فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۲ شماره ۲، صفحه ۳۰۶-۲۹۴، (۱۳۹۳)

تحلیل ساختار جنگل‌های زاگرس با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه (پژوهش موردی: جنگل‌های قلعه‌گل خرم‌آباد)

پیمان فرهادی[۱]، جواد سوسنی[۲*]، کامران عادلی[۳] و وحید علی‌جانی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۲*- نویسنده مسئول، استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. پست الکترونیک: Soosani.J@Lu.ac.ir

۳- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۴- کارشناس‌ارشد جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۱

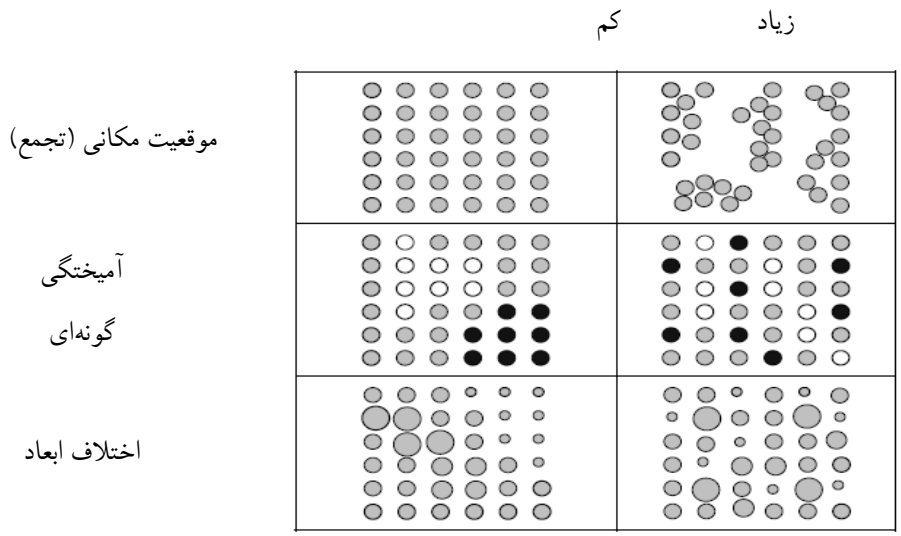
چکیده

بررسی ساختار جنگل برای درک بسیاری از مسائل در اکولوژی و مدیریت جنگل ضروریست. در این تحقیق با استفاده از آماربرداری صددرصد محدوده‌ای به‌وسعت ۳۲ هکتار در منطقه پرک قلعه‌گل استان لرستان، ساختار گونه‌های موجود با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌ها موردبررسی قرار گرفت. برای بررسی ساختار از شاخص‌های کلارک و اوانز، زاویه یکنواخت، شانون- وینر، آمیختگی، اندازه مساحت تاج‌پوشش و اختلاف مساحت تاج‌پوشش استفاده شد. شاخص‌های مذکور به بررسی تنوع موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای و تنوع ابعاد درختان می‌پردازند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین شاخص‌های کلارک و اوانز و زاویه یکنواخت به‌ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۴۷ محاسبه شد که نشان‌دهنده توزیع کپه‌ای است. میانگین شاخص‌های شانون- وینر و آمیختگی نیز به‌ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۰۶ محاسبه شد. با توجه به‌اینکه سهم قابل‌توجهی از منطقه موردمطالعه از گونه بلوط ایرانی تشکیل شده است، ارزش شاخص آمیختگی کم محاسبه شد. مقدار میانگین شاخص اندازه مساحت تاج‌پوشش ۰/۵۰ محاسبه شد که نشان‌دهنده غالب‌بودن ابعاد تاج گونه‌های بلوط ایرانی، کیکم، زالزالک و گلابی و مغلوب‌بودن گونه‌های شن و ارژن است. همچنین مقدار شاخص اختلاف مساحت تاج‌پوشش که به کمی‌سازی اختلافات موجود بین درختان مجاور یکدیگر از نظر سطح تاج‌پوشش می‌پردازد، برای کل درختان موجود در منطقه ۰/۴۸ محاسبه شد که نشان‌دهنده اختلاف آشکار بین درختان از نظر سطح تاج‌پوشش است. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که جنگل منطقه پرک استان لرستان از نظر تنوع زیستی در وضعیت نگران‌کننده و نامناسبی قرار دارد و باید با برنامه‌ریزی مناسب از این روند کاهشی تنوع زیستی که طی سالیان اخیر شدت گرفته است، جلوگیری کرد. البته این جنگل از نظر موقعیت مکانی و تنوع ابعاد درختان هنوز در وضعیت مناسبی قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: ساختار جنگل، تنوع موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای، تنوع ابعاد، جنگل پرک قلعه‌گل.

