

تحلیل الگوی مکانی و پویایی زی توده روی زمینی درختان سفیدپلت (*Populus caspica* Bornm.) در مراحل تحولی توده‌های طبیعی پارک جنگلی نور

علی اصغر واحدی^{۱*}، علیرضا بیژنی^۲ و عزت‌اله خطیب‌نیا^۲

- ۱- دکتری جنگلداری، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- ۲- کارشناس ارشد جنگلداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری مازندران، نوشهر، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۹

چکیده

هدف این پژوهش تحلیل الگوی مکانی و پویایی زی توده درختان سفیدپلت در قالب اجتماع‌پذیری در مراحل مختلف تحولی است. برآورد زی توده از حاصل ضرب حجم و جرم حجمی با فرض عامل ثابت استفاده شد. با تفکیک مراحل تحولی در عرصه، مختصات کلیه درختان گونه هدف در سه قطعه یک هکتاری مجزا با ابعاد 100×100 مترمربع ثبت و یا با استفاده از روابط مثلثاتی محاسبه شدند. تحلیل الگوی مکانی با آماره ارینگ تک متغیره نشان داد که الگوی پراکنش درختان این گونه در مرحله صعودی و اوج در برخی فواصل محدود به صورت کپه‌ای و در بقیه فواصل با توجه به تراکم پراکنش در محدوده مونت‌کارلو به صورت تصادفی بوده است. در مرحله تخریب علاوه بر دارا بودن پراکنش کپه‌ای و تصادفی، در فواصل ۳۶ و ۴۰ متری الگوی منظم نیز مشاهده شد. نتایج تحلیلی با استفاده از آماره ارینگ دومتغیره نشان داد که اثر اجتماع‌پذیری درون‌گونه‌ای درختان بین کلاسه متوسط زی توده و کلاسه پایین زی توده در مرحله صعودی و تخریب در یک فاصله مشخص (۸ متری) به صورت جذب و در بقیه فواصل مستقل است. در مرحله اوج، رقابت بین کلاسه‌های مذکور در فواصل ۱۰-۱۲ متری و ۲۲ متری به صورت جذب و در بقیه فواصل مستقل است. همچنین روند پویایی زی توده درختان بین کلاسه زیاد زی توده و کلاسه پایین زی توده در کلیه مراحل تحولی مستقل بوده که حاکی از پراکنش درختان کم قطر تحت تأثیر رقابت درون‌گونه‌ای حاصل از درختان خیلی قطور نبوده است.

واژه‌های کلیدی: آماره ارینگ، جنگل‌های جلگه‌ای هیرکانی، رقابت، مدیریت سبز، مراحل تحولی.

توزیع زی توده این درختان با توجه به شرایط طبیعی حاکم در جنگل مدنظر ترسیم شوند. مراحل تحولی جنگل اعم از مرحله صعودی (Initial)، بلوغ یا اوج (Optimal) و تخریب (Decay) بیانگر روند طبیعی توده‌های بوم‌سازگان طبیعی جنگل می‌باشند که البته تحت تأثیر آشفتگی‌های مختلف در مقیاس کوچک یا بزرگ می‌توانند دارای ویژگی‌های متفاوت باشند. توزیع مکانی زی توده و اجتماع‌پذیری (Association) درختان در هر یک از مراحل تحولی با در نظر داشتن تاریخچه رویدادها و وقایع طبیعی و غیرطبیعی می‌تواند الگوی مناسبی را برای شبیه‌سازی حد پایدار جنگل‌ها برای مدیریت بهینه و توسعه اصولی در اختیار مدیران اجرایی جنگل قرار دهد. در رابطه با تفکیک مراحل تحولی، تحلیل الگوی مکانی و اجتماع‌پذیری درختان غالب در جنگل‌های طبیعی شمال کشور مطالعات مختلفی صورت گرفته است که می‌توان به پژوهش‌های Akhavan و همکاران (2010, 2012)، Akhavan and Sagheb-Talebi (2014)، Akhavan و همکاران (2014)، Alijani و همکاران (2014)، Safari and Sohrabi و Nouri (2014) و همکاران (2015) Omidvar Hosseini و همکاران (2015) و بسیاری از موارد دیگر اشاره کرد. در خصوص همین نوع مطالعات در سوابق پژوهش‌های خارج از کشور می‌توان به مطالعات Hao و همکاران (2007)، Rozas و همکاران (2009)، Král و همکاران (2014)، Miao و همکاران (2014)، Lorimer and Cheng, Halpin (2014) و همکاران (2014) و پژوهش‌های مختلف دیگر در زیست‌بوم‌های (Biomes) متفاوت اشاره کرد که در تمام این پژوهش‌های صورت گرفته برای تعیین الگوی مکانی و اجتماع‌پذیری درختان و توده‌های طبیعی جنگل‌های

طبق گزارش موجود در سازمان خواروبار جهانی (FAO) در سال ۲۰۱۳، سطح اکوسیستم‌های طبیعی جنگل در مقیاس جهانی بیش‌ازپیش رو به کاهش بوده و در حال حاضر حدود ۳۱ درصد از سطح کره زمین پوشیده از پوشش جنگلی است (FAO, 2013). در این رابطه سطح جنگل‌های جلگه‌ای شمال کشور به دلیل وسعت شهرنشینی، کشاورزی و تغییرات کاربری بسیار کاهش یافته و امروزه لکه‌هایی مجزا از جنگل‌های مذکور در حاشیه جنوبی دریای مازندران مشاهده می‌شود. یکی از این وسیع‌ترین لکه‌های جنگلی، پارک جنگلی نور است که در واقع جزء آخرین باقیمانده‌های جنگل‌های جلگه‌ای کرانه دریای مازندران محسوب می‌شود. حضور درختان گونه‌های نادر مانند درختان سفیدپلت (*Populus caspica* Bornm) که در لیست قرمز گونه‌های در حال انقراض قرار گرفته است (IUCN, 1994)، اهمیت حفاظتی و ذخیره‌گامی جنگل مذکور را در عرصه ملی و حتی جهانی بیش‌ازپیش نشان می‌دهد. از این‌رو، پژوهش و تحلیل روند پویایی زی توده درختان گونه‌های انحصاری و در حال انقراض همچون درختان سفیدپلت در پارک جنگلی نور می‌تواند تبیین‌کننده راه‌حلی کارساز برای توسعه و حفظ گونه‌های نادر برای جلوگیری از تضعیف پایداری و زوال جنگل‌های مذکور محسوب شود. در این پژوهش روند پویایی بلندمدت مقادیر زی توده درختان سفیدپلت در قالب پراکنش مکانی و رقابت درون‌گونه‌ای در محدوده‌های دست‌نخورده و طبیعی پارک جنگلی نور مورد بررسی قرار گرفت تا با ارائه الگوی محاسباتی زی توده علاوه بر اینکه سهم زی توده گونه مورد بررسی در پارک جنگلی نور در مراحل مختلف تحولی مشخص شود؛ با استفاده از توصیف الگوی مکانی پراکنش درختان سفیدپلت،

مورد بررسی در زیست‌بوم‌های متنوع از شاخص‌های مختلف استفاده شده است.

