوامل مؤثر در ایجاد روشنه ۶

روش تعیین الگوی پراکنش مکانی روشنه‌های پوشش تاجی ۶

مشخصه‌های روشنه‌ها ۷

الگوی پراکنش ۸

درختان روشنه‌ساز ۱۰

جمع‌بندی ۱۲

منابع ۱۴

چکیده

به فضاهای بازی که در تاج‌پوشش جنگل بر اثر افتادن طبیعی یا مصنوعی درخت یا درختان ایجاد می‌شود، روشنه (Gap) گفته می‌شود که بسته به اندازه تاج درختان روشنه‌ساز دارای سطوح متفاوتی است. ایجاد روشنه در جنگل یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی است که طی فرآیند طبیعی مسن‌شدن انجام می‌شود. روشنه‌ها علاوه‌بر اینکه نقش مهمی در الگوی پراکنش مکانی توده‌های جنگلی ایفا می‌کنند، چرخه مواد غذایی، خاک و تنوع گونه‌ای را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند. نتایج نشان دادند که روشنه‌های متوسط (۲۰۰ تا ۵۰۰ مترمربع)، بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. کمترین و متوسط فاصله بین روشنه‌ها به‌ترتیب ۲۱/۱۳ و ۲۹/۵ متر محاسبه شد. بیش از ۷۰ درصد از روشنه‌ها در اثر افتادن و یا خشک شدن یک تا سه درخت بوجود آمده بودند.

مقدمه

روش‌هایی که اساس آن حداقل دخالت در ساختار و فرآیندهای طبیعی در جنگل است (همگام با طبیعت) برای مدیریت توده‌های طبیعی مناسب‌تر هستند. لازمه چنین مدیریتی شناخت و درک پویایی توده‌های طبیعی در فرایندهای تحولی است. آشفتگی‌های طبیعی (Natural disturbances) به‌عنوان بخشی از یک فرآیند کلی که در ایجاد و تثبیت ساختار جنگل و پویایی جامعه آن کمک می‌کند، مورد توجه هستند. ایجاد روشنه در درون جنگل یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی است که طی مراحل مختلف تحولی انجام می‌شود (Lowman and Rinker, 2004).

عوامل بسیاری در تغییر ماهیت خرداقلیم در یک روشنه جنگلی نقش دارند. مهم‌ترین عامل در این زمینه اندازه روشنه است. در حالت کلی، هرچقدر اندازه روشنه بزرگ‌تر باشد، بر خرداقلیم جنگل تأثیر بیشتری خواهد داشت. به‌عنوان مثال، مقدار دریافت نور در روشنه‌های بزرگ‌تر در مقایسه با روشنه‌های کوچک‌تر بیشتر است، درنتیجه دما بیشتر می‌شود. از آنجایی‌که تابش نور خورشید در داخل روشنه شدیدتر است، رطوبت نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

تابش و نفوذ نور بر فاکتورهای غیرزیستی نظیر وقوع یخزدگی، دما، رطوبت هوا، رطوبت خاک و عوامل زنده نظیر فراوانی حشرات و رقابت تاجی و ریشه‌ای اثر می‌گذارد، بنابراین دارای پیامدهای مهمی برای الگوهای زادآوری درختان است. بر همین اساس، با افزایش سطح روشنه در راشستان‌های شمال کشور از فراوانی نهال راش کاسته و بر تعداد گونه‌های نورپسند افزوده می‌شود.

فاصله بین روشنه‌ها هرگز صفر نخواهد شد. به عبارتی، روشنه‌ها توسط تاج یک درخت یا بیشتر از یکدیگر جدا خواهند شد. الگوی پراکنش روشنه‌ها بسته به فاصله آن‌ها از یکدیگر متغیر خواهد بود. در جنگل‌های مدیریت‌نشده، آمیختگی گونه‌ها، سن درختان و توپوگرافی و وضعیت خاک توده در الگوی پراکنش روشنه‌ها تاثیرگذار است، اما در توده‌های مدیریت‌شده الگوی پراکنش روشنه‌ها بیشتر در اثر نشانه‌گذاری و بهره‌برداری درختان شکل خواهد گرفت. بنابراین، تجربه، مهارت و شناخت فرد نشانه‌گذار از توده جنگلی اهمیت بسیار زیادی دارد.

