فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۲ شماره ۳، صفحه ۴۲۲-۴۱۱، (۱۳۹۳)

تنوع ساختاری توده‌های آمیخته راش در مرحله میانی توالی (پژوهش موردی: بخش گرازبن، جنگل خیرود نوشهر)

مهدی کاکاوند[۱*]، محمدرضا مروی‌مهاجر[۲]، خسرو ثاقب‌طالبی[۳] و کیومرث سفیدی[۴]

۱*- نویسنده مسئول، کارشناس‌ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. پست الکترونیک: mahdikakavand@ut.ac.ir
۲- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ایران.
۴- استادیار، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۶

چکیده

به‌منظور کمی‌سازی ویژگی‌های ساختاری توده‌های آمیخته راش در مرحله میانی توالی، این پژوهش در جنگل‌های کمتر دخالت‌شده بخش گرازبن جنگل خیرود نوشهر انجام شد. سه قطعه یک هکتاری در مرحله میانی توالی گزینش شدند و در هر قطعه‌نمونه، شبکه آماربرداری ۳۰× ۳۰ متر پیاده شد. در محل تقاطع اضلاع شبکه، قطر برابرسینه، ارتفاع درخت، قطر تاج، فاصله بین درختان و زاویه بین آن‌ها برای نزدیک‌ترین درخت راش به مرکز قطعه‌نمونه به‌عنوان شاهد و سه درخت همسایه در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به درخت شاهد اندازه‌گیری شد. براساس نتایج، مقادیر ضریب‌های رقابت تاجی و فضای رشد به‌ترتیب ۰/۷۲ (بدون واحد) و ۱۸/۵۷ (بدون واحد) و فاصله متوسط نهال‌ها ۶۰/۱ سانتی‌متر محاسبه شد. همچنین میانگین شاخص‌های زاویه یکنواختی (Wi)، آمیختگی گونه‌ای (Mi)، تمایز قطری و تمایز ارتفاعی در سه قطعه‌نمونه به‌ترتیب ۰/۷۶، ۰/۷، ۰/۳۱، ۰/۳۷ و شاخص فاصله همسایگی پنج متر محاسبه شد. بر این اساس نوع پراکنش گونه راش در مرحله میانی توالی و براساس شاخص زاویه یکنواختی به‌صورت کپه‌ای به‌دست آمد که تمایل زیادی به آمیختگی براساس شاخص آمیختگی گونه‌ای با ممرز دارد. همچنین گونه راش در مرحله میانی توالی در بیشترین حالت دارای رقابت دگرگونه‌ای با گونه ممرز بوده و بیشترین فراوانی مربوط به شاخص فاصله همسایگی بین دو تا چهار متر به‌دست آمد. بر این اساس توده‌های راش در این مرحله دارای ساختار متنوع و متفاوت از مرحله پایانی توالی می‌باشند که باید در مدیریت توده‌های جنگلی موردتوجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تنوع ساختار، شاخص‌های ساختاری، توالی، مرحله میانی، راش، ممرز.

مقدمه

ساختار توده‌های جنگلی با گذشت زمان و تحت‌تأثیر آشوب‌های محلی دچار دگرگونی می‌شوند که از این تغییرات با عنوان پویایی توده‌های جنگلی یاد می‌شود (Sefidi *et al.*, 2013). آشوب‌های هر منطقه به‌صورت مشخص تحت‌تأثیر آب‌وهوا، خاک، پوشش گیاهی، حیوانات و دیگر فاکتورها شکل می‌گیرند. الگوهای رشد و چرخه‌های تجدیدحیات در گونه‌های گیاهی سازگار با تکرار و نظم آشوب‌های محیطی بوجود آمده و مکانیسم تجدیدحیات و نرخ مرگ‌ومیر متفاوت برای گونه‌های

جنگلی را رقم می‌زنند. این موضوع باعث تغییر در فراوانی و تعداد گونه و در نهایت توسعه توده می‌شود.

توسعه الگوهای پراکنش زمانی و مکانی درختان در توده‌های جنگلی به‌طور مشخص توسط رفتار اجزا و گونه‌های آن به‌همراه تأثیرهای محیطی شکل می‌گیرد (Oliver & Larson, 1996). الگوهای رشد و پراکنش فضایی گونه‌ها دارای ابعاد زمانی متفاوت هستند که شامل تغییرات فصلی و نیز جانشینی‌های طولانی مدت جوامع گیاهی می‌شود که درنهایت در ساختار توده‌های جنگلی نمایان می‌شود که شامل توالی گیاهی و تجدیدحیات جنگل است.

مشخصات ساختاری پوشش‌های گیاهی اغلب به وسیله‌ی پارامترهایی نظیر شاخص سطح برگ، تعداد ساقه، ابعاد و سطح‌مقطع بیان می‌شود (Schultz, 2002). ساختار مکانی جنگل به‌علت ارتباط مستقیم با زیستگاه گونه‌های گیاهی و جانوری اهمیت زیادی دارد (Kint *et al*., 2000). کمی‌سازی ساختار جنگل در حفاظت و توسعه چشم‌اندازها، زیست‌گاه‌های منحصربه‌فرد جنگلی و ظهور دوباره گونه‌های جانوری نادر کاربرد دارند. ساختار مکانی از سه جنبه مختلف شامل تنوع موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای و همچنین تنوع ابعاد درختان مورد بررسی قرار می‌گیرد (Pommerening, 2002; Aguire *et al*., 2003; Kint *et al*., 2004; Pommerening, 2006). تنوع موقعیت مکانی درختان به الگوی پراکنش آن‌ها مربوط می‌شود و به حالات، کپه‌ای، تصادفی، منظم و یا حالتی بینابینی دیده می‌شود. تنوع گونه‌ای به بررسی موقعیت مکانی گونه‌های مختلف در ارتباط با همسایه‌های مجاور می‌پردازد. تنوع ابعاد درختان نیز شامل آرایش مکانی مشخصه‌هایی نظیر قطر برابرسینه و ارتفاع است (Pommerening, 2006). در چند دهه گذشته تعداد قابل‌توجهی از شاخص‌های ساختاری متفاوت معرفی شده‌اند و به‌منظور کمی‌سازی ساختار جنگل و همچنین به‌منظور اندازه‌گیری‌های جایگزین با هدف کمی‌سازی تنوع زیستی به‌کار برده شده‌اند (Pommerening, 2002).