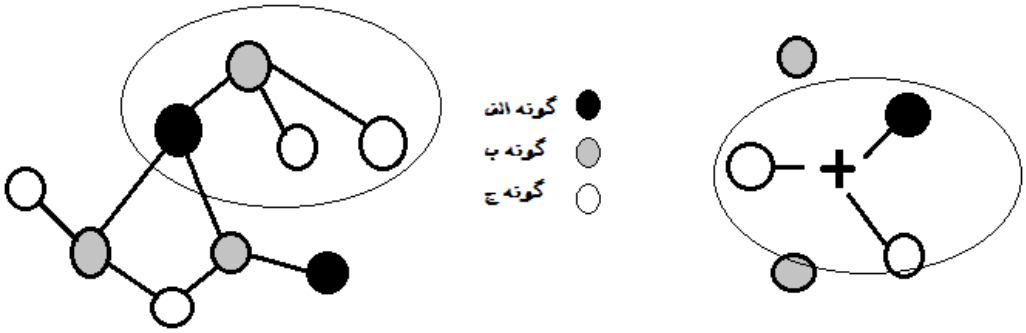
مقدمه

ساختار جنگل چگونگی توزیع ویژگی‌های مختلف درختان در اکوسیستم‌های جنگلی را مورد بررسی قرار می‌دهد (Gadow *et al.*, 2012) و دارای ارتباط مستقیمی با زیستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری است (Kint *et al.*, 2000). به‌همین دلیل ساختار جنگل به‌عنوان یکی از مهمترین اجزای کلیدی در تشریح اکوسیستم‌های جنگلی و تنوع زیستی به‌کار می‌رود (Kint *et al.*, 2004). به‌طور کلی، واژه "ساختار" به ترکیب جوامع درختی از نظر ویژگی‌های خاص تأکید می کند. این ویژگی‌ها ممکن است شامل سن درخت، اندازه، گونه یا جنسیت (درمورد گونه‌های دوپایه) باشد. به‌عبارت دیگر، ساختار جنگل چیدمان ویژگی‌های ذکرشده در کنار یکدیگر را مورد بررسی قرار می‌دهد (Graz, 2006). تشریح ساختار جنگل باید براساس یک تعریف واضح از ساختار پایه‌گذاری شود. پژوهشگران مختلف ساختار جنگل را براساس سه ویژگی موردمطالعه قرار دادند. اولین ویژگی موقعیت مکانی درختان است که در واقع نشان‌دهنده الگوهای پراکنش منظم، تصادفی، کپه‌ای و یا ترکیبی از آنها است. دومین ویژگی رایج، نحوه آمیختگی گونه‌ای است که چیدمان فضایی گونه‌های مختلف را بررسی می‌کند. آخرین ویژگی نیز ابعاد درختان است که چیدمان مکانی مشخصه‌هایی از قبیل قطر و ارتفاع را نشان می‌دهد (Kint, 2000; Aguiree, 2003; Pommerening, 2006) (شکل ۱).



شکل ۱- اجزای اصلی ساختار جنگل (موقعیت مکانی، آمیختگی گونه‌ای و ابعاد درختان. هریک از دایره‌ها یک پایه درختی را نشان می‌دهد) (Alijani & Feghhi, 2012).

به‌منظور درک درست و تصمیم‌گیری صحیح در فعالیت‌های مدیریتی جنگل از قبیل فعالیت‌های پرورشی و بهره‌برداری، بررسی ساختار جنگل ضروری است (Corral *et al.*, 2010). به‌همین دلیل از سال ۱۹۹۲، مجموعه‌ای از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه، توسط موسسه مدیریت جنگل دانشگاه گوتینگن (آلمان) طراحی شد. این شاخص‌ها عملکردی شبیه به ساختار ملکول‌های شیمیایی دارند و به بررسی همسایه‌های هر درخت یا نقطه معین در توده جنگلی می‌پردازند (شکل ۲).



شکل ۲- نمونه‌ای از یک گروه ساختاری سه‌درختی (شکل راست: برمبنای یک نقطه معین؛ شکل چپ: برمبنای درخت)

تشریح کمی ساختار می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارها در مدیریت جنگل مورد استفاده قرار گیرد. با مطالعه ساختار جنگل‌های طبیعی می‌توان روش رسیدن به یک ساختار مطلوب را مشخص کرد. با استفاده از عملیات جنگل‌شناسی مناسب و شبیه‌سازی ساختارهای طبیعی در توده‌های تحت‌مدیریت، می‌توان به حفظ تنوع زیستی، پویایی و پایایی جنگل پرداخت (Daneshvar *et al.*, 2007). چگونگی استقرار درختان در عرصه در رابطه با دیگر درختان (الگوی مکانی) بر موجودی در هکتار توده و رشد درختان تأثیر مستقیم دارد (Erfani Fard *et al.*, 2007).

در ایران دررابطه با ساختار جنگل پژوهش‌های زیادی انجام شده است. ازجمله این تحقیقات می‌توان به Mattaji و Namiranian (۲۰۰۳)، Daneshvar و همکاران (۲۰۰۷)، Eslami و Sagheb-Talebi (۲۰۰۸) و Hassani و Amani (۲۰۱۰) اشاره کرد. اما از مطالعاتی که با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه به بررسی ساختار جنگل پرداخته‌اند، می‌توان به Alijani و Feghhi (۲۰۱۲) و Alijani و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد. در پژوهش‌های اشاره‌شده، با استفاده از قطعات‌نمونه دایره‌ای ۱۰ آری و استفاده از گروه‌های ساختاری چهاردرختی، ساختار جنگل‌های بخش گرازبن جنگل خیرود موردمطالعه قرار گرفت. در خارج از ایران نیز مطالعاتی با بکارگیری شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه به بررسی ساختار جنگل‌های مختلف پرداخته‌اند. Pommerening (۲۰۰۲) ضمن تشریح شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه، بیان کرد که این شاخص‌ها دارای توانایی لازم برای تشریح اختلاف ساختار بین جنگل‌ها در زمان و مکان‌های مختلف، تعیین ساختار جنگل، تعیین اختلاف ساختار مشاهده‌شده و موردانتظار و همچنین بیان تغییرات ایجادشده در اثر عملیات بهره‌برداری هستند. همچنین در تحقیق Aguirre و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه، ساختار سه قطعه‌نمونه ۲۵۰۰ مترمربعی بررسی شد. پژوهشگران مذکور بیان کردند که برای محاسبه این شاخص‌ها لزومی به اندازه‌گیری فاصله بین درختان و یا ثبت موقعیت درختان نیست و این شاخص‌ها تنها با ارزیابی درختان همسایه درخت مرجع قابل‌محاسبه بوده و به‌راحتی می‌توانند با سایر جنگل‌ها مورد مقایسه قرار گیرند. Graz (۲۰۰۶) با بررسی قابلیت‌های این شاخص‌ها در بررسی ساختار و تنوع زیستی ساوان‌های فقیر بیان کرد که این شاخص‌ها نه‌تنها وضعیت فعلی تنوع زیستی را نشان می‌دهند، بلکه می‌توانند وضعیت اکولوژیکی گونه‌های مختلف را مشخص نمایند. Ruprecht و همکاران (۲۰۱۲) نیز به‌منظور بهبود مدیریت حفاظتی سرخدار، از مجموعه‌ای از شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه استفاده کردند. آنها بیان کردند که باوجود تفاوت‌های محیطی، زنده‌مانی سرخدار در ذخیره‌گاه‌های مختلف تحت‌تأثیر رقابت با درختان همسایه خود است.

