Archive of SID

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۱ شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۴۱۰-۳۹۶، (۱۳۹۲)

کمی‌سازی ساختار توده‌های دست‌نخورده راش در مراحل مختلف تحولی (مطالعه موردی: منطقه کلاردشت، مازندران)

وحید علی‌جانی[۱]، خسرو ثاقب طالبی*[۲] و رضا اخوان[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۲*- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران. **پست‌الکترونیک:** saghebtalebi@rifr-ac.ir
۳- استادیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۱۹

چکیده

ساختار جنگل تحت تأثیر فرایندهای طبیعی و دخالت‌های بشر می‌باشد. به‌منظور مدیریت صحیح جنگل به ابزارهایی نیاز است که با استفاده از آنها بتوان تغییرات ایجاد شده در ساختار جنگل را بررسی کرد. در این تحقیق به‌منظور بررسی تغییرات ساختار جنگل‌های طبیعی و دست‌نخورده راش منطقه کلاردشت، از سه قطعه نمونه یک هکتاری موجود در مراحل اولیه، بلوغ و پوسیدگی استفاده شد. پس از اندازه‌گیری فاصله و آزیموت هر درخت نسبت به گوشه جنوب‌غربی هر قطعه نمونه و ثبت مشخصاتی ازجمله نوع گونه، قطر برابرسینه و ارتفاع، با به‌کارگیری مجموعه‌ای از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه، سه ویژگی موقعیت مکانی (شاخص کلارک و ایوانز و زاویه یکنواخت)، آمیختگی (شاخص آمیختگی) و ابعاد درختان (شاخص تمایز قطر برابرسینه و ارتفاع) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این تحقیق تراکم بیشتر درختان در مرحله اولیه را نشان می‌دهد. شاخص کلارک و ایوانز نشان‌دهنده پراکنش کپه‌ای درختان در مراحل اولیه و پوسیدگی و پراکنش تصادفی درختان در مرحله بلوغ می‌باشد. همچنین شاخص زاویه یکنواخت بیان می‌کند که چیدمان درختان در داخل گروه‌های ساختاری در هر سه مرحله تحولی حالت تصادفی دارد. نتایج شاخص آمیختگی نشان‌دهنده آمیختگی کمتر مرحله اولیه نسبت به سایر مراحل تحولی می‌باشد. همچنین نتایج شاخص تمایز قطر برابرسینه و ارتفاع به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف متوسط تا آشکار و اختلاف کم تا متوسط برای درختان هر سه مرحله تحولی می‌باشد. در پایان با توجه به دست‌نخورده بودن توده‌های مورد بررسی، نتایج حاصل از این شاخص‌ها می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای مقایسه با سایر جنگل‌های مشابه و تعیین میزان انحرافات بوجود آمده در اثر فرایندهای طبیعی و دخالت‌های بشر مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: الگوی مکانی، شاخص آمیختگی، شاخص تمایز، نزدیکترین همسایه، جنگل شاهد.

مقدمه

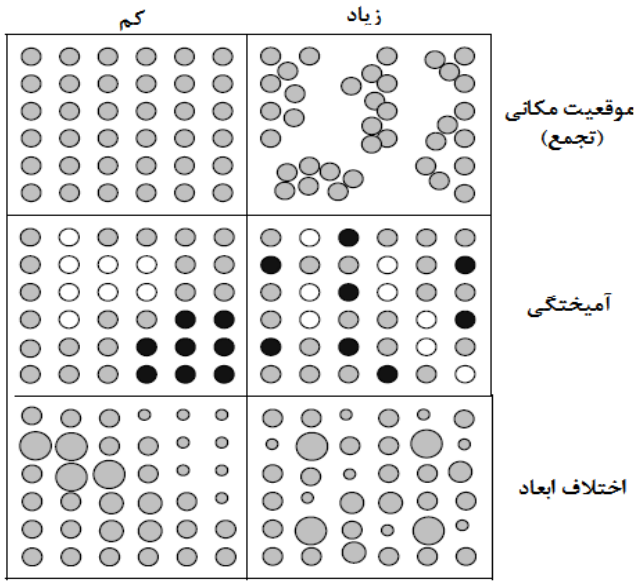
بررسی تنوع زیستی و ساختار جنگل از مهمترین پیش‌نیازها برای درک و مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی است (Motz *et al.*, 2010). به‌طورکلی ساختار جنگل چگونگی توزیع ویژگی‌های درختان در داخل اکوسیستم‌های جنگلی را مورد بررسی قرار می‌دهد (Gadow *et al.*, 2012). البته برای درک بهتر ساختار جنگل، محققان مختلف ساختار را به سه ویژگی تنوع موقعیت مکانی، تنوع آمیختگی و تنوع ابعاد درختان (قطر برابرسینه و ارتفاع) تقسیم کرده‌اند (شکل۱-الف) (Kint *et al.*, 2000، Gadow, 2003 و Pommerening, 2002).

موقعیت مکانی درختان که نشان‌دهنده الگوی پراکنش آنها می‌باشد، از یکی از الگوهای کپه‌ای، تصادفی، منظم و یا حالتی بین آنها پیروی می‌کند. آمیختگی به بررسی نحوه

www.SID.ir

Archive of SID

چیدمان گونه‌های مختلف در کنار یکدیگر می‌پردازد؛ درحالی‌که تنوع ابعاد درختان نشان‌دهنده چیدمان مکانی مشخصه‌هایی ازجمله قطر برابرسینه و ارتفاع است (Pommerening, 2006). به‌منظور بررسی تنوع زیستی و ساختار درختان شاخص‌های زیادی توسعه یافته‌اند که به بررسی سطوح مختلف تنوع زیستی می‌پردازند؛ در سال‌های اخیر به‌منظور ساده کردن این اندازه‌گیری‌ها، شاخص‌هایی توسعه یافته‌اند که اندازه‌گیری آنها نسبت به سایر شاخص‌ها بمراتب ساده‌تر می‌باشد (Motz *et al.*, 2010). این شاخص‌ها که برای اولین بار در سال ۱۹۹۲ توسط مؤسسه مدیریت جنگل دانشگاه گوتینگن آلمان توسعه یافتند با دارا بودن عملکردی مشابه ساختار مولکول‌های شیمیایی به بررسی همسایه‌های هر درخت می‌پردازند (شکل ۱- ب) (Pommerening, 2006).



شکل ۱-الف- ویژگی‌های مختلف ساختار جنگل، ب- یک گروه ساختاری بر مبنای چهار درخت همسایه (هر یک از دوایر نشان‌دهنده یک پایه درختی و هر رنگ نشان‌دهنده یک گونه می‌باشد) (Gadow, 2003; Gadow, 2006)

در رابطه با ساختار جنگل، در داخل کشور مطالعات زیادی انجام شده است. ازجمله این مطالعات می‌توان به مطالعات Mattaji & Namiranian (2003)، Daneshvar *et al.* (2007)، Eslami & Sagheb-Talebi (2008) و Hassani & Amani (2010) اشاره کرد. اما هیچ‌کدام از این تحقیقات به بررسی ساختار جنگل بر اساس سه ویژگی موقعیت مکانی، آمیختگی و ابعاد درختان نپرداخته‌اند. از تنها تحقیقاتی که در جنگل‌های ایران با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه، به بررسی سه ویژگی ذکر شده پرداخته‌اند، می‌توان به تحقیقات Alijani & Feghhi (2012) و Alijani *et al.* (2012a) و همچنین Alijani *et al.* (2012b) اشاره کرد که با استفاده از قطعات نمونه ۱۰۰۰ متر مربعی به بررسی ساختار گونه‌های مختلف در بخش گرازبن جنگل خیرود نوشهر پرداخته‌اند.