داشتن اطلاعات مربوط به مقادیر زی توده روی زمینی درختان و الگوی توزیع آن به‌عنوان شاخص پایدار در بوم‌سازگان‌های جنگلی دارای اهمیت بسزایی است و یکی از زمینه‌های موردعلاقه اکولوژیست‌ها در عصر حاضر محسوب می‌شود. از این‌رو با توجه به اینکه در مراحل مختلف تحولی جنگل، تغییرات پویایی زی توده درختان دارای روند بلندمدتی است (Long-term dynamics)، تحلیل الگوی مکانی مقادیر زی توده درختان در هریک از مراحل تحولی می‌تواند پیش‌نیاز لازم برای اجرای جنگل‌شناسی همگام با طبیعت، شبیه‌سازی جنگل‌های پایدار حفاظتی برای توسعه و احداث در شرایط رویشگاهی مشابه محسوب شود. مهم‌ترین هدف راهبردی این پژوهش، ارائه الگوی مکانی توزیع زی توده گونه مذکور در مراحل مختلف تحولی است. علاوه بر آن پژوهش حاضر در پی این است که آیا رقابت درون‌گونه‌ای درختان سفیدپلت در قالب اجتماع‌پذیری تأثیرات بارزی در روند توزیع زی توده درختان گونه مورد بررسی در هر یک از مراحل تحولی داشته است یا خیر؟ در واقع با استفاده از این خروجی‌های به‌دست‌آمده به‌عنوان بخشی از اطلاعات مکمل می‌توان برای احیاء و توسعه توده‌هایی با ترکیب و شرایط رویشگاهی مشابه در شرایط غیر حفاظتی، گامی مؤثر برداشت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

جنگل مورد بررسی در استان مازندران در منطقه تمیشان نور واقع است. مساحت پارک جنگلی حدود ۳۶۰۰ هکتار است که بین ۸' ۵۲° تا ۲' ۵۳° طول

جغرافیایی و ۳۶° ۳۲' تا ۳۶° ۳۶' عرض جغرافیایی واقع شده است. کلیه رویشگاه‌های آن به‌طور پیوسته به‌صورت جلگه‌ای و پست در ارتفاع پایین‌تر از سطح دریای آزاد قرار گرفته‌اند. محدوده مورد بررسی بخشی از رویشگاه حفاظتی درختان گونه سفیدپلت در عمق پارک جنگلی نور است که جزء لکه‌های طبیعی و کمتر دست‌خورده محسوب می‌شوند. میانگین بارندگی سالانه منطقه، ۱۰۹۷ میلی‌متر؛ میانگین کمترین درجه حرارت سردترین ماه سال (دی)، ۳/۷ درجه سانتی-گراد و میانگین بیشترین درجه حرارت گرم‌ترین ماه سال (خرداد)، ۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است.

جمع‌آوری داده‌ها

برای انجام پژوهش حاضر در مرحله اول با جنگل گردشی، مراحل مختلف تحولی توده‌های طبیعی سفیدپلت در محدوده مورد بررسی شامل مرحله صعود، اوج و تخریب در سطح حداکثر یک هکتار از یکدیگر تفکیک شدند. برای تفکیک هریک از مراحل از شاخص‌های تعریف‌شده در این زمینه استفاده شد (Mataji & Sagheb-Talebi, 2007; Akhavan *et al.*, 2010, 2012; Akhavan & Sagheb-Talebi, 2012). لازم به ذکر است که در حین بررسی در منطقه مورد بررسی، موزاییک‌های طبیعی از هر یک از مراحل تحولی مذکور در سطح کمتر از یک هکتار نیز مشاهده شد که در روند انجام پژوهش حاضر صرف‌نظر شدند. پس از پیاده‌سازی قطعات و تعیین محدوده قطعات، مختصات گوشه جنوب غربی این قطعات با دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) برداشت و ثبت شد. با توجه به انبوهی پراکنش درختان جنگل‌های شمال در فواصل کم و با استناد به اینکه دستگاه موقعیت‌یاب در بهترین حالت حداقل دارای ± 5 متر خطا است، مختصات دیگر درختان سفید پلت در سطح قطعات نسبت به ایستگاه

حاصل از تخمین می‌شود. روابط زیر نحوه محاسبه حجم تنه، تاج و زی‌توده اجزاء مختلف درختان را نشان می‌دهد. (Zhu et al., 2010; Faraji et al., 2015).

رابطه (۱)

$$\begin{cases} V_b = \frac{\pi}{4} \times (DBH)^2 \times H \times F \xrightarrow{F=0.5} V_b = \frac{1}{2} GH \\ V_c = \frac{\pi \times D^2}{12} \times \frac{F}{or} \approx Vaccum \xrightarrow{Vaccum=\%P} V_c = \left(\frac{\pi \times D^2}{12} \right) \times 0. \end{cases}$$

رابطه (۲)

$$\Rightarrow \begin{cases} B_b = V_{bole} \times WD \xrightarrow{WD=\beta} B_{bole} = \beta V_b \\ B_c = 0.5 \times \left(\frac{\pi \times D^2}{12} \right) \times WD \xrightarrow{WD=\gamma} B_c = 0.5\gamma \left(\frac{\pi \times D^2}{12} \right) \end{cases}$$

در رابطه ۱، V_b و V_c به ترتیب حجم تنه و حجم تاج درختان، DBH قطر برابرسینه (سانتی‌متر)، H ارتفاع کل (متر)، F ضریب شکل ($F = 0.5$)، G سطح مقطع، D قطر متوسط تاج درختان محسوب می‌شوند. برای محاسبه حجم تاج، مقدار خلأ تاجی برای محاسبه تقریباً ۵۰ درصد در نظر گرفته شد (Faraji et al., 2015). در رابطه ۲، B_b و B_c به ترتیب مقادیر

زی‌توده تنه و تاج درختان (kg) و WD جرم حجمی اجزاء مختلف (g/cm^3) درختان است. البته در رابطه با تبدیل واحدهای برخی از عوامل برحسب سانتی-متر و گرم از تبدیل ضرایب محاسباتی استفاده شد. در ادامه ارائه الگوی محاسبه زی‌توده روی زمینی، ذکر این نکته نیز ضروری است که جرم حجمی درختان خشکه‌دار نمی‌تواند از ضرایب ثابت پیروی کند. از آنجایی که درختان خشکه‌دار سرپای مشاهده شده در قطعات مورد بررسی بدون تاج بودند، جرم حجمی تنه درختان طبق رابطه ۳، از حاصل ضرب جرم حجمی تنه درختان سالم و ضریب نسبی جرم حجمی درختان خشکه‌دار استفاده می‌شود (Harmon et al., 2007).