به‌طور معمول سه نوع الگوی پراکنش خوشه‌ای، تصادفی و منظم در جوامع بوم‌شناختی قابل تشخیص است. برخی از مشخصه‌های الگوی مکانی می‌تواند معرف پویایی توده جنگلی باشد. برای مثال، الگوی مکانی منظم نشان‌دهنده رقابت قابل توجه در توده و الگوی خوشه‌ای بیانگر وجود

زادآوری متراکم بدون تنک شدن طبیعی است (Ward and Stephens, 1996; Kenkel, 1988; Leps and Kindlmann, 1987). برای بررسی الگوی مکانی، توابع مختلفی مانند K رایپلی، تابع L، تابع همبستگی جفتی (G) و تابع O-Ring مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جامعه *Fagetum hyrcanum* یا راش هیرکانی

این جامعه که عنصر اصلی آن درخت راش (*Fagus orientalis* Lipsky) است، زیباترین و غنی‌ترین جنگل‌های ایران را تشکیل می‌دهد (شکل ۱). جنگل‌های انبوه راش به‌طور متوسط ۶۰۰ و در مواردی ۸۰۰ متر مکعب در هکتار چوب دارند. در این جنگل‌ها بعضی از درختان راش به ارتفاع ۵۰ متر می‌رسند و قطر بعضی از آنها در ارتفاع برابر سینه به۲ متر می‌رسد. این جامعه از نظر اقتصادی دارای اهمیت فراوانی بوده و همچنین در مقایسه با سایر جوامع جنگلی از وضعیت حفاظتی مناسبی برخور دار است.

شکل ۱- نمایی از راشستان‌های شمال کشور

تعریف روشنه (Gap)

به فضاهای بازی که در تاج‌پوشش جنگل بر اثر افتادن طبیعی یا مصنوعی درخت یا درختان ایجاد می‌شود، روشنه (Gap) گفته می‌شود که بسته به اندازه تاج درختان روشنه‌ساز دارای سطوح متفاوتی است. (شکل‌های ۲ و ۳). به‌طور معمول روشنه‌ها توسط زادآوری پوشیده شده (شکل ۴) و زمانی‌که ارتفاع زادآوری در روشنه از ۲۰ متر و یا قطر آنها از ۷/۵ سانتی‌متر بیشتر شود، تاج‌پوشش بسته‌شده تلقی می‌شود.

شکل ۲ – ایجاد روشنه در اثر ریشه‌کن شدن درخت قطور راش

شکل ۳- ایجاد روشنه در اثر خشک‌شدن درختان

شکل ۴- استقرار زادآوری راش در روشنه

عوامل مؤثر در ایجاد روشنه

به‌طور طبیعی روشنه‌ها معمولاً در اثر مرگ و میر، پایان دیرزیستی درختان، باد، طوفان، برف، حمله حشرات، بیماری‌ها، خشکسالی و تغییر اقلیم بوجود می‌آیند. مطالعات زیادی نیز نشان داده که عواملی نظیر بافت خاک، رطوبت خاک، وضعیت زهکشی، عمق، سنگ مادری، گونه و ویژگی‌های فردی درختان نظیر ابعاد تاج و تنه، وضعیت شاخه‌دوانی و ریشه‌دوانی نیز در ایجاد روشنه اهمیت زیادی دارند. بنابه دلایل اشاره‌شده، سطح روشنه‌ها در توده‌های با شرایط مختلف، متفاوت خواهد بود.

روش تعیین الگوی پراکنش مکانی روشنه‌های پوشش تاجی

پژوهش پیش رو در قطعه شاهد (۱۳۶) سری یک طرح جنگلداری لنگا در حوضه آبخیز ۳۶ (کاظم رود) انجام شده است. تمام روشنه‌های موجود در سطح پارسل مورد بررسی، شناسایی و مختصات جغرافیایی مرکز روشنه‌ها توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد. روشنه‌هایی انتخاب شدند که سطح روشنه (Expanded gap area) کمتر از ۱۰۰ متر مربع نباشد. تاج‌پوشش روشنه‌هایی که قطر برابر سینه نهال‌های داخل آن‌ها از ۷/۵ سانتی‌متر بیشتر بود، بسته شده فرض شد و مورد بررسی قرار نگرفتند. با توجه به بیضوی بودن شکل بیشتر روشنه‌ها، مساحت آن‌ها از طریق محاسبه سطح بیضی بدست آمد. براساس تعاریف جنگلشناسی، روشنه‌ها در گروه‌های کوچک (کمتر از ۲۰۰ متر مربع)، متوسط (۲۰۰ تا ۵۰۰ متر مربع)، بزرگ (۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مربع) و خیلی بزرگ (بیشتر از ۱۰۰۰متر مربع) طبقه‌بندی شدند.