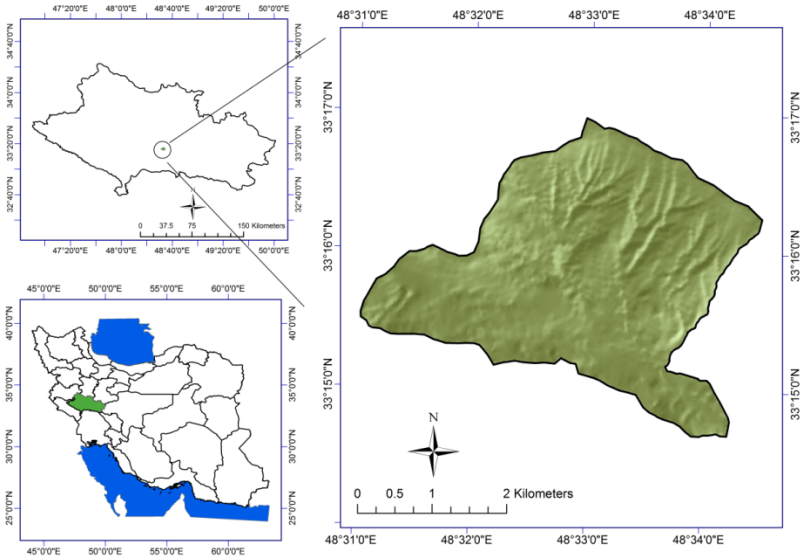
هدف از پژوهش پیش‌رو تجزیه‌وتحلیل ساختار بخشی

از جنگل‌های زاگرس است. با توجه به اهمیت جنگل‌های زاگرس و به‌منظور مدیریت صحیح آنها نیاز است که اطلاعات مناسبی در رابطه با ساختار این جنگل‌ها جمع‌آوری و در اختیار مدیران جنگل قرار گیرد. بدین منظور در این پژوهش که در سامان عرفی پرک منطقه قلعه‌گل شهرستان خرم‌آباد انجام شد، سعی شد با درنظرداشتن مجموعه‌ای از شاخص‌ها به بررسی جنبه‌های مختلف ساختار گونه‌های درختی موجود در این منطقه پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه موردمطالعه

این بررسی در منطقه‌ای به‌نام قلعه‌گل واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب‌غربی شهرستان خرم‌آباد به‌وسعت ۹۴۹۱ هکتار انجام شد (شکل ۳). از منطقه مذکور، ۳۲ هکتار برای پژوهش پیش‌رو انتخاب شد. منطقه قلعه‌گل در طول جغرافیایی ″۵۷ ′۲۰ °۴۸ تا ″۲۰ ′۳۸ °۴۸ و عرض جغرافیایی ″۵۱ ′۱۳ °۳۲ تا ″۴۱ ′۱۹ °۳۳ قرار گرفته است. طبق آمار ایستگاه هواشناسی خرم‌آباد، میانگین بارندگی سالانه در منطقه ۷۲۵/۲۴ میلی‌متر است. عمده بارش این منطقه در نیمه دوم سال اتفاق می‌افتد. منطقه از نظر توپوگرافی دارای پستی‌وبلندی‌های فراوان با جهت شیب غالب جنوبی، حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا به‌ترتیب ۱۵۰۰ و ۲۵۰۰ متر است. فرم رویشی غالب درختان منطقه شاخه‌زاد و تک‌اشکوبه است (Nuro aldini *et al.*, 2012).



شکل ۳- موقعیت سامان عرفی پرک منطقه قلعه‌گل شهرستان خرم‌آباد

روش بررسی

پس از انجام جنگل‌گردشی‌های متعدد و شناخت وضعیت جنگل‌های قلعه‌گل، یک محدوده ۳۲ هکتاری به گونه‌ای انتخاب شد که نماینده‌ای از جنگل‌های منطقه باشد. سپس با توجه به اهداف موردمطالعه و با توجه به شاخص‌های موردبررسی، آماربرداری صددرصد انجام شد و مشخصاتی ازجمله نوع گونه، قطر بزرگ و کوچک تاج و همچنین فاصله و آزیموت درختان نسبت به یک نقطه مشخص ثبت شد. در مرحله بعد، به‌منظور کمی‌سازی ساختار درختان، داده‌ها آماده و با استفاده از نرم‌افزار Crancod 1.3 (Pommerening, 2006) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. این نرم‌افزار برای تجزیه‌وتحلیل و

بررسی شاخص‌های ساختاری طراحی شده است و قابلیت زیادی در استفاده از اطلاعات آماربرداری صددرصد و همچنین قطعات‌نمونه دایره‌ای و مستطیلی دارد.

در این تحقیق، به‌منظور بررسی تنوع موقعیت مکانی از شاخص‌های زاویه یکنواخت (Uniform angle index) و کلارک و اوانز (Clark & Evans index) و برای کمی‌سازی تنوع گونه‌های درختی از شاخص‌های آمیختگی (Mingling index) و شانون- وینر (Shannon-Wiener index) استفاده شد. با توجه به اینکه ساختار این جنگل‌ها اغلب شاخه‌زاد بوده و قادر به تولید چوب صنعتی نیستند (Erfanifard, 2008) و همچنین با توجه به نقش حفاظتی و حمایتی این جنگل‌ها، تاج‌پوشش مهمترین عامل برای بررسی است (Zobeiri, 2007; Soosani, 2008). بنابراین برخلاف سایر تحقیقات انجام‌شده با استفاده از این شاخص‌ها که در کمی‌سازی تنوع ابعاد درختان (ویژگی سوم ساختار جنگل) ویژگی‌های قطر برابرسینه و ارتفاع را مورد توجه قرار داده‌اند، در این تحقیق بررسی تنوع ابعاد درختان با استفاده از مشخصه سطح تاج‌پوشش انجام گرفت. به‌منظور بررسی تنوع ابعاد درختان، شاخص‌های اندازه مساحت تاج‌پوشش (Crown canopy dominance index) و اختلاف مساحت تاج‌پوشش (Crown canopy differentiation index) مورد استفاده قرار گرفت. همچنین با استفاده از شاخص نزدیک‌ترین همسایه (Nearest neighbor index) فواصل بین درختان همسایه مورد بررسی قرار گرفت. در رابطه با انتخاب تعداد درختان همسایه موردبررسی با توجه به تنک‌بودن این جنگل‌ها و فواصل زیاد بین درختان تنها سه درخت همسایه مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۱ نمونه‌ای از گروه ساختاری سه‌درختی و همچنین مختصری در رابطه با شاخص‌های مورداستفاده در این تحقیق آورده شده است. همچنین به‌منظور برطرف‌کردن مشکل درختان مرزی و خنثی‌کردن تأثیر آن بر محاسبه شاخص‌ها از روش تصحیح حاشیه NN (Nearest neighbor) استفاده شد که دارای عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌های تصحیح حاشیه است (Pommerening & Stoyan, 2006).

