Archive of SID

تحلیل ساختار تیپ‌های مختلف در جنگل‌های ناو اسالم گیلان با استفاده از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه

پیمان فرهادی[۱]، جواد سوسنی[۱*]، سید یوسف عرفانی‌فرد[۲] و میر حامد اختری[۳]

[۱] ایران، خرم آباد، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه جنگل‌داری

[۲] ایران، شیراز، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش منابع طبیعی و محیط زیست

[۳] ایران، تهران، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۰

چکیده

ارزیابی ساختار جنگل به عنوان یکی از مناسب‌ترین ابزارها در مدیریت نوین جنگل در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق ساختار گونه‌های درختی تیپ‌های راش، راش- ممرز و راش- افرا جنگل‌های هیرکانی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. بمنظور انجام این تحقیق ۵ قطعه نمونه یک هکتاری در هر یک از تیپ‌های مذکور جنگلی ناو اسالم گیلان که از لحاظ شرایط محیطی همگن بودند، آماربرداری شدند و شاخص‌های میانگین جهت، زاویه یکنواخت، آمیختگی، ابعاد قطر برابر سینه و ارتفاع و فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها محاسبه شدند. نتایج حاصل از شاخص‌های میانگین جهت و زاویه یکنواخت، نشان-دهنده موقعیت مکانی تصادفی برای درختان سه تیپ مورد بررسی بود. نتایج شاخص آمیختگی، اختلاط کمی را برای سه تیپ مورد بررسی نشان داد. نتایج بدست آمده از این شاخص نشان داد که غالبا گونه *Fagus orientalis* دارای رقابت درون گونه‌ای و سایر گونه‌های مورد بررسی دارای رقابت بین گونه‌ای می‌باشند. میانگین شاخص‌های ابعاد قطر برابر سینه و ارتفاع، شباهت نسبی تیپ‌های مورد بررسی را نشان داد. نتایج حاصل از این دو شاخص غالبیت نسبی گونه‌های *Acer velutinum* و *Alnus subcordata* و مغلوبیت گونه‌های *Cerasus avium* و *Ulmus glabra* را نشان دادند. نتایج حاصل از شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها نشان‌دهنده تراکم بالای درختان در تیپ راش نسبت به سایر تیپ‌های مورد بررسی است. مقایسه ساختار گونه‌های مشابه در تیپ‌های مختلف، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها از نظر ویژگی‌های موقعیت مکانی، ابعاد قطر برابر سینه و ارتفاع و تراکم درختان بود و در آمیختگی گونه‌های *Fagus orientalis*، *Carpinus betulus* و *Alnus subcordata* در تیپ‌های مورد بررسی اختلافات مشاهده شد. شاخص‌های بکار رفته در این تحقیق ابزار بسیار مفیدی جهت تحلیل ساختار تیپ‌های مختلف و همچنین ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه‌های درختی هستند.

واژه‌های کلیدی: تیپ‌های جنگلی، ساختار جنگل، جنگل‌های هیرکانی، گونه‌های درختی.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۶۳۶۷۸۴۶۸ ، آدرس الکترونیکی: soosani.j@lu.ac.ir

مقدمه

جنگل‌های خزری شمال ایران از نظر جغرافیای جنگل، جزء جنگل‌های سبز تابستانی یا جنگل‌های پهن برگ خزان‌کننده بشمار می‌آید، که به جنگل‌های هیرکانی مشهورند. این جنگل‌ها از نظر ظاهری شباهت زیادی با

www.SID.ir

Archive of SID

جنگل‌های پهن برگ مخلوط اروپای مرکزی دارند ولی از نظر تعداد و تنوع گونه‌ای بسیار غنی‌تر هستند (۱۴). آگاهی از ساختار این جنگل‌ها که از دوران سوم زمین-شناسی (دوران ژوراسیک) بجای مانده‌اند، بمنظور مدیریت پایدار این اکوسیستم‌های ارزشمند و بی‌نظیر، از نظر اقتصادی و همچنین اهداف محیط زیستی بسیار مهم است. ساختار جنگل، نظم مکانی افقی و عمودی تک درختان در بازه‌ای از زمان است که تمامیت و ثبات جنگل را تا حد زیادی تعیین می‌کند. نه تنها ساختار توده بر پویایی، رشد و محصول‌دهی توده اثر می‌گذارد، بلکه بر طیف گسترده‌ای از عملکردهای جنگل از جمله جنبه-های حفاظتی و تفرجی تاثیر می‌گذارد (۳۴). ساختار توده می‌تواند توزیع افقی، موقعیت متقابل گونه‌ها و تمایزات قطری و ارتفاعی درختان را در یک اکوسیستم جنگلی مورد بررسی قرار دهد (۳۹). با توجه به این تعریف ساختار جنگل سه جنبه مهم تنوع موقعیت مکانی درختان (الگوی مکانی)، تنوع گونه‌ای درختان و تنوع ابعاد درختان را مورد بررسی قرار می‌دهد (۱۶، ۲۲ و ۳۱). بین این ویژگی‌های ساختاری ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. گونه‌های مختلف با توجه به سرشت و خصوصیات متفاوت خود، رفتارهای متفاوتی را بروز می‌دهند. این رفتارها در شکل‌گیری ساختار جنگل نقش اساسی دارند. بنابراین ضمن بررسی ساختار کلی جنگل، توجه به ویژگی‌های ساختاری هر گونه بطور مجزا، شناخت مناسب‌تری را برای مدیران جنگل به ارمغان می‌آورد. از طرفی توصیف دقیق ویژگی‌های ساختاری جنگل باید به صورتی انجام گیرد که مقرون به صرفه باشد (۱۶). شاخص‌های نزدیکترین همسایه الگوی پراکنش درختان، کمیت و درجه پراکندگی گونه‌های مختلف درختی و وضعیت ابعاد درختان را مورد بررسی قرار می‌دهد و با میانگین‌گیری از آنها در سطح توده‌های جنگلی می‌توان به توصیف جنبه‌های مختلف ساختاری پرداخت (۴۰). این شاخص‌ها به علت دارا بودن ویژگی‌هایی از جمله آسانی اندازه‌گیری، ارزان بودن و صحت بالا مورد توجه محققین خارجی قرار گرفته است (۲۵، ۳۲، ۳۵، ۳۸، ۲۶ و ۴۰) و دارای مزایای منحصر به فردی در هدایت نحوه مدیریت ساختار توده و شبیه‌سازی ساختار می‌باشد (۴۰). در ایران نیز این شاخص‌ها در تحقیقاتی مورد استفاده و بررسی قرار گرفته‌اند (۶، ۷، ۵، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۴ و ۲). سفیدی و همکاران (۲۰۱۴) بمنظور بررسی تنوع ساختاری در جنگل‌های شمال و همچنین بررسی وضعیت رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای گونه انجیلی از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه استفاده کردند. همچنین مریدی و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه بر روی توده‌های مدیریت نشده راش شرقی *Fagus orientalis* (Lipsky) در جنگل‌های شمال ایران، به کمی‌سازی ویژگی‌های ساختاری توده‌ها در فازهای مختلف توالی با استفاده از شاخص‌های معمول نزدیکترین همسایه از جمله شاخص‌های آمیختگی، فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها، تمایز قطری و تمایز ارتفاعی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که درک بهتر ویژگی‌های ساختاری توده در فازهای مختلف به عنوان بخش مهمی از دینامیک طبیعی اکوسیستم‌های جنگلی جهت تسهیل پیش‌بینی تغییرات آینده درون توده در نظر گرفته می‌شود. این مطالعه مانند تحقیق پیش‌رو در ارتباط با جنگل‌های شمال ایران بر روی توده‌های مدیریت نشده راش شرقی صورت گرفته است. یکی از مشکلات موجود در کمّی-سازی ساختار جنگل با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه، تاثیر حاشیه قطعه نمونه بر محاسبه آنها می‌باشد. در سال‌های اخیر بمنظور رفع این مشکل

