علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یک، شماره سه، خرداد ماه ۹۸

بررسی ساختار جنگل‌های شمال ایران با استفاده از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده جنگلی دشت ناز ساری-مازندران)

پیمان فرهادی [۱]
جواد سوسنی [۲*]
Soosani.j@lu.ac.ir
روح اله اسماعیلی [۱]
اصغر فلاح [۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۸ **تاریخ پذیرش:۹۵/۱۰/۵**

چکیده

زمینه و هدف: اولین گام برای مدیریت مناسب جنگل‌ها داشتن اطلاعات کافی در مورد نحوه رشد، تکامل و چگونگی تاثیرپذیری ساختار توده‌های جنگلی از عوامل محیطی می‌باشد. با توجه به اهمیت توده‌های جنگلی شمال کشور و ارزش‌های محیط زیستی منطقه، در این مطالعه سعی شد ساختار گونه‌های موجود در منطقه حفاظت شده جنگلی دشت ناز ساری استان مازندران با استفاده از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه مورد بررسی گیرد.

روش بررسی: به منظور بررسی ساختار در محدوده مورد مطالعه ۵۶ هکتار از توده‌های جنگلی به صورت صددرصد مورد آماربرداری قرارگرفت و از شاخص‌های کلارک و اوانز، زاویه یکنواخت، شانون-وینر، آمیختگی، اندازه قطر برابر سینه و اختلاف قطر برابر سینه، جهت بررسی ساختار استفاده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج به دست آمده میانگین شاخص‌های کلارک و اوانز و زاویه یکنواخت به ترتیب ۰/۷۰و ۰/۵۵ محاسبه شد که نشان دهنده‌ی توزیعی مابین تصادفی و کپه‌ای است. میانگین شاخص‌های شانون- وینر و آمیختگی به ترتیب ۰/۴۰ و ۰/۰۶ محاسبه شد. با توجه به این که بیش‌تر سطح محدوده مورد مطالعه از پایه‌های بلوط تشکیل شده است، ارزش شاخص آمیختگی پایین محاسبه گردید. مقدار میانگین شاخص اندازه قطر برابر سینه ۰/۵۰ محاسبه شد که نشان دهنده‌ی غالبیت ابعاد قطر برابر سینه گونه بلوط و مغلوب بودن گونه اوجا می‌باشد. گونه آزاد نیز از نظر غالب یا مغلوب بودن ابعاد قطر برابر سینه حد وسط بود. همچنین مقدار میانگین شاخص اختلاف قطر برابر سینه ۰/۳۲ محاسبه شد، که نشان دهنده‌ی اختلاف متوسط بین درختان مجاور یکدیگر از نظر ابعاد قطر برابر سینه است.

بحث و نتیجه‌گیری: شاخص‌های به کار رفته در این تحقیق می‌توانند جهت تشریح ساختار و ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌های مختلف درختی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: ابعاد قطر برابر سینه، ساختار، شاخص، نزدیک‌ترین همسایه.

۱- دکتری جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، لرستان، ایران
۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، لرستان ایران. *(مسوول مکاتبات)
۳- دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ساری، مازندران، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.3, May, 2019

Analysis of Iran's northern forests structure using the nearest neighbor indices (Case study: Dashtenaz forest protected area in Mazandaran province)

Peyman Farhadi [1]
Javad Soosani [2*]
Soosani.j@lu.ac.ir
Rohollah Esmaili [1]
Asghar Fallah [3]

Admission Date:December 25, 2016 Date Received: May 28, 2016

Abstract

Background and Objective: The first step in proper management of forests is having enough information about growth, development and how the forest stands structure are influenced by environmental factors. Considering the importance of forest stands in the north country and environmental values of the study area, structure of the existing species in Dashtenaz forest protected area in Mazandaran province has been investigated using the nearest neighbor indices.

Method: To investigate the structure of the study area, 56 hectare of the forest stands were statistically analyzed, and Clark and Evanes, Uniform angles, Shannon-Wiener, Mingling, DBH dominance and DBH differentiation indices were used to investigate the structure.

Findings: The results showed that the mean Clark and Evans and uniform angles indices were 0.70 and 0.55 respectively, indicating a distribution between random and cluster patterns. Mean indices of Shannon-Weiner and Mingling were 0.40 and 0.06 respectively. Knowing that the study area is mostly composed of oak, the Mingling index value was calculated to be low. The mean DBH dominance index was calculated as 0.50, indicating the dominance of DBH of *Quercus Castaneifolia* and recessivity of *Ulmus Glabra*. *Zelkova Carpinifolia* was medium in terms of DBH dimension. Also average DBH differentiation index was calculated as 0.32, representing a medium difference between the trees next to each other in terms of DBH dimension.

Discussion and Conclusion: The indices used in this study can be used to describe the structure and ecological property of different species of trees.

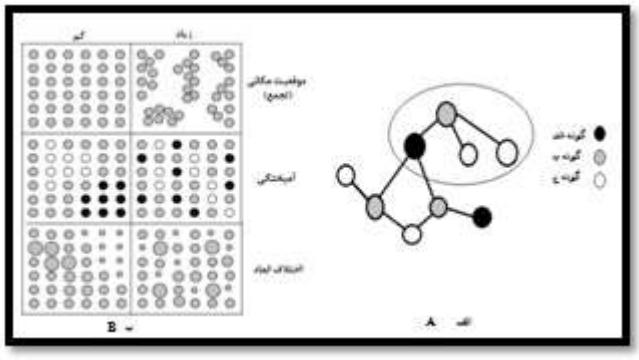
Keywords: DBH dimension, Structure, Index, Nearest neighbor

1- Ph.D. Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Lorestan, Lorestan. Iran
2- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Lorestan. Lorestan. Iran. *(Corresponding author)
3- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Sari, Sari. Iran.