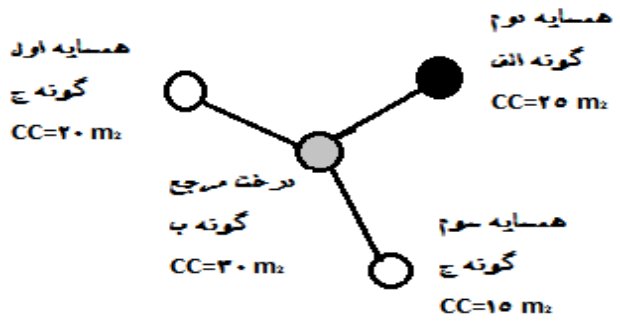
اساس کار شاخص زاویه یکنواخت، مقایسه زاویه بین درختان همسایه (α_j) نسبت به زاویه استاندارد (α_0) است. مقدار زاویه استاندارد (α_0) از رابطه ۱ قابل محاسبه است.

$$\alpha_0 = \frac{۳۶۰}{۱+ \text{تعداد همسائه}}$$

رابطه ۱

مقدار این شاخص در هنگام استفاده از سه درخت همسایه، یکی از چهار ارزش صفر، ۰/۳۳، ۰/۶۷ و یا یک است. با میانگین‌گیری از ارزش‌های محاسبه‌شده برای تمامی گروه‌های ساختاری، مقدار متوسط تجمع ($\overline{w_i}$) برای کل توده قابل‌محاسبه است. هنگامی‌که $\overline{w_i}$ بین محدوده ۰/۴۷۵-۰/۵۱۷ قرار گیرد، الگوی تصادفی را نشان می‌دهد. $\overline{w_i}$ <۰/۵۱۷ نشان‌دهنده الگوی خوشه‌ای و $\overline{w_i}$ >۰/۴۷۵ نشان‌دهنده الگوی منظم است (Hui *et al.*, 2007)، بنابراین می‌توان بیان کرد که ارزش‌های این شاخص در توده‌های با پراکنش کپه‌ای بیشتر از همه است و به‌ترتیب در توده‌های تصادفی و منظم کاهش خواهد یافت (Corral *et al.*, 2010). در شاخص کلارک و اوانز میانگین فاصله بین یک درخت و نزدیکترین همسایه آن (r_A) با میانگین موردانتظار (r_E)، درصورتی‌که موقعیت درختان به‌طور تصادفی پراکنده شده باشند، موردمقایسه قرار می‌گیرد. زمانی‌که توزیع درختان در توده موردمطالعه از الگوی تصادفی پیروی کند، مقدار CE برابر یک می‌شود، درحالی‌که CE کمتر از یک نشان‌دهنده حالت کپه‌ای و CE بیشتر از یک بیان‌کننده موقعیت منظم درختان است (Kint *et al.*, 2000).

جدول ۱- نمونه‌ای از یک گروه ساختاری سه‌درختی و شاخص‌های موردمطالعه



نام شاخص	ویژگی مورد بررسی	معادله	تشریح شاخص
زاویه یکنواخت	موقعیت مکانی (زاویه بین درختان)	$W_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow & \alpha_j < \alpha_0 \\ 0 \rightarrow & \alpha_j \geq \alpha_0 \end{bmatrix}$
کلارک و اوانز	موقعیت مکانی (فاصله بین درختان)	$R = \frac{r_A}{r_E} = \frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} r_i}{0.5\sqrt{\left(\frac{A}{N} + 0.0514 \times \frac{P}{N} + 0.041 \times \frac{P}{N^{3/2}}\right)}}$	r_i= فاصله بین درخت i و نزدیک‌ترین همسایه آن به متر N = نشان‌دهنده تعداد کل درختان A= سطح قطعه‌نمونه به مترمربع P= محیط قطعه‌نمونه به متر
آمیختگی	تنوع گونه‌ای	$DM_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow j \text{ گونه } \neq i \text{ گونه} \\ 0 \rightarrow j \text{ گونه } = i \text{ گونه} \end{bmatrix}$
شانون	تنوع گونه‌ای	$H' = -\sum_{i=1}^{n} (P_i) \times (\mathrm{Ln}\, P_i)$	n= تعداد گونه‌های موجود در منطقه P_i= نسبت فراوانی افراد یک گونه نسبت به کل درختان
ابعاد تاج‌پوشش	ابعاد درختان	$TD_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow & cc_i \geq cc_j \\ 0 \rightarrow & cc_i < cc_j \end{bmatrix}$
اختلاف تاج‌پوشش	ابعاد درختان	$T_{ij} = 1 - \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v_{ij}$	$v_{ij} = \frac{\min(CC_i, CC_j)}{\max(CC_i, CC_j)}$
نزدیک‌ترین همسایه	فاصله بین درختان	$D_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} s_{ij}$	S_{ij}=فاصله درخت مرجع تا همسایه‌ها