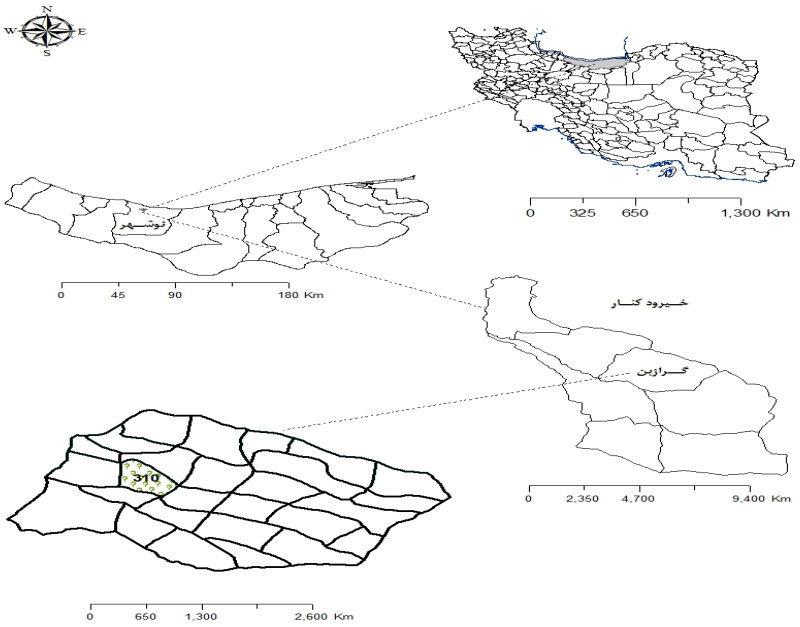
در مطالعات انجام‌شده توجه ویژه به توزیع گونه‌های مختلف در یک محل خاص و در مقیاس کوچک باتوجه به شاخص‌های تنوع موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای و تنوع ابعاد درخت دیده شده است. در جنگل‌های میان‌بند شمال در پژوهشی که به‌منظور کمی‌سازی ساختار مکانی به انجام رسید، توزیع گونه‌ها براساس میانگین شاخص‌های کلارک و اوانز و زاویه یکنواخت به‌ترتیب ۸۶ درصد و ۵۳ درصد محاسبه شد که حالتی مابین تصادفی و کپه‌ای دارد. همچنین شاخص آمیختگی ۳۶ درصد به‌دست آمد که نشان‌دهنده اختلاط کم گونه‌های راش و ممرز و اختلاط زیاد سایر گونه‌ها بود (Alijani *et al*., 2012a). در مطالعات تحلیل ارزش و الگوی مکانی گونه‌های چوبی در واحدهای بوم شناختی جنگل سردآبرود چالوس، الگوی پراکنش گونه‌های ممرز، پلت، انجیلی، شیردار و راش به‌صورت کپه‌ای مشاهده شد (Haji-Mirza Aghaei *et al*., 2010). براساس مطالعات انجام‌شده، از دلایل اصلی الگوی پراکنش کپه‌ای راش در جنگل آمیخته راش شصت‌کلا گرگان، شکل تجدیدحیات آن می‌باشد (Habashi *et al*., 2007). در مطالعات بررسی ساختار مکانی راش و بلوط در یک جنگل آمیخته و براساس شاخص اختلاط گونه‌ای به‌دست‌آمده، گونه بلندمازو تمایل به آمیختگی بیشتر و حضور در کنار سایر گونه‌ها دارد، اما راش در کنار درختان هم‌گونه خود قرار می‌گیرد (Alijani *et al*., 2012b). مطالعات انجام‌شده درمورد گونه سرخدار براساس شاخص‌های ساختاری در استرالیا نشان‌دهنده تمایل حضور این گونه به قرار گرفتن در آشکوب پایین و سایه‌پسندبودن آن است (Ruprecht *et al*., 2010). در بررسی ساختار تیپ‌های مختلف جنگلی بااستفاده از شاخص نزدیک‌ترین همسایه، نتایج نشان داد که گونه‌های راش و ممرز دارای رقابت درون‌گونه‌ای و گونه‌های پلت، بلندمازو، توسکای ییلاقی، ملج و نمدار دارای رقابت دگرگونه‌ای می‌باشند. همچنین براساس مقایسه ساختار گونه‌های مشابه در تیپ‌های مختلف، عدم وجود اختلافات معنی‌دار بین آنها ازنظر ویژگی‌های موقعیت مکانی، ابعاد قطر برابرسینه و ارتفاع دیده می‌شود و تنها اختلاف معنی‌دار در آمیختگی گونه‌های ممرز، راش، پلت و

نمدار و همچنین خشکه‌دارها در تیپ‌های موردمطالعه دیده شد (Alijani *et al*., 2013). براساس نتایج مطالعات شاخص‌های تراکم تجدیدحیات در توده‌های راش جوان اروپایی (*Fagus sylvatica*) در منطقه نیمه‌کوهستانی اطراف زوریخ سوئیس، متوسط فاصله نهال‌ها بین ۳۶/۳ سانتی‌متر و ضریب رقابت تاجی بین یک تا پنج نوسان داشت و میانگین آن ۲/۷ به‌دست آمد. همچنین متوسط ضریب فضای رشد پنج محاسبه شد (Sagheb-Talebi & schutz, 2012). نتایج حاصل از بررسی تراکم و شاخص‌های رقابتی نهال‌های راش در سطوح مختلف زادآوری نشان داد که فاکتور رقابت تاجی و ضریب فضای رشد به اندازه روشنه وابسته هستند. براساس نتایج مطالعاتی که در جنگل‌های راش و زبان‌گنجشک در آلمان و به‌منظور مطالعه تنوع ساختاری انجام شد، راش تمایل کمی به آمیختگی با سایر گونه‌ها دارد، درحالی‌که زبان گنجشک تمایل زیادی برای آمیختگی با سایر گونه‌ها نشان می‌دهد (Hui & Gadow, 2002).