www.SID.ir

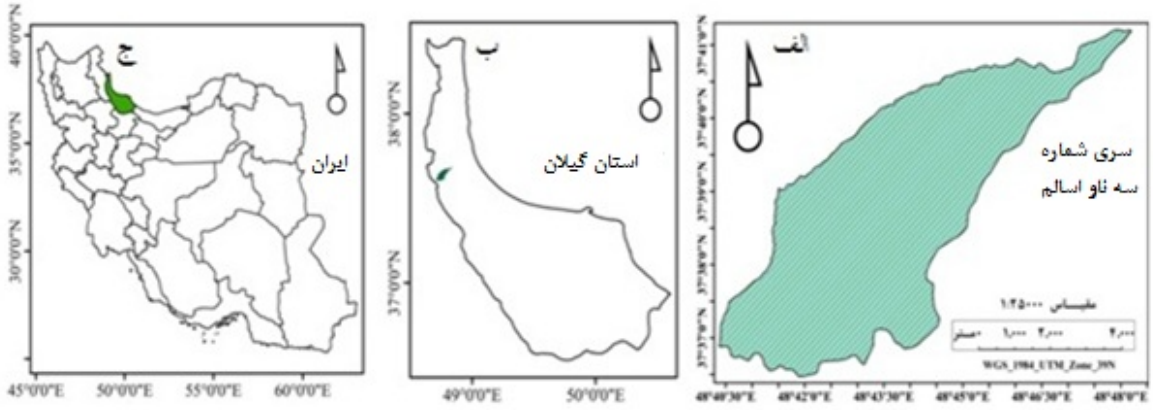
Archive of SID

تعداد زیادی روش‌های تصحیح حاشیه توسعه یافته‌اند. پومرنینگ و استویان (۲۰۰۶)، ضمن تشریح این مشکل بیان کردند که استفاده از روش تصحیح حاشیه نزدیک-ترین همسایه (Nearest Neighbor) در صورت وجود تعداد کافی درخت در قطعات نمونه می‌تواند مفید باشد.

با توجه به اهمیت زیاد جنگل‌های هیرکانی ایران، لازم است که در تمام برنامه‌ریزی‌های توسعه در مناطق شمالی کشور حفظ و گسترش این جنگل‌ها به عنوان مهم‌ترین و با ارزش‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی کشور و منبع مهم تولید چوب و سایر فرآورده‌های جنگلی مدنظر قرار گیرد (۱۴). بمنظور مدیریت بهینه این منابع با ارزش به‌دست آوردن درک صحیحی از ساختار این جنگل‌ها ضروری است. به همین دلیل هدف از این تحقیق علاوه بر کمی-سازی ساختار تیپ‌های جنگلی ناواسالم گیلان، مقایسه ساختار آنها با یکدیگر می‌باشد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه: سری شماره سه ناو، که یکی از سری‌های حوزه هفت ناو در استان گیلان و شهرستان تالش بشمار می‌آید، بین عرض جغرافیایی ″۲۲ ′۴۱ °۳۷ تا ″۲۸ ′۳۶ °۳۷ شمالی و طول‌های جغرافیایی ″۲۲ ′۴۰ °۴۸ تا ″۰۴ ′۴۸ °۴۸ شرقی واقع شده است. این سری در حدود ارتفاعی ۴۵۰ تا ۲۱۵۰ متر از سطح دریا با ارتفاع اکثریت سطح سری ۱۲۰۰ متر واقع شده است (شکل ۱). جنگل‌های این منطقه از نظر زمین‌شناسی متعلق به دوران سوم زمین‌شناسی و از نظر خاکشناسی، تیپ خاک هوموسی واریزی و نوع سنگ مادری آن شیست است. متوسط بارش سالانه منطقه، حدود ۹۴۵ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۲/۴ درجه سانتی-گراد بوده و نوع اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه، از نوع مرطوب سرد می‌باشد. در این منطقه از عمده‌ترین گونه‌های موجود به همراه راش درختان ممرز، بلوط، توسکا، افرا، شیردار، ملج، ون، خرمندی و گیلاس وحشی می‌باشد (۱۲).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در سری شماره سه ناو اسالم (الف)، استان گیلان (ب) و ایران (ج)

تعیین تیپ‌های جنگلی مختلف با استفاده از نظرات متخصصین جنگلشناسی و همچنین با استفاده از آماربرداری در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. به این صورت که در تیپ راش بیش از ۹۰ درصد آمیختگی گونه‌ها متعلق به راش بود. در تیپ راش- ممرز بیش از ۶۰ درصد آمیختگی گونه‌ها متعلق به راش و حدود ۲۵ درصد آمیختگی گونه‌ها متعلق به ممرز بود و در تیپ راش- افرا بیش از ۶۲ درصد آمیختگی گونه‌ها متعلق به

www.SID.ir

Archive of SID

راش و حدود ۲۰ درصد آمیختگی گونه‌ها متعلق به افرا بود. سپس با توجه به اینکه بررسی روابط بوم‌شناختی بین درختان باید در محدوده‌ای همگن صورت گیرد (۲۴)، با استفاده از نقشه ویژگی‌های فیزیوگرافیک منطقه و شناخت وضعیت جنگل‌های منطقه، محدوده واحدهای همگن اکولوژیک مشخص شد و در هر یک از تیپ‌های راش، راش- ممرز و راش- افرا موجود در منطقه مورد مطالعه تعداد ۵ قطعه نمونه یک هکتاری (مجموعا ۱۵ قطعه نمونه) در واحدهای همگن بصورت تصادفی پیاده و آماربرداری شد. در چنین شرایطی تنها عامل تاثیرگذار بر روی وضعیت ساختاری درختان، روابط متقابل آنها با یکدیگر است (۳۷).