اما در تحقیقات متعددی در خارج از کشور، کاربرد شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه در کمی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌اند. Kint *et al.* (2000) در بررسی این شاخص‌ها به توانایی زیاد آنها در تشریح دقیق ساختار توده و همچنین بررسی سیر تکامل توده اشاره کردند. همچنین Pommerening (2002) از دیگر مزایای این شاخص‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

به توانایی بکار بردن آنها در اندازه‌گیری اختلافات بین توده‌ها در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، تعیین اختلاف بین ساختار جنگل مشاهده شده و مورد انتظار و همچنین کمی‌سازی تغییرات حاصل از عملیات بهره‌برداری اشاره کرد. در تحقیقی دیگر Aguirre *et al.* (2003) از مزایای این شاخص‌ها به عدم نیاز به ثبت موقعیت درختان و اندازه‌گیری فاصله بین آنها اشاره و بیان کردند که ارزیابی ساختار جنگل با استفاده از این شاخص‌ها کامل‌تر و راحت‌تر از روش‌های سنتی می‌باشد. در تحقیقی که Pommerening & Stoyan (2006) انجام دادند، ضمن تشریح مشکل درختان مرزی در تشکیل گروه‌های ساختاری، بیان کردند که استفاده از روش تصحیح حاشیه نزدیکترین همسایه (Nearest neighbour) در صورت وجود تعداد کافی درخت در قطعات نمونه می‌تواند مفید باشد. همچنین Kint (2005) کاربرد نتایج حاصل از این شاخص‌ها را در مدیریت پایدار جنگل و به‌ویژه در رابطه با گونه‌های در معرض انقراض (Ruprecht *et al.*, 2010) توصیه کرد.

با توجه به اهمیت اقتصادی و اکولوژیکی زیاد راشستان‌های شمال ایران، لازم است تا مطالعات کاملی در رابطه با ساختار این جنگل‌ها انجام گیرد. از آن جا که راشستان‌های قطعه شاهد لنگای کلاردشت جزء توده‌های نسبتاً دست‌نخورده می‌باشند، با کمی‌سازی ساختار این جنگل‌ها در مراحل مختلف تحولی علاوه بر این که کارایی این شاخص‌ها در کمی‌سازی ساختار این جنگل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد، نتایج حاصل از این بررسی می‌تواند به‌عنوان الگویی برای مدیریت پایدار و فعالیت-های جنگل‌شناسی همگام با طبیعت مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

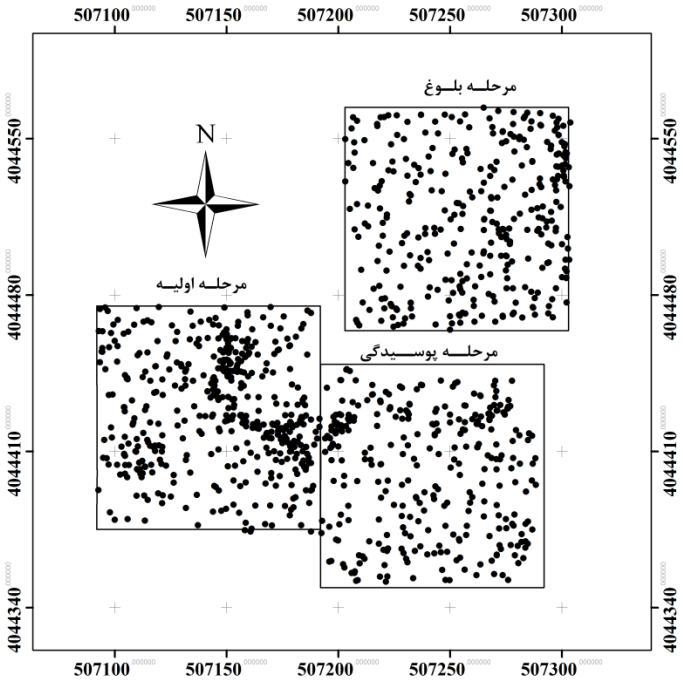
طرح ملی «شناخت ویژگی‌های مناسب راشستان‌های شمال کشور برای اعمال جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت» در چهار منطقه از جنگل‌های هیرکانی ازجمله قطعه شاهد لنگای کلاردشت در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در دست انجام است (Sagheb-Talebi, 2012). در این تحقیق به‌منظور بررسی ساختار مراحل مختلف تحولی راشستان‌ها، از سه قطعه نمونه پیاده شده در پارسل شاهد شماره ۱۳۹ واقع در سری ۱ طرح جنگل‌داری لنگای کلاردشت استفاده شد. از مهمترین ویژگی جنگل‌های این منطقه که بررسی ساختار آن را ضرورت می‌بخشد، عدم وجود دخالت‌های انسانی می‌باشد، بنابراین می‌توان جنگل‌های این منطقه را به‌عنوان نمونه‌ای از جنگل‌های دست‌نخورده و مدیریت نشده شناخت (Akhavan *et al.*, 2012). منطقه مورد بررسی دارای ارتفاعی حدود ۱۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریاست و با دارا بودن بارندگی سالانه ۱۳۰۰ میلی‌متر در سال و دمای سالانه ۸ درجه سانتی‌گراد فاقد فصل خشک است. همچنین منطقه مورد مطالعه دارای خاک قهوه‌ای جنگلی و pH اسیدی بوده و به‌طورکلی دارای دو تیپ جنگلی راش خالص و راش-ممرز همراه با سایر پهن‌برگان می‌باشد (Anonymous, 1998).

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز

اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق با استفاده از سه قطعه نمونه یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰ متر) که هر کدام در یکی از مراحل تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی جنگل قرار دارند، جمع‌آوری شد (شکل۲). تشخیص این مراحل با استفاده از تجربیات و همچنین تعاریف موجود (Korpel, 1995; Delphan Abazari *et al.*, 2004; Sagheb-Talebi (*et al.*, 2005; Mattaji & Sagheb-Talebi, 2007 صورت پذیرفت. در انتخاب این سه قطعه نمونه علاوه بر در نظر گرفتن مراحل تحولی سعی شد که هر سه قطعه نمونه از نظر خاک، اقلیم و عوامل توپوگرافی دارای شرایط یکسانی باشند، بنابراین تنها تفاوت از نظر مرحله تحولی توده می‌باشد و سایر عوامل در ساختار این سه قطعه نمونه نقشی ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- موقعیت سه قطعه نمونه مورد بررسی نسبت به یکدیگر (نقاط موقعیت درختان در هر قطعه را نشان می‌دهند).