مقدمه

در سال‌های اخیر با پیشرفت علوم طبیعی، اهمیت تنوع زیستی در زمینه‌های مختلف آشکار شده است (۱)؛ به طوری که تنوع زیستی بالا نه تنها بوم‌سازگان را در مقابل اختلال‌های طبیعی حفظ می‌کند؛ بلکه باعث افزایش حاصل‌خیزی آن‌ها نیز می‌شود (۲). ساختار، یکی از فاکتورهای مهم و موثر بر تنوع زیستی بوم‌سازگان‌های جنگلی است (۳)، مطالعه ساختار توده‌های طبیعی، شناخت مراحل تحولی و روند پویایی در جنگل این امکان را فراهم می‌سازد که با توجه به پتانسیل رویشگاه، روش مناسبی را به منظور حفظ اصل استمرار تولید و پایداری جنگل اتخاذ نمود؛ زیرا به‌کارگیری روش‌های همگام با اصول نزدیک به طبیعت، وظایف چندگانه جنگل مانند، تعادل اکولوژیک و برآورد نیازهای اقتصادی اجتماعی را برای مدیریت تضمین می نماید. شناخت ساختار جنگل منبع اطلاعاتی مناسب برای مدیریت جنگل در رابطه با دینامیک، زیباشناختی و تولید چوب است و با تشریح آن می‌توان به بررسی تاثیر مدیریت جنگل و تکامل طبیعی آن بر ساختار مکانی و تنوع زیستی پرداخت (۴). جنگل‌های شمال به عنوان با ارزش‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی کشور و منبع اصلی تولید چوب و فرآورده‌های جنگلی می‌باشد که به لحاظ تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای و تعداد اشکوب جزو جنگل‌های غنی محسوب می‌شوند؛ به طوری که در این جنگل‌ها بیش از ۸۰ گونه درختی، ۵۰ گونه درختچه‌ای و چهار گونه همیشه سبز یافت می‌شود، این جنگل‌ها دارای تنوع زیستی بالا و ساختار پیچیده‌ای هستند که تنها با شناخت کامل این اکوسیستم می‌توان به مدیریت بهینه و درست آن در آینده امیدوار بود (۵).

به‌طور کلی، در اکوسیستم جنگلی واژه‌ی "ساختار" چیدمان فضایی برخی از ویژگی‌های درختان از جمله سن، ابعاد، گونه، جنسیت (در رابطه با گونه‌های دوپایه) درختان را مورد بررسی قرار می‌دهد (۶). به منظور تشریح ساختار مکانی جنگل، سه بعد موقعیت مکانی، اختلاط گونه‌ای و اختلاف ابعاد درختان نسبت به یکدیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد (۷). موقعیت مکانی درختان نشان دهنده یکی از الگوهای پراکنده، تصادفی، کپه‌ای و یا حالتی مابین آن‌ها می‌باشد. اختلاط گونه‌ای چیدمان گونه-های مختلف در کنار یکدیگر را مورد بررسی قرار می‌دهد و اختلاف ابعاد چیدمان مکانی ویژگی‌هایی نظیر قطر برابر سینه و ارتفاع را نشان می‌دهد (۳، ۴ و ۸). جهت بررسی تنوع زیستی و ساختار جنگل شاخص‌های زیادی وجود دارد که سطوح مختلف تنوع زیستی را بررسی می‌کند؛ در سال‌های اخیر به منظور ساده‌تر نمودن این اندازه‌گیری‌ها، شاخص‌هایی توسعه یافته‌اند که اندازه‌گیری آن‌ها نسبت به سایر شاخص‌ها به مراتب ساده‌تر می‌باشد (۹). این شاخص‌ها که اولین بار توسط موسسه مدیریت جنگل دانشگاه گوتینگن آلمان توسعه یافتند با داشتن عملکردی مشابه ساختار ملکول شیمیایی به بررسی همسایه-های هر درخت می‌پردازند (شکل۱).



شکل ۱- الف-یک گروه ساختاری بر مبنای سه درخت همسایه. ب- ویژگی‌های مختلف ساختار جنگل.
(هر یک از دوایر نشان دهنده یک پایه درختی و هر رنگ نشان دهنده یک گونه می‌باشد.) (۱۰).

Figure 1. A- A structural group based on three neighboring tree. B- Various features forest structure. (Each of the circles represents a base of the tree and each color represents a species.) (10).

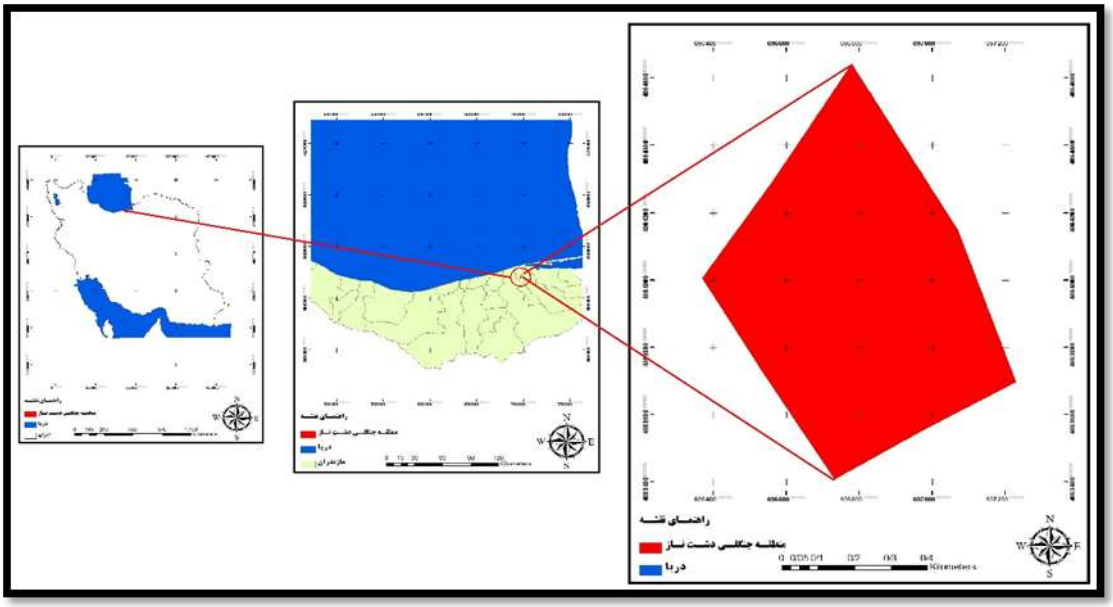
یکی از موانع اتخاذ تصمیم صحیح به منظور بهبود ساختار جنگل، کمبود بینش در مورد روابط بین ساختار توده، مدیریت و تنوع زیستی می‌باشد (۱۱)؛ که به منظور حل این مشکل روپرچ و همکاران (۱۲) بکار بردن ترکیبی از شاخص‌های ساختاری که در برگیرنده‌ی هر سه جنبه ساختار مکانی باشد را توصیه می‌کنند. مطالعات متعددی در زمینه بررسی ساختار توده‌های جنگلی مختلف انجام شده است. پومرنینگ (۳)، ضمن تشریح یک مجموعه از شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیک-ترین همسایه به بررسی مزایای این شاخص‌ها پرداخت و بیان کرد که استفاده از این شاخص‌ها آسان‌تر از اندازه‌گیری‌های مستقیم تنوع زیستی می‌باشد. علی‌جانی و همکاران (۱۳) از دیگر مزایای این شاخص‌ها صحت بالا، ارزان بودن و انعطاف پذیری زیاد در انتخاب تعداد درختان همسایه اشاره کردند. فرهادی و همکاران (۱۴) به منظور تحلیل ساختار جنگل‌های زاگرس در منطقه قلعه‌گل خرم آباد از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه استفاده کردند. گراز (۶) بیان نمود که این شاخص‌ها نه تنها قادرند که وضعیت فعلی ساختار و تنوع زیستی توده را نشان دهند، بلکه می‌توانند نیازهای اکولوژیک گونه‌های مختلف را تشریح نمایند. فرهادی و همکاران (۱۵) به بررسی تغییرات موقعیت مکانی و تنوع گونه‌ای جنگل‌های زاگرس بر اثر تخریب جوامع محلی با استفاده از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه پرداختند و بیان کردند با به‌کارگیری این شاخص‌ها می‌توان میزان تغییرات به وجود آمده بر اثر فرآیندهای طبیعی و دخالت‌های بشر را تعیین کرد. همچنین اسمیت (۱۶) ضمن تشریح مجموعه‌ای از شاخص‌های ساختاری جنگل از جمله شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه به بررسی رایج‌ترین روش در مطالعات محیط زیستی با هدف تجزیه و تحلیل ساختار (عمودی و افقی)، بر اساس روند آمار نقطه‌ای پرداخت.