شاخص‌های مورد مطالعه: در این تحقیق به منظور بررسی ساختار تیپ‌های مذکور با استفاده از دستگاه فاصله‌یاب لیزری (Trupulse 360)، فاصله و آزیموت کلیه پایه‌های درختی موجود در قطعات نمونه با قطر برابر سینه بیش از ۷/۵ سانتی‌متر نسبت به یک نقطه مشخص، یادداشت و گونه، قطر برابر سینه و ارتفاع آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد. سپس داده‌های جمع‌آوری شده به‌منظور انجام محاسبات ساختاری، آماده و محاسبات مربوط در نرم‌افزار Crancod (ver 1.4) انجام گرفت. در این تحقیق، از شاخص‌های زاویه یکنواخت (Uniform angle index) و میانگین جهت (Mean directional Index) برای کمی‌سازی تنوع موقعیت مکانی، از شاخص آمیختگی (Mingling) برای کمی‌سازی تنوع آمیختگی و از شاخص‌های ابعاد قطر برابر سینه (DBH dominance) و ابعاد ارتفاع (Height dominance) برای کمی سازی تنوع ابعاد قطری و ارتفاعی درختان استفاده شد. همچنین با استفاده از شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها (Nearest neighbors distance index)، تراکم درختان هر تیپ مورد بررسی قرار گرفت. در جدول یک هر یک از شاخص‌های فوق به اختصار توضیح داده شده است.

جدول ۱- تشریح شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیکترین همسایه (۹)

ویژگی مورد بررسی	نام شاخص	معادله	تشریح
موقعیت مکانی	میانگین جهت	$R_i = \sqrt{\left(\sum_{j=2}^{n}\cos(\alpha_{ij})\right)^2 + \left(\sum_{j=2}^{n}\sin(\alpha_{ij})\right)^2}$	زاویه بین درختان نسبت به درخت مرجع $\alpha_{ij}=$
	زاویه یکنواخت	$W_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow & \alpha_j < \alpha_0 \\ 0 \rightarrow & \alpha_j \geq \alpha_0 \end{bmatrix}$
آمیختگی	آمیختگی	$DM_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow j\text{گونه} & \neq i\text{گونه} \\ 0 \rightarrow j\text{گونه} & = i\text{گونه} \end{bmatrix}$
ابعاد درختان	ابعاد قطر برابر سینه	$TD_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow & DBH_i \geq DBH_j \\ 0 \rightarrow & DBH_i < DBH_j \end{bmatrix}$
	ابعاد ارتفاع	$TH_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow & H_i \geq H_j \\ 0 \rightarrow & H_i < H_j \end{bmatrix}$
تراکم درختان	فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها	$D_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} s_{ij}$	فاصله درخت مرجع تا همسایه‌ها $S_{ij}=$

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از مزایای شاخص‌های به‌کار رفته در این تحقیق امکان در نظر گرفتن تعداد مختلف همسایه می‌باشد. اما در این تحقیق بر اساس تحقیقات پیشین چهار درخت همسایه نزدیک به درخت مرجع در نظر گرفته شد (۳۱، ۲۱، ۲۰، ۱۸ و ۳۸) و شاخص‌های ساختاری برای هر گونه و در هر تیپ جنگلی مورد بررسی قرار گرفتند.

شاخص زاویه یکنواخت (W_i) بر اساس محاسبه زاویه بین درختان همسایه و مرجع ($\propto_j$) و مقایسه آن با زاویه استاندارد ($\propto_0$) (در هنگام استفاده از چهار درخت همسایه ۷۲ درجه می‌باشد) به بررسی موقعیت مکانی درختان می‌پردازد (۳۲). در هنگام محاسبه این شاخص در گروه‌های ساختاری با چهار درخت همسایه یکی از ارزش‌های صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و یا ۱ به دست می‌آید که با میانگین گرفتن از ارزش‌های همه گروه‌های ساختاری میانگین این شاخص برای کل توده قابل محاسبه است. ارزش‌های کم این شاخص نشان‌دهنده الگوی پراکنده درختان می‌باشد و با افزایش مقدار این شاخص به سمت ۱ الگوی کپه‌ای در توده ظاهر می‌شود (۱۸). در کل می‌توان بیان نمود که:

$$\overline{W}_{\text{پراکنده}} < \overline{W}_{\text{تصادفی}} < \overline{W}_{\text{کپه‌ای}}$$

شاخص میانگین جهت R_i اطلاعاتی در مورد موقعیت (جهت) درختان مرجع و نزدیک‌ترین همسایه‌های آن‌ها به شیوه‌ای متفاوت با شاخص زاویه یکنواخت مطرح می‌کند (۱۷). نحوه اندازه‌گیری زاویه در این شاخص به این صورت است که محوری (پاره خطی) که درخت مرجع را به اولین همسایه در جهت شمالی خود، در یک گروه ساختاری مرتبط می‌کند به عنوان مبنایی برای تشکیل زاویا بین سایر درختان همسایه در نظر گرفته می‌شود (۲۹، ۲۷ و ۲۶) و زاویه بین این محور و تک تک درختان موجود در هر گروه ساختاری $\propto_{ij}$ در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است که جهت تشکیل این زوایا در جهت عقربه‌های ساعت می‌باشد. شاخص میانگین جهت دارای مقادیر مابین صفر تا ۴ می‌باشد (۲۶). اگر درختان به صورت پراکنده چیدمان داشته باشند؛ مقدار این شاخص برابر با صفر می‌باشد و زمانی که درختان به صورت کپه‌ای در سطح منطقه پراکنده شده باشند این شاخص دارای بیشترین ارزش می‌باشد. زمانی که مقدار این شاخص به عدد ۱/۷۷۹ نزدیک می‌شود درختان به صورت تصادفی در سطح منطقه توزیع شده‌اند (۳۸). با میانگین‌گیری از مقادیر شاخص میانگین جهت برای تمام گروه ساختاری، مقدار این شاخص برای درختان موجود در توده‌های جنگلی قابل محاسبه می‌باشد. در کل می‌توان حالت‌های مختلف این شاخص را به صورت زیر نشان داد:

$$\overline{R}_{\text{پراکنده}} < \overline{R}_{\text{تصادفی}} < \overline{R}_{\text{کپه ای}}$$