به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، پس از تعیین مختصات گوشه جنوب‌غربی هر سه قطعه نمونه، با استفاده از دستگاه VERTEX III و قطب‌نمای سونتو، آزیموت و فاصله درختان نسبت به گوشه جنوب‌غربی تعیین و بعد با استفاده از روابط مثلثاتی فاصله هر درخت نسبت به دو ضلع منتهی به گوشه جنوب‌غربی قطعه نمونه تعیین شد. همچنین علاوه بر مختصات هر درخت مشخصه‌هایی مانند نوع گونه، قطر برابرسینه درختان بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر و همچنین در نواری به عرض ۱۰ متر و طول ۱۰۰ متر در وسط هر قطعه نمونه ارتفاع تمام درختان موجود (به‌منظور ترسیم منحنی ارتفاع) اندازه-گیری شد. سپس با استفاده از منحنی ارتفاع، رابطه بین قطر و ارتفاع درختان راش محاسبه و ارتفاع تمامی درختان استخراج گردید.

شاخص‌های مورد استفاده

در این تحقیق به‌منظور کمی‌سازی ساختار جنگل‌های مورد مطالعه از شاخص‌های کلارک و ایوانز (Clark and Evans)، زاویه یکنواخت (Uniform angle)، آمیختگی (Mingling)، تمایز قطر برابرسینه (DBH differentiation)، تمایز ارتفاع (Height differentiation) و همچنین فاصله تا همسایه‌ها (Distance to neighbors) استفاده شد. در جدول۱ شاخص‌های بکار رفته در این تحقیق به‌طور مختصر تشریح شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- تشریح شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیکترین همسایه

ویژگی مورد بررسی	نام شاخص/تابع	معادله	تشریح	منبع
موقعیت مکانی	کلارک و ایوانز	$R=\frac{\bar{r}_{observed}}{E(r)}$	$E(r)=\frac{1}{2\times\sqrt{\frac{N}{A}}}$	Pommerening, 2002
	زاویه یکنواخت	$W_i=\frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4}v_{ij}$	$v_{ij}=\begin{bmatrix}1\rightarrow & \alpha_j<\alpha_0\\ 0\rightarrow & \alpha_j\geq\alpha_0\end{bmatrix}$	Corral *et al*., 2010
آمیختگی	آمیختگی	$DM_i=\frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4}v_{ij}$	$v_{ij}=\begin{bmatrix}1\rightarrow j_{\text{گونه}} & \neq i_{\text{گونه}}\\ 0\rightarrow j_{\text{گونه}} & =i_{\text{گونه}}\end{bmatrix}$	Graz, 2004
ابعاد درختان	تمایز قطر برابرسینه	$TD_i=\frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4}(1-r_{ij})$	$r_{ij}=\frac{\text{قطر کوچکتر}}{\text{قطر بزرگتر}}$	Ruprecht *et al*., 2010
	تمایز ارتفاع	$HD_i=\frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4}(1-r_{ij})$	$r_{ij}=\frac{\text{ارتفاع کوچکتر}}{\text{ارتفاع بزرگتر}}$	Ruprect *et al*., 2010
تراکم درختان	فاصله تا همسایه‌ها	$D_i=\frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4}s_{ij}$	$S_{ij}=$ فاصله درخت مرجع تا همسایه‌ها	Ruprecht *et al*., 2010

شاخص کلارک و ایوانز برای تعیین میزان انحرافی که یک جنگل از توزیع پوآسون (Poisson) دارد استفاده می‌شود. در این شاخص $\bar{\gamma}_{observed}$ میانگین فاصله درختان نسبت به نزدیکترین همسایه خود در توده مورد بررسی می‌باشد، درحالی‌که $E(\gamma)$ مقدار این فاصله در یک جنگل با توزیع کاملاً تصادفی (جنگل پوآسون) و دارای N درخت در سطحی برابر با A می‌باشد (Pommerening, 2002). هنگام بررسی یک جنگل با توزیع تصادفی، مقدار این شاخص برابر ۱ و در جنگل‌هایی با توزیع کپه‌ای و منظم مقدار این شاخص به‌ترتیب کمتر و بیشتر از ۱ بدست می‌آید (Kint *et al*., 2000). دومین شاخصی که در این تحقیق برای بررسی موقعیت مکانی درختان انتخاب شد، شاخص زاویه یکنواخت می‌باشد. این شاخص با مقایسه زاویه بین درختان همسایه (α_i) و زاویه استاندارد (α_0) (رابطه ۱) به بررسی منظم بودن موقعیت مکانی درخت مرجع نسبت به درختان همسایه خود می‌پردازد.

رابطه (۱) $\alpha 0= 360/\text{number of neighbor}+1$

مقدار شاخص زاویه یکنواخت به هنگام استفاده از چهار درخت همسایه (Aguirre *et al*., 2003; Graz, 2004; Gadow 2006; Corral *et al*., 2010) یکی از ارزش‌های صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱ بدست می‌آید که ارزش صفر نشان‌دهنده چیدمان منظم، ۰/۵۰ چیدمان تصادفی و ۱ چیدمان کپه‌ای می‌باشد.

دومین ویژگی ذکر شده برای بررسی ساختار جنگل، آمیختگی گونه‌ای می‌باشد. به‌منظور بررسی این ویژگی از شاخص آمیختگی که اساس کار آن بر مبنای مقایسه نوع گونه درخت مرجع نسبت به درختان همسایه است، استفاده شد. به هنگام استفاده از چهار درخت همسایه، یکی از مقادیر صفر (گونه همه همسایه‌ها مشابه گونه مرجع)، ۰/۲۵ (یک همسایه دارای گونه متفاوت نسبت به درخت مرجع)، ۰/۵۰ (دو همسایه دارای گونه متفاوت نسبت به درخت مرجع)، ۰/۷۵ (سه همسایه دارای گونه متفاوت نسبت به درخت مرجع) و یا ۱ (گونه هیچ‌کدام از همسایه‌ها مشابه گونه مرجع نمی‌باشند) بدست می‌آید (Ruprecht *et al*., 2010). به‌عبارت دیگر با افزایش مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

این شاخص، آمیختگی در توده مورد بررسی افزایش می‌یابد (Graz, 2004).

همچنین در این تحقیق به‌منظور بررسی ابعاد قطری و ارتفاعی درختان (ویژگی سوم ساختار جنگل)، از شاخص‌های تمایز قطر برابرسینه و تمایز ارتفاع استفاده شد. نتایج حاصل از این دو شاخص که به بررسی میزان اختلاف قطر برابرسینه و ارتفاع درختان همسایه در داخل توده می‌پردازد، بین صفر (بدون اختلاف) تا ۱ (ناهمگنی زیاد در میان درختان همسایه) در نوسان است. به‌منظور سهولت در تفسیر نتایج این دو شاخص، ارزش‌های آن به پنج طبقه اختلاف کم (۰/۲-۰)، متوسط (۰/۴-۰/۲)، آشکار (۰/۶-۰/۴)، زیاد (۰/۸-۰/۶) و خیلی زیاد (۱-۰/۸) تقسیم می‌شوند (Kint *et al.*, 2000).