$$\frac{\beta_{decay}}{\beta} = k \rightarrow WD = k\beta \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه ۳، β_{decay} جرم حجمی (پوسیده) درختان خشکه‌دار، k ضریب نسبی جرم حجمی

تعیین شده در حاشیه جنوب غربی با استفاده از رابطه فاصله و آزیموت و در نهایت از طریق روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی $\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ تبدیل شدند (Akhavan et al., 2014; Miao et al., 2014; Omidvar-Hosseini, 2015). برای تعیین آزیموت از قطب‌نما و تعیین فواصل از دستگاه مسافت یاب لیزری لایکا (Leika) استفاده شد. در هر قطعه، قطر برابرسینه، ارتفاع کل و قطر تاج درختان سفیدپلت به همراه کلیه درختان گونه‌های همراه از هر طبقه قطری موجود به‌طور صد درصد اندازه‌گیری شدند. برای نمایش الگوی مکانی زی‌توده روی زمینی درختان سفیدپلت، با توجه به مقادیر برآوردی زی‌توده، سه کلاسه زی-توده شامل درختان با مقادیر کم زی‌توده یا کم قطر (۳۰-۶۰ سانتی‌متر)، با مقادیر متوسط زی‌توده یا قطر متوسط (۶۰-۸۰ سانتی‌متر) و مقادیر خیلی زیاد زی-توده یا خیلی قطور (بیشتر از ۸۰ سانتی‌متر) طبقه‌بندی شدند (Vahedi, 2014).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

زی‌توده روی زمینی (Above-ground biomass)

برای برآورد زی‌توده روی زمینی درختان سفیدپلت از روش حاصل ضرب حجم و جرم حجمی استفاده شد (Zhu et al., 2010; Faraji et al., 2015). با توجه به شرایط حفاظتی رویشگاه گونه سفیدپلت، چون استفاده از روش تخریبی برای تکه‌برداری ابعاد چوبی به‌منظور تعیین جرم حجمی امکان‌پذیر نبود؛ از عامل‌های محاسباتی ثابت استفاده شد. البته، با استناد به اینکه در بین درختان درون‌گونه‌ای، جرم حجمی دارای تغییرات معنی‌داری نیست (Henry et al., 2010) کاربرد عامل ثابت جرم حجمی β مربوط به تنه درختان و γ مربوط به تاج درختان در رابطه ۲ سبب کاهش خطای محاسباتی یا حداقل ثابت ماندن خطای برآوردی

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) O_{(r)} = \lambda \rightarrow \text{Random} \\ 2) O_{(r)} > \lambda \rightarrow \text{Aggregation} \\ 3) O_{(r)} < \lambda \rightarrow \text{Regular} \end{array} \right. \quad \text{رابطه (۶)}$$

طبق رابطه ۶، اگر چنانچه مقادیر ارینگ برابر با تراکم درختان باشد، در این صورت الگوی پراکنش تصادفی خواهد بود و اگر چنانچه مقادیر آن بیشتر از تراکم و یا کمتر از مقدار تراکم باشد در این وضعیت به ترتیب الگوی پراکنش کپه‌ای و یا منظم خواهد بود. در آماره ارینگ دومتغیره $g_{12(r)}$ تعداد مورد انتظار گروه دو در فاصله r از نقطه دلخواه گروه یک است. وضعیت اثرهای متقابل بین درختان در الگوی پراکنش موجود مطابق رابطه ۷ نشان داده می‌شود.

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) O_{12(r)} = \lambda \rightarrow \text{Independence} \\ 2) O_{12(r)} > \lambda \rightarrow \text{Attraction} \\ 3) O_{12(r)} < \lambda \rightarrow \text{Repulsion} \end{array} \right. \quad \text{رابطه (۷)}$$

طبق رابطه ۷، در صورتی که مقادیر آماره ارینگ دومتغیره با مقدار تراکم (با فرض متغیر بودن مکان درختان طبقات قطری کوچک‌تر در گروه دوم و ثابت بودن مکان درختان طبقات قطری بزرگ‌تر در گروه اول) مساوی باشد در این صورت، وضعیت اجتماع-پذیری به صورت مستقل و اگر چنانچه مقادیر ارینگ دومتغیره بزرگ‌تر از مقدار تراکم یا به نوعی کمتر از مقدار تراکم درختان باشد، در این صورت اثرهای متقابل درختان به ترتیب به صورت جذب و دفع است. برای آزمون فرض صفر و بررسی اختلاف معنی‌داری، نتایج حاصل از O_r و $O_{12(r)}$ در سطح احتمال مشخص با شبیه‌سازی مونت‌کارلو مقایسه می‌شود. در صورتی که مقادیر شاخص‌های تک متغیره و دومتغیره مذکور در داخل محدوده مونت‌کارلو قرار گیرند، فرض صفر در آن فاصله تأیید و در صورتی که این مقادیر خارج از محدوده مونت‌کارلو قرار گیرند فرض صفر رد می‌شود. در پژوهش حاضر، به تعداد ۹۹ بار شبیه‌سازی مونت‌کارلو انجام شد و فاصله

درختان خشکه‌دار، β جرم حجمی درختان سالم معرفی می‌شوند.

آماره ارینگ (O-ring statistic)

استفاده از آماره ارینگ برای تحلیل الگوی مکانی درختان در جنگل‌های طبیعی یکی از پرکاربردترین و با دقت‌ترین شاخص مورد استفاده نسبت به شاخص‌های دیگر مانند تابع K رایبلی و شکل خطی آن (L) است. در واقع برخلاف شاخص‌های مذکور، اساس آماره ارینگ بر مبنای متوسط تعداد نقاط قرار گرفته بر روی حلقه‌ها با شعاع r از نقاط مرکزی در داخل قطعه مورد بررسی است (Miao et al., 2014; Omidvar-Hosseini et al., 2015). آماره ارینگ به دودسته ارینگ تک متغیره ($O_{11(n)}$) و ارینگ دومتغیره ($O_{12(n)}$) تقسیم‌بندی می‌شود. ارینگ تک متغیره برای نشان دادن نحوه الگوی پراکنش درختان (تصادفی، کپه‌ای، منظم) و ارینگ دومتغیره به منظور بررسی اثرهای متقابل درختان در قالب رقابت یا الگوی اجتماع‌پذیری (جذب: Attraction، دفع: Repulsion و مستقل: Independence) به کار گرفته می‌شود. رابطه محاسباتی شاخص ارینگ به صورت زیر نشان داده می‌شود.

$$O_{(r)} = \lambda g_{(r)} \xrightarrow{g_{(r)} = (K_{(r)})'} O_{(r)} = \lambda \left(\frac{\bar{n}(r)}{\rho} \right)' \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$O_{12(r)} = \lambda_2 g_{12(r)} \rightarrow O_{12(r)} = \lambda_2 (K_{12(r)})' \quad \text{رابطه (۵)}$$

در روابط ۴ و ۵، $(K_{(r)})'$ مشتق اول تابع K رایبلی، $(K_{12(r)})'$ مشتق تابع K رایبلی دومتغیره، میانگین تعداد درختان همسایه‌ای هست که به شعاع r از یک درخت قرار گرفته و λ و ρ تراکم (تعداد در واحد سطح است) درختان است. برای تحلیل وضعیت پراکنش زی‌توده روی زمینی درختان سفیدپلت و اثرهای متقابل درون‌گونه‌ای از روابط تحلیلی زیر استفاده می‌شود.