شاخص آمیختگی (DM_i) به بررسی میزان اختلاط گونه-ای میان گونه‌های درختی موجود در منطقه می‌پردازد. این شاخص دارای ارزشی بین صفر تا ۱ است. در هنگام استفاده از چهار همسایه در یک گروه ساختاری، یکی از مقادیر صفر (همه همسایه‌ها مشابه گونه مرجع)، ۰/۲۵ (یک همسایه متفاوت با درخت مرجع)، ۰/۵۰ (دو همسایه متفاوت با درخت مرجع)، ۰/۷۵ (سه همسایه متفاوت با درخت مرجع) و یا ۱ (هیچ کدام از همسایه‌ها مشابه گونه مرجع نمی‌باشند) بدست خواهد آمد (۳۵ و ۳۸). محققین توصیه می‌کنند به‌منظور به دست آوردن جزئیات بیشتر و دقیق‌تر از میزان اختلاط گونه‌ای موجود در توده‌های جنگلی، از نمودار توزیع ارزش‌های شاخص آمیختگی گونه‌ای نیز استفاده شود (۳۸). ارزش‌های کم این شاخص نشان‌دهنده آمیختگی کم و ارزش‌های بالای

www.SID.ir

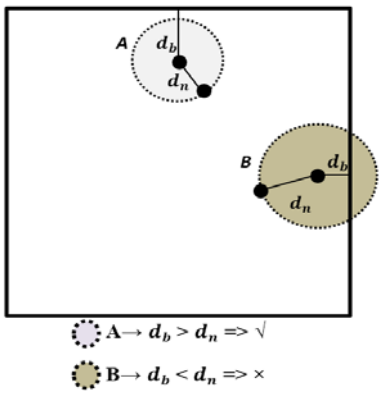
Archive of SID

این شاخص نشان‌دهنده آمیختگی زیاد توده جنگلی می‌باشد.

شاخص‌های ابعاد قطر برابر سینه (TD_i) و ابعاد ارتفاع (TH_i) به ترتیب به بررسی چیدمان درختان از نظر قطر برابر سینه و ارتفاع می‌پردازند. ارزش‌های این دو شاخص نیز همانند شاخص قبلی یکی از ارزش‌های صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و یا ۱ محاسبه می‌شوند (۲۲ و ۳۸). ارزش-های بالای این دو شاخص نشان‌دهنده غالبیت گونه مرجع نسبت به درختان همسایه می‌باشد.

شاخص فاصله تا نزدیکترین همسایه‌ها (D_i) بمنظور بر طرف نمودن معایب شاخص‌های ساختاری نزدیک‌ترین همسایه، که در نظر نگرفتن تراکم توده‌های جنگلی می-باشد؛ مورد استفاده قرار گرفت. بدون محاسبه مقدار این شاخص در هنگام مقایسه دو جنگل با چیدمان مشابه ولی تراکم‌های متفاوت، اختلافات به خوبی نشان داده نمی-شوند. به همین منظور شاخص فاصله تا نزدیکترین همسایه‌ها به طور مکمل با شاخص‌های دیگر در کمی-سازی ساختار جنگل مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۵).

یکی از مشکلات کمی‌سازی ساختار جنگل با استفاده از قطعات نمونه با شکل ثابت، تاثیر حاشیه قطعات نمونه بر تشکیل گروه‌های ساختاری می‌باشد. در این تحقیق به منظور بر طرف نمودن این مشکل از روش تصحیح حاشیه نزدیک‌ترین همسایه (NN) استفاده شد. در این روش درختان مرزی بر اساس فاصله‌ای که تا مرز قطعه نمونه دارند (d_b) و مقایسه‌ی آن با فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه (d_n) مورد تصحیح قرار می‌گیرند (شکل ۲). بنابراین اگر فاصله‌ی درخت مرجع تا مرز قطعه نمونه از فاصله‌ی آن تا نزدیک‌ترین همسایه کمتر باشد (B)، آن درخت به عنوان مرجع تلقی نخواهد شد و اگر فاصله‌ی درخت مرجع تا مرز قطعه نمونه بیش از فاصله‌ی آن تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش باشد (A)، درخت مذکور به عنوان مرجع گروه ساختاری انتخاب می‌شود (۳۳).



شکل ۲- تصحیح حاشیه به روش نزدیک‌ترین همسایه

پس از کمی‌سازی ساختار تیپ‌های مختلف با استفاده از آزمون‌های کای اسکوار و مقایسه میانگین چند جامعه (ANOVA) ویژگی‌های تنوع موقعیت مکانی، تنوع آمیختگی، تنوع ابعاد درختان و همچنین تراکم درختان در تیپ‌های مختلف مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

در این تحقیق با استفاده از روش تصحیح حاشیه نزدیک-ترین همسایه تاثیر حاشیه قطعات نمونه بر تشکیل گروه-های ساختاری اصلاح شد. در جدول دو تعداد گروه‌های ساختاری گونه‌های مختلف، قبل و بعد از تصحیح حاشیه نشان داده شده است.

میانگین شاخص زاویه یکنواخت در تیپ‌های راش، راش- ممرز و راش- افرا به ترتیب برابر با ۰/۵۲، ۰/۵۳ و ۰/۵۱ محاسبه شد که نشان‌دهنده چیدمان تصادفی درختان نسبت به یکدیگر در هر سه تیپ است. در هر یک از تیپ‌های جنگلی میانگین این شاخص برای گونه-های مختلف محاسبه و نتایج حاصل از آن در جدول سه ارائه شده است. نتایج حاصل از این شاخص نشان‌دهنده چیدمان کم و بیش تصادفی برای گونه‌های مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

است. همچنین در شکل سه طبقات مختلف توزیع ارزش‌های شاخص زاویه یکنواخت برای درختان تیپ‌های مختلف ترسیم شده است.