یکی از معایب شاخص‌های ذکر شده در بالا، در نظر نگرفتن تراکم توده‌های جنگلی می‌باشد؛ بگونه‌ای که به هنگام مقایسه دو جنگل با چیدمان مشابه ولی تراکم‌های متفاوت، اختلافات به‌خوبی نشان داده نمی‌شوند. به‌همین منظور شاخص فاصله تا نزدیکترین همسایه‌ها به‌طور مکمل با شاخص‌های دیگر در کمی‌سازی ساختار جنگل مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ruprecht *et al.*, 2010). بنابراین با استفاده از این شاخص به‌راحتی می‌توان به مقایسه توده‌های مختلف در زمان‌ها و مکان‌های مختلف پرداخت.

اما مسئله بسیار مهمی که به هنگام کمی‌سازی ساختار جنگل با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه باید در نظر گرفت، تأثیر حاشیه قطعات نمونه بر روی تشکیل گروه‌های ساختاری می‌باشد، هر گروه ساختاری عبارت است از یک درخت مرجع و چهار درخت همسایه آن. به‌عبارت دیگر، ممکن است به هنگام تشکیل گروه‌های ساختاری نزدیک به مرز قطعه نمونه، یک یا چند درخت همسایه خارج از مرز قرار گرفته و در نتیجه عدم توجه به این موضوع سبب ایجاد انحراف در محاسبه شاخص‌های یاد شده شوند. در این تحقیق برای جلوگیری از این انحراف از روش تصحیح حاشیه نزدیکترین همسایه (NN_1) استفاده شد. در این روش برای هر درخت با توجه به چیدمان مکانی آن تصمیم گرفته می‌شود که در محاسبات ساختار وارد شود یا خیر. به‌عبارت دیگر، تنها در صورتی درخت i به‌عنوان درخت مرجع انتخاب می‌شود که فاصله آن تا مرز قطعه نمونه بیشتر یا مساوی با فاصله آن تا nامین درخت همسایه باشد (Pmmerening & Stoyan, 2006).

در این تحقیق، تمامی محاسبات مربوط به شاخص‌های ساختاری و همچنین انجام عملیات تصحیح حاشیه با استفاده از مجموعه نرم‌افزاری Crancod با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌نویسی در محیط برلند دلفی مبتنی بر زبان برنامه‌نویسی پاسکال، انجام شد.

نتایج

مشخصات کمی سه قطعه نمونه یک هکتاری برداشت شده به‌منظور شناخت بهتر وضعیت توده‌های مورد مطالعه در جدول۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات کمی سه قطعه نمونه یک هکتاری برداشت شده

مرحله تحولی	تعداد درخت	حداقل قطر	حداکثر قطر	میانگین قطر	ضریب تغییرات قطر
اولیه	٤٥٤	۷/۵	١٥٤	۲۷/٦	٪۸٤
بلوغ	۳۳٦	۷/۵	۱۱۰	۳٦/۸	٪۵۵
پوسیدگی	۳۰۲	۷/۵	۹۷	۳۵/۸	٪۵۹

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین به‌منظور مطالعات ساختاری، پس از تصحیح حاشیه و حذف گروه‌های ساختاری که دارای یک یا چند همسایه در خارج از مرز قطعه نمونه بودند، شاخص‌های ساختاری مذکور در سه مرحله تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی محاسبه شد. در جدول۳ تعداد گروه‌های ساختاری قبل و بعد از تصحیح حاشیه به روش نزدیکترین همسایه و همچنین فراوانی گروه‌های ساختاری که راش به‌عنوان درخت مرجع می‌باشد، ارائه شده است.

جدول۳- تعداد گروه‌های ساختاری قبل و بعد از تصحیح حاشیه با استفاده از روش نزدیکترین همسایه

مراحل تحولی	تعداد گروه ساختاری قبل از تصحیح حاشیه	تعداد گروه ساختاری بعد از تصحیح حاشیه	فراوانی گروه ساختاری راش
مرحله اولیه	٤٥٤	۳۹۲	٪۹۰/۰۵
مرحله بلوغ	۳۳٦	۲۵۱	٪۸۵/٦۵
مرحله پوسیدگی	۳۰۲	۲٦۱	٪۸۹/٦۵

نتایج حاصل از شاخص کلارک و ایوانز (جدول٤) نشان‌دهنده الگوی مکانی کپه‌ای درختان در مراحل اولیه و پوسیدگی می‌باشد. هر چند که میانگین این شاخص در مرحله اولیه (۰/۸۸) به مقدار بسیار ناچیزی کمتر از مرحله پوسیدگی (۰/۸۹) است که نشان‌دهنده تمایل بیشتر مرحله اولیه به داشتن الگوی کپه‌ای می‌باشد، ولی این تفاوت بسیار جزئی است. بر خلاف دو مرحله اولیه و پوسیدگی، میانگین شاخص کلارک و ایوانز در مرحله بلوغ بیان‌کننده الگوی مکانی تصادفی درختان می‌باشد. بکارگیری شاخص زاویه یکنواخت به‌طور مکمل با شاخص کلارک و ایوانز نشان‌دهنده چیدمان تصادفی درختان همسایه در سه مرحله تحولی می‌باشد (جدول٤). نتایج حاصل از این شاخص بیان‌کننده این مطلب است که هرچند در مراحل اولیه و پوسیدگی درختان به شکل کپه‌ای قرار دارند، ولی در داخل کپه‌ها درختان به شکل تصادفی چیده شده‌اند. در شکل۳ به‌منظور درک بهتر از توزیع گروه‌های ساختاری در طبقات مختلف صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱، فراوانی نسبی گروه‌های ساختاری در طبقات ذکر شده، ارائه شده است. همان‌طور که در شکل۳ مشاهده می‌شود، بیشترین فراوانی گروه‌های ساختاری در طبقه ۰/۵ می‌باشد که بیان‌کننده این مطلب است که از چهار زاویه بین درختان همسایه یک گروه ساختاری، دو زاویه کوچکتر و دو زاویه بزرگتر از زاویه مرجع است.

میانگین حاصل از شاخص آمیختگی که به بررسی آمیختگی درختان همسایه در سه مرحله تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی پرداخته در جدول٤ ارائه شده است. نتایج حاصل از این شاخص به‌ترتیب در مراحل اولیه، پوسیدگی و بلوغ افزایش می‌یابد. به‌عبارتی دیگر مرحله اولیه دارای آمیختگی کمتری نسبت به سایر مراحل است. شکل٤ نشان‌دهنده توزیع گروه‌های ساختاری در هر یک از طبقات ۱-۰ می‌باشد. با توجه به شکل٤ بیشترین فراوانی گروه‌های ساختاری در طبقه صفر می‌باشد که بیانگر یکسان بودن چهار درخت همسایه با گونه درخت مرجع می‌باشد.