نتایج

در جدول ۱، تمام کمیت‌های اندازه‌گیری شده درختان سفیدپلت و سایر گونه‌ها در هر یک از مراحل تحولی نشان داده شده است. با احتساب میانگین موجودی حجمی تنه و تاج درختان سفیدپلت و گونه‌های همراه در هر یک از مراحل تحولی مورد اشاره، میانگین زی-توده روی زمینی حاصل مجموع میانگین زی-توده تنه و تاج درختان در جدول ۱ نشان داده شده است. البته فرض اصلی در این زمینه این است که جرم حجمی تنه درختان بیشتر از جرم حجمی تاج است ($\gamma \leq \beta$).

مورد محاسبه برای آماره تک متغیره ارینگ به طول نصف ضلع کوچک قطعه (۵۰ متر) در نظر گرفته شد (Salas et al., 2006; Omidvar-Hosseini et al., 2015). در این پژوهش با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون کولموگروف-اسمیرنف و توزیع پواسن همگن بر توزیع درختان سفیدپلت از روش ارینگ همگن برای نشان دادن الگوی مکانی درختان گونه مورد بررسی استفاده شد (Moghaddam, 2001). برای انجام محاسبات مربوط به آماره ارینگ تک متغیره و دو متغیره از نرم‌افزار Programita نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.

جدول ۱- ویژگی‌های زیست فیزیکی اندازه‌گیری شده درختان در مراحل مختلف تحولی

Table 1. Biophysics characteristics of measured trees in various stages of transformation

مرحله تخریب Decay stage		مرحله اوج Optimal stage		مرحله صعودی Initial Stage		مرحله تحولی Stage
سایر گونه‌ها Other species	سفید پلت Caspian poplar	سایر گونه‌ها Other species	سفید پلت Caspian poplar	سایر گونه‌ها Other species	سفید پلت Caspian poplar	درختان Trees
105	35	147	79	165	36	تعداد پایه‌های درختان (فراوانی مطلق) Absolute frequency
75	25	65	35	82	18	درصد فراوانی Abundance percent
30	5	5		50	15	درصد زادآوری Regeneration percent
15	5	1	0	8	2	تعداد خشکه دار Number of deadwood trees
10	35	15.5	35	7.5	28.5	حداقل قطر برابر سینه (سانتی‌متر) The minimum diameter (cm)
123	178.7	93.5	98.3	60.6	170	حداکثر قطر برابر سینه (سانتی‌متر) The maximum diameter (cm)
68.5	77.8	58.5	54.5	35.3	77.5	میانگین قطر برابر سینه (سانتی‌متر) The mean of diameter (cm)
9.8	32.5	21	29.5	11.3	28	حداقل ارتفاع (متر) The minimum of height (m)
34.7	39.5	35	43.6	18.2	36	حداکثر ارتفاع (متر) The maximum of height (m)

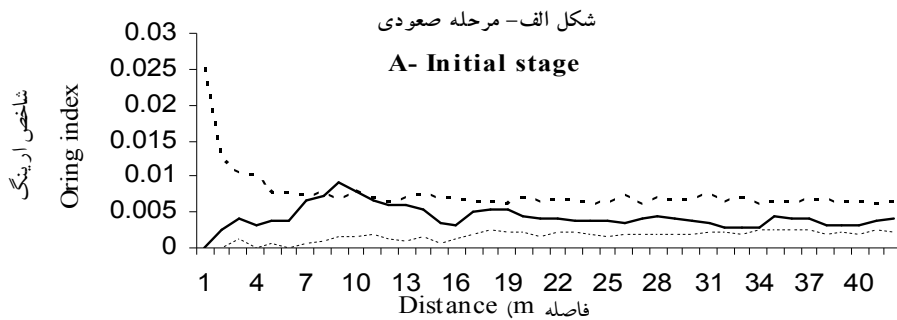
ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

مرحله تخریب Decay stage		مرحله اوج Optimal stage		مرحله صعودی Initial Stage		مرحله Stage
سایر گونه‌ها Other species	سفید پلت Caspian poplar	سایر گونه‌ها Other species	سفید پلت Caspian poplar	سایر گونه‌ها Other species	سفید پلت Caspian poplar	درختان Trees
23.3	36.3	28.6	37.8	15.4	33.7	میانگین ارتفاع (متر) The mean of height (m)
4.29 β + 4.71 γ	7.41 β + 3.21 γ	3.84 β + 8.37 γ	4.28 β + 6.78 γ	0.753 β + 2.64 γ	5.72 β + 2.09 γ	میانگین زی توده (کیلوگرم) The mean of biomass (kg)

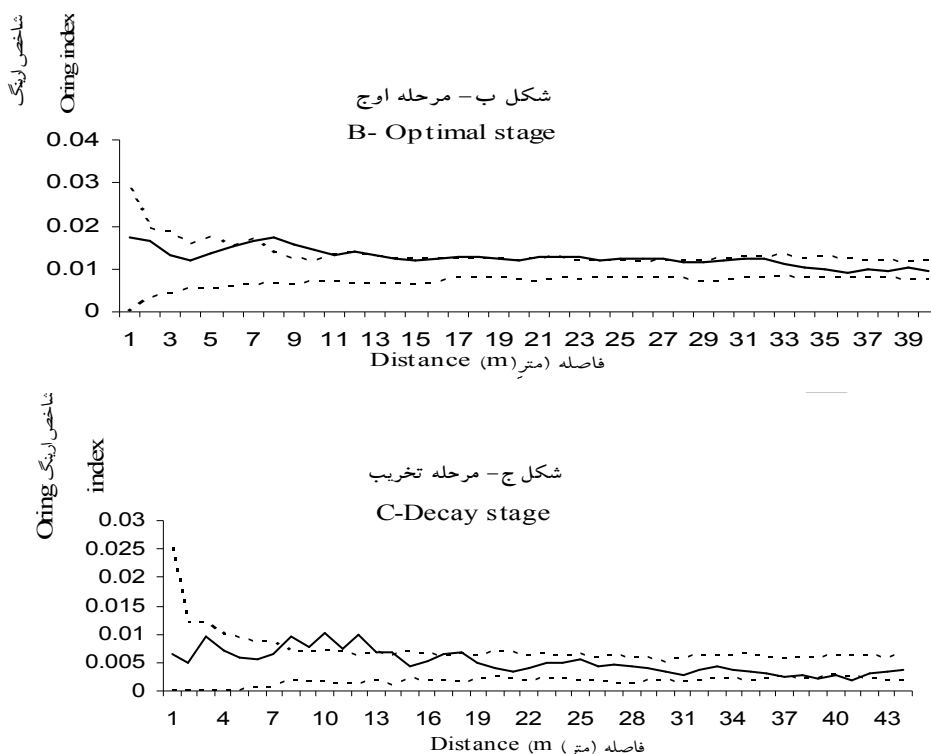
متری به صورت کپه‌ای و در بقیه فواصل موجود به صورت تصادفی است (شکل ۱). همچنین با توجه به شکل ۱، پراکنش درختان در مرحله تخریب در فواصل ۱۳-۷ متری و در فاصله ۱۷-۱۶ متری دارای الگوی کپه‌ای، در فاصله ۳۶ و در فاصله ۴۰ متری به صورت منظم و در بقیه فواصل موجود الگوی پراکنش گونه مورد بررسی به صورت تصادفی است.