جدول۲- تعداد گروه‌های ساختاری قبل و بعد از تصحیح حاشیه به روش نزدیک‌ترین همسایه

	تیپ‌های مورد مطالعه					
	راش		راش- ممرز		راش- افرا	
	قبل از تصحیح حاشیه	بعد از تصحیح حاشیه	قبل از تصحیح حاشیه	بعد از تصحیح حاشیه	قبل از تصحیح حاشیه	بعد از تصحیح حاشیه
F.*orientalis*	۹۸۹	۸۴۳	۵۸۸	۲۶۷	۵۴۱	۱۸۹
C.*betulus*	۶۱	۵۳	۲۴۵	۱۰۱	۷۳	۲۸
A. *cappadocicum*	۹	۸	۵۹	۳۳	۳۳	۱۲
A. *velutinum*	۱۳	۹	۶۸	۲۶	۱۳۵	۵۶
A. *subcordata*	۲۶	۲۱	۲۴	۱۳	۳۳	۱۴
C. *avium*	–	–	۵	۲	–	–
U. *glabra*	–	–	۷	۴	۲۰	۷
F. *excelsior*	۱۰	۸	۱۶	۵	۲۳	۹
مجموع	۱۱۰۸	۹۴۲	۱۰۱۲	۴۵۱	۸۵۸	۳۱۵

گونه‌های مورد مطالعه

نتایج حاصل از شاخص میانگین جهت در تیپ‌های راش، راش- ممرز و راش- افرا به ترتیب برابر با ۱/۹۱، ۱/۸۶ و ۱/۸۱ محاسبه شد. این شاخص نیز چیدمان تصادفی درختان را نسبت به یکدیگر در هر سه تیپ نشان می‌دهد. در جدول چهار میانگین این شاخص برای گونه‌های مختلف در هر یک از تیپ‌های جنگلی آورده شده است. نتایج حاصل از این شاخص نیز نشان‌دهنده چیدمان تصادفی برای گونه‌های مورد مطالعه است.

ارزش میانگین شاخص آمیختگی گونه‌ای در تیپ‌های راش، راش- ممرز و راش- افرا به ترتیب برابر با ۰/۱۶، ۰/۴۵ و ۰/۵۳ محاسبه شد که نشان‌دهنده آمیختگی کم درختان موجود در تیپ راش و آمیختگی حد وسط درختان موجود در تیپ‌های راش- ممرز و راش- افرا است. همچنین ارزش‌های میانگین این شاخص برای گونه‌های مختلف در جدول پنج ارائه شده است. مقادیر میانگین این شاخص نشان‌دهنده آمیختگی کم گونه *Fagus orientalis* و آمیختگی بالای سایر گونه‌های موجود در سه تیپ مورد بررسی است. همچنین در شکل سه نمودار توزیع ارزش‌های شاخص آمیختگی گونه‌ای برای درختان موجود در تیپ‌های مختلف ترسیم شده است.

تنوع ابعاد درختان، سومین ویژگی ساختار جنگل است. در این تحقیق بمنظور کمی‌سازی تنوع ابعاد درختان، دو مشخصه قطر برابر سینه و ارتفاع درختان مورد بررسی قرار گرفتند. مقدار میانگین شاخص ابعاد قطر برابر سینه در تیپ‌های راش، راش- ممرز و راش- افرا به ترتیب

www.SID.ir

Archive of SID

برابر با ۰/۵۰، ۰/۵۱ و ۰/۴۹ محاسبه شد. همچنین ارزش-های میانگین شاخص ابعاد ارتفاع در تیپ‌های راش، راش- ممرز و راش- افرا به ترتیب برابر با ۰/۴۹، ۰/۵۰ و ۰/۴۸ محاسبه شد. در جدول های شش و هفت ارزش-های میانگین شاخص‌های ابعاد قطر برابر سینه و ابعاد ارتفاع برای گونه‌های مختلف ارائه شده است.

جدول۳- مقادیر میانگین شاخص زاویه یکنواخت برای گونه‌های درختی موجود در تیپ‌های مختلف

	گونه‌های مورد مطالعه							
	F.*orientalis*	C.*betulus*	A. *cappadocicum*	A. *velutinum*	A. *subcordata*	C. *avium*	U. *glabra*	F. *excelsior*
راش	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۴۴	۰/۵۸	۰/۵۵	–	–	۰/۵۳
راش- ممرز	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۶۲	۰/۵۷	۰/۵۰	۰/۶۲	۰/۴۴	۰/۵۰
راش- افرا	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۴۶	–	–	۰/۵۴

جدول ۴- مقادیر میانگین شاخص میانگین جهت برای گونه‌های درختی موجود در تیپ‌های مختلف

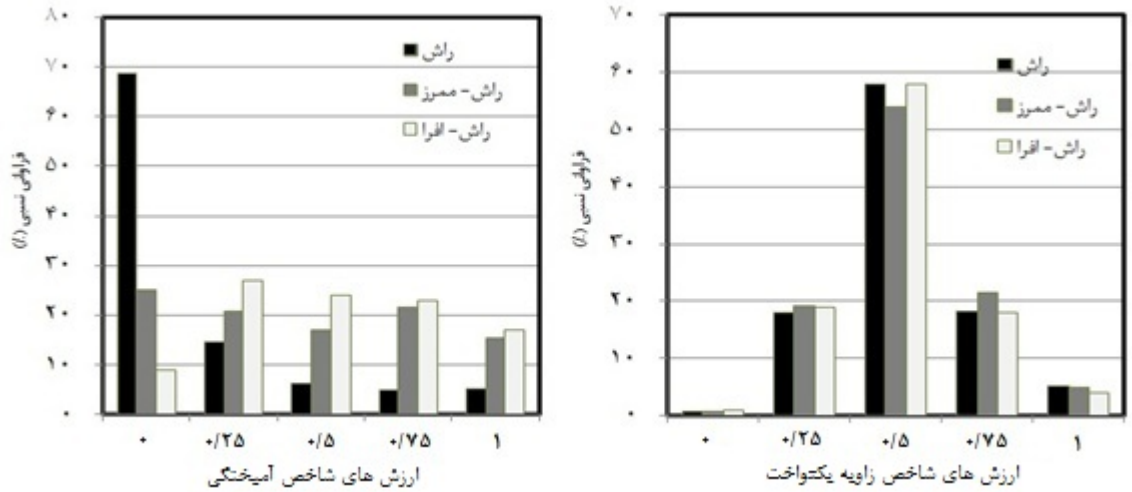
	گونه‌های مورد مطالعه							
	F.*orientalis*	C.*betulus*	A. *cappadocicum*	A. *velutinum*	A. *subcordata*	C. *avium*	U. *glabra*	F. *excelsior*
راش	۱/۸۷	۱/۹۴	۱/۲۶	۲/۰۵	۱/۹۳	–	–	۱/۹۰
راش- ممرز	۱/۸۸	۱/۹۳	۲/۰۸	۲/۰۲	۱/۸۶	۱/۸۷	۱/۶۹	۱/۷۹
راش- افرا	۱/۸۵	۱/۹۱	۱/۶۰	۱/۷۰	۱/۵۶	–	–	۱/۸۴