سومین ویژگی ساختار جنگل اختلاف ابعاد درختان است. میانگین شاخص تمایز قطر برابرسینه (جدول٤) نشان‌دهنده اختلاف قطری متوسط تا آشکار برای درختان همسایه در هر سه مرحله تحولی است. از آن جا که ارتفاع تمامی درختان در این تحقیق اندازه‌گیری نشده بود، برای محاسبه ارتفاع درختان راش از منحنی ارتفاع استفاده شد (شکل۵) و ارتفاع سایر گونه‌های درختی به‌علت تعداد کم داده‌های ارتفاعی آنها محاسبه نگردید. به همین دلیل

www.SID.ir

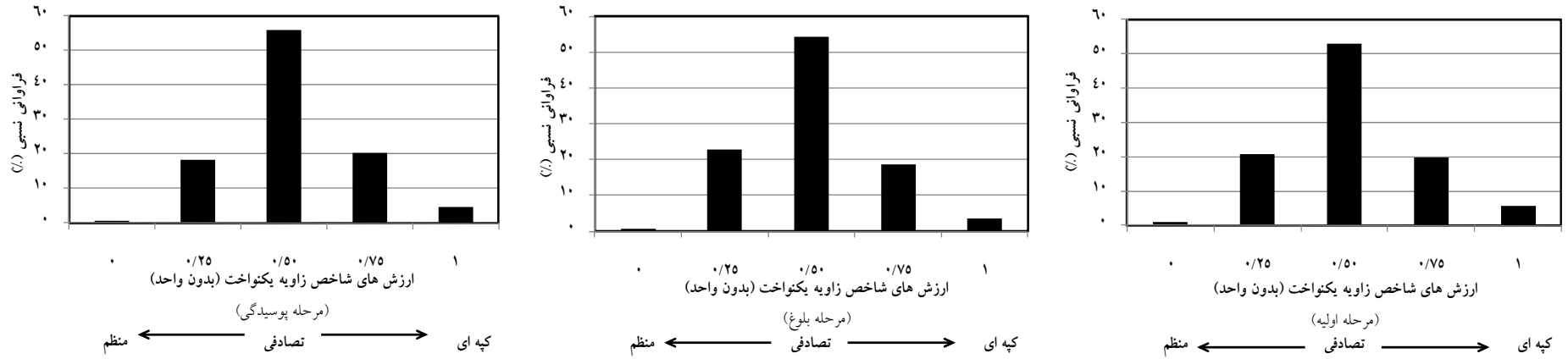
Archive of SID

تعدادی از گروه‌های ساختاری که دارای گونه‌های دیگر بودند حذف و محاسبات مربوط به شاخص تمایز ارتفاع برای مراحل اولیه، بلوغ و پوسیدگی به‌ترتیب با ۲۸۸، ۱۶۶و ۱۷۸ گروه ساختاری انجام شد. نتایج حاصل از این شاخص (جدول٤) نشان‌دهنده اختلاف کم تا متوسط درختان از نظر ارتفاعی می‌باشد. همچنین به‌منظور درک بهتر از توده‌های مورد بررسی، نمودارهای توزیع گروه‌های ساختاری برای دو شاخص تمایز قطر برابرسینه و ارتفاع به‌ترتیب در شکل‌های٦ و ۷ ارائه شده است. این دو شاخص هر چه از ارزش صفر به سمت ۱ میل کنند، اختلاف بین کوچکترین و بزرگترین درخت از نظر ویژگی مورد بررسی بیشتر می‌شود.

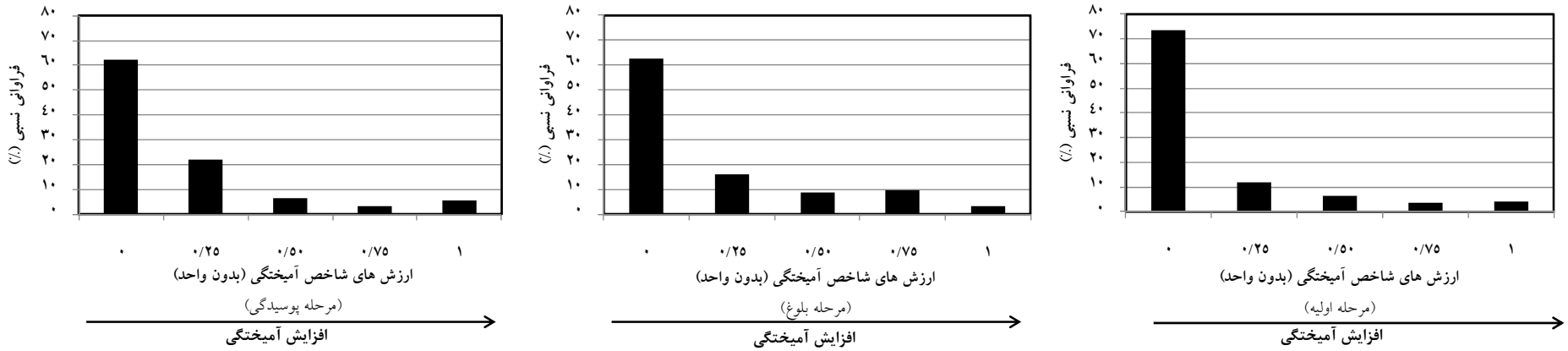
به‌منظور مقایسه فاصله بین درختان همسایه در سه مرحله ذکر شده، شاخص فاصله تا نزدیکترین همسایه‌ها بکار گرفته شد. نتایج حاصل از این شاخص (جدول٤) نشان‌دهنده افزایش فاصله بین درختان طی مراحل اولیه، پوسیدگی و بلوغ می‌باشد. البته لازم به ذکر است که علاوه بر تعداد درختان، الگوی پراکنش درختان نیز بر نتایج حاصل از این شاخص تأثیرگذار می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- نمودارهای توزیع مقادیر شاخص زاویه یکنواخت در مراحل تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی

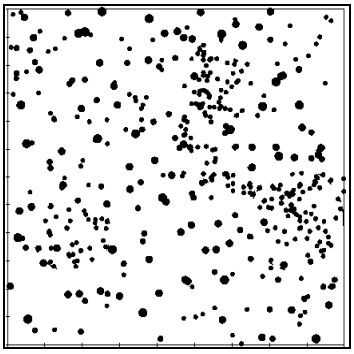
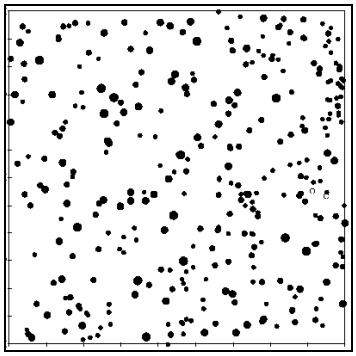
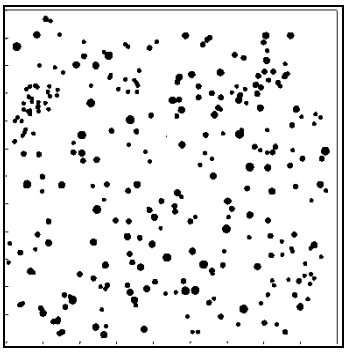