شکل ۱ نتایج آماره ارینگ تک متغیره و به تبع آن الگوی پراکنش درختان سفیدپلت را در هر یک از مراحل تحولی نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده، الگوی پراکنش درختان سفیدپلت در مرحله صعودی در فاصله ۸ متری به صورت کپه‌ای و در بقیه فواصل مذکور به صورت تصادفی است (شکل ۱). الگوی پراکنش درختان سفیدپلت در مرحله اوج در فواصل ۱۳-۷ متری، ۲۲-۱۹ متری و ۲۶-۲۴



شکل ۱- وضعیت پراکنش و الگوی مکانی درختان سفیدپلت در مراحل مختلف تحولی جنگل

Figure 1- The distribution and spatial pattern of Caspian poplar in different development stages

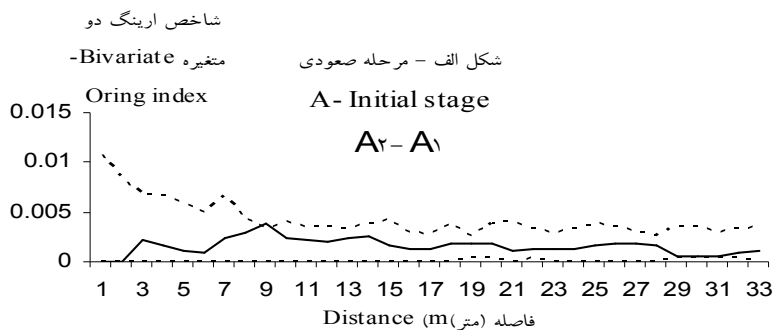


ادامه شکل ۱.

Continued figure 1.

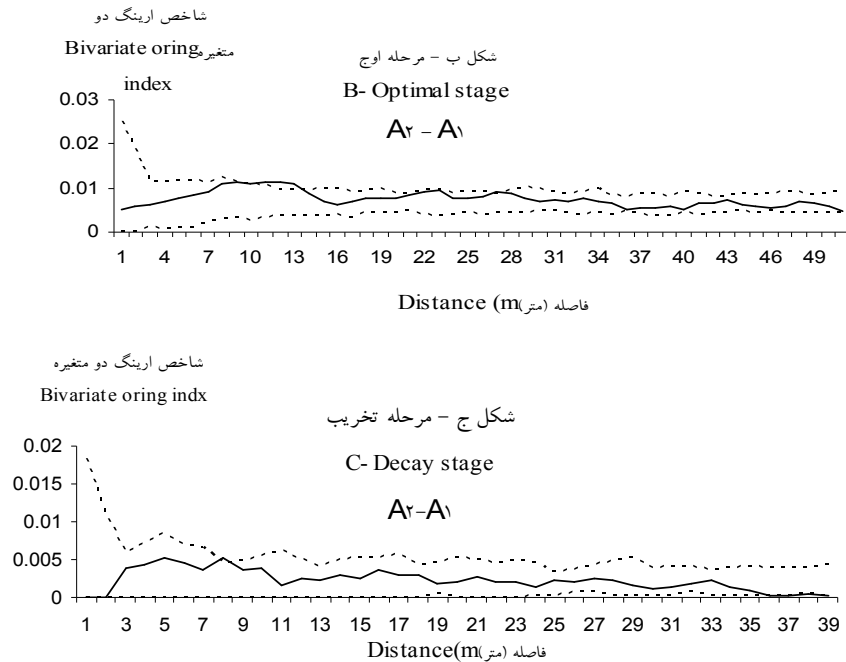
درختان موجود پراکنش مستقلی از هم دارند (شکل ۲). در مرحله اوج، درختان با زی توده کم در فواصل ۱۰ - ۱۲ متری و در فاصله ۲۲ متری از درختان با مقادیر متوسط زی توده دارای تراکم صعودی و اثرهای جذب هستند و پراکنش درختان مذکور در بقیه فواصل نشان داده شده به صورت مستقل است (شکل ۲).

شکل ۲ نتایج آماره دومتغیره ارینگ در رابطه با اجتماع پذیری درختان با مقادیر زی توده کم و متوسط را نشان می دهد. طبق نتایج به دست آمده، در مرحله صعودی و در مرحله تخریب، تراکم درختان با مقادیر زی توده کم در فاصله ۸ متری از درختان با مقادیر متوسط زی توده افزایش یافته و در بقیه فواصل مذکور



شکل ۲ - وضعیت پویایی درون‌گونه‌ای درختان سفیدپلت بین دو کلاسه مقادیر کم و متوسط زی‌توده در مراحل مختلف تحولی جنگل. A1 و A2 به ترتیب عبارت‌اند از درختان با مقادیر زی‌توده کم و زی‌توده متوسط

Figure 2. Dynamics of Intra-species association of Caspian poplar between low class and medium class of biomass in different development stages

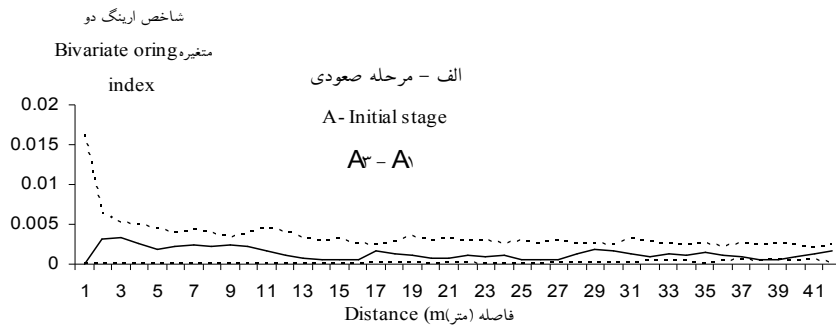


ادامه شکل ۲.