درختان روشنه‌ساز هر روشنه شمارش و براساس تعاریف در چهار طبقه پوسیدگی به‌شرح زیر طبقه‌بندی شدند: ۱- تازه افتاده، کامبیوم هنوز سبز و تاج سالم است. ۲- به‌طور معمول ترک‌های ریز در طول تنه دیده می‌شود و چوب در حال پوسته شدن است و شاخه‌های ریز دیده می‌شود. ۳- ترک‌ها عمیق‌تر شده و در حال گسترش هستند و قطر شاخه‌های موجود بیشتر از پنج سانتی‌متر است. ۴- چوب در حال متلاشی شدن و تاج به‌طور کامل تجزیه شده است. درختان روشنه‌ساز نیز بر اساس تعاریف به چهار طبقه قطری کم‌قطر (کمتر از ۳۰ سانتی‌متر- S)، میان‌قطر (۳۵ تا ۵۰ سانتی‌متر- M)، قطور (۵۵ تا ۷۰ سانتی‌متر- L) و خیلی قطور (بیشتر از ۷۵ سانتی‌متر- EL) طبقه‌بندی شدند.

درگذشته برای شناسایی الگوی مکانی از تابع K رایپلی استفاده می‌شد. این تابع براساس تعداد

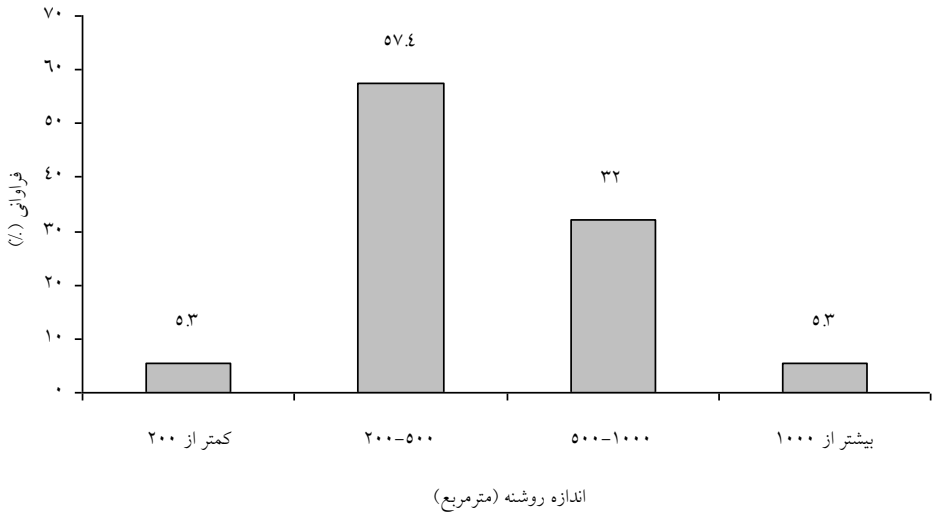
نقاط (روشنه) موجود در یک شعاع مشخص (r)، به بررسی الگوهای مکانی می‌پردازد. در این پژوهش به‌جای تابع K رایپلی از رابطه اصلاح‌شده آن یعنی تابع L، استفاده می‌شود که حالت خطی تابع K است و نیز واریانس K را تثبیت می‌کند. همچنین، نمایش و تفسیر تابع L نسبت به تابع K ساده‌تر است که به‌صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود.

$$L_{(r)} = \sqrt{\frac{K_{(r)}}{\pi}} - r$$ رابطه (۱)