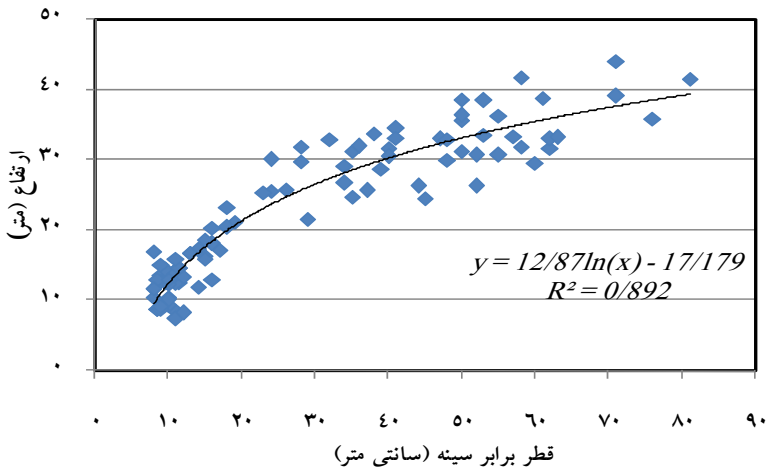
شکل٤- نمودارهای توزیع مقادیر شاخص آمیختگی در مراحل تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول٤- میانگین شاخص‌های ساختار جنگل در مراحل تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی

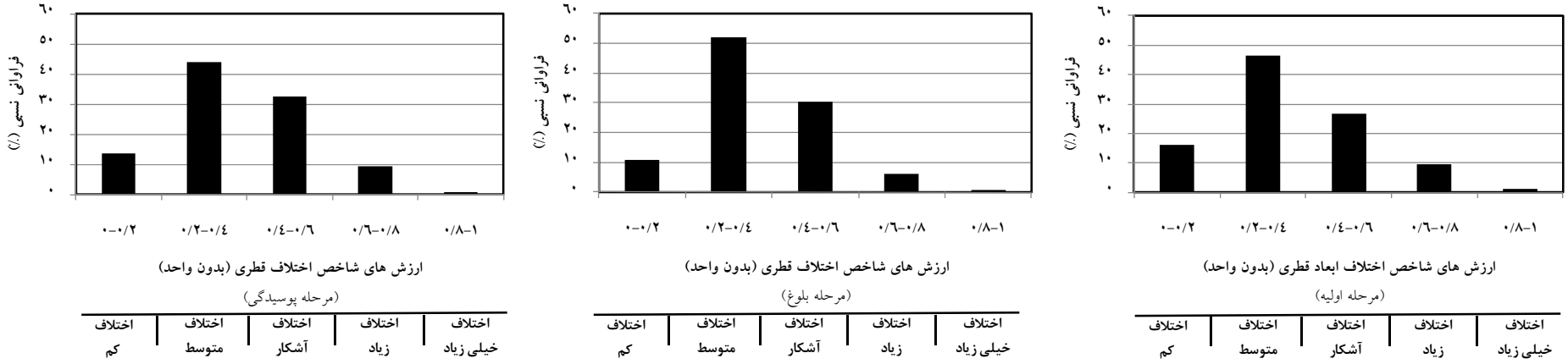
	مرحله اولیه	مرحله بلوغ	مرحله پوسیدگی
			
R	۰/۸۸ (کپه‌ای)	۰/۹۷ (تصادفی)	۰/۸۹ (کپه‌ای)
$\overline{W_i}$	۰/۵۲ (تصادفی)	۰/۵۰ (تصادفی)	۰/۵۲ (تصادفی)
$\overline{DM_i}$	۰/۱۳ (آمیختگی کمتر)	۰/۱۹ (آمیختگی بیشتر)	۰/۱۷ (آمیختگی متوسط)
$\overline{TD_i}$	۰/۳۷ (اختلاف قطری متوسط تا آشکار)	۰/۳۷ (اختلاف قطری متوسط تا آشکار)	۰/۳۸ (اختلاف قطری متوسط تا آشکار)
$\overline{HD_i}$	۰/۲۹ (اختلاف ارتفاعی متوسط)	۰/۲۳ (اختلاف ارتفاعی کم تا متوسط)	۰/۲۵ (اختلاف ارتفاعی متوسط)
$\overline{D_i}$	۲/۸٤ (فاصله بین درختان کم)	٤/٤۲ (فاصله بین درختان زیاد)	٤/۱٤ (فاصله بین درختان متوسط)



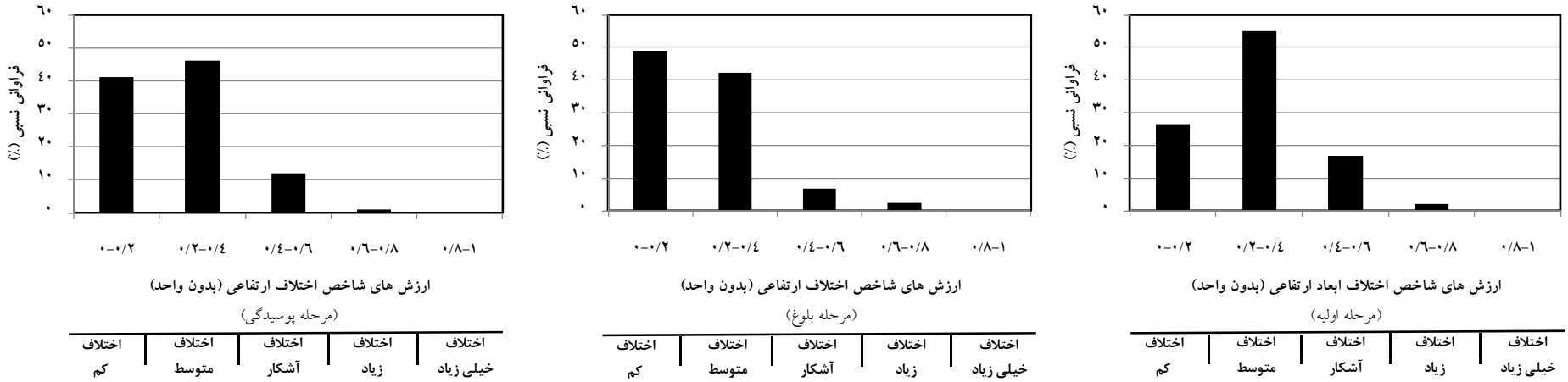
شکل۵- منحنی ارتفاع گونه راش در منطقه کلاردشت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- نمودارهای توزیع مقادیر شاخص تمایز قطر برابرسینه در مراحل تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی



شکل ٧- نمودارهای توزیع مقادیر شاخص تمایز ارتفاع در مراحل تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

با وجود این که درختان در جای خود ثابت هستند، ولی توده‌های جنگلی در زمان و مکان‌های مختلف دارای تغییراتی در ساختار خود می‌باشند. از عوامل مؤثر در این تغییرات می‌توان به فرایندهایی ازجمله تجدیدحیات، رویش و مرگ و میر درختان اشاره کرد. بنابراین می‌توان بیان نمود که ساختار جنگل اثرات متقابلی با فرایندهایی ازجمله تجدیدحیات، رویش و مرگ و میر دارد. بررسی ساختار جنگل و مدیریت آن نه تنها از نظر اکولوژیست‌ها جذاب می‌باشد؛ بلکه از نظر اقتصاددانان نیز بسیار مفید است. به گونه‌ای که یک جنگل با ساختار ناهمسال و آمیخته بمراتب نسبت به خطرات طبیعی مقاوم‌تر بوده و همچنین می‌تواند دارای تولیدات پایدار بیشتری باشد.