پژوهش پیش‌رو با توجه به اهمیت مطالعه ساختار جنگل در مدیریت و پرورش توده به‌ویژه در توده‌های جنگلی واقع در مرحله میانی توالی اکولوژیک جنگل‌های راش و با هدف اصلی کمی‌سازی در ساختار این توده‌ها انجام گرفت که اهداف آن شامل کمی‌کردن ساختار توده در این مرحله از توالی با استفاده از شاخص‌های مرتبط و بررسی نحوه پراکنش و استقرار درختان در ساختار عمودی و افقی جنگل در مرحله میانی توالی است.

مواد و روش‌ها

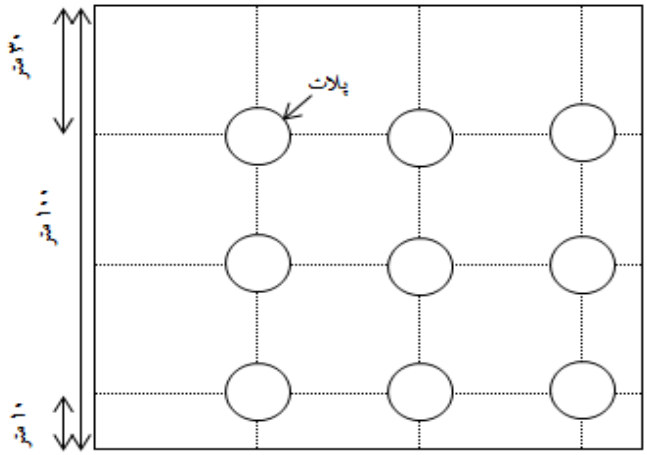
ابتدا سه قطعه‌نمونه یک‌هکتاری از جنگل‌های کمتردخالت‌شده در پارسل ۳۱۰ (شکل ۱) بخش گرازبن جنگل خیرود نوشهر که تا زمان این مطالعه فاقد هرگونه دخالت‌های جنگل‌شناسی و قطع بودند، انتخاب شدند. انتخاب توده‌ها پس از جنگل‌گردشی و مطالعات اولیه براساس مشخصه‌های ساختاری توده‌ها در مرحله میانی (Korpel, 1982) و مقایسه آن با جنگل تعادل در مرحله نهایی توالی (Sefidi, 2012) انجام شد. شیب متوسط جنگل در پارسل موردبررسی کمتر از ۳۰درصد، تیپ خاک آلفی‌سول، تیپ جنگل راش- ممرز همراه با توسکاییلاقی، تعداد در هکتار ۲۶۱/۷ اصله، حجم در هکتار ۴۷۷/۱۸ مترمکعب و اقلیم آن براساس آمبرژه مرطوب از نوع ب است (Anonymous, 2003).



شکل ۱- موقعیت مکانی پارسل شماره ۳۱۰ بخش گرازبن واقع در جنگل خیرودکنار نوشهر

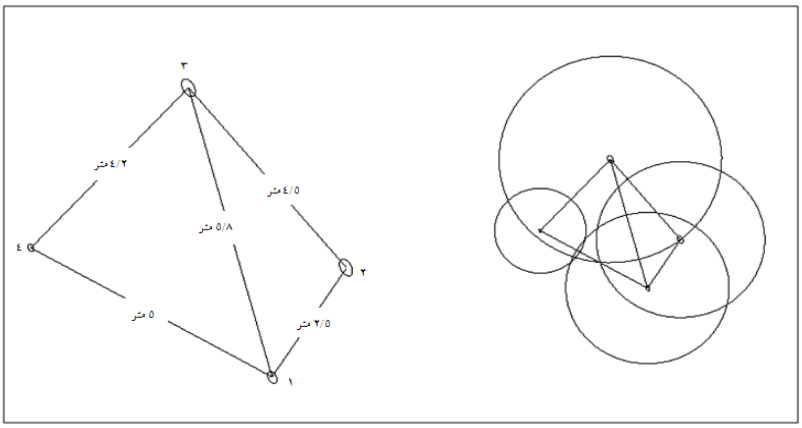
روش پژوهش

در داخل هر یک از قطعات، شبکه آماربرداری ۳۰×۳۰ متر پیاده شد و نزدیک‌ترین درختان راش به مرکز و درختان جانبی با استفاده از روش فاصله‌ای و بدون پلات اندازه‌گیری شدند. درکل قطعات یک‌هکتاری نیز تمامی مشخصه‌های درختان شامل قطر برابرسینه درختان در طبقات یک سانتی‌متری و ارتفاع با دقت دسی‌متر و با استفاده از دستگاه ورتکس به‌صورت صددرصد و برای تمامی درختان با قطر بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (شکل ۲). همچنین تعداد نهال‌های گونه‌های درختی شمارش شد.



شکل ۲- قطعه‌نمونه یک هکتاری به‌همراه پلات‌های برداشت‌شده

برای درختان شاهد نزدیک به مرکز شبکه و درختان جانبی، ویژگی‌های کمی (قطر برابرسینه، ارتفاع درخت و قطر تاج) و کیفی (شادابی و سلامت) دو درخت راش در نزدیک‌ترین فاصله به مرکز قطعه‌نمونه به‌عنوان درختان شاهد شماره یک و دو به‌همراه سه درخت همسایه مربوط به هر یک از درختان شاهد که در نزدیک‌ترین فاصله از آن واقع شده بودند، برداشت شد (Aguire *et al.*, 2003). همچنین فاصله بین درختان شاهد و همسایه‌ها (شکل ۳) اندازه‌گیری و براساس روابط مثلثاتی زاویه بین درختان محاسبه شد (Pommerening, 2006).



شکل ۳- تصویر دوبعدی از فاصله درخت شاهد و همسایه‌ها (سمت چپ)، به‌همراه تصویر دوبعدی از تاج درختان بر روی سطح زمین (سمت راست). پلات شماره ۱- ۶ از قطعه‌نمونه شماره یک

تجزیه وتحلیل داده‌ها

شاخص‌ها و فرمول‌های متفاوتی در زمینه کمی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی استفاده شده‌اند. در جدول ۱ مهمترین فرمول‌های مربوط به کمی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی که در این پژوهش مورداستفاده قرار گرفتند، ارائه شده است.