اگر مقدار تابع L صفر باشد، نشان‌دهنده الگوی تصادفی، اگر بزرگ‌تر از صفر باشد، نشان‌دهنده الگوی خوشه‌ای و اگر کوچک‌تر از صفر باشد، نشان‌دهنده الگوی منظم است. در روش رایپلی برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت الگوی مشاهده شده با الگوی تصادفی (فرض صفر)، حدود اعتماد با استفاده از آزمون مونت‌کارلو محاسبه و ترسیم می‌شود؛ به‌طوری‌که اگر تابع L در داخل این محدوده قرار گیرد، الگوی پراکنش مشاهده‌شده با الگوی پراکنش تصادفی تفاوت معنی‌داری نخواهد داشت، اما اگر تابع L بالاتر از این محدوده قرار گیرد، نشانه وجود الگوی خوشه‌ای و اگر پایین‌تر از این محدوده واقع شود، نشان‌دهنده الگوی منظم است. فاصله مورد عمل برای محاسبه تابع L برابر نصف فاصله قطر کوچک عرصه مطالعاتی درنظر گرفته خواهد شد.

مشخصه‌های روشنه‌ها

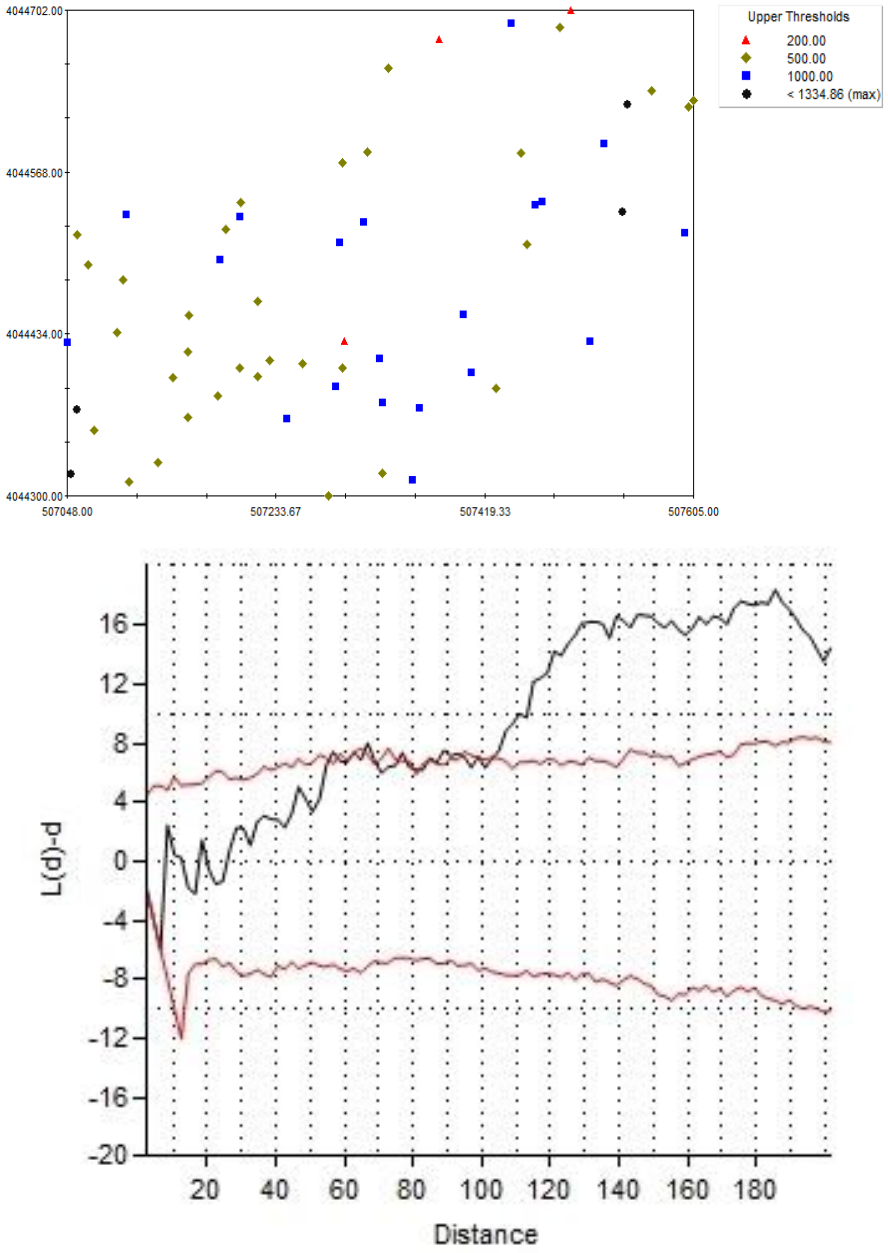
در منطقه مورد بررسی ۷۵ روشنه ثبت شد که به‌طور میانگین در هر هکتار ۲/۴ روشنه محاسبه شد. مجموع سطح روشنه‌ها ۳۷۶۳۱/۲۴ متر مربع و ۱۲/۱ درصد از کل سطح مورد بررسی را تشکیل داد. کمترین سطح روشنه‌ها ۱۱۵/۸۷ و بیشترین سطح معادل ۱۳۳۴/۸۶ مترمربع محاسبه شد. بیشتر روشنه‌ها (۵۷/۴ درصد) ۲۰۰ تا ۵۰۰ مترمربع وسعت داشتند (شکل ۵). کمترین و متوسط فاصله بین روشنه‌ها به‌ترتیب ۲۱/۱۳ و ۲۹/۵ متر محاسبه شد.