Continued figure 2.

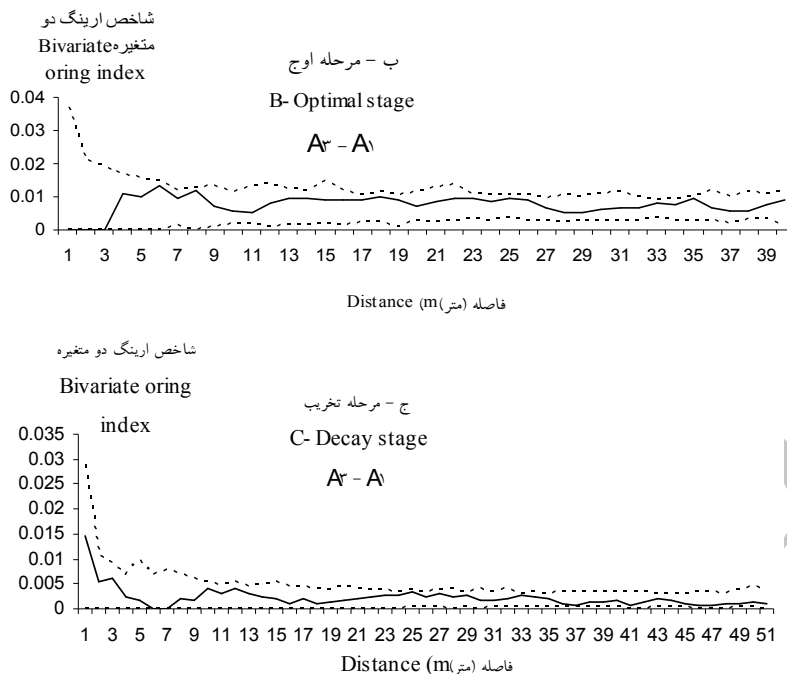
پراکنش درختان دارای زی‌توده کم در هر یک از مراحل تحولی مستقل از پراکنش درختان با زی‌توده زیاد است.

با توجه به پویایی درختان سفیدپلت در مراحل مختلف تحولی در شکل ۳، نتایج نشان داد که بین درختان با زی‌توده خیلی زیاد و زی‌توده کم در مرحله صعودی، اوج و تخریب ارتباطی بی‌اثر وجود دارد و



شکل ۳ - وضعیت پویایی درون‌گونه‌ای درختان سفیدپلت بین دو کلاسه مقادیر کم و زیاد زی‌توده در مراحل مختلف تحولی جنگل. A1 و A2 به ترتیب عبارت‌اند از درختان با مقادیر زی‌توده کم و زی‌توده زیاد.

Figure 3. Dynamics of Intra-species association of Caspian poplar between low class and high class of biomass in different development stages



ادامه شکل ۳.

Continued figure 3.

در محدوده‌های مورد بررسی ذخیره‌گاه کمتر دست- نخورده سفیدپلت در پارک جنگلی نور، در مرحله اوج عملاً آشکوب‌بندی شبیه به آنچه در راشستانهای خالص شمال وجود دارد، مشاهده نشد. در واقع به دلیل آمیختگی ترکیب جنگل از گونه‌های مختلف مانند، افرا پلت، ممرزه بلندمازو، انجیلی، اوجا، توسکای قشلاقی و سایر گونه‌های همراه، اگرچه در مرحله اوج کف جنگل دارای سایه و فقدان زادآوری، تاج پوشش کاملاً بسته، دامنه ارتفاعی درختان غالب سفیدپلت تقریباً مشابه هم و اختلاف دامنه ارتفاعی درختان گونه‌های اصلی نیز ناچیز بود، ولی شرایط تک اشکوبی در قطعه تفکیک‌شده وجود نداشت. همان‌طور که در جدول ۱ نیز مشاهده می‌شود اختلاف دامنه‌های قطری درختان سفیدپلت در مراحل تحولی مختلف متفاوت بوده است ولی دامنه ارتفاعی آن در مرحله صعودی نسبت به مرحله اوج و تخریب تقریباً کمتر

بحث

برای تفکیک مراحل تحولی در جنگل‌های شمال کشور، بیشتر پژوهش‌های انجام شده در راشستان‌های شمال کشور با ترکیب و ساختارهای مختلف صورت گرفت (Mataji and Sagheb-Talebi, 2007; Akhavan *et al.*, 2010; Akhavan and Sagheb-Talebi, 2012; Alijani *et al.*, 2014) که در راشستان‌های خالص شمال کشور در مرحله اوج که اغلب لایه پوششی درختان به صورت غالب (درختان راش) و خالص بوده، تاج پوشش کاملاً بسته و در واقع جنگل یا موزاییک‌های موجود در مرحله مذکور به صورت تک آشکوبه است. همچنین در این پژوهش-ها دامنه قطری درختان در مرحله اوج متفاوت بوده و درختان از سنین متفاوتی هستند، ولی دامنه ارتفاعی درختان در محدوده‌های تقریبی نزدیک به هم با تاج‌پوششی کاملاً بسته همراه با عدم زادآوری قابل توجه در کف جنگل هستند. ولی در این پژوهش

Miao *et al.*, 2014;) مختلف مدنظر قرار گرفته است (Omidvar-Hoseini *et al.*, 2015).

در این پژوهش به‌جای استفاده از کلاسه‌بندی قطر برابر سینه و یا ارتفاع، از مقادیر مختلف (کلاسه-بندی) زی‌توده بر اساس کلاسه‌های موجود قطری و ارتفاعی استفاده شد تا در واقع پویایی و رقابت درون-گونه‌ای درختان مورد بررسی در قالب اجتماع‌پذیری درختان واضح‌تر بیان شود. با توجه به اینکه در برآورد مقادیر زی‌توده بر مبنای الگوی محاسباتی ارائه‌شده (رابطه ۲) قطر، ارتفاع و جرم حجمی هم‌زمان دخیل هستند، از این‌رو نتایج الگوی مکانی و پویایی درختان گونه مذکور در قالب اجتماع‌پذیری با قطعیت بیشتری مشخص می‌شوند. در این پژوهش با توجه به تحلیل پویایی درون‌گونه‌ای درختان سفیدپلت به دلیل عدم امکان‌پذیری اندازه‌گیری جرم حجمی، از عامل‌های محاسباتی مبنای جرم حجمی اجزاء مختلف درختان استفاده شد. از این‌رو، می‌توان در تحلیل الگوی مکانی در پژوهش حاضر این‌چنین نتیجه‌گیری کرد که در واقع مقادیر حجم درختان که دارای همبستگی زیادی (Strong correlation) با مقادیر زی-توده درختان هستند (Henry *et al.*, 2010) عامل اصلی و تعیین‌کننده برای تشریح و تحلیل پویایی بلندمدت ساختار افقی (الگوی مکانی) در مراحل مختلف تحولی محسوب شده است. نکته حائز اهمیت این است که زی‌توده درختان در هر یک از مراحل تحولی دارای پویایی بلندمدت است که بر مبنای این ویژگی می‌تواند تحت پژوهش تحلیلی الگوی مکانی و رقابت درون‌گونه‌ای قرار گیرد. از آنجایی که درختان قطور در رقابت‌های اکولوژیکی دارای تأثیر بسزایی بر درختان کم قطر هستند (Akhavan *et al.*, 2012;) Miao *et al.*, 2014; Omidvar-Hoseini *et al.*, 2015)، مسلماً مقادیر زی‌توده درختان کم قطر تحت