شاخص‌های مورداستفاده برای بررسی تنوع گونه‌ای عبارتند از شاخص آمیختگی و شانون- وینر. شاخص آمیختگی همانند شاخص زاویه یکنواخت به بررسی وضعیت درختان در یک گروه ساختاری می‌پردازد. در هنگام استفاده

از سه همسایه در یک گروه ساختاری، یکی از مقادیر صفر (همه همسایه‌ها مشابه گونه مرجع)، ۰/۳۳ (یک همسایه متفاوت با درخت مرجع)، ۰/۶۷ (دو همسایه متفاوت با درخت مرجع) و یا یک (هیچ کدام از همسایه‌ها مشابه گونه مرجع نمی‌باشند) به‌دست خواهد آمد (Pomerening, 2002; Kint *et al.*, 2004; Gadow *et al.*, 2012). شاخص شانون ـ وینر نمونه‌ای از یک شاخص مستقل از فاصله است که در این پژوهش به‌طور مکمل با شاخص آمیختگی به‌کار رفت. ارزش این شاخص می‌تواند بین صفر تا پنج متغیر باشد (Bakus, 2004).

به‌منظور بررسی تنوع ابعاد درختان نیز از شاخص‌های اندازه مساحت تاج‌پوشش و اختلاف مساحت تاج‌پوشش استفاده شد. نحوه محاسبه شاخص اندازه مساحت تاج‌پوشش در جدول ۱ نشان داده شده است. این شاخص به بررسی نسبت ابعاد تاج درختان مجاور یکدیگر می‌پردازد و زمانی‌که هدف مقایسه ابعاد گونه‌های مختلف باشد، بکار می‌رود. ارزش‌های به‌دست‌آمده از این شاخص در هنگام استفاده از سه درخت همسایه، همانند دو شاخص زاویه یکنواخت و آمیختگی یکی از چهار مقدار صفر، ۰/۳۳، ۰/۶۷ و یک است. زمانی‌که درختان مرجع از نظر مساحت تاج‌پوشش نسبت به سایر گونه‌های مجاور خود چیره باشند، ارزش این شاخص به‌سمت یک میل می‌کند و برعکس.

از آن‌جایی‌که بیشتر درختان موردبررسی در این تحقیق از گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) تشکیل شده است، احتمالاً شاخص اختلاف مساحت تاج اطلاعات مفیدتری را ارائه دهد. این شاخص که براساس اختلاف مساحت تاج درختان همسایه محاسبه می‌شود، به بررسی توزیع ابعاد تاج درختان نسبت به یکدیگر می‌پردازد. مقدار این شاخص می‌تواند بین صفر تا یک متغیر باشد. زمانی‌که درختان همسایه دارای اختلاف کمی باشند، این شاخص به‌سمت صفر میل می‌کند، درحالی‌که ناهمگنی زیاد در میان درختان همسایه مشاهده شود، ارزش این شاخص به‌سمت یک پیش می‌رود. به‌طورکلی ارزش‌های محاسبه‌شده براساس این شاخص به پنج طبقه تقسیم‌بندی می‌شود که عبارتند از:

الف) اختلاف کم (صفر تا ۰/۲): اندازه متوسط درختان همسایه صفر تا ۲۰ درصد بزرگتر یا کوچکتر از درخت مرجع است (تمامی درختان یکبار به‌عنوان درخت مرجع انتخاب شدند).

ب) اختلاف متوسط (۰/۲ تا ۰/۴): اندازه متوسط درختان همسایه ۲۰ تا ۴۰ درصد بزرگتر یا کوچکتر از درخت مرجع است.

ج) اختلاف آشکار (۰/۴ تا ۰/۶): اندازه متوسط درختان همسایه ۴۰ تا ۶۰ درصد بزرگتر یا کوچکتر از درخت مرجع است.

د) اختلاف زیاد (۰/۶ تا ۰/۸): اندازه متوسط درختان همسایه ۶۰ تا ۸۰ درصد بزرگتر یا کوچکتر از درخت مرجع است.

ه) اختلاف خیلی زیاد (۰/۸ تا یک): اندازه متوسط درختان همسایه بیشتر از ۸۰ درصد بزرگتر یا کوچکتر از درخت مرجع است (Kint *et al.*, 2000).

نتایج

نتایج به‌دست‌آمده از شاخص نزدیک‌ترین همسایه نشان داد که میانگین فاصله بین درختان همسایه اول، دوم و سوم نسبت به درختان مرجع به‌ترتیب برابر با ۵/۱۵، ۶ و ۷/۴۷ متر است. میانگین شاخص کلارک و اوانز برای کل درختان برابر با ۰/۸۰ محاسبه شد که نشان‌دهنده الگوی کپه‌ای برای درختان این منطقه است. همچنین مقدار میانگین شاخص زاویه یکنواخت برای کل درختان و صرف‌نظر از نوع گونه درخت مرجع برابر با ۰/۴۷ محاسبه شد که نشان‌دهنده چیدمان تصادفی تا منظم درختان همسایه در اطراف درخت مرجع است. در شکل ۴ طبقات مختلف توزیع ارزش‌های شاخص زاویه یکنواخت برای درختان منطقه موردمطالعه ترسیم شده است. همچنین با استفاده از شاخص زاویه یکنواخت، موقعیت مکانی هر یک از گونه‌های درختی به‌طور مجزا از یکدیگر مورد بررسی قرار گرفت. میانگین این شاخص برای هر گونه در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین شاخص‌های آمیختگی و شانون ـ وینر برای