شکل ۵- فراوانی نسبی روشنه‌ها در طبقه‌های مختلف سطح

الگوی پراکنش

شکل ۶ الگوی پراکنش مکانی روشنه‌ها را در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهند. با توجه به نمودار تابع L، مقدار این تابع تا فاصله ۱۰۰ متری داخل حدود مونت‌کارلو قرار گرفته و درنتیجه الگوی تصادفی را نشان می‌دهد. از شعاع ۱۰۰ متر به بعد تا ۲۰۰ متری تابع L بالاتر از حدود مونت‌کارلو قرار گرفته و به الگوی خوشه‌ای می‌رسد.

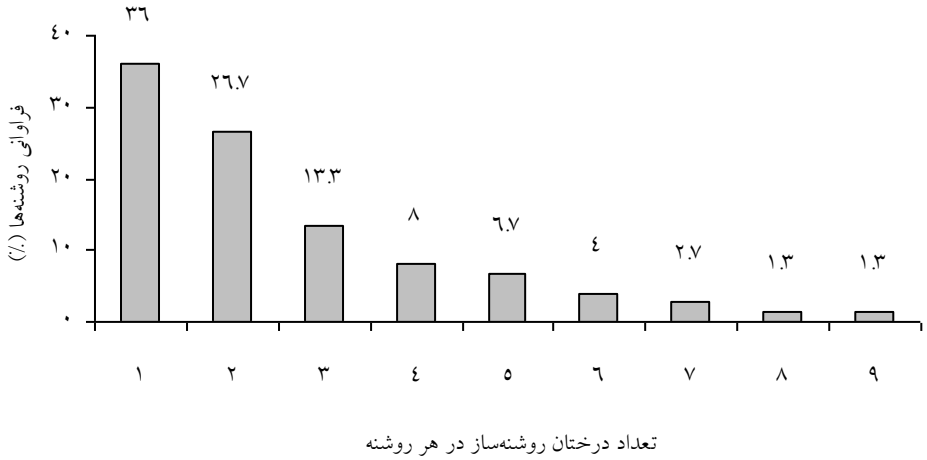


شکل ۶- الگوی پراکنش مکانی روشنه‌ها در عرصه مورد بررسی

(شکل زبرین- واحد اعداد داخل راهنما متر مربع است) و نمودار تابع (L) و حدود مونت‌کارلو (شکل زیرین- در این شکل فاصله به متر است)