جدول ۵- مقادیر میانگین شاخص آمیختگی گونه‌های درختی موجود در تیپ‌های مختلف

	گونه‌های مورد مطالعه							
	F.*orientalis*	C.*betulus*	A. *cappadocicum*	A. *velutinum*	A. *subcordata*	C. *avium*	U. *glabra*	F. *excelsior*
راش	۰/۱۰	۰/۷۴	۱	۰/۹۷	۰/۸۹	–	–	۰/۴۷
راش- ممرز	۰/۲۹	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۸۳	۰/۹۸	۱	۱	۱
راش- افرا	۰/۳۴	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۸۱	۰/۷۹	–	–	۰/۵۶

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودار توزیع ارزش‌های شاخص‌های زاویه یکنواخت (شکل راست) و آمیختگی (شکل چپ) کلیه درختان موجود در تیپ‌های مختلف

بطور کلی نتایج حاصل از این دو شاخص نشان‌دهنده مغلوبیت گونه‌های *Cerasus avium* و *Ulmus glabra*؛ چیرگی متوسط گونه‌های *Fagus orientalis*، *Carpinus betulus*، *Acer cappadocicum* و *Fraxinus excelsior* و چیرگی زیاد گونه‌های *Acer velutinum* و *Alnus subcordata* بود. نتایج بدست آمده از شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها در تیپ‌های راش، راش- ممرز و راش- افرا به ترتیب برابر با ۵/۱۹، ۵/۷۸ و ۵/۸۵ محاسبه شد که بیانگر تراکم بیشتر درختان در تیپ راش بود. در جدول هشت ارزش میانگین شاخص فاصله تا نزدیک-ترین همسایه‌ها برای گونه‌های مختلف ارائه شده است. نتایج بدست آمده از این شاخص نشان‌دهنده فاصله زیاد گونه‌های *Ulmus glabra* و *Alnus subcordata* و فاصله کم گونه *Cerasus avium* نسبت به نزدیک‌ترین درختان همسایه خود برای تیپ‌های مختلف می‌باشد.

همچنین در جدول نه مقادیر سطح معنی‌داری برای شاخص‌های مذکور ارائه شده است. نتایج حاصل از این آزمون‌ها نشان می‌دهد که گونه‌های درختی تیپ‌های مختلف از نظر ویژگی‌های تنوع موقعیت مکانی، تنوع ابعاد قطر برابر سینه درختان و تنوع ارتفاع و تراکم درختان اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهند و تیپ‌های مختلف تنها از نظر آمیختگی گونه‌ای اختلاف معنی‌داری را در سطح ۹۹ درصد نشان دادند.

جدول ۶- مقادیر میانگین شاخص ابعاد قطر برابر سینه گونه‌های درختی موجود در تیپ‌های مختلف

	گونه‌های مورد مطالعه							
	F.orientalis	*C.betulus*	*A. cappadocicum*	*A. velutinum*	*A. subcordata*	*C. avium*	*U. glabra*	*F. excelsior*
راش	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۷۵	۰/۸۰	–	–	۰/۴۱
راش- ممرز	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۵۰	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۵۵
راش- افرا	۰/۴۰	۰/۶۲	۰/۴۸	۰/۶۷	۰/۸۲	–	–	۰/۴۳

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقادیر میانگین شاخص ابعاد ارتفاع گونه‌های درختی موجود در تیپ‌های مختلف

	گونه‌های مورد مطالعه							
	F.*orientalis*	*C.betulus*	*A. cappadocicum*	*A. velutinum*	*A. subcordata*	*C. avium*	U. *glabra*	F. *excelsior*
راش	۰/۵۰	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۷۷	۰/۶۵	–	–	۰/۴۹
راش- ممرز	۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۵۲
راش- افرا	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۶۷	۰/۷۱	–	–	۰/۵۷

جدول ۸- مقادیر میانگین شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها برای گونه‌های درختی موجود در تیپ‌های مختلف

	گونه‌های مورد مطالعه							
	F.*orientalis*	*C.betulus*	*A. cappadocicum*	*A. velutinum*	*A. subcordata*	*C. avium*	U. *glabra*	F. *excelsior*
راش	۵/۳۳	۵/۵۳	۶/۶۰	۵/۵۸	۶/۱۵	–	–	۶/۷۵
راش- ممرز	۶/۰۷	۴/۷۴	۳/۵۴	۵/۷۸	۷/۱۶	۴/۲۷	۷/۳۴	۶/۲۹
راش- افرا	۵/۷۸	۶/۰۲	۵/۰۹	۵/۰۵	۶/۷۵	–	–	۵/۸۳

جدول ۹- مقادیر سطح معنی‌داری شاخص‌های ساختاری (بدون واحد)

	شاخص‌های مورد مطالعه					
	فاصله تا همسایه‌ها	زاویه یکنواخت	میانگین جهت	آمیختگی	ابعاد قطر برابر سینه	ابعاد ارتفاع
F.*orientalis*	ns(۰/۰۷۶)	ns(۰/۴۵۱)	ns(۰/۸۸۸)	۰**	ns(۰/۰۷۴)	ns(۰/۰۷)
C.*betulus*	ns(۰/۰۸۹)	ns(۰/۶۲۸)	ns(۰/۷۳۶)	۰**	ns(۰/۲۳۳)	ns(۰/۷۸۹)
A. *cappadocicum*	ns(۰/۱۲۶)	ns(۰/۰۸۱)	ns(۰/۰۹۶)	ns(۰/۰۷۹)	ns(۰/۷۵۱)	ns(۰/۳۱۵)
A. *velutinum*	ns(۰/۵۷۴)	ns(۰/۵۹۹)	ns(۰/۳۳۵)	ns(۰/۰۶۰)	ns(۰/۷۶۱)	ns(۰/۱۳۴)
A. *subcordata*	ns(۰/۵۵۸)	ns(۰/۲۶۰)	ns(۰/۷۵۹)	۰/۰۰۳**	ns(۰/۱۰۸)	ns(۰/۴۵۲)
F. *excelsior*	ns(۰/۲۱۳)	ns(۰/۳۴۲)	ns(۰/۴۷۳)	ns(۰/۲۶۱)	ns(۰/۱۴۱)	ns(۰/۱۹۷)

گونه‌های مورد بررسی

*: معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان؛ **: معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد اطمینان؛ ns: عدم معنی‌داری

بحث

ساختار متنوع، از تنوع گونه‌ای حمایت می‌کند؛ به همین دلیل گاهی اوقات بمنظور فراهم کردن معیاری برای بررسی تنوع زیستی در جنگل از شاخص‌های ساختاری (کمی‌سازی ساختار جنگل) استفاده می‌شود (۲۲). شاخص‌های بکار رفته در این پژوهش دارای قابلیت‌های زیادی هستند که کاربرد آن‌ها را نسبت به اندازه‌گیری‌های

www.SID.ir

Archive of SID

مستقیم تنوع زیستی ارجحیت می‌بخشد. زیرا علاوه بر بررسی تنوع گونه‌ای به بررسی موقعیت مکانی و همچنین اختلاف ابعاد درختان می‌پردازند. تجزیه و تحلیل 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 به وجود آورده اند، مفید باشد (۱). در این تحقیق سعی شد با استفاده از قطعات نمونه یک هکتاری، ساختار تیپ‌های جنگلی راش، راش- ممرز و راش- افرا مورد بررسی قرار گیرد.