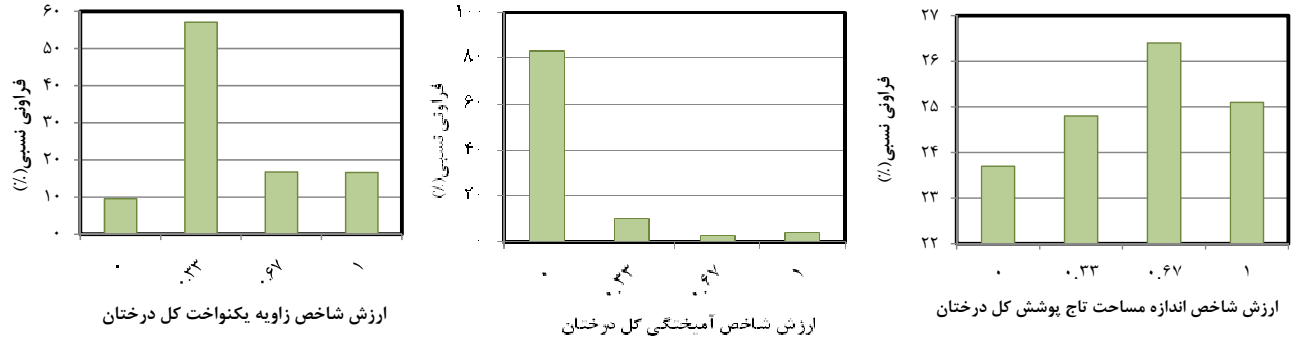
کل منطقه موردمطالعه به‌ترتیب برابر با ۰/۰۶ و ۰/۲۵ محاسبه شد. در جدول ۲ مقدار میانگین شاخص آمیختگی برای هر گونه آورده شده است. همچنین در شکل ۴ نمودار توزیع ارزش‌های شاخص آمیختگی برای درختان منطقه موردمطالعه ترسیم شده است.

مقدار میانگین شاخص اندازه مساحت تاج‌پوشش برای کل درختان برابر با ۰/۵۰ محاسبه شد. در جدول ۲ و شکل ۴ مقدار میانگین و نمودار توزیع ارزش‌های این شاخص برای درختان منطقه موردمطالعه آورده شده است. مقدار میانگین شاخص اختلاف مساحت تاج‌پوشش برای کل درختان موجود در منطقه برابر با ۰/۴۸ محاسبه شد. در شکل ۵ طبقات فراوانی نسبی ارزش‌های این شاخص نشان داده شده است.

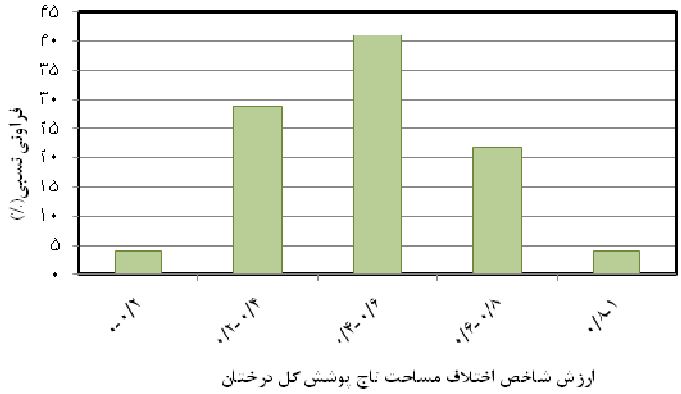
جدول ۲- میانگین شاخص‌های زاویه یکنواخت، آمیختگی و اندازه مساحت تاج‌پوشش گونه‌های موجود در سامان عرفی پرک منطقه قلعه‌گل (بدون واحد)

گونه	W_i	$\overline{MD_i}$	$\overline{TD_i}$
بلوط	۰/۴۷	۰/۰۴	۰/۵۱
زالزالک	۰/۴۸	۰/۸۶	۰/۴۳
کیکم	۰/۴۳	۰/۹۲	۰/۷۵
شن	۰/۴۸	۱	۰/۱۸
ارژن	۰/۵۴	۰/۸۲	۰/۱۸
گلابی	۰/۳۸	۰/۹۵	۰/۵۶

$\overline{W_i}$ = میانگین شاخص زاویه یکنواخت؛ $\overline{MD_i}$ = میانگین شاخص آمیختگی؛ $\overline{TD_i}$ = میانگین شاخص اندازه مساحت تاج‌پوشش



۴- نمودار توزیع ارزش‌های اندازه مساحت تاج‌پوشش (راست)، آمیختگی (وسط) و شاخص زاویه یکنواخت (شکل چپ) کلیه درختان سامان عرفی پرک منطقه قلعه‌گل



شکل ۵- مقدار میانگین شاخص اختلاف مساحت تاج‌پوشش برای کل درختان در سامان عرفی پرک منطقه قلعه‌گل

بحث

بین ساختار یک جنگل و تنوع زیستی رابطه معنی‌داری وجود دارد، به‌همین‌دلیل گاهی اوقات به‌منظور فراهم‌کردن معیاری برای بررسی تنوع زیستی در جنگل از شاخص‌های ساختاری (کمی‌سازی ساختار جنگل) استفاده می‌شود (Graz, 2006). شاخص‌های به‌کاررفته در این پژوهش دارای قابلیت‌های زیادی هستند که کاربرد آنها را نسبت به اندازه‌گیری‌های مستقیم تنوع زیستی برتری می‌بخشد. زیرا علاوه‌بر بررسی تنوع گونه‌ای، به بررسی موقعیت مکانی و همچنین اختلاف اندازه درختان می‌پردازند. تجزیه‌وتحلیل الگوی مکانی درختان با ابعاد و شرایط رقابتی متفاوت می‌تواند در بازسازی ساختار گذشته توده و در تفسیر مراحل توالی و تحولی که الگوی پراکنش کنونی درختان را بوجود آورده‌اند، مفید باشد (Akhavan *et al.*, 2010).