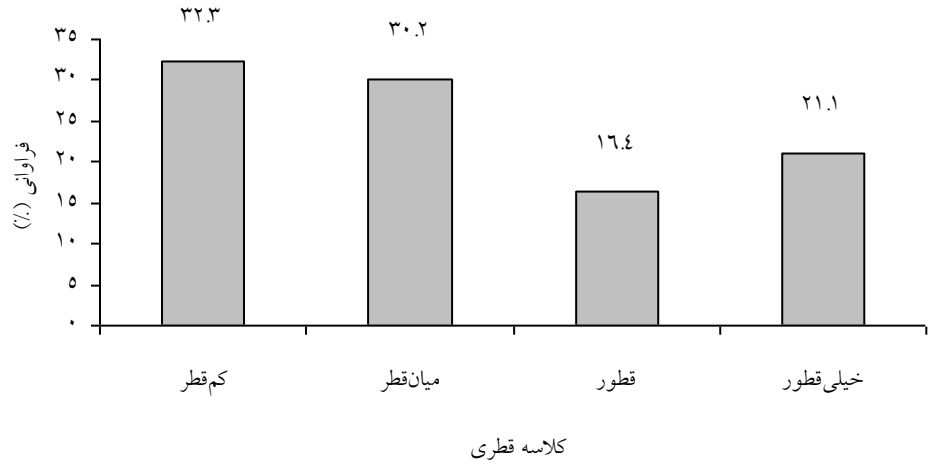
درختان روشنه‌ساز

۷۵ روشنه مورد بررسی از افتادن و یا خشک شدن ۱۹۵ درخت در طبقه‌های مختلف قطری و پوسیدگی بوجود آمده بودند. بیشتر از ۹۰ درصد از درختان ایجادکننده روشنه از گونه راش و مابقی ممرز، پلت و توسکا ییلاقی بودند. روشنه‌ها از افتادن حداقل یک و حداکثر ۹ درخت ایجاد شدند. روشنه‌های ناشی از افتادن یک درخت، بیشترین تعداد را داشتند (۳۶ درصد). بیشتر از ۷۰ درصد از روشنه‌ها بوسیله افتادن و یا خشک شدن یک تا سه درخت ایجاد شده بودند. سهم روشنه‌هایی که در اثر از بین رفتن پنج درخت و بیشتر ایجاد شده بودند، کمتر از ۲۰ درصد بود (شکل ۷).

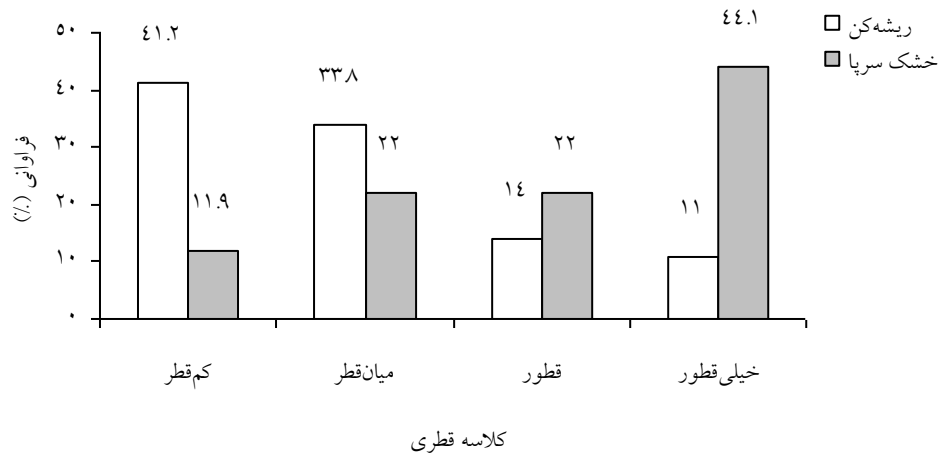


شکل ۷- فراوانی نسبی درختان ایجادکننده روشنه در عرصه مورد بررسی

فراوانی درختان ایجادکننده روشنه در طبقه کم‌قطر و میان‌قطر بیشتر از طبقه‌های قطور و خیلی قطور بود (شکل ۸). از مجموع کل روشنه‌ها، ۶۹/۷ درصد در اثر ریشه‌کن شدن و ۳۰/۳ درصد در اثر خشک شدن سرپا درختان بوجود آمده بودند. ۴۱/۲ درصد از ریشه‌کن‌ها در طبقه کم‌قطر و ۴۴/۱ درصد از خشکه‌دارهای سرپا در طبقه خیلی قطور قرار داشتند. فراوانی درختان ریشه‌کن ایجادکننده روشنه با افزایش طبقه قطری کاهش می‌یافت و برعکس در خشکه‌دارهای سرپا افزایش طبقه قطری با افزایش فراوانی همسو بود (شکل ۹).