جدول ۱- شاخص‌های کمی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی

شماره	نام شاخص	منبع	فرمول	توضیحات
۱	زاویه یکنواختی	Pormmerening, 2002	$W_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} V_j$	$vj=\begin{cases}1, \alpha j \le \alpha \circ \\ 0, otherwise\end{cases}$
۲	آمیختگی گونه‌ای	Fuldner, 1995; Aguire *et al*., 2003	$M_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} V_j$	$vj=\begin{cases}1, speciesj \neq speciesi \\ 0, othervise\end{cases}$
۳	تمایز قطری	Fuldner, 1995; Pommerening, 1997, 2002	$TDi = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(1 - r_{ij})$	$r_{ij}=\frac{smallerDBH}{higherDBH}$
۴	تمایز ارتفاعی	Fuldner, 1995; Pommerening, 1997, 2002	$THi = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(1 - r_{ij})$	$r_{ij}=\frac{biggest\ tree\ height}{smallest\ tree\ height}$
۵	فاصله همسایگی	Fuldner, 1995; Pommerening, 1997, 2002	$D_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} S_j$	Sj= فاصله درخت راش از همسایه
۶	فاصله متوسط نهال	Schütz, 1990	$MDS = 107.5\ (\sqrt{N})^{-1}$	N= تعداد نهال در هر مترمربع
۷	ضریب فضای رشد	Schütz, 1984, 1990	$GS = CW\ (SBD)^{-1}$	CW= قطر تاج SBD= قطر برابرسینه
۸	ضریب رقابت تاجی	Schütz, 1984, 1990	$CCF = ((MSW\ \sqrt{N})\ 107.5)^{-1}$	MSW= میانگین قطر تاج N= تعداد درخت در هکتار

n: تعداد درختان همسایه، i: درخت شاهد، j: درخت همسایه. توزیع شاخص‌های یک تا چهار بین صفر تا یک و بدون واحد می‌باشد. شاخص فاصله همسایگی برحسب متر و شاخص فاصله متوسط نهال برحسب سانتی‌متر است. شاخص‌های ضریب رقابت تاجی و فضای رشد نیز بدون واحد هستند.

شاخص زاویه یکنواختی (Wi) نشان‌دهنده نوع پراکنش گونه‌ای است. مقدار میانگین این شاخص در توده‌های با پراکنش گونه‌ای منظم بین صفر تا ۰/۵، توده‌های با پراکنش گونه‌ای تصادفی بین ۰/۵ تا ۰/۶ و توده‌های با پراکنش گونه‌ای کپه‌ای بین ۰/۶ تا ۱ است. درمورد شاخص آمیختگی گونه‌ای (Mi) هرچه از سمت صفر دور شده و به یک نزدیک می‌شود، آمیختگی گونه‌ای افزایش پیدا می‌کند. شاخص‌های تمایز قطری و ارتفاعی نمایانگر اندازه رقابت براساس مقایسه قطر و ارتفاع بین درخت شاهد و درختان همسایه هستند و دربرگیرنده چهار مقدار کوچک (صفر تا ۰/۲۹۹)، متوسط (۰/۳ تا ۰/۴۹۹)، بزرگ (۰/۵ تا ۰/۶۹۹) و خیلی بزرگ (۰/۷ تا یک) هستند (Pormmerening, 2002) که در قطعات‌نمونه محاسبه شده‌اند. تمایز کوچک به این مفهوم است که درخت با اندازه (قطر یا ارتفاع) کمتر، اندازه‌ای معادل ۷۰ درصد یا بیشتر نسبت به اندازه درخت بزرگ‌تر همسایه را دارد. درصورتی‌که مقدار تمایز متوسط

به‌دست آمده باشد، اندازه درخت کوچک‌تر معادل ۵۰ تا ۷۰ درصد اندازه درخت بزرگ‌تر همسایه است و تمایز بزرگ نشان‌دهنده این است که اندازه درخت کوچک معادل ۳۰ تا ۵۰ درصد از اندازه درخت بزرگ‌تر همسایه است و درنهایت تمایز خیلی بزرگ نشان‌دهنده اینست که اندازه درخت کوچک‌تر مقداری کمتر از ۳۰ درصد اندازه درخت همسایه بزرگ است (Prommerening, 2002).

نتایج

مقدار متوسط برخی از مشخصه‌های کمی قطعات نمونه موردمطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. بیشترین تعداد درخت در هکتار در قطعه نمونه شماره سه با تعداد ۳۶۸ پایه اندازه‌گیری شد. راش به‌عنوان گونه درختی غالب به‌طور متوسط ۵۷٪ فراوانی درختان را در این مرحله تشکیل می‌دهد.