جنگل‌های شمال ایران (جنگل‌های هیرکانی) به صورت نوار باریک و بلندی روی دامنه شمالی سلسله جبال البرز ظاهر شده است. این جنگل‌ها از نظر فلور گیاهی جزو جنگل‌های غنی دنیا محسوب می‌شود و از نظر ظاهری شباهت زیادی با جنگل‌های پهن برگ مخلوط اروپای مرکزی دارد ولی از نظر تعداد و تنوع گونه بسیار غنی‌تر است. در واقع جنگل‌های شمال جزء جنگل-های کهن دنیا محسوب می‌شوند (۱۷). بنابراین، به دلیل اهمیت این جنگل‌ها و به منظور مدیریت صحیح آن نیاز است ساختار تیپ‌های جنگلی و گونه‌های موجود در آن تعیین شود و در اختیار مدیران جنگل قرار گیرد. بدین منظور در این پژوهش که در منطقه حفاظت شده جنگلی دشت ناز ساری در استان مازندران صورت گرفت، سعی شد که با مجموعه ای از شاخص‌ها به بررسی جنبه‌های مختلف ساختار گونه‌های درختی موجود در این منطقه پرداخته شود. همچنین در این تحقیق سعی خواهد شد فرضیه مناسب بودن این شاخص‌ها در کمی-سازی ساختار گونه‌های درختی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

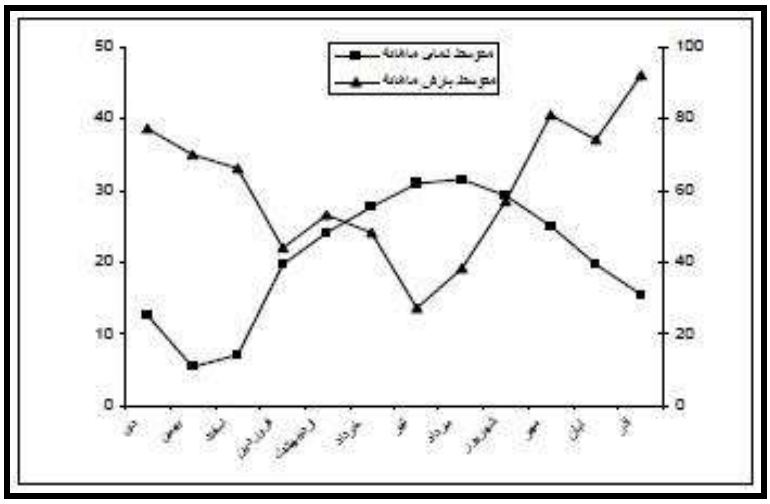
منطقه جنگلی پناهگاه حیات وحش دشت ناز از نظر تقسیمات کشوری به شهرستان ساری در استان مازندران تعلق داشته و در ضلع شمالی جاده ارتباطی ساری- نکا و با فاصله تقریبی ۱۵ کیلومتر در شمال شرقی شهر ساری به صورت عرصه‌ای کم ارتفاع و جلگه‌ای واقع شده است. مساحت آن ۵۶ هکتار می باشد. این منطقه در طول جغرافیایی ″۳۰ '۱۱ ° ۵۳- ۳۰ ″۱۲ ' ° ۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی ″۳۰ '۴۱ ° ۳۶-۳۰ ″۴۲ ' ° ۳۶ شمالی و به صورت توده جنگلی در جلگه‌ای هموار واقع گردیده است. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۵ متر بوده و یکی از بازمانده های جنگل‌های جلگه‌ای خزری با گونه غالب بلوط و انجیلی است. این منطقه بر اساس مصوبه شماره ۴۶ مورخ ۱۳۵۲/۹/۲۰ شورای عالی حفاظت محیط زیست مندرج در روزنامه رسمی شماره ۸۶۴۹ مورخ ۱۳۵۳/۶/۲۵ و با توجه به بند ب ماده ۳ قانون شکار و صید موضوع محدودیت‌ها و ممنوعیت‌های مکانی، حفاظت شده اعلام گردید.



شکل ۲- نقشه پناهگاه حیات وحش دشت ناز در استان مازندران و شهرستان ساری

Figure 2. Map wildlife refuge Dashtenaz in Mazandaran province and city of Sari Eco geographic maps

بررسی آمار ایستگاه کلیماتولوژی منطقه سمسکنده (شکل۳) که در حدود ۲ کیلومتری پناهگاه حیات وحش دشت ناز قرار دارد، نشان می‌دهد که متوسط حداکثر دما در گرم‌ترین ماه (مرداد) ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل دما در سردترین ماه سال (دی) ۱/۶ درجه سانتی‌گراد است. بارندگی در تمام سال وجود دارد و میزان آن به لحاظ فصلی و زمانی متغییر است. در مجموع پناهگاه حیات وحش دشت ناز با داشتن ۷۲۸ میلی متر بارندگی متوسط باران سالیانه و دارا بودن بارندگی در تمام ماه‌های سال از شرایط آب و هوایی معتدل و مرطوب برخوردار می‌باشد. وضعیت اقلیمی منطقه براساس روش های آمبرژه و دمارتن به صورت اقلیمی مرطوب تا نیمه مرطوب معتدل می‌باشد. خاک منطقه به دو طبقه اختصاص دارد که عموماً لخت در بعضی قسمت‌ها خاک بسیار کم عمق و سنگلاخی و خاک‌های عمیق با بافت خیلی سنگین می‌باشد. با توجه به قرار گرفتن در کرانه جلگه‌ای خزر و برخورداری از تشکیلات زمین‌شناسی دوران سوم و سازند شمشک از تنوع گیاهی قابل توجه برخوردار می‌باشد و به‌عنوان بازمانده جنگل جلگه‌ای خزر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (شکل ۳). با توجه به این که منطقه مورد مطالعه یکی از عرصه‌های جنگلی جلگه‌ای شمال کشور محسوب می‌شود که نزدیک به چند دهه تحت حفاظت قرار داشته و کم‌تر تحت تاثیر عوامل مخرب انسانی و طبیعی قرار گرفته اند، با بررسی ساختار این گونه توده‌ها نه تنها می‌توان به وضعیت بوم‌شناختی آن توده پی برد بلکه می‌توان با بررسی مناسب و دقیق در مدیریت توده‌های جنگلی با توجه به سرشت گونه‌ها تصمیم مناسبی اتخاذ نمود.