شکل ۸- فراوانی نسبی درختان ایجادکننده روشنه در طبقه‌های مختلف قطری

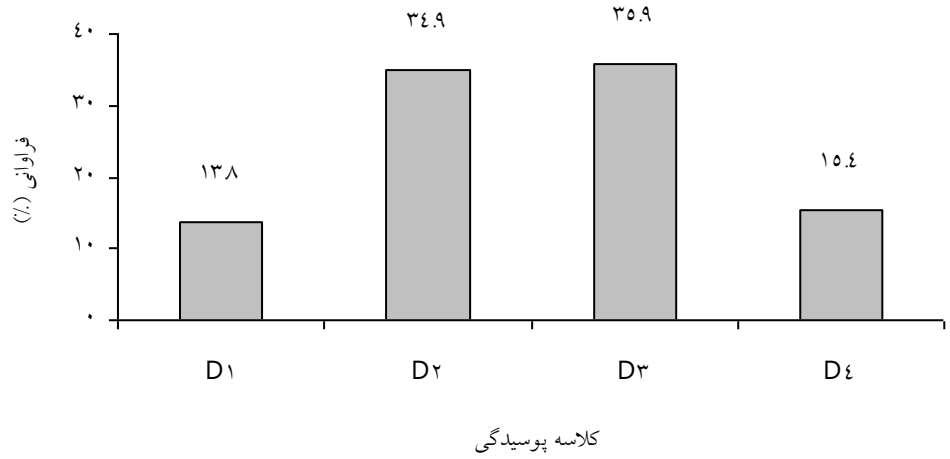


شکل ۹- فراوانی نسبی درختان ریشه‌کن و خشکه‌دار سرپا در طبقه‌های مختلف قطری

هم کمترین (۱۱۵/۸۷ متر مربع) و هم بیشترین (۸۶/ ۱۳۳۴ متر مربع) سطح محاسبه‌شده برای روشنه‌ها در این پژوهش، از افتادن تنها یک درخت بوجود آمده بوداند، در حالی‌که روشنه‌های ایجادشده در نتیجه افتادن یا خشک شدن ۶ تا ۹ درخت، سطحی بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ مترمربع را داشتند.

طبقه پوسیدگی درختان ایجادکننده در روشنه‌ها متفاوت بود. در بعضی از روشنه‌ها فقط یک طبقه

و در برخی دیگر هر چهار طبقه پوسیدگی مشاهده شد. بیشترین فراوانی در طبقه ۲ و ۳ پوسیدگی ثبت شد. طبقه پوسیدگی یک، فقط ۱۳/۸ درصد را به‌خود اختصاص داده بود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- فراوانی نسبی درختان ایجادکننده روشنه در درجات مختلف پوسیدگی

جمع‌بندی

با افزایش سطح روشنه، شدت نور افزایش می‌یابد و به‌علاوه روشنه‌های متوسط بیشترین فراوانی را در منطقه مورد بررسی دارا بودند، بنابراین شرایط بیشتر برای نهال‌های سایه‌پسند و نیمه‌سایه‌پسند مانند راش و غالبیت آنها فراهم شده و نهال‌های نورپسند نظیر پلت و ممرز در روشنه‌های بزرگ و خیلی بزرگ شرایط مناسب‌تری خواهند داشت. بیشتر بودن تعداد روشنه‌های متوسط (۲۰۰ تا ۵۰۰ مترمربع) که به طور معمول از افتادن یک تا دو درخت بوجود می‌آیند، غالبیت گونه راش در عرصه‌های مشابه را تضمین می‌نماید.

حداقل فاصله بین درختان نشانه‌گذاری شده (برای بهره‌برداری) در جنگل‌های شمال به‌طور معمول دوبرابر ارتفاع غالب درختان توده درنظر گرفته شده و نحوه پراکنش روشنه‌ها نیز مورد توجه قرار نمی‌گیرد. کمترین و متوسط فاصله بین روشنه‌ها در پژوهش پیش‌رو، به‌ترتیب ۲۱/۱۳ و ۲۹/۵ متر محاسبه شد که به‌تقریب با روش پیشین تطابق دارد. الگوی پراکنش روشنه‌ها نیز تصادفی معرفی شد.

این نتایج نه‌تنها می‌تواند به‌عنوان یک الگو (رعایت فاصله متوسط بین نشانه‌گذاری‌ها و نحوه الگوی پراکنش آنها که پس از قطع، روشنه‌ها را ایجاد می‌کنند) برای نشانه‌گذاری‌های آتی درختان در جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت مورد استفاده قرار گیرد، بلکه قابلیت استفاده به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی عملکرد نشانه‌گذاری‌های پیشین را نیز دارا است.