بوده است. البته روند استقرار زادآوری درختان سفیدپلت در جنگل مورد بررسی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۱ دارای فراوانی کم و به‌نوعی نامطلوب بوده که برای بررسی بیشتر مطالعات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است.

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش برای تحلیل الگوی مکانی و پراکنش درختان سفیدپلت در هر یک از مراحل تحولی با استفاده از آماره تک متغیره ارینگ حاکی از آن است که این شرایط به وجود آمده در مرحله تخریب می‌تواند به دلیل روشنیه‌های ایجاد شده در جنگل و حذف برخی از درختان بسیار قطور گونه مذکور در دوران آشفته‌گی یا مراحل طبیعی جنگل باشد که در نهایت منجر به ایجاد الگویی منظم در فواصل اشاره‌شده در قطعه مورد بررسی شده است. در حقیقت با توجه به اینکه Akhavan و همکاران (2010) عنوان کردند که در مرحله تخریب به دلیل ایجاد روشنیه در چندین نقاط با سطوح مختلف و الگوی متفاوت تغییرات اساسی در الگوی پراکنش درختان در مرحله صعودی به وجود خواهد آمد، می‌توان این‌چنین نتیجه‌گیری کرد که کلیه رویدادهای طبیعی در هر مرحله می‌تواند سبب تغییرات اساسی در الگوی پراکنش درختان در مراحل بعدی شود. البته باید تأکید کرد که قاطعیت این نتیجه‌گیری برای تشریح و تحلیل الگوی مکانی در مراحل مختلف تحولی مشروط به یکسان بودن کلیه شرایط رویشگاهی و ترکیب گونه‌ای است که با این توصیف نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند از عدم قطعیت کمتری برخوردار باشد. البته در رابطه با تحلیل الگوی مکانی درختان در شرایط طبیعی و دست-نخورده جنگل مباحث مختلفی عنوان شده است که در برخی موارد نحوه زادآوری، کانون پراکنده‌گی زادآوری و سبک یا سنگین بودن بذور درختان گونه‌های

کلاسه پایین زی توده داشته باشد. نتایج حاصل از تحلیل الگوی مکانی با آماره ارینگ دومتغیره نشان داد که در رویشگاه مورد بررسی در هر یک از مراحل تحولی بین درختان خیلی قطور، یا بین درختان دارای قطر متوسط و درختان دارای حداقل قطر (مقادیر کم زی توده) تأثیرات منفی یا دفع وجود ندارد که بر مبنای این دستاورد می توان اذعان کرد که در روند پویایی بلندمدت درختان سفیدپلت بر مبنای تحلیلی الگوی پراکنش موجود رقابت منفی و واپس گرا وجود ندارد. علاوه بر آن، نتایج به دست آمده نشان داد که بین درختان دارای حداکثر زی توده و درختان دارای حداقل زی توده اثرهای معنی داری وجود ندارد. در رابطه با بررسی اجتماع پذیری بین این دو کلاسه با توجه به تراکم و پراکنش درختان کم قطر در محدوده مونت کارلو نتایج حاکی از آن است که پراکنش درختان بسیار قطور و کم قطر در هر یک از مراحل تحولی بدون ارتباط از اثرهای رقابتی یکدیگر هستند. در این میان، نتایج به دست آمده نشان داد که اگرچه بین تراکم و پراکنش درختان دارای زی توده متوسط و درختان دارای زی توده کم در بیشتر فواصل، رقابت بی اثری وجود دارد، ولی در برخی از فواصل اشاره شده در هر یک از مراحل تحولی بین درختان موجود در کلاسه های مذکور روند جذب وجود دارد، طوری که درختان کم قطر در هر یک از فواصل مذکور به همراه درختان دارای زی توده متوسط دارای پراکنش متراکمی هستند.

References

- Akhavan, R., K.H. Sagheb-Talebi, E.K. Zenner & F. Safavimanesh, 2014. 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.

تأثیر زی توده درختان قطورتر قرار می گیرند. البته همان طور که در مطالب پیشین نیز تأکید شد، در زمینه محاسباتی زی توده درختان در اکوسیستم های طبیعی جنگل بین حجم و قطر برابرسینه درختان با تغییرات مقادیر زی توده همبستگی زیادی وجود دارد و بر این اساس کلاسه بندی قطر برابرسینه درختان به نوعی می تواند معرف کلاسه بندی مقادیر زی توده درختان باشد. البته در پژوهش حاضر این مورد به صورت قطعی به دلیل انتخاب عامل ثابت جرم حجمی تنه و تاج درختان می تواند صادق باشد؛ اما نباید این موضوع را نادیده گرفت که درختان گونه های مختلف یا حتی درختان یک گونه تحت تأثیر رقابت شدید می توانند دارای اختلاف معنی دار چگالی باشند. حتی این اختلاف مقادیر چگالی اگر بسیار جزئی نیز باشد می تواند در مقیاس کلان زی توده تأثیر بارزی در مقادیر برآوردی یا محاسباتی داشته باشد (Alvarez et al., 2012)؛ بنابراین برخلاف پژوهش حاضر، همیشه کلاسه بندی ارتفاعی یا قطری صرفاً نمی تواند تعیین کننده کلاسه بندی زی توده درختان محسوب شود. در واقع مهم ترین فرضیه در رابطه با کلیه مبانی ارائه شده می تواند این باشد که به دلیل اشغال فضای اکولوژیکی و فیزیولوژیکی بیشتر توسط درختانی که دارای جثه بزرگتر و به تبع مقادیر زی توده بیشتری هستند، آشیان اکولوژیکی - فیزیولوژیکی درختانی که دارای مقادیر کمتر زی توده هستند به دلیل تأثیرات رقابتی کوچکتر شده که این رویداد می تواند تأثیر بارزی در پراکنش و الگوی مکانی درختان موجود در