شکل ۳- منحنی آمبروترمیک پناهگاه حیات وحش سمسکنده

Figure 3. Hyetograph curve wildlife refuge Samskandeh

روش مطالعه

در این مطالعه به منظور کمی‌سازی ساختار منطقه حفاظت شده جنگلی دشت ناز کل محدوده منطقه به مساحت ۵۶ هکتار به صورت صددرصد مورد آماربرداری قرار گرفت و مشخصه‌هایی از جمله نوع گونه، قطر برابر سینه، فاصله و آزیموت درختان برداشت شد. سپس گروه‌های ساختاری برای گونه‌های مختلف (هر گروه ساختاری شامل یک درخت مرجع و سه همسایه آن می‌باشد)، قبل و بعد از تصحیح حاشیه مشخص شد و با استفاده از نرم‌افزار Crancod (Ver.1.3) (۱۸)، به بررسی ساختار گونه‌های موجود در منطقه پرداخته شد. یکی از مشکلاتی موجود در محاسبه شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه، تاثیر درختان نزدیک به مرز قطعات نمونه است. به گونه‌ای که بعضی از همسایگان این درختان در خارج از قطعه نمونه قرار دارند و به علت عدم اندازه‌گیری آن‌ها، انحرافی در محاسبه شاخص‌ها ایجاد می‌شود. در این پژوهش به منظور برطرف نمودن این مشکل از روش تصحیح حاشیه NN استفاده شد. در هنگام استفاده از این روش، درختان مرجعی که فاصله آن‌ها تا مرز قطعه نمونه کم‌تر از فاصله آن‌ها تا همسایگان خود است در محاسبه‌های مربوط به ساختار مکانی به عنوان درخت مرجع در نظر گرفته نمی‌شوند (۱۹). با توجه به تحقیقات پیشین (۱۸، ۷ و ۱۰) و با توجه به تراکم کم درختان در منطقه مورد مطالعه، در این پژوهش مشخصه‌های ساختاری (موقعیت مکانی، آمیختگی گونه‌ای و ابعاد قطری گونه‌های مختلف) نسبت به سه درخت همسایه خود مورد بررسی قرار گرفت.

شاخص‌های مورد استفاده

در این تحقیق به منظور کمی‌سازی ساختار جنگل‌های مورد مطالعه از شاخص‌های فاصله تا همسایه‌ها (Distance to neighbors)، کلارک و ایوانز (Clark and Evans)، زاویه یکنواخت (Uniform angle)، آمیختگی (Mingling)، شانون (Shannon-Wiener)، ابعاد قطر برابر سینه (DBH dominance) و همچنین اختلاف قطر برابر سینه (DBH differentiation) استفاده شد. در جدول ۱ شاخص‌های بکار رفته در این تحقیق به طور مختصر تشریح شده‌اند.

جدول ۱- تشریح شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه

Table 1. Described structural indicators based on the nearest neighbor

نام شاخص	ویژگی مورد بررسی	معادله	تشریح شاخص
فاصله تا همسایه‌ها	فواصل بین درختان	$Di=\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} sij$	S_{ij}=فاصله درخت مرجع تا همسایه‌ها
زاویه یکنواخت	موقعیت مکانی	$W_i=\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v_{ij}$	$v_{ij}=\begin{bmatrix}1\rightarrow & \alpha_j<\alpha_0\\ 0\rightarrow & \alpha_j\geq\alpha_0\end{bmatrix}$
کلارک و اوانز	موقعیت مکانی	$CE=\frac{r_A}{r_E}=\frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} r_i}{0.5\sqrt{\left(\frac{A}{N}+0.0514\times\frac{P}{N}+0.041\times\frac{P}{N^{3/2}}\right)}}$	r_i= فاصله بین درخت i و نزدیک‌ترین همسایه آن به متر N = نشان دهنده‌ی تعداد کل درختان A= سطح قطعه نمونه به متر مربع P= محیط قطعه نمونه 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 قطر برابر سینه	ابعاد درختان	$TD_i=\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v_{ij}$	$v_{ij}=\begin{bmatrix}1\rightarrow & DBH_i\geq DBH_j\\ 0\rightarrow & DBH_i<DBH_j\end{bmatrix}$
اختلاف قطر برابر سینه	ابعاد درختان	$T_{ij}=1-\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v_{ij}$	$v_{ij}=\frac{\min(DBH_i,DBH_j)}{\max(DBH_i,DBH_j)}$

یکی از معایب شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه در نظر نگرفتن تراکم توده‌های جنگلی می‌باشد به همین منظور شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها به طور مکمل با شاخص‌های دیگر در کمی‌سازی ساختار جنگل مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۲).

شاخص زاویه یکنواخت به بررسی موقعیت مکانی درختان می‌پردازد. این شاخص با مقایسه زاویه بین درختان همسایه (α_j) و زاویه استاندارد (α_0) (رابطه ۱) به بررسی منظم بودن موقعیت مکانی درخت مرجع نسبت به درختان همسایه خود می‌پردازد.