منابع

- Bottero, A., Garbarino, M., Dukic´, V., Govedar, Z., Lingua, E., Nagel, T.A. and Motta, R., 2011. Gap-phase dynamics in the old-growth forest of Lom, Bosnia and Herzegovina. Silva Fennica, 45: 875-887.
- Clinton, B.D. and Baker, C.R., 2000. Catastrophic windthrow in the southern Appalachians: characteristics of pits and mounds and initial vegetation responses. Forest Ecology and Management, 126: 51-60.
- Cressie N.A.C., 1993. Statistics for spatial data. Wiley, New York, 900p.
- Kenkel N. C., 1988. Pattern of self-thinning in Jack pine: Testing the random mortality hypothesis. Ecology, 69(4): 1017-1024.
- Leps, J. and Kindlman, P., 1987. Models of the development of spatial pattern of an even-aged plant population over time. Ecological Modeling, 35: 45-57.
- Lin, Y., Hulting, M.L. and Augspurger, C.K., 2004. Causes of spatial patterns of dead trees in forest fragments in Illinois. Plant Ecology, 170: 15–27.
- Lowman, M. D. and Rinker, H. B., 2004. Forest Canopies. Elsevier Academic Press. 544p.
- Müller –Using, S. and Bartsch, N., 2009. Decay dynamic of coarse and fine woody debris of a beech (*Fagus sylvatica* L.) forest in Central Germany. European Journal of Forest Research, 128: 287–296.
- Nagel, T. A. and Svoboda, M., 2008. Gap disturbance regime in an old-growth Fagus– Abies forest in the Dinaric Mountains, Bosnia-Herzegovina. Canadian Journal of Forest Research, 38: 2728–2737.
- Parhizkar, P., Sagheb-talebi, Kh., Mataji, A., Nyland, R. D. and Namiranian, M., 2011. silvicultural characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis* lipsky) regeneration under different rli and positions within gaps. Forestry, 84: 177–185.
- Petritan, A. M., Nuske, R. S., Petritan, I. C. and Tudose, N. C., 2013. Gap disturbance patterns in an old-growth sessile oak (*Quercus petraea* L.)

European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest remnant in the Carpathian Mountains, Romania. Forest Ecology and Management, 308: 67–75.

- Runkle, J.R., 1981. Gap regeneration in some old-growth forests of the Eastern United States. Ecology, 62: 1041–1051.

- Sagheb- Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. Forests of Iran: A treasure from the past, a hope for the future, Springer, 152p.

- Sagheb-Talebi K., Delfan Abazari B. and Namiranian M., 2005. Regeneration process in natural uneven-aged Caspian beech forests of Iran. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 156: 477–480.

- Scharenbroch, B.C. and Bockheim, J.G., 2007. Pedodiversity in an old-growth northern hardwood forest in the Huron Mountains, Upper Peninsula, Michigan. Canadian Journal of Forest Research, 37: 1106–1117.

- Schütz, J. P., 1990. Sylviculture 1. Principles of forest education. Montreux, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 243 P.

- Ward, J. S. and Stephens, G. R., 1996. Influence of crown class on survival and development of *Betula lenta* in Connecticut, U.S.A. Canadian Journal of Forest Research, 26: 277-288.

- Weber, T. A., Hart, J. L., Schweitzer, C. J. and Dey, D. C., 2014. Influence of gap-scale disturbance on developmental and successional pathways in Quercus-Pinus stands. Forest Ecology and Management, 331: 60–70.

- Woods, K.D., 2004. Intermediate disturbance in a late-successional hemlock northern hardwood forest. Journal of Ecology, 92: 464–476.

- Zenner, E.K. and Peck, J.E., 2009. Characterizing structural conditions in mature managed red pine: spatial dependency of metrics and adequacy of plot size. Forest ecology and management, 257: 320-311.

تعیین الگوی پراکنش مکانی روشنه‌ها در یک توده جنگلی دست نخورده

علاوه بر اینکه می‌تواند برای نشانه‌گذاری‌های آتی درختان در جنگلشناسی نزدیک به طبیعت مورد استفاده قرار گیرد، بلکه قابلیت استفاده به عنوان یک شاخص جهت ارزیابی عملکرد نشانه‌گذاری‌ها را نیز دارا می‌باشد.