جدول ۲- مشخصات کمی قطعات‌نمونه یک هکتاری

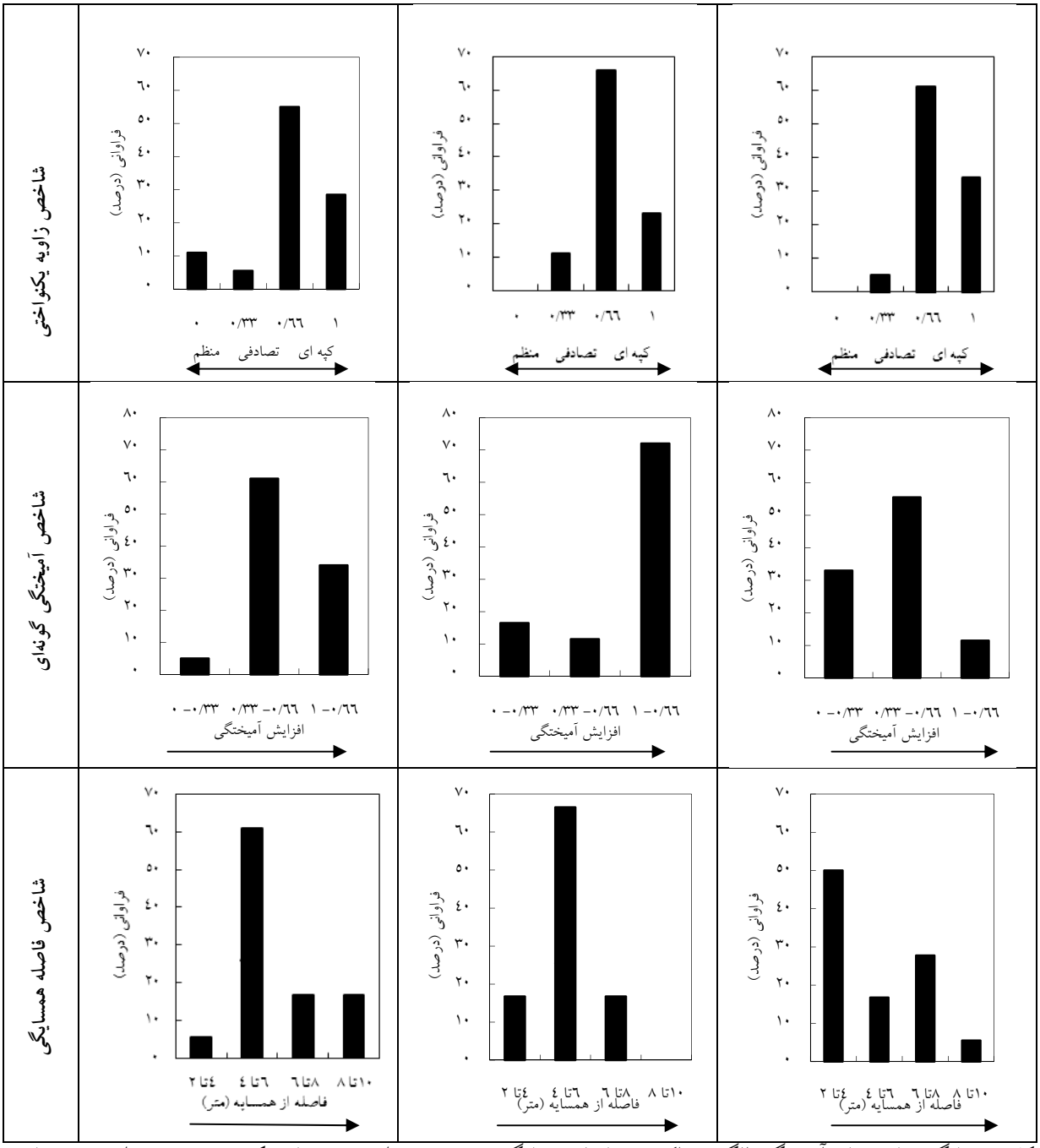
شماره قطعه‌نمونه	یک	دو	سه	میانگین قطعات ± اشتباه معیار
تعداد کل در قطعه‌نمونه (اصله)	۲۳۷	۲۳۹	۳۶۸	۲۸۲ ±۴۳
حجم کل (مترمکعب در هکتار)	۳۵۶/۴۸	۳۲۹/۶۶	۳۰۸/۶۵	۳۳۱/۵۹ ±۱۳
فاصله متوسط پایه‌ها (متر)	۶/۴۹	۶/۴۶	۵/۲	۶/۰۸ ± ۰/۴۱
مجموع رویه‌زمینی (مترمربع در هکتار)	۲۶/۱۷	۲۷/۵۴	۲۵/۵۵	۲۶/۴۲ ±۰/۵۹

میانگین مقدار عددی خصوصیات ساختاری توده‌های آمیخته راش در مرحله میانی توالی براساس مهم‌ترین شاخص‌های ساختاری در جدول ۳ ارائه شده است. بیشترین مقدار شاخص آمیختگی، تمایز قطری و تمایز ارتفاعی به‌ترتیب با ۰/۸۵، ۰/۳۸ و ۰/۴۱ در قطعه‌نمونه شماره دو مشاهده شد.

جدول ۳- میانگین شاخص‌های کمی ساختار در قطعات‌نمونه

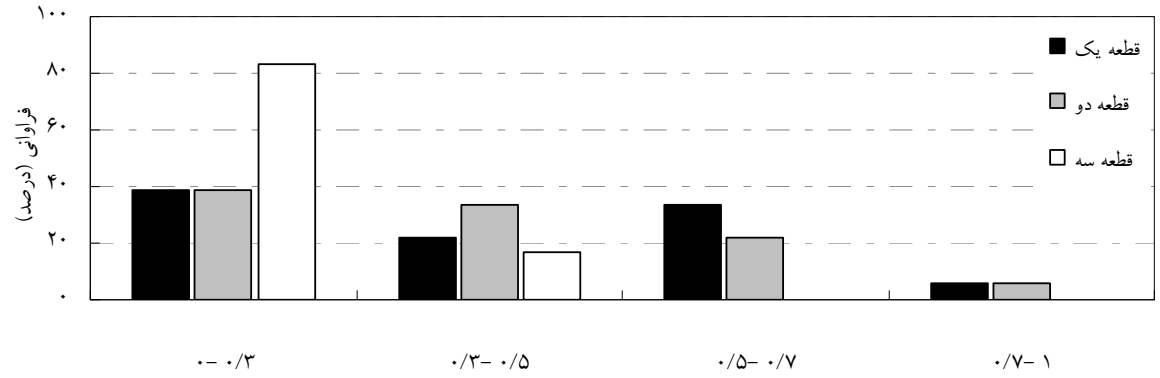
شماره قطعه	زاویه یکنواختی (Wi)	آمیختگی گونه‌ای (Mi)	تمایز قطری (Ui)	تمایز ارتفاعی (THi)	فاصله همسایگی(Di)	فضای رشد (GS)	فاصله متوسط نهال (MDS)	رقابت تاجی (CCF)
یک	۰/۷۹	۰/۶۸	۰/۳۳	۰/۳۳	۵/۶	۲۴/۲۸	۵۸/۷	۱/۱۲
دو	۰/۷۰	۰/۸۵	۰/۳۳	۰/۴۱	۴/۹	۱۴/۱۲	۵۹/۷	۰/۶۸
سه	۰/۷۹	۰/۵۷	۰/۲۲	۰/۳۸	۴/۵	۱۷/۳۲	۶۱/۹	۰/۳۷
متوسط	۰/۷۶	۰/۷۰	۰/۳۳	۰/۳۷	۵/۰	۱۸/۵۷	۶۰/۱	۰/۷۲

نمودارهای مربوط به شاخص‌های ساختاری آمیختگی، الگوی پراکنش و فاصله همسایگی مربوط به قطعات‌نمونه در شکل ۴ نشان داده شده است. بر این اساس، افزایش مقدار شاخص آمیختگی پراکنش کپه‌ای درختان راش و گونه‌های مجاور را در این مرحله نشان می‌دهد. مقدار متوسط این شاخص ۰/۷۶ در هر سه قطعه موردبررسی می‌باشد که نشانگر توزیع کپه‌ای درختان در این مرحله است. همچنین متوسط شاخص فاصله و آمیختگی به‌ترتیب پنج متر و ۰/۷ برآورد شد که نشان از تمایل این گونه به آمیختگی در این مرحله با سایر گونه‌ها دارد.