همان‌طور که در نتایج به‌دست‌آمده از شاخص کلارک و اوانز مشاهده شد، الگوی پراکنش درختان موجود در سامان عرفی پرک قلعه‌گل کپه‌ای است. از مزایای این شاخص می‌توان به سادگی محاسبه و محدودبودن ارزش میانگین آن (صفر تا ۲/۱۴۹۱) اشاره کرد که کاربرد این شاخص را برای مقایسه توده‌های مختلف به‌سادگی امکان‌پذیر می‌کند. نتایج حاصل از پژوهش پیش‌رو با نتایج تحقیقات Basiri و همکاران (۲۰۰۶)؛ Kunstler و همکاران (۲۰۰۴) وMouro و همکاران (۲۰۰۷) که همگی الگوی گونه‌های مختلف بلوط را کپه‌ای معرفی کرده‌اند، تا حدودی همخوانی دارد. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از این شاخص با نتایج Safari و همکاران (۲۰۱۰) که با استفاده از شاخص‌های قطعه‌نمونه و شاخص‌های فاصله‌ای ابرهارت و هینز، الگوی پراکنش گونه بنه را کپه‌ای معرفی کرد، همخوانی دارد. براساس مرور منابع موجود، الگوی پراکنش بلوط به‌علت بذر سنگین آن، باید کپه‌ای باشد که وجود تمایل به حالت تصادفی می‌تواند به‌دلیل تخریب‌های انجام‌شده در منطقه باشد که خود باید هدف تحقیق دیگری قرار بگیرد. نکته مهمی که در هنگام استفاده از این شاخص باید مدنظر داشت، پایین‌بودن اعتمادپذیری آن در هنگام بررسی توده‌های با توزیع کپه‌ای است (Kint *et al.*, 2000). شاخص دیگر مورداستفاده برای بررسی موقعیت مکانی، شاخص زاویه یکنواخت است که براساس روش‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه به بررسی چیدمان درختان موجود در یک گروه ساختاری می‌پردازد. نتایج به‌دست‌آمده از شاخص زاویه یکنواخت الگوی پراکنش تصادفی متمایل به منظم را برای گونه‌های موردمطالعه در این پژوهش نشان داد. Graz (۲۰۰۴) به تأثیر نحوه زادآوری درختان بر الگوی مکانی آنها تأکید کرد. در پژوهشی که Hui و همکاران (۲۰۰۷) انجام دادند به‌این نتیجه رسیدند که شاخص زاویه یکنواخت نسبت به سایر شاخص‌های مربوط به تنوع موقعیت مکانی، دارای توانایی بیشتری است.

دومین جنبه از ساختار مکانی، تنوع گونه‌ای است که با استفاده از دو شاخص آمیختگی و شانون- وینر مورد بررسی قرار گرفت. از معایب شاخص شانون ـ وینر این است که با یک میانگین به بررسی تنوع گونه‌ای می‌پردازد و در تشریح روابط بین گونه‌ها ناتوان است. این عیب توسط توانایی شاخص آمیختگی در بررسی روابط بین درختان جبران شده است (Alijani *et al.*, 2012). شاخص آمیختگی به‌خوبی اختلاف ساختار گونه‌های مختلف را نشان می دهند، به‌گونه‌ای که نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش پیش‌رو نشان داد که با توجه به این موضوع که اکثر درختان موجود در منطقه بلوط ایرانی است، این گونه با توجه به تعداد زیاد غالباً در کنار پایه‌های هم‌جنس خود قرار دارد. این درحالیست که گونه‌های دیگر مثل زالزالک (*Crataegus aronia*)، کیکم (*Acer monspessulanum*)، شن (*Lonicera nummularifolia*)، دافنه (*Amygdalus reuteri*) و گلابی (*Pyrus glabra*) با توجه به تعداد کم اکثراً با پایه‌های غیر هم‌جنس خود اختلاط دارند. همچنین Pommerening (۲۰۰۲) بیان کرد که آمیختگی گونه‌ای تحت‌تأثیر موقعیت مکانی درختان قرار دارد و گونه‌هایی که دارای الگوی کپه‌ای هستند دارای آمیختگی کمی می‌باشند. از آن‌جایی که بلوط ایرانی گونه‌ای بذر سنگین است، دارای الگوی پراکنش کپه‌ای می‌باشد که این موضوع موجب اختلاط کم این گونه با سایر گونه‌ها می‌شود. اما نتایج این پژوهش نشان داد که گونه بلوط احتمالاً به‌دلیل دخالت‌های انجام‌شده دارای پراکنش تصادفی و آمیختگی کمی است. جنبه سوم ساختار مکانی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، تنوع ابعاد درختان بود. اندازه مساحت تاج‌پوشش و اختلاف مساحت تاج‌پوشش دو شاخصی هستند که برای بررسی تنوع ابعاد درختان مورد مطالعه قرار گرفتند. به‌منظور بررسی وضعیت چیرگی هر گونه نسبت به همسایگان خود، از شاخص اندازه مساحت تاج‌پوشش استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از این شاخص نشان داد گونه‌های بلوط ایرانی، کیکم، زالزالک و گلابی دارای چیرگی نسبتاً زیادی نسبت به درختان مجاور خود هستند، درحالی‌که گونه‌های شن و ارژن غالباً به‌صورت مغلوب در توده ظاهر شده‌اند. شاخص اختلاف مساحت تاج‌پوشش به‌خوبی بیانگر اختلافات تاجی درختان مجاور یکدیگر است. این شاخص صرف‌نظر از کوچکتر یا بزرگتر بودن درخت مرجع، به کمی‌سازی اختلافات موجود بین درختان مجاور یکدیگر (یک درخت مرجع و سه همسایه اطراف آن) می‌پردازد. مقدار میانگین این شاخص برابر با ۰/۴۸ محاسبه شد که نشان‌دهنده اختلاف آشکار بین درختان ازنظر مساحت تاج‌پوشش است. با توجه به اینکه سهم قابل‌توجهی از درختان منطقه موردمطالعه از بلوط ایرانی تشکیل شده است که در اثر قطع و تخریب دارای ابعاد مختلف تاج هستند، این موضوع قابل‌توجیه است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان این چنین عنوان کرد که جنگل سامان عرفی پرک استان لرستان از نظر سیر توالی از حالت بهینه و کلیماکس خود خارج شده است و ساختار جنگل و تنوع زیستی در وضعیت نامناسبی قرار دارد، ازاین‌رو می‌توان با مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب از روند کاهشی تنوع زیستی که طی سالیان اخیر شدت گرفته است، جلوگیری کرد.