دو شاخص زاویه یکنواخت و میانگین جهت با بررسی زاویه بین درختان به بررسی نحوه چیدمان آنها نسبت به یکدیگر می‌پردازند. مقدار میانگین این شاخص‌ها در سه تیپ مورد مطالعه نشان‌دهنده تصادفی بودن چیدمان درختان نسبت به یکدیگر است، که از علل آن می‌توان به طبیعی بودن جنگل‌های منطقه مورد مطالعه اشاره کرد. نکته مهمی که در این زمینه باید به آن توجه نمود این است که در جنگل‌های طبیعی الگوی مکانی درختان تحت تاثیر آشفتگی منطقه، روابط متقابل رقابتی و حضور گونه‌های مهاجم قرار دارد (۱۹). همچنین نحوه مدیریت توده‌ها تاثیر مستقیمی بر روی الگوی پراکنش درختان در جنگل‌های طبیعی دارد؛ به گونه‌ای که در توده‌های مدیریت شده کپه‌ها به نفع درختان مرغوب تنک می‌شوند و در نتیجه منجر به ایجاد تغییر در توزیع درختان می‌شود (۲۵). بنابراین می‌توان عواملی مانند اندازه و وزن بذر درخت، شکل و شیب زمین، شرایط جوی منطقه (باد، برف، بارندگی و رواناب ناشی از آن در فصل ریزش بذر) و سرانجام دخالت‌های انسانی را در چگونگی انتشار بذر درختان و در نهایت الگوی پراکنش آن‌ها موثر دانست؛ که در بین آن‌ها اندازه و وزن بذر با مسافت انتشار رابطه معکوس داشته و مابقی رابطه مستقیم دارند (۳). در پژوهشی که هوی و همکاران (۲۰۰۷) انجام دادند بیان کردند که شاخص زاویه یکنواخت بمنظور بررسی موقعیت مکانی درختان دارای توانایی بالایی است. شاخص میانگین جهت نیز دارای مزایای زیادی است که می‌توان به سادگی و محدود بودن ارزش آن (صفر-۴) اشاره کرد. نکته قابل توجه در رابطه با این شاخص دقت بالای این شاخص در تشخیص نحوه پراکنش درختان است (۳۸). این شاخص خیلی کاربردی-تر از سایر شاخص‌های مربوط به اندازه‌گیری موقعیت مکانی درختان می‌باشد (۱۷). شاخص آمیختگی به خوبی نشان‌دهنده اختلاف ترکیب گونه‌های مختلف است. این شاخص اطلاعات مناسبی را در رابطه با رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای درختان ارائه می‌دهد (۸). بطور کلی نتایج حاصل از این شاخص نشان‌دهنده آمیختگی کم گونه *Fagus orientalis* و آمیختگی بالای سایر گونه-هاست. همچنین میانگین آمیختگی گونه *Fagus orientalis* در تیپ راش- افرا نسبتا بیشتر از دو تیپ راش و راش- ممرز است که به علت تعداد کم پایه-های این گونه در تیپ راش- افرا است. در واقع با توجه به این موضوع که اکثر درختان موجود در سه تیپ گونه *Fagus orientalis* است، این گونه با توجه به تعداد زیاد غالبا در کنار پایه‌های هم جنس خود قرار دارد. این در حالیست که گونه‌های دیگر مثل *C.betulus*، *A. cappadocicum*، *A. velutinum*، *A. subcordata*، *C. avium*، *U. glabra* و *F. excelsior* با توجه به تعداد کم اکثرا با پایه‌های غیر همجنس خود اختلاط دارند. نتایج حاصل از بکارگیری این شاخص در رابطه با آمیختگی *Fagus orientalis* با تحقیقات علی‌جانی و همکاران (۱۳۹۲) که با بررسی ساختار تیپ‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

جنگلی بیان کردند گونه‌های *Carpinus betulus* و *Fagus orientalis* دارای آمیختگی کم و سایر گونه‌ها دارای آمیختگی بالایی هستند، تا حدودی همخوانی دارد. همچنین پومرنینگ (۲۰۰۲) بیان کرد که آمیختگی گونه‌ای تحت تاثیر موقعیت مکانی درختان قرار دارد و گونه‌هایی که دارای الگوی کپه‌ای هستند دارای آمیختگی کمی هستند.

نتایج حاصل از این دو شاخص ابعاد قطر برابر سینه و ارتفاع نشان‌دهنده شباهت نسبی چهار گونه *F.orientalis*، *C.betulus*، *F. excelsior* و *A. cappadocicum* از لحاظ قطر برابر سینه و ارتفاع است. همچنین گونه‌های *C. avium* و *U. glabra* نسبتا به شکل مغلوب در جنگل ظاهر می‌شوند و گونه‌هایی از جمله *A. velutinum* و *A. subcordata* دارای تمایل به چیرگی بالاتری نسبت به سایر گونه‌ها هستند. نتایج بدست آمده از این شاخص‌ها با نتایج علی‌جانی و همکاران (۱۳۹۱) در مورد گونه‌های *A.subcordata* و *U.glabra* همخوانی دارد.

شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها نشان‌دهنده میزان تراکم توده‌های جنگلی یا به عبارتی تعداد پایه‌های درختی در هر واحد از سطح می‌باشد و می‌تواند نمایانگر فشار رقابتی بین درختان در توده‌ها باشد (۳۰). بطوری که با افزایش فاصله بین درختان و در نتیجه افزایش شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها از تراکم توده-های جنگلی کاسته می‌شود (۱۳). روپرشت و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند میانگین این شاخص به چیدمان درختان و همچنین تراکم جنگل مورد مطالعه بستگی دارد و بسادگی امکان محاسبه میانگین فاصله بین درختان در یک گروه ساختاری و مقایسه آن با سایر مناطق را ممکن می‌سازد. همچنین فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها، کاهش تراکم درختان موجود در جنگل‌های زاگرس را بر اثر تخریب جوامع محلی، با مقایسه تراکم درختان در دو وضعیت قبل از تخریب و پس از تخریب (شرایط فعلی) نشان دادند. نتایج بدست آمده توسط این شاخص نشان‌دهنده فاصله نسبتا کمتر بین درختان در تیپ راش نسبت به سایر تیپ‌ها بود.