رابطه (۱) $\alpha_0=\frac{360}{\text{number of neighbour}+1}$

مقدار شاخص زاویه یکنواخت در هنگام استفاده از سه درخت همسایه (۱۸، ۷ و ۱۰). یکی از ارزش‌های صفر، ۰/۳۳، ۰/۶۷ و ۱ بدست می‌آید که ارزش صفر نشان دهنده چیدمان یکنواخت، ۰/۵۰ چیدمان تصادفی و ۱ چیدمان کپه‌ای می‌باشد. دومین شاخصی که در این تحقیق برای بررسی موقعیت مکانی درختان انتخاب شد، شاخص کلارک و ایوانز می‌باشد. این شاخص میانگین فاصله بین یک درخت و نزدیک‌ترین همسایه آن (r_A) با میانگین مورد انتظار (r_E)، در صورتی که موقعیت درختان به طور تصادفی پراکنده شده باشند مورد مقایسه قرار می‌گیرد. زمانی که توزیع درختان در توده مورد مطالعه از الگوی تصادفی پیروی کند، مقدار CE برابر با ۱ می‌شود. درحالی که CE کم‌تر از ۱ نشان دهنده‌ی حالت کپه‌ای؛ و CE بیش‌تر از ۱ بیان کننده‌ی موقعیت یکنواخت درختان است (۴).

دومین ویژگی ذکر شده برای بررسی ساختار جنگل، آمیختگی گونه‌ای می‌باشد. به منظور بررسی این ویژگی از شاخص آمیختگی که اساس کار آن بر مبنای مقایسه نوع گونه درخت مرجع نسبت به درختان همسایه است، استفاده شد. در هنگام استفاده ازسه 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 ۱ (هیچ‌کدام از همسایه‌ها مشابه گونه مرجع نمی-باشند) بدست خواهد آمد(۱۰). به عبارت دیگر با افزایش مقدار این شاخص، آمیختگی در توده مورد بررسی افزایش می‌یابد (۶). دومین شاخصی که در این تحقیق به منظور بررسی تنوع گونه‌ای مورد استفاده قرار گرفت شاخص شانون می‌باشد. در واقع این شاخص نمونه‌ای از یک شاخص مستقل از فاصله بوده که در این پژوهش به‌طور مکمل با شاخص آمیختگی بکار رفته است و ارزش این شاخص می‌تواند بین صفر تا ۵ متغیر باشد (۲۰). همچنین در این تحقیق به منظور بررسی تنوع ابعاد درختان از شاخص‌های اندازه قطر برابر سینه و اختلاف قطر برابر سینه استفاده شد. نحوه محاسبه شاخص ابعاد قطر برابر سینه در جدول ۱ نمایش داده شده است. این شاخص به بررسی نسبت قطر برابر سینه درختان مجاور یکدیگر می‌پردازد و زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که هدف مقایسه ابعاد گونه‌های مختلف باشد. ارزش‌های بدست آمده 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 ۱ است. زمانی که درختان مرجع از نظر قطر برابر سینه نسبت به سایر گونه‌های مجاور خود مغلوب باشند، ارزش این شاخص به سمت صفر میل می‌کند و بالعکس. از آن‌جایی که بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه را گونه بلوط به خود اختصاص داده بود به نظر می‌رسد شاخص اختلاف قطر برابر سینه اطلاعات مفیدتری را ارایه دهد. این شاخص که بر اساس اختلاف قطر برابر سینه درختان همسایه محاسبه می‌شود به بررسی توزیع ابعاد قطر درختان نسبت به یکدیگر صرف نظر از نوع گونه می‌پردازد. مقدار ارزش این شاخص بین صفر (بدون اختلاف) تا ۱ (ناهمگنی زیاد در میان درختان همسایه) نوسان می‌کند. به منظور 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 (۴).

یافته‌ها

به منظور 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 ارتباط با گونه‌های مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. در جدول ۲ تعداد گروه‌های ساختاری قبل و بعد از تصحیح حاشیه به روش نزدیک‌ترین همسایه برای هر سه گونه درختی بلوط، آزاد و اوجا ارایه شده است. میانگین شاخص کلارک و اوانز برای کل درختان برابر با ۰/۷۰ محاسبه شد، که موقعیت کپه‌ای را برای درختان این منطقه نشان می‌دهد. مقدار میانگین شاخص زاویه یکنواخت برای کل درختان ۰/۵۵ محاسبه شد، این شاخص نشان دهنده چیدمان تصادفی تا کپه‌ای درختان همسایه در اطراف درخت مرجع می‌باشد. همچنین با استفاده از شاخص زاویه یکنواخت، موقعیت مکانی گونه‌های درختی به طور مجزا از یکدیگر مورد بررسی قرار گرفت. میانگین این شاخص برای هر گونه در جدول ۲ آورده شده است. اگرچه مقدار میانگین شاخص زاویه یکنواخت برای بررسی ساختار یک توده کاملا مفید است، اما با این وجود به منظور تفسیر بهتر موقعیت مکانی از نمودار توزیع ارزش‌های این شاخص برای گونه‌های موجود در منطقه در طبقه‌های مختلف استفاده شد (شکل ۴). از طرفی میانگین شاخص‌های آمیختگی و شانون ـوینر برای کل منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۰/۰۶ و ۰/۴۰ محاسبه شد که اختلاط گونه‌ای پایین را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهند. نتایج بررسی مقدار میانگین و نمودارهای توزیع ارزش‌های شاخص آمیختگی برای هر گونه در جدول ۲ و شکل ۵ آورده شده است. مقدار میانگین شاخص اندازه قطر برابر سینه برای کل درختان برابر با ۰/۵۰ بوده و گونه بلوط از نظر قطر برابر سینه نسبت به سایر گونه های موجود غالب می باشد. نتایج بررسی مقدار میانگین و

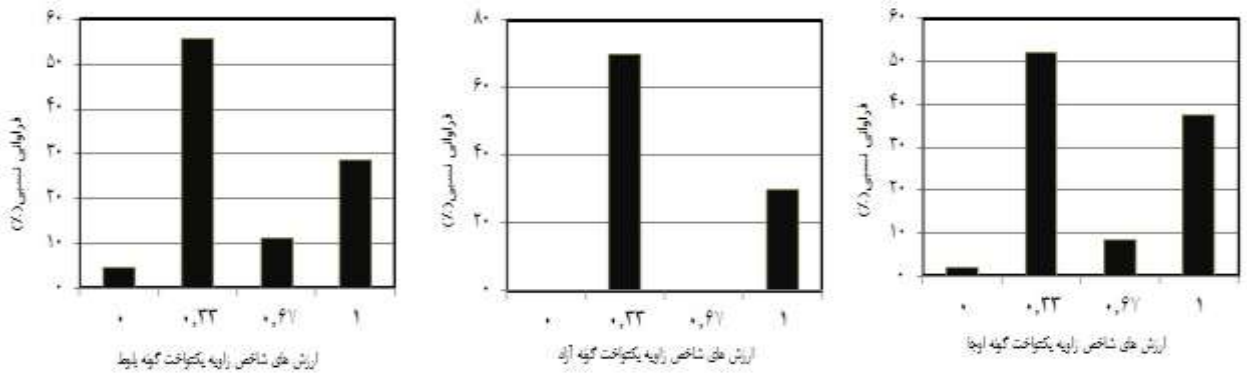
نمودارهای توزیع ارزش‌های شاخص اندازه قطر برابر سینه برای هر گونه در جدول ۲ و شکل ۶ آورده شده است. از طرفی مقدار میانگین شاخص اختلاف قطر برابر سینه برای کل درختان موجود در منطقه برابر با ۰/۳۲ محاسبه شد و اختلاف متوسط بین درختان مجاور یکدیگر از نظر ابعاد قطر برابر سینه را نشان داد. در شکل ۷ و جدول ۲ فراوانی نسبی ارزش های این شاخص در طبقات ۵ گانه برای گونه‌های مختلف و مقادیر متوسط آن برای هر گونه نشان داده شده است. همچنین به منظور بررسی و شناخت بهتر تراکم درختان موجود در منطقه مورد مطالعه، از میانگین فاصله هر درخت تا نزدیک‌ترین همسایه خود استفاده شد. نتایج حاصل از این شاخص نشان داد که میانگین فاصله بین درختان همسایه اول، دوم و سوم نسبت به درختان مرجع به ترتیب برابر با ۵/۴،۳/۵۲ و ۷/۵۶ متر می-باشد. همچنین مقدار میانگین این شاخص ۵/۵۹ محاسبه شد.