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., 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 (In Persian).
- Alijani, V., Feghhi, J., Zobeiri, M. and Marvi Mohadjer, M. 2012. Quantifying the spatial structure in hyrcanian submountain forest (Case study: Gorazbon district of Kheirud Forest-Nowshahr-Iran). Iranian Journal of Natural Resources, 65(1): 111-125 (In Persian).
- Alijani, V. and Feghhi, J. 2012. Investigation on the Elm (*Ulmus glabra* Hudson) spatial structure to applying for sustainable management (Case study: Gorazbon district,

- Graz, P.F. 2006. Spatial diversity of dry savanna woodlands. Biodiversity and Conservation, 15: 143-1157.
- 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.
- 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, 18(2): 163-176 (In Persian).
- Hui, G., Li, L., Zhonghua, Z. and Puxing, D. 2007. Comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. Acta Ecologica Sinica, 27(11): 4717-4728.
- 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: Sistemas y 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.
- Kunstler, G., Curt, T. and Lepart, L. 2004. Spatial pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus pubescens* Mill.) seedling in natural pine (*Pinus sylvestris* L.) woodland. European Journal of Forest, 123:331-337.
- Mataji, A. and Namiranian, M. 2003. Investigation the structure and evolution process of beech forests natural stands in north of Iran (Case study: Kheyrood-Kenar, Nowshahr). Iranian Journal of Natural Resources, 55(4): 531-541 (In Persian).
- Mouro, S.M., García, L.V., Marañón, T. and Freitas, H. 2007. Recruitment patterns in a Mediterranean oak Forest: A case study showing the importance of the spatial component. Forest Science, 53(6): 645-652.
-Nuro aldini, S.A., Eslam bonyad, A. and Porshakori, F. 2012. Classification of the forest canopy on aerial photographs using histological analysis (Case study: Taf Forest, Lorestan). Iranian Journal of Remote Sensing & GIS, 3(4): 33-46 (In Persian).
- Pommerening, A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. Forestry, 3: 305-324.
- Pommerening, A. 2006. Evaluating structural Kheirud Forest). Iranian Journal of Environmental Studies, 37(60): 35-44 (In Persian).
- Bakus, G.J. 2004. Quantitative Analysis of Mapping Biological Communities. John Wiley, 435p.
- Basiri, R., Sohrabi, H. and Mozayan, M. 2006. A statistical analysis of the spatial pattern of tree species in Ghamisheleh Marivan region, Iran. Iranian Journal of Natural Resource, 59(3): 579 -588 (In Persian).
- Biber, P. and Weyerhaeuser, H. 1998. Numerical methods for characterizing structure and diversity applied to a natural tropical forest and even aged Teak stand. In: Mies, E. 1998 (Ed.), Natural and Socioeconomic Analysis and Modeling of Forest and Agroforestry Systems in Southeast Asia. Published by the German Foundation for International Development, Germany, 83-104.
- 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). Iranian Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources, 14(4): 20-31 (In Persian).
- Erfani Fard, S.Y., Zobeiri, M., Feghhi, J. and Namiranian, M. 2007. Estimation of crown cover on aerial photographs using shadow index (Case study: Zagros Forests, Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(3): 278-288 (In Persian).
- Erfani Fard, S.Y., Feghhi, J., Zobeiri, M. and Namiranian, M. 2008. Investigation on the spatial pattern of trees in Zagros forests. Iranian Journal of Natural Resource, 60(4): 1319-1328 (In Persian).
- Eslami, A.R. and Sagheb-Talebi, Kh. 2007. Investigation on the structure of pure and mixed beech forests in north of Iran. Pajouhesh & Sazandegi, 77: 39-46 (In Persian).
- 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, Springer.

- Safari, A., Shabanian, N., Erfanifard, S.Y., Heidari, R.H. and Purreza, M. 2010. Investigation of the spatial pattern of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) (Case study: Bayangan Forests, Kermanshah). Iranian Journal of Forest, l(2): 177-185 (In Persian).
- Soosani, J. 2008. Visualization and monitoring of forest cover changes in Zagros (Case study: Kakareza Forest in Khoramabad city), Ph.D. thesis, University of Tehran, 92p (In Persian).
- Zobeiri, M. 2007. Forest Biometry. University of Tehran Press, 405p (In Persian).
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.

Analysis of Zagros forest structure using neighborhood-based indices (Case study: Ghalehgol forest, Khorramabad)

P. Farhadi [1], J. Soosani [2*], K. Adeli [3] and V. Alijani [4]

1- M.Sc. Student, Department of Forestry, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran.

2*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of Forestry, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran. E-mail: Soosani.J@Lu.ac.ir

3- Assistant Prof., Department of Forestry, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran.

4- M.Sc. Forestry, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

Received: 06.17.2013 Accepted: 02.10.2014

Abstract

Analysis of forest structure is essential for enhanced understanding of forest ecology and management. In this study, the spatial structure of the existing species in Perk district of Ghaleh Gol site in Lorestan Province was explored. To this end, a 32-hectare region was 100% surveyed. To investigate the spatial structure, we used a set of indices including the Clark and Evans, uniform angles, Shannon-Wiener, mingling, Crown canopy and Crown canopy differentiation indices. The results showed the average values of 0.8 and 0.47 for Clark and Evans and uniform angles indices, respectively. This indicated random and cluster distribution patterns. In addition, Mean values of 0.25 and 0.06 were returned by Shannon - Weiner and mingling indices. Due to the dominant Oak coverage within the study area, Blend Low Index was additionally calculated. The mean Crown Canopy Index of 0.5 turned out a canopy dominance of *Quercus brantii*, *Acer cineracense*, *Crataegus sp*. and *Pyrus syriaca* over *Lonicera nomularifolia* and *Amygdalus sp.*. Moreover, the Crown Canopy Differentiation Index was calculated to quantify the differences between the levels of crown canopy in adjacent trees. This returned a mean value of 0.48 for the entire trees, which reflects the difference between the tree canopy levels. The results showed that the study site is currently undergoing an inappropriate biodiversity for woody species which yet shows better conditions compared to similarly-structured stands in the region. As a conclusion, proper forest planning measures should be carried out to prevent the recently experienced consistent loss of biodiversity.

Key words: Forest structure, spatial diversity, species diversity, dimensional diversity, Perk forest of Ghale Gol.