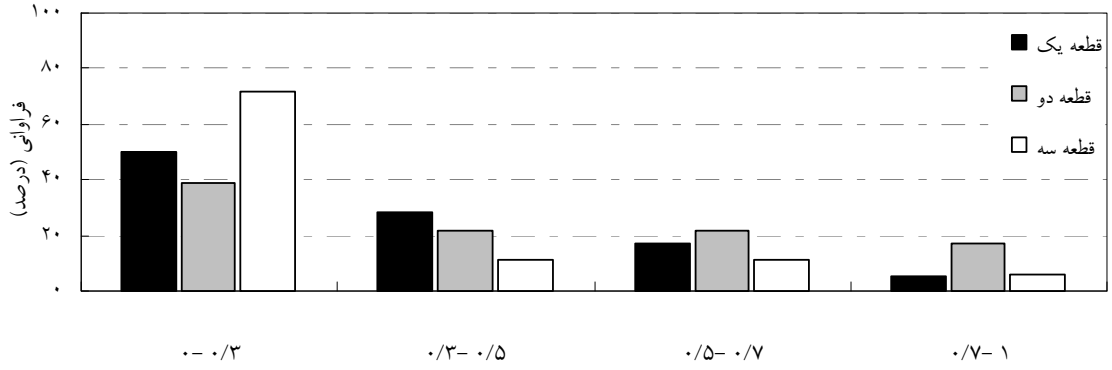


شکل ۴- میانگین شاخص‌های آمیختگی، الگوی پراکنش و فاصله همسایگی به‌ترتیب در قطعه‌نمونه شماره یک (سمت چپ)، قطعه‌نمونه شماره دو (وسط) و قطعه‌نمونه شماره سه (سمت راست)

به‌منظور بررسی اندازه رقابت با استفاده از ابعاد درختان، شاخص‌های تمایز قطری در شکل ۵ و تمایز ارتفاعی در شکل ۶ ارائه شده‌اند. شاخص تمایز قطری و ارتفاعی نیز در این مرحله به‌ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۳۷ برآورد شد که حد متوسطی از تمایز قطری و ارتفاعی درختان را نشان می‌دهد و در راستای شاخص‌های قبلی و نشان از آمیختگی بالا و شدیدنبودن رقابت بین راش و درختان مجاور است.



شکل ۵- نمودارهای تمایز قطری در قطعات‌نمونه



شکل ۶- نمودارهای تمایز ارتفاعی در قطعات‌نمونه

بحث

پویایی توده‌های جنگلی طی مراحل مختلف تحولی، با تغییرات مشخص در ترکیب و ساختار گونه‌های درختی منطقه حاصل می‌شود. ترکیب و آمیختگی گونه‌ها در هر یک از مراحل توالی بسته به شرایط محیطی، تحت‌تأثیر قرار گرفته و به‌شکل ویژه‌ای نمایان می‌شود (Sefidi, 2012). در پژوهش پیش‌رو به‌منظور مطالعه نوع پراکنش گونه‌ای در مرحله میانی توالی راشستان از شاخص زاویه یکنواختی استفاده شد و مقدار متوسط آن در قطعات‌نمونه شماره یک، دو و سه به‌ترتیب ۰/۷۹، ۰/۷۰ و ۰/۷۹ (جدول ۳) به‌دست آمد که نشان‌دهنده الگوی پراکنش کپه‌ای برای راش در مرحله میانی توالی است. در جنگل‌های مرحله نهایی توالی نیز پراکنش کپه‌ای برای راش گزارش شده است (Akhavan *et al.*, 2012) نتایج مشابه دیگری در سایر مطالعات در جنگل‌های شمال در مراحل مختلف مشاهده شده است (Habashi *et al.*, 2007; Haji-Mirza Aghaei *et al.*, 2010; Alijani *et al.*, 2013). علت این نوع پراکنش به‌خاطر نوع بذر (Habashi *et al.*, 2007)، مکانیسم تجدیدحیات گونه راش و وابستگی آن به شکل‌گیری روشنه‌های کوچک و متوسط (Sefidi *et al.*, 2011) و تمایل کم آمیختگی برای گونه راش بوده که مطالعات انجام‌شده آن را تأیید کرده است (Hui & Gadow., 2002; Alijani *et al.*, 2012a; Alijani *et al.*, 2013). متوسط شاخص آمیختگی گونه‌ای در قطعات نمونه یک، دو و سه به‌ترتیب ۰/۶۸، ۰/۸۵ و ۰/۵۷ و متوسط آن در سه قطعه‌نمونه ۰/۷۰ به‌دست آمد که نشان‌دهنده تمایل راش به قرار گرفتن در کنار سایر گونه‌ها در مرحله میانی توالی می‌باشد. نتایج بررسی آمیختگی گونه‌ای در این مرحله

برخلاف سایر پژوهش‌ها (Hui & Gadow., 2002; Alijani *et al*., 2012a; Alijani *et al*., 2012b) می‌باشد و علت آن هم می‌تواند مرحله تحولی موردبررسی در تحقیق پیش‌رو و تنوع ذاتی توده‌های جنگلی در این مرحله و در فازهای قبلی باشد.