جدول ۲- میانگین شاخص‌های زاویه یکنواخت، آمیختگی، اندازه قطر برابر سینه و اختلاف قطر برابر سینه گونه‌های موجود در منطقه حفاظت شده دشت ناز ساری

Table 2. The average uniform angles, mingling, DBH index and DBH differentiation indicators existing species in Dashte Naz Sari protected area

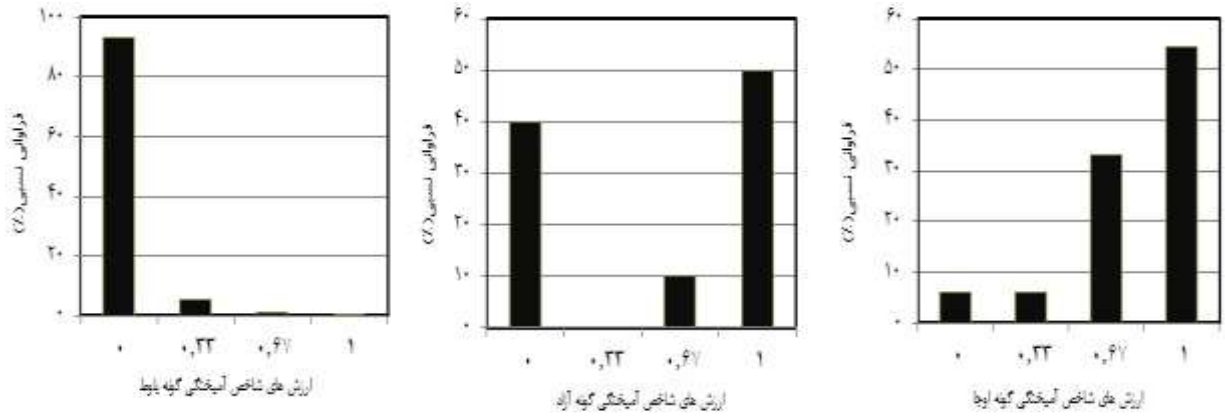
گونه	تعداد گروه ساختاری قبل از تصحیح حاشیه	تعداد گروه ساختاری بعداز تصحیح حاشیه	$\overline{W_i}$	$\overline{MD_i}$	$\overline{TD_i}$	$\overline{T_{ij}}$
بلوط	۳۸۶۵	۱۹۶۸	۰/۵۴	۰/۰۲	۰/۵۱	۰/۳۱
آزاد	۲۹۸	۱۷۵	۰/۶۰	۰/۸۳	۰/۳۳	۰/۳۷
اوجا	۱۵۹	۶۵	۰/۶۲	۰/۷۷	۰/۲۰	۰/۴۱
کل	۴۳۲۲	۲۲۰۸	۰/۵۵	۰/۰۶	۰/۵۰	۰/۳۲

$\overline{W_i}$ = میانگین شاخص زاویه یکنواخت؛ $\overline{MD_i}$ = میانگین شاخص آمیختگی؛ $\overline{TD_i}$ = میانگین شاخص اندازه قطر برابر سینه؛ $\overline{T_{ij}}$ = میانگین شاخص اختلاف قطر برابر سینه



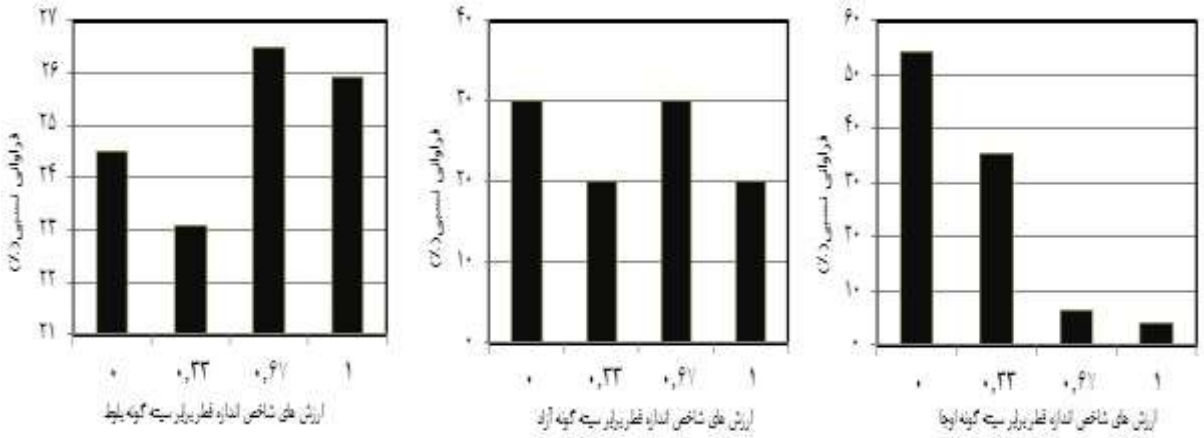
شکل ۴- نمودار توزیع ارزش‌های شاخص زاویه یکنواخت برای گونه‌های درختی دشت ناز ساری

Figure 4. Diagram of distribution value of uniform angle index for tree species Dashte Naz Sari