نتایج حاصل از شاخص‌های بکار رفته در این تحقیق نشان‌دهنده وجود کپه‌های درختان در دو مرحله اولیه و پوسیدگی است، البته باید بیان نمود که مرحله اولیه دارای تمایل بیشتری به حالت کپه‌ای می‌باشد. پژوهشگرانی مانند Habashi *et al.* (2007)، Hassani & Amani (2010) و Akhavan *et al.* (2012) علت پراکنش کپه‌ای گونه راش را در خصوصیات اکولوژیکی این گونه ازجمله بذرهای سنگین، سایه‌پسندی و داشتن زادآوری لکه‌ای می‌دانند. اما نکته قابل توجه، وجود چیدمان تصادفی درختان داخل کپه‌ها نسبت به یکدیگر بود که حکایت از طبیعی بودن جنگل‌های منطقه مورد مطالعه داشت. بررسی موقعیت مکانی درختان مرحله بلوغ، وجود الگوی مکانی تصادفی را برای این مرحله نشان داد که نشان‌دهنده حذف تعداد زیادی از درختان داخل خوشه‌ها به‌علت رقابت موجود در مرحله اولیه می‌باشد. همچنین حذف این درختان سبب افزایش فاصله بین درختان همسایه می‌شود. نتایج حاصل از بررسی موقعیت مکانی در این تحقیق با نتایج Akhavan *et al.* (2010) که با استفاده از تابع K رایپلی به بررسی الگوی مکانی جنگل مورد بررسی در این تحقیق پرداختند، هماهنگی دارد. همچنین Kint *et al.* (2000) بیان کردند که علاوه بر تغییرات حاصل از فرایندهای طبیعی، مدیریت توده‌ها نیز سبب تغییر در موقعیت مکانی درختان می‌شود؛ به گونه‌ای که در توده‌های مدیریت شده با تنک کردن خوشه‌ها به نفع درختان مرغوب، الگوی مکانی به‌سمت منظم شدن پیش می‌رود. طی مقایسه‌ای که Commarmot *et al.* (2005) بر روی دو توده راش بکر و مدیریت شده انجام دادند، بیان کردند که در توده مدیریت شده درختان اشکوب بالایی تحت تأثیر تنک کردن از بالا دارای توزیع منظم شده‌اند، درحالی‌که درختان در اشکوب پایینی و میانی پراکنش خوشه‌ای داشتند. در جنگل بکر درختان مسن با قطر بیشتر از ۸۰ سانتی‌متر دارای پراکنش تصادفی و درختان اشکوب‌های میانی و پایینی تحت تأثیر زادآوریهای انجام شده در روشنه‌های حاصل از خشکه‌دارها، پراکنش خوشه‌ای داشتند.

با وجود اختلاف کم در مقادیر شاخص آمیختگی در سه مرحله تحولی اولیه، بلوغ و پوسیدگی؛ هر سه ارزش نشان‌دهنده آمیختگی کم درختان به‌دلیل فراوانی بیشتر راش بوده است. نتایج حاصل از این شاخص نشان‌دهنده وجود رقابت درون گونه‌ای در سه توده مورد بررسی (به‌ویژه مرحله اولیه) می‌باشد. Akhavan & Sagheb-Talebi (2012) بیان کردند که سرشت سایه پسندی راش و رقابت درون گونه‌ای آن در طول زمان و در مراحل مختلف تحولی جنگل تغییر می‌کند که به‌همراه محدودیت پراکنش بذر آن سبب ایجاد الگوهای پراکنش مختلف می‌شود. همچنین Pommerening (2002) ضمن تشریح ساختار درختان بلوط و راش بیان می‌کند که آمیختگی گونه‌ای به‌طور مستقیم تحت تأثیر موقعیت مکانی درختان قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال تمایل گونه راش به داشتن الگوی مکانی کپه‌ای سبب شده که بیشتر درختان مجاور این گونه را پایه‌هایی از همان گونه تشکیل دهند، درحالی‌که الگوی مکانی تصادفی گونه بلوط سبب آمیختگی زیاد این گونه با سایر گونه‌ها می‌باشد. Alijani

www.SID.ir

Archive of SID

et al. (2012a) با مقایسه آمیختگی گونه راش و بلوط بیان کردند که میزان اختلاف مطلق بین نمودارهای توزیع مقادیر این دو گونه برابر ۵۹/۳ درصد می‌باشد که میزان زیاد این ارزش به‌خوبی نمایانگر تفاوت موجود بین آمیختگی این دو گونه می‌باشد. همچنین مدیریت توده بر روی ترکیب گونه‌ای بدون تأثیر نمی‌باشد، به گونه‌ای که در جنگل‌های مورد مطالعه Commarmot *et al.* (2005)، مدیریت توده‌های راش سبب افزایش تنوع گونه‌های درختی نسبت به جنگل بکر شده بود.

ویژگی سوم ساختار جنگل که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، اختلاف ابعاد درختان نسبت به یکدیگر می‌باشد. درختان مورد بررسی در هر سه مرحله تحولی از نظر قطر برابرسینه دارای اختلاف متوسط تا آشکار و از نظر ارتفاعی دارای اختلاف کم تا متوسط می‌باشند. Pommerening (2002) بیان می‌کند که علاوه بر سن و مراحل تکاملی توده، مدیریت جنگل نیز بر اختلاف ابعاد درختان مؤثر است. به‌طور مثال در توده بلوطی که Kint *et al* (2000) بررسی کردند، برداشت پایه‌های قطور گیلاس وحشی در مجاورت بلوط سبب افزایش اختلاف قطری توده مورد بررسی شده بود. همچنین رابطه بین قطر درختان و رقابت موجود در توده‌های راش را Akhavan & Sagheb-Talebi (2012) به‌طور مفصل بحث نموده‌اند. با وجود این که میانگین شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق، اطلاعات مناسبی را ارائه می‌دهند؛ ولی Aguirre *et al.* (2003) پیشنهاد کردند که به‌منظور درک بهتر از ساختار درختان از نمودارهای توزیع مقادیر شاخص‌های مذکور در طبقات مختلف استفاده شود (شکل‌های۳، ٤، ٦ و ۷).