شاخص فاصله همسایگی نشان‌دهنده میزان تراکم توده‌های جنگلی یا به‌عبارتی تعداد پایه‌های درختی در هر واحد از سطح می‌باشد و می‌تواند نمایانگر فشار رقابتی بین درختان در توده‌ها باشد (Pommerening, 1997)، به‌طوری‌که با افزایش فاصله بین درختان و درنتیجه افزایش شاخص فاصله همسایگی از تراکم توده‌های جنگلی کاسته می‌شود. مقدار شاخص فاصله همسایگی در قطعه‌نمونه شماره سه، برابر ۴/۵ متر و کمتر از قطعات‌نمونه یک و دو (به‌ترتیب ۵/۶ متر و ۴/۹ متر) می‌باشد. علت این موضوع، جوان‌تر بودن توده در قطعه‌نمونه شماره سه است که با مقایسه مقادیر تعداد در هکتار، فاصله متوسط پایه‌ها و مجموع سطح‌مقطع در هکتار بین قطعه‌نمونه شماره سه و قطعات‌نمونه شماره یک و دو این مورد به اثبات می‌رسد که افزایش رقابت تاجی بین پایه‌های درختی را به‌دنبال دارد. درنهایت بیشترین فراوانی مربوط به شاخص فاصله همسایگی در مرحله میانی توالی راشستان در طبقه دو تا چهار متر و بعد از آن به‌ترتیب در طبقه‌های شش تا هشت متر، صفر تا دو متر و هشت تا ۱۰ متر مشاهده می‌شود.

نمودارهای تمایز قطری و ارتفاعی بیشترین فراوانی را در طبقه صفر تا ۰/۳ نشان می‌دهند که نمایانگر تمایز کوچک است. چنانچه تمایز قطری و ارتفاعی در طبقه صفر تا ۰/۳ قرار گرفته باشد، اندازه درختان موردمقایسه ازنظر قطر (تمایز قطری) و یا ارتفاع (تمایز ارتفاعی)، حداقل هفتاد درصد مشابه است. قرار گرفتن قطعات‌نمونه موردمطالعه در طبقه کم‌قطر مربوط به تمایز قطری و تمایز ارتفاعی نشان‌دهنده رقابت شدید بین درختان در مرحله میانی توالی جنگل‌های راش است. در مطالعات مشابه در جنگل گرازبن، رقابت شدید و مرگ‌ومیر درختان در فاز کاهش پایه‌ها روند مشابهی را نشان می‌دهد که در آن توده‌ها به‌شکل طبیعی تنک می‌شوند (Sefidi, 2012). همچنین باتوجه به آمیختگی زیاد در قطعات‌نمونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که گونه راش دارای رقابت بین‌گونه‌ای شدیدی در مرحله میانی توالی نیست. نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق پیش‌رو برخلاف نتایج Alijani و همکاران (۲۰۱۲a) است که علت آن تفاوت در نوع مطالعه و انتخاب قطعات در مرحله میانی در این پژوهش است. در مرحله میانی درختان جوان تر و تنوع گونه‌های چوبی بیشتر است و اساساً در این مرحله پوشش تاجی توسعه و آشکوب بندی شکل می‌گیرد که نتیجه آن افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای است. اندازه شاخص رقابت تاجی بین درختان در قطعات‌نمونه یک، دو و سه به‌ترتیب ۱/۱۲، ۰/۶۸ و ۰/۳۷ محاسبه شد که نشان‌دهنده این موضوع است که همپوشانی تاج درختان در قطعه‌نمونه یک بیشتر از قطعه‌نمونه شماره دو و در قطعه‌نمونه شماره دو بیشتر از قطعه‌نمونه شماره سه است. همچنین در قطعه‌نمونه شماره سه توده جوان بوده و درختان رقابت تاجی کمتر نسبت به قطعات‌نمونه دو و یک را دارند. درنهایت متوسط فضای رشد و متوسط شاخص رقابت تاجی برای درختان در مرحله میانی توالی راشستان به‌ترتیب ۱۸/۵۷ و ۰/۷۲ و متوسط فاصله نهال‌ها، ۶۰/۱ سانتی‌متر محاسبه شد که با نتایج به‌دست‌آمده از سایر پژوهش‌ها (Mohammadsalehi *et al*., 2010; Sagheb-Talebi & Schütz, 2012) فاصله دارد که علت این موضوع می‌تواند تفاوت، تنوع و پیچیدگی مراحل مختلف تحول و توسعه توده‌های راشستان باشد. با توجه به انتخاب قطعات‌نمونه از جنگل‌های دخالت‌شده، می‌توان از اطلاعات به‌دست‌آمده به‌عنوان نمونه‌ای از یک جنگل مرجع برای مدل‌سازی در مطالعات دیگر استفاده کرد. درنهایت با استفاده از اطلاعات حاصل از کمی‌سازی ساختاری توده‌های دست‌نخورده می‌توان مسیر حرکت توده‌های مشابه را برای مدیریت جنگل مشخص کرد تا در نحوه نشانه‌گذاری‌های توده‌های جنگلی براساس الگوی طبیعت به‌شکل علمی و نه‌تنها براساس تجربه شخصی عمل شود. با توجه به نتایج این پژوهش، در مرحله میانی توالی توده‌های آمیخته و باتوجه

به ابعاد درختان، نشانه‌گذاری و برداشت درختان قطور توصیه نمی‌شود. همچنین برای تسریع فرایند تکامل توده‌های آمیخته و انتقال آن به‌سمت مرحله انتهایی، توالی عملیات پرورشی تنک‌کردن توصیه می‌شود. شدت تنک‌کردن و فواصل برداشت درختان باتوجه به پیچیدگی ساختار پس از بازدید و برداشت‌های محلی قابل‌تعیین است.