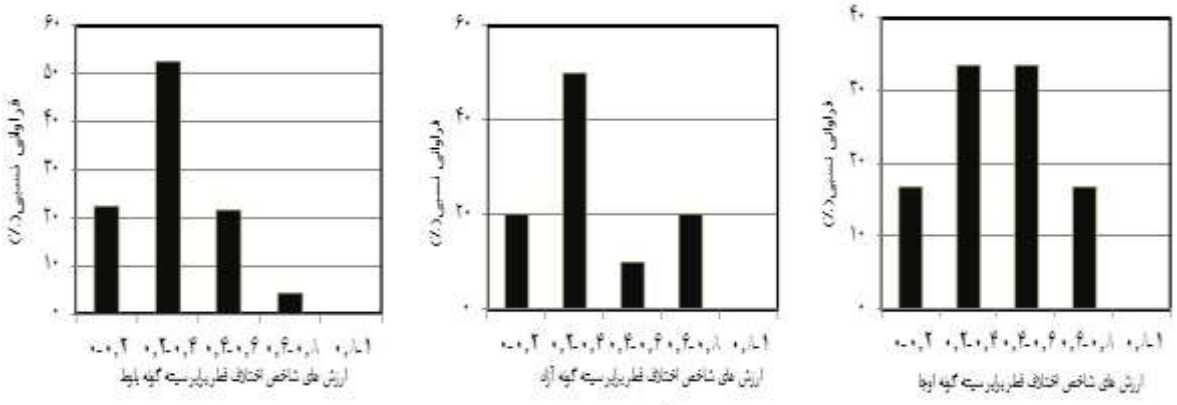
شکل ۵- نمودار توزیع ارزش‌های شاخص آمیختگی برای گونه‌های درختی دشت ناز ساری

Figure 5. Diagram of distribution value of mingling index for tree species Dashte Naz Sari



شکل۶- نمودار توزیع ارزش‌های شاخص اندازه قطر برابر سینه برای گونه‌های درختی دشت ناز ساری

Figure 6. Diagram of distribution value of DBH dominance index for tree species Dashte Naz Sari



شکل ۷- نمودار توزیع ارزش‌های شاخص اختلاف قطر برابر سینه برای گونه‌های درختی دشت ناز ساری

Figure 7. Diagram of distribution value of DBH differentiation index for tree species Dashte Naz Sari

بحث و نتیجه‌گیری

آگاهی از وضعیت ساختار توده‌های طبیعی و شناخت روند تکاملی اکوسیستم‌ها که دارای توانایی خود تولیدی هستند، قبل از هر گونه برنامه‌ریزی برای برداشت اصولی در توده، امری ضروری بوده و می‌تواند به عنوان یک الگوی مناسب برای انتخاب روش‌های صحیح جنگل‌شناسی در نظر گرفته شود (۲۱). یکی از اهداف مهم جنگل‌داری نوین، حفظ ساختار و تنوع زیستی اکوسیستم‌هاست. به این منظور، جهت مدیریت جنگل به ابزارهایی نیاز است که بتوان با صرف کم‌ترین هزینه و زمان به بررسی وضعیت فعلی و همچنین تغییرات ایجاد شده بر اثر فعالیت‌های مدیریتی و تکامل طبیعی جنگل پرداخت (۱۳). در این پژوهش از شاخص‌هایی استفاده شده است که بکارگیری آن‌ها نسبت به اندازه گیری مستقیم تنوع زیستی ارجحیت دارد زیرا علاوه بر بررسی تنوع گونه‌ای به بررسی موقعیت مکانی و همچنین اختلاف ابعاد (اندازه) درختان می‌پردازند.

به منظور بررسی تراکم درختان در منطقه حفاظت شده جنگلی دشت ناز ساری از شاخص نزدیک‌ترین همسایه‌ها استفاده شد. مقدار میانگین این شاخص ۵/۵۹ متر به دست آمد. در واقع این شاخص می‌تواند به عنوان ابزاری جهت مقایسه تراکم جنگل‌های موجود در مناطق مختلف مورد استفاده قرار گیرد. نتایج حاصل از شاخص کلارک و اوانز الگویی کپه‌ای را برای درختان موجود در منطقه دشت ناز ساری نشان می‌دهد. از مزایای این شاخص می‌توان به سادگی محاسبه و محدود بودن ارزش میانگین آن (۲/۱۴۹۱ - ۰) اشاره کرد و بنابراین کاربرد این شاخص را در هنگام مقایسه توده‌های مختلف به سادگی امکان پذیر می‌سازد.

شاخص زاویه یکنواخت نیز الگوی تجمع مابین تصادفی و کپه-ای را برای گونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق نشان می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج علی‌جانی و همکاران (۱۳) که با استفاده از شاخص‌های زاویه یکنواخت و کلارک و اوانز الگوی مابین تصادفی و کپه‌ای را برای بخش گرازبن جنگل خیرود نشان دادند هم‌خوانی دارد. گراز (۶) بر تاثیر نحوه زادآوری درختان بر الگوی مکانی آن‌ها تاکید کرد. همچنین کینت و همکاران (۴) بیان کردند که الگوی مکانی توده‌ها تحت تاثیر مدیریت جنگل قرار دارد، به گونه‌ای که در توده‌های مدیریت شده خوشه‌ها به نفع درختان مرغوب تنک می‌شوند و در نتیجه پراکنش درختان به سمت یکنواخت شدن تمایل پیدا می‌کند. به این ترتیب می‌توان یکنواخت بودن پراکنش گونه بلوط را به نحوه زادآوری آن مرتبط دانست، البته با توجه به نورپسند بودن درختان بلوط، ارتفاع و سطح تاج پوشش این گونه در منطقه مورد مطالعه گسترش یافته و زمینه رقابت سایر گونه ها محدود شده و تنها در صورتی که فضای باز در توده چه به صورت طبیعی و یا مصنوعی ایجاد گردد، گونه‌های دیگر ظهور پیدا می کنند. لذا همه این مسایل در کنار هم چنین ساختاری را برای گونه بلوط فراهم نموده است.

دومین جنبه ساختار، تنوع گونه‌ای است که در این تحقیق با استفاده از دو شاخص شانون و آمیختگی مورد بررسی قرار گرفت. از معایب اصلی شانون-وینر این است که با یک میانگین به بررسی تنوع گونه‌ای می‌پردازد و در تشریح روابط بین گونه‌ها ناتوان است (۱۳) این نقص توسط قابلیت شاخص آمیختگی در بررسی روابط بین درختان جبران شده است. نتایج بررسی شاخص آمیختگی به منظور بررسی تفاوت‌های ساختاری گونه-های مختلف در این پژوهش نشان داد که گونه بلوط دارای تمایل بسیار زیادی به حضور در کنار پایه‌های هم‌جنس خود می‌باشد. در حالی که گونه‌های آزاد و اوجا غالبا با پایه‌هایی از گونه‌های دیگر اختلاط دارد. پومرنینگ (۱۸) بیان کرد که آمیختگی گونه‌ای تحت تاثیر موقعیت مکانی درختان قرار دارد و گونه‌هایی که دارای الگوی کپه‌ای هستند دارای آمیختگی کمی می‌باشند.