شاخص‌های بکار رفته در این تحقیق دارای توانایی زیادی در کمی‌سازی ساختار جنگل و تشریح ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های درختی می‌باشند. از مزیت‌های این شاخص‌ها نسبت به روش‌های کلاسیک می‌توان به آسانی اندازه‌گیری، ارزان بودن و صحت زیاد اشاره کرد. در پایان پیشنهاد می‌شود که به‌منظور کسب اطلاعات بیشتر از تغییرات ساختار جنگل در مراحل مختلف تحولی، ساختار این توده‌های جنگلی طی دوره‌های زمانی پایش شود. همچنین لازم است که کاربرد نتایج حاصل از این شاخص‌ها در عملیات جنگل‌شناسی، بهره‌برداری، جنگل-کاری و احیای جنگل مورد بررسی و استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

References

- Aguirre, 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.
- Akhavan, R., 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.
- Akhavan, R., Sagheb-Talebi, KH., Hassani, M. and Parhizkar, P., 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.
- 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.
- Alijani, V. and Feghhi, J., 2012. Investigation on the elm (*Ulmus glabra* Hudson) spatial structure to applying for sustainable management (Case Study: Gorazbon district, Kheirud Forest). Journal of Environmental Studies, 37(60): 35-44.
- Alijani, V., Feghhi, J. and Marvi Mohadjer, M.R., 2012a. Investigation on the beech and oak spatial structure in a mixed forest (Case study: Gorazbon district, Kheirud forest). Journal of Wood & Forest Science and Technology, 19(3): 175-188.
- Alijani, V., Feghhi, J., Zobeiri, M. and Marvi Mohadjer, M.R., 2012b. Quantifying the Spatial Structure in Hyrcanian Submountain Forest (Case Study: Gorazbon District of Kheirud Forest-Noushahr-Iran). Iranian Journal of Natural Resources. 65(1): 111-125.
- Anonymous, 1998. Management plan of district1 of Langa Forest, watershed basin No.36 (Kazemrood), Natural Resources Department of Noushahr Township, 450 p.
- Commarmot, B., Bachofen, H., Bundziak, Y., Bürgi, A., Ramp, B., Shparyk, Y., Sukhariuk, D., Viter, R., and Zingg, A., 2005. Structures of virgin and

www.SID.ir

Archive of SID

18(2): 163-176.
- Kint, V., 2005. Structural development in ageing temperate Scots pine stands. Forest Ecology and Management, 214: 237-250.
-Kint, V., Lust, N., Ferris, R. and Olsthoorn, A.F.M., 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scote Pine (*Pinus sylvestris* L.) forests. Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 1: 147-163.
- Korpel, S., 1995. Die Urwälder der Westkarpaten. Gustav Fischer, Berlin, 310 p.
-Mattaji, A. and Namiranian, M., 2003. Investigation the structure and evolution process of beech forests natural stands in north of Iran (Case study: Kheyrood-Kenar, Noushahr). Iranian Journal of Natural Resources, 55(4): 531-541.
- Mattaji, A. and Sagheb-Talebi, KH., 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.
- Motz, K., Sterba, H. and Pommerening, A., 2010. Sampling measures of tree diversity. Forest Ecology and Management, 260: 1985-1996
- Pommerening, A., 2002. Approaches to quantifying forest structures. Forestry, 3: 305-324.
- Pommerening, A., 2006. Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. Forest Ecology and Management, 224: 266-277.
- Pommerening, A. and Stoyan, D., 2006. Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure. Canadian Journal of Forest Research, 36: 1723-1739.
- Ruprecht, H., Dhar, A., Aigner, B., Oitzinger, G., Raphael, K. and Vacik, H., 2010. Structural diversity of English yew *(Taxus bacata* L.*)* populations. European Journal of Forest Research, 129: 189-198.
- Sagheb-Talebi, KH., 2012. Primary report of national plan of recognition the appropriate properties of Oriental beech forests for applying close to nature silvicultural system in north of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 32 p.
- Sagheb-Talebi, KH., Delfan Abazari, B. and Namiranian, M., 2005. Regeneration process in natural un-even aged Caspian beech forests of Iran. Swiss Forestry Journal, 156(12): 477-480.
managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): a comparative study. Forest Snow Landscape Research, 79(1/2): 45-56.
- Corral, J.J., Wehenkel, C., Castelanos, H.A., Vargas, B. and Dieguez, U., 2010. A permutation test of spatial randomness: application to nearest neighbor indices in forest stands. Journal of Forest Research, 15: 218-225.
- Daneshvar, A., Rahmani, R. and Habashi, H., 2007. The heterogeneity of structure in mixed beech forest (case study: Shastkalateh, Gorgan. Journal of Agriculture Science and Natural Resource, 14(4): 20-31.
- Delphan Abazari, B., Sagheb-Talebi, KH, and Namiranian, M., 2004. Development stages and dynamic of undisturbed oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Kelardasht region (Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 12(3): 307-325.
- Eslami, A.R. and Sagheb-Talebi, KH., 2008. Investigation on the structure of pure and mixed beech forests in north of Iran. Pajouhesh & Sazandegi, 77: 39-46.
- Gadow, K.V., 2006. Forsteinrichtung, Adaptive Steuerung und Mehrpfadprinzip. University of Göttingen, 163 p.
- Gadow, K.V., 2003. Waldstruktur und Wachstum. Universitatsdrucke Göttingen, 241 p.
- Gadow, K.V., Zhang, C.Y., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J., Korol, M., Myklush, S., Hui, G.Y., Kiviste, A. and Zhao, X.H., 2012. Forest structure and diversity, 29-83. In: Pukkala, T. and Gadow, K.V. (Eds.). Continuous cover forestry. 2nd edition, Managing Forest Ecosystem 23. Springer, Dordrecht, 296 p.
- Graz, P.F., 2004. The behavior of the species mingling index M_{sp} in relation to species dominance and dispersion. European Journal of Forest Research, 123: 87-92.
- Habashi, H., Hosseini, S.M., Mohammadi, J. and Rahmani, R., 2007.Stand structure and spatial pattern of trees in mixed Hyrcanian beech forests of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 15: 55-64.
- Hassani, M. and Amani, M., 2010. Investigation on structure of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand at optimal stage in Sangdeh forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research,

www.SID.ir

Archive of SID

Quantifying structure of intact beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands at different development stages (Case study: Kelardasht area, Mazandaran)

V. Alijani[1], Kh. Sagheb-Talebi[2*] and R. Akhavan[3]

1- PhD student, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

2*- Corresponding Author, Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran. E-mail: saghebtalebi@rifr-ac.ir

3- Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran

Received: 09.12.2012 Accepted: 08.05.2013

Abstract

Forest structure is influenced by natural processes and human interventions. For proper forest management, some tools are required to study changes made at forest structure. In this study, to investigate changes made at structure of intact and natural forest of Kelardast area of Caspian Forests of Iran, three one-hectare area plots, representative of initial, optimal and decay stages of forest development, were used. After measuring distance and azimuth of each tree to the southwest corner of each sampling plot and recording some parameters such as species, diameter at breast height (dbh) and total height, three characteristics, including geographical location (Clark & Evans and uniform angle indices), mixture (Mingling index) and tree dimensions (dbh and total height differentiation indices) were studied, using a set of indices, based on nearest neighbor criteria. Results of this study showed that greatest density of trees was found at the initial stage and according to the Clark & Evans index, distribution pattern of the trees at initial and decay stages in one hand and at optimal stage at second hand was clumped and random, respectively. Furthermore, result of the uniform angle index showed that the trees arrangement within the structural groups at the three development stages was at random form. Results of Mingling index showed that mixture at initial stage was at lowest rate, compared to the other development stages. Moreover, result of dbh and total height differentiation indices showed that there were moderate-obvious and low-moderate variations for the trees at the three development stages, respectively. Regarding the intactness of the studied stands, results of these indices might be applied as a basis for similar forests and determination variation rates caused by natural processes and human interventions.

Key words: Spatial patterns, Mingling index, differentiation indices, nearest neighbors, witness forest.

www.SID.ir