- Akhavan, R. & Kh. Sagheb-Talebi, 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., Kh. Sagheb-Talebi, M. Hassani & P. Parhizkar, 2010. Spatial patterns in untouched beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(2): 322 – 336. (In Persian)
- Alijani, V., Kh. Sagheb-Talebi & R. Akhavan, 2014. Quantifying structure of intact beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands at different development stages (Case study: Kelardasht area, Mazandaran), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(3): 396-410. (In Persian)
- Alvarez, E., A. Duque, J. Saldarriaga, K. Cabrera, G.D.L. Salas, L.D. Valle, A. Lema, F. Moreno, S. Orrego & L. Rodriguez, 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia, *Forest Ecology and Management*, 267: 297-308.
- Cheng, X., H. Han, F. Kang, S. Song & K. Liu, 2014. Point pattern analysis of different life stages of *Quercus liaotungensis* in Lingkong Mountain, Shanxi Province, China, *Journal of Plant Interactions*, 9(1): 233- 240.
- Faraji, F., A. Mataji, S. Babayi-Kafaki & A.A. Vahedi, 2015. The relationship between plant diversity and above-ground biomass changes in *Fagus orientalis* L. forests (Case study: Hajikola-Tirankoli, Sari), *Iranian Journal of Forest*, 7(2): 151- 165. (In Persian)
- FAO, 2013. FAO STATISTICAL YEARBOOK, World Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 307 p.
- Hao, Z., J. Zhang, B. Song, J. Ye & B. Li, 2007. Vertical structure and spatial associations of dominant tree species in an old-growth temperate forest, *Forest Ecology and Management*, 252(1): 1–11.
- Harmon, M.E., C.W. Woodall, B. Fasth & J. Sexton, 2007. Woody Detritus Density and Density Reduction Factors for Tree Species in the United States: A Synthesis. *USDA FOREST SERVICE*, 84 p.
- Henry, M., A. Besnard, W.A. Asante, J. Eshun, S. AduBredu, R. Valentini, M. Bernoux & L. SaintAndré, 2010. Wood density, phytomassvariations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa, *Forest Ecology and Management*, 260(8): 1375–1388.
- IUCN, 1994. The IUCN Red List Categories and Criteria. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, World Conservation Union, Gland.
- Král, K., S. M. McMahon, D. Janík, D. Adam, & T. Vrška, 2014. Patch mosaic of developmental stages in central European natural forests along vegetation gradient. *Forest Ecology and Management*, 330: 17-28.
- Lorimer, C. G., & C. R. Halpin, 2014. Classification and dynamics of developmental stages in late-successional temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 334: 344-357.
- Mataji, A. & K.H. Sagheb –Talebi, 2007. Development stages and dynamic of two oriental beech (*Fagus orientalis*) communities at natural forests of Kheiroudkenar-Noshahr, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(4): 398-416. (In Persian)
- Miao, N., L. Liu, H. Yu, Z. Shi, T. Moermond & Y. Liu, 2014. Spatial analysis of remnant tree effects in a secondary *Abies-Betula* forest on the eastern edge of the Qinghai–Tibetan Plateau, China, *Forest Ecology and Management*, 313:104–111.
- Moghaddam, M.R., 2001. Quantitative Plant Ecology, Tehran University Press, Tehran, 285 p. (In Persian)
- Nouri, Z., M. Zobeiri, J. Fegghi & R. Marvi Mohajer, 2015. Application of Nearest Neighbor Indices in Studying Structure of the Unlogged Beech (*Fagus Orientalis* Lipsky) Forests in Kheyroud, Nowshahr, *Applied Ecology*, 4(12): 11- 21. (In Persian)
- Omidvar-Hosseini, F., R. Akhavan, H. Kia-Daliri & A. Mataji, 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)
- Rozas, V., R. Zas & A. Solla, 2009. Spatial structure of deciduous forest stands with contrasting human influence in northwest Spain, *European Journal of Forest Research*, 128(3): 273–285.
- Safari, A. & H. Sohrabi, 2014. Implementation of uniform angle index in determination of trees spatial pattern in a forest reserve of Hyrcanian zone, *Journal of*

- Forest Sustainable Development*, 1(1): 45-56. (In Persian)
- Salas, C., V. LeMay, P. Nunez, P. Pacheco & A. Espinosa, 2006. Spatial patterns in an old growth *Nothofagus oblique* forest in south-central Chile, *Forest Ecology and Management*, 231(1): 38-46.
 - Vahedi, A.A., 2014. Optimal allometric biomass equations for Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) boles within the Hyrcanian forests, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(2): 225-236. (In Persian)
 - Zhu, B., X. Wang, W. Fang, S. Piao, H. Shen, S. Zhao & C. Peng, 2010. Altitudinal changes in carbon storage of temperate forests on Mt Changbai, Northeast China, *Journal of plant research*, 123(4):439-452.

Archive of SID

Spatial analysis and long-term dynamics for above-ground biomass of Caspian poplar (*Populus caspica* Bornm.) in developmental stages of natural stands in Nour Forest Park

A. A. Vahedi^{*1}, A. R. Bijani² and E. Khatib-Nia²

1- Ph.D. of Forestry, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

2- M.Sc. of Forestry, Department of Natural Resources and Watershed Management, Nowshahr, I.R. Iran.

Received: 30.09.2016

Accepted: 13.12.2016

Abstract

This study aimed to analyze spatial patterns and associations of the studied trees in the developmental stages for achieving required information to prevent undermining stability of Nour Forest Park, to implement close-to-nature silvicultural prescription and to simulate distributions of aforementioned species in non-protective situations. Product of volume and specific wood density were used for estimating biomass of Caspian poplar trees in the forest. Mathematical parameters were used instead of absolute variables of wood density for estimating bole mass and crown mass of each tree. After distinguishing the developmental stage in the studied forest, three plots with one hectare area of 100 × 100 m dimension were outlined and the trees were coordinated by using measurement or trigonometric relations. Spatial analysis resulted from univariate O-ring application showed that the distribution was aggregated in the initial and optimal stages in the specified distances. In the decay stage, as well as being aggregated and random distribution, regular pattern of Caspian poplar trees was observed in the distance of 36 and 40 meter. Furthermore, the results of bivariate O-ring indicated that there was an intra-species positive attraction between medium class of biomass (medium size) and small class of biomass (small size) in a similar distance (8 m) in both initial and decay stages. As such, the intra-species attraction in the optimal stage was in attraction format in definite distances, and associations in the other distances were independent. The results showed that the association of aboveground biomass between large size and small size of trees in the developmental stages, implying that the density of small size trees is not under effects of intra-species competition resulting from the large sizes of trees in the developmental stages.

Keywords: Competition, Developmental stages, Green- tree management, Hyrcanian coastal plain forests, O-ring statistics.

* Corresponding author:

Email: ali.vahedi60@gmail.com