تنوع ابعاد درختان سومین جنبه ساختار مورد بررسی می‌باشد. نتایج حاصل از شاخص اندازه قطر برابر سینه که به منظور بررسی وضعیت چیرگی هر گونه نسبت به همسایگان خود مورد استفاده قرار گرفت، نشان‌دهنده چیرگی بالای گونه بلوط نسبت به درختان مجاور خود می‌باشد. اما گونه آزاد عمدتا به صورت مغلوب در منطقه مورد مطالعه ظاهر شده و گونه اوجا نیز در

وضعیتی بین غالب و مغلوب بودن قرار دارد. شاخص اختلاف قطر برابر سینه جهت مشخص کردن اختلافات قطر درختان مجاور یکدیگر بدون در نظر گرفتن نوع گونه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص صرف نظر از کوچک‌تر یا بزرگ‌تر بودن درخت مرجع، به کمی‌سازی اختلافات موجود بین درختان مجاور یکدیگر (یک درخت مرجع و سه همسایه اطراف آن) می پردازد. مقدار میانگین این شاخص ۰/۳۲ محاسبه شد که نشان دهنده‌ی اختلاف متوسط بین درختان از نظر قطر برابر سینه می‌باشد. پومرنینگ (۱۸) بیان می‌کند که علاوه بر سن و مراحل تکاملی توده، مدیریت جنگل نیز بر روی اختلاف ابعاد درختان موثر است. به طور مثال در توده بلوطی که کینت و همکاران (۴) بررسی کردند، برداشت پایه‌های قطور گیلاس وحشی مجاور بلوط باعث افزایش اختلاف قطری توده مورد بررسی شده بود.

با وجود این‌که میانگین شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق، اطلاعات مناسبی را ارایه می‌دهند؛ ولی آگویر و همکاران (۸) پیشنهاد دادند که به منظور درک بهتر از ساختار درختان از نمودارهای توزیع ارزش‌های شاخص‌های مذکور در طبقات مختلف استفاده شود (شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷). شاخص-های بکار گرفته شده در این تحقیق به‌خوبی نشان دهنده وضعیت ساختار توده‌های جنگلی می‌باشند. از دیگر مزایای این شاخص‌ها قابلیت زیاد آن‌ها در آماربرداری به صورت صددرصد می‌باشد که از این طریق می‌توان سیر تکاملی جنگل و همچنین تاثیر مدیریت بر ساختار جنگل را مورد ارزیابی قرار داد و از نتایج آن جهت مدیریت پایدار جنگل استفاده کرد.

Reference

1. Memarian, F., M, Tabari., S, M, Hosseini., A, Banch Shafiee. 2007. Comparison of biodiversity of Needle leaf stand with Broad Leaf Blend stand in Kelardasht Region. Journal Of Environment Studies. 42: 103-108. (In Persian)
2. Ghomi Avili, A., S, M, Hosseini., A, A, Mataji., S, Gh, A, Galali. 2007. Biodiversity of Woody Species in Different Soils of Two Plant Associations. Journal of Plant Biology. 20(2):200-206. (In Persian)
3. Pommerening, A., 2006. Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. Forest Ecology and Management. 224: 266-277.
4. Kint, V,. N, Lust,. R, Ferris,. A.F.M, Olsthoorn. 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scote Pine (Pinus Sylvestris L.) Forests. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de. 1: 147-163
5. Amiri, M., D, Darghahi., H, Habashi., D, Azadfar., N, Solaymani. 2009. Comparision of regeneration density and species diversity in managed and natural stands of Loveh Oak Forest. J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 15(6). (In Persian)
6. Graz, P.F. 2004. The behavior of the species mingling index M_{sp} in relation to species dominance and dispersion. Eur J Forest Res. 123: 87-92.
7. Kint, V,. D, Wulf Robert,. L, Noel. 2004. Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. Ecological Modeling. 180: 461-476.
8. Aguirre, O., G, Hui., K.V, Gadow., J, Jimenez. 2003. An analysis of forest structure using neighborhood-based variables. Forest Ecology and Management. 183: 137-145.
9. Motz, K., Sterba, H. and Pommerening, A. 2010. Sampling measures of tree diversity. Forest Ecology and Management, 260: 1985-1996.
10. Gadow, K.V. 2012. Forsteinrichtung, Adaptive Steuerung und Mehrpfadprinzip. University of Gottingen, 163.
11. Kint, V., 2005. Structural development in ageing temperate Scots pine stands.

Forest Ecology and Management. 214, 237-250.

12. Ruprecht, H., Dhar, A., Aigner, B., Oitzinger, G., Raphael, K., Vacik, H., 2010. Structural diversity of English yew (Taxus bacata L.) populations. European Journal of Forest Research. 129, 189-198.
13. Alijani, V., J, Feghhi., M, Zobeiri., M, R, Marvi Mohadjer. 2012. Quantifying the Spatial Structure in Hyrcanian Submountain Forest (Case Study: Gorazbon District of Kheirud Forest-Noushahr-Iran). Journal of Natural Environmental. 65(1): 111-125. (In Persian)
14. Farhadi, P., Soosani, J., Adeli, K., and Alijani, V. 2014. Analysis of zagros forest structure using neighborhood-based indices (Case study: Ghalehgol forest, Khorramabad). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22: 2. 294-306. (In Persian)
15. Farhadi, P., Soosani, J., Adeli, K. and Alijani, V., 2014a. Investigation of positioning and species diversity changes caused by local communities in Zagros forests (Case study: Ghalehgol forest, Zagros, Iran). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 20(4): 61-80 (In Persian).
16. Szmyt, J. 2014. Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions.Silva Fennica.38:1-31.
17. Marvi Mohadjer, M.R. 2005. Silviculture. University of Tehran Press. 387p .(In Persian)
18. Pommerening, A,. 2002. Approaches to quantifying forest structures. Forestry. 3: 305-324.
19. Pommerening, A., D, Stoyan. 2006. Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure. Can. J. For. Res. 36:1723-1739.
20. Bakus, G.J. 2004. Quantitative analysis of mapping biological communities. John Wiley press. 435 p.
21. Mattaji, A., M, Namiranian. 2003. Investigating the structure and evolution process of Beech forests natural stands in North of Iran (case study : Kheyrood-kenar, Noushahr). J. Natural Res. 55(4) :531-541. (In Persian)