References

- Akhavan, R., Sagheb-Talebi, K., Zenner, E. 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.
- Aguire, O., Hui, G., Gadow, K.V. and Jimenez, J. 2003. An analysis of forest structure using neighborhood based variables. Forest Ecology and Management, 183: 137-145.
- Alijani, V., Feghhi, J., Zobeiri, M. and Marvi Mohadjer, M.R. 2012a. Quantifying the spatial structure in Hyrcanian submountain forest (Case study: Gorazbon district of Kheirud Forest, Nowshahr-Iran). Journal of Natural Environmental, 65(1): 111-125 (In Persian).
- Alijani, V., Feghhi, J. and Marvi Mohadjer, M.R. 2012b. Investigation on the beech and oak spatial structure in a mixed forest (Case study: Gorazbon district, Kheiroud forest). Journal of Wood & Forest Science and Technology, 19(3): 175-188 (In Persian).
- Alijani, V., Feghhi, J., Zobeiri, M. and Marvi Mohadjer, M.R. 2013. Investigation on structure of forest stand with nearest neighbor indicate (Case study: Gorazbon district, Kheirud forest). Journal of Applied Ecology, 3(1): 13-23.
- Anonymous, 2003. Forest management plan of Kheyroud forest, district three (Gorazbon). Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, 375p (In Persian).
- Fuldner, K. 1995. Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz Mischwäldern [Describing forest structures in mixed beech-ash-maple–sycamore stands]. Ph.D. thesis, University of Gottingen, Cuvillier Verlag, Gottingen, 163p (In Germany).
- Habashi, H., Hosseini, S.M., Mohammadi, J. and Rahmani, R. 2007. Stand structure and spatial pattern of trees in mixed Hyrcanian Beech forest of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 14(1): 55-64 (In Persian).
- Haji Mirza Aghayee, S., Jalilvand, H., Kooch, Y. and Pormajidian, M.R. 2010. Analysis of important value and spatial pattern of woody species in ecological units (Case study: Sardabrood forests of Chalous). Iranian Journal of Forest, 1: 51-60 (In Persian).
- Hui, G.Y. and Gadow, K.V. 2002. Das Winkelmaß. Herleitung des optimalen Standardwinkels. [The uniform angle index. Derivation of the optimal standard angle]. Allgemeine forest-und jagdzeitung, 173: 173-177 (In Germany).
- Kint, V., Lust, N., Ferris, R. and Olsthoorn, A.F.M. 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Forests. Investigación Agraria: Sistemasy Recursos Forestales, 1: 147-163.
- Kint, V., Wulf Robert, D. and Noel, L. 2004. Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. Ecological Modeling, 180: 461-476.
- Korpel, S. 1982. Degree of equilibrium and dynamic change of the forest an example of natural forest of Slovakia. Act Faculties, Forestails, Zvolen, Cezchoslovakia, 24:9-30.
- Mohammadsalehi, S. 2010. Density and competition index of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) sapling in different regeneration Groupers (Case study: Kheyrood forest). M.Sc. thesis, Department of Forestry, University of Tehran, Karaj, Iran, 83p (In Persian).
- Oliver, C.D. and Larson, B.C. 1996. Forest Stand Dynamics. John Wiley, New York, 520p.
- Pommerening, A. 1997. Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in strukturreichen Waldern [An analysis of new approaches towards stand inventory in structure-rich forests]. Ph.D. thesis, Faculty of Forestry and Forest Ecology, University of Gottingen, Cuvillier Verlag Gottingen, 187p (In Germany).
- Pommerening, A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. Forestry, 75(3): 305-324.
- Pommerening, A. 2006. Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. Forest Ecology and Management, 224(3): 266-

277.
- Ruprecht, H., Dhar, A., Aigner, B., Oitzinger, G., Raphael, K. and Vacik, H. 2010. Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. European Journal of Forest Research, 129(2): 189-198.
- Sagheb-Talebi, Kh. and Schütz .J.P. 2012. Some criteria of regeneration density in young beech populations. Caspian Journal of Environmental Sciences, 10(1): 61-66.
- Schultz, J. 2002.The Ecozones of the world. 3th edition, Springer, 252p.
- Schütz, J.P. 1984. Zur Kontrolle der Bestandesdichte und der Durchforstungsstarke. Schweiz. Zeitsch. Forstw, 135(2): 113-122 (In Germany).
- Schütz J.P. 1990. Sylviculture 1: Principes deducation des forets. Lausanne, Press Polytech. et Uni. Romandes, 240p.
- 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(6): 1094-1099.
- Sefidi, K. 2012. Late successional stage dynamics in mixed beech stands. Ph.D. thesis, Department of Forestry University of Tehran,Tehran, 175 p, (In Persian).
- Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V. and Mosandl, R. 2013. Late successional stage dynamics in natural oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands, northern Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(2): 270-283 (In Persian).

Structural diversity of mixed beech stands in the middle stage of succession (Case study: Gorazbon District, Kheiroud Forest of Nowshahr)

M. Kakavand[1*], M.R. Marvie Mohadjer[2], Kh. Sagheb-Talebi[3] and K. Sefidi[4]

1*- Corresponding author, M. Sc. Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.
E-mail: mahdikakavand@ut.ac.ir
2- Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.
3- Associate Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.
4- Assistant Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. Iran.

Received: 10.31.2013 Accepted: 03.17.2014

Abstract

To quantify the structural properties of mixed beech (*Fagus orientalis*) stand in the middle stage of succession, a study was carried out in the Kheiroud forest of Nowshahr in Mazandaran province. To this aim three one-ha sample plots were selected, within each of which a 30×30 m gird was established. A set of structural parameters including the diameter at the breast height, tree height, crown diameter, distance and angle among trees were measured for the closest beech to the intersection points within the grid as reference tree, as well as for other three nearest neighbors to the reference tree. The crown competition coefficient and growth space index of 0.72 and 18.57 were calculated, respectively. In addition, the average distance amongst seedlings was shown to be 60.1cm. Results also showed the average of uniform angle index, species mingling, diameter and height differentiation and neighbors distance to be 0.76, 0.7, 0.31, 0.37, 5 in plots, respectively. Based on uniform angle index (Wi) as well as the distribution pattern of beech is in its middle stage of succession, the distribution of beech trees were aggregated. This showed a high tendency to mix with the hornbeam (*Carpinus betulus*) trees. Furthermore, Beech was proven to have a maximum rate of inter-competition with hornbeam in the middle stage of succession, which leads to the highest frequency of neighbor distance between 2 to 4 m. According to the results, we concluded that structure of beech stands in the middle stage of succession differ from the late successional stage. This should thus be considered in the envisaged management of such forest stands in northern Iran.

Key words: Structural diversity, structural indices, succession, middle successional stage, beech, hornbeam.