نتایج حاصل از آزمون‌های کای اسکوار و مقایسه میانگین چند جامعه (ANOVA) نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار موقعیت مکانی درختان، ابعاد گونه‌های درختی و تراکم درختان تیپ‌های مختلف است که بیانگر مستقل بودن موقعیت مکانی، ابعاد و تراکم درختان نسبت به نوع تیپ است. اما در رابطه با آمیختگی مشاهده شد که گونه-های *F.orientalis*، *C.betulus* و *A. subcordata* دارای اختلاف معنی‌داری در سطح تیپ‌های مختلف هستند. نتایج بدست آمده از این آزمون‌ها با مطالعات علی‌جانی و همکاران (۱۳۹۲) که با بررسی ساختار تیپ‌های مختلف جنگلی با استفاده از شاخص‌های نزدیکترین همسایه در جنگل خیرود بیان کردند موقعیت مکانی و ابعاد گونه‌های درختی تیپ‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. اما آمیختگی گونه‌های *A. Velutinum*، *C. betulus*، *F. orientalis*، *T. begonifolia* و خشکه‌دارها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح تیپ‌های مختلف می‌باشند، همخوانی دارد. به همین دلیل در سطح پارسل و یا سایر واحدهایی که ممکن است از چندین تیپ مختلف تشکیل شده باشد، محاسبه این جنبه از ساختار قابل توصیه نیست. بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که شاخص‌های بکار رفته دارای توانایی قابل قبولی در تشریح وضعیت فعلی ساختار تیپ‌های مختلف و همچنین نشان دادن اختلافات اکولوژیکی گونه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف هستند و کاربرد این شاخص‌ها در مطالعه حاضر مورد تایید قرار گرفت. با بکارگیری شاخص‌های نزدیک-ترین همسایه علاوه بر تشریح وضعیت فعلی تیپ‌های مختلف و گونه‌های موجود در آن، می‌توان به بررسی تغییرات ایجاد شده در طی زمان و مکان و همچنین به بررسی تفاوت‌های میان وضعیت تنوع زیستی و ساختار جنگل‌های مدیریت شده و مدیریت نشده پرداخت. همچنین لازم است با کمی‌سازی وضعیت ساختاری و تنوع زیستی تیپ‌های کمتر تخریب یافته و با آگاهی از روابط بوم‌شناختی بین گونه‌های درختی آن، الگویی جهت احیای وضعیت ساختار تیپ‌های تخریب یافته ایجاد شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات مهندسین محترم آقایان بهزاد پورامینی، ساسان وفایی و ایوب رستمی که در برداشت-های صحرایی ما را یاری نمودند سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از داوران محترم که با بازبینی مقاله و ارائه نظرهای سازنده امکان اصلاح و بهبود این پژوهش را فراهم نمودند سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱. اخوان، ا.، ثاقب طالبی، خ.، حسنی، م.، پرهیزکار، پ. ۱۳۸۹. بررسی الگوی مکانی درختان طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در کلاردشت، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۲): ۳۳۶-۳۲۲.

۲. اعتماد، و.، مریدی، م.، سفیدی، ک. ۱۳۹۵. کمی‌سازی ساختار افقی توده‌های آمیخته راش در فاز تکاملی کاهش پایه‌ها، جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۹ (۴): ۶۵۶-۶۴۷.

۳. حسینی، ا. ۱۳۹۰. انتشار بذر و استقرار طبیعی زادآوری جنسی گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه و کیکم در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های میان تنگ در استان ایلام)، فصلنامه علمی تخصصی اکوسیستم‌های طبیعی ایران ۳ (۱): ۷۴-۶۵.

۴. صادقی، س. م. م.، علی‌جانی، و.، نمیرانیان، م.، محمدی زاده، م. ۱۳۹۵. ویژگی‌های ساختاری گونه ارس (*Juniperus excels*) در جنگل‌های کوهستانی دامنه جنوبی البرز (پژوهش موردی: منطقه آتشگاه کرج)، مجله جنگل ایران، ۸ (۱): ۴۹-۳۵.

۵. عرفانی فرد، س، ی.، زارع، ل.، فقهی، ج. ۱۳۹۲. کاربرد شاخص-های نزدیک‌ترین همسایه در شاخه‌زادهای بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *persica*) جنگل‌های زاگرس، بوم‌شناسی کاربردی ۵ (۳): ۲۴-۱۵.

۶. علی‌جانی، و.، فقهی، ج. ۱۳۹۰. بررسی ساختار مکانی گونه ملج (*Ulmus glabra Hudson*) بمنظور مدیریت پایدار آن (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)، محیط شناسی. ۶۰: ۴۴-۳۵.

۷. علی‌جانی، و.، فقهی، ج.، زبیری، م.، مروی مهاجر، م. ۱۳۹۱. کمی‌سازی ساختار مکانی جنگل‌های میان بند شمال ایران (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)، محیط زیست طبیعی، ۶۵ (۱):۱۲۵-۱۱۱.

۸. علی‌جانی، و.، فقهی، ج.، زبیری، م.، مروی مهاجر، م. ۱۳۹۲. بررسی ساختار تیپ‌های مختلف جنگلی با استفاده از شاخص-های نزدیک‌ترین همسایه (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)، اکولوژی کاربردی، ۳ (۱): ۲۳-۱۳.

۹. علی‌جانی، و.، ثاقب طالبی، خ.، اخوان، ر. ۱۳۹۲. کمی‌سازی ساختار توده‌های دست نخورده راش در مراحل مختلف تحولی (مطالعه موردی: منطقه کلاردشت، مازندران)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۳): ۴۱۰-۳۹۶.

۱۰. فرهادی، پ.، سوسنی، ج.، عادلی، ک.، علی جانی، و. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات موقعیت مکانی و تنوع گونه‌ای جنگل‌های زاگرس بر اثر تخریب جوامع محلی (مطالعه موردی: جنگل‌های قلعه‌گل خرم آباد)، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۰ (۴): ۸۰-۶۱.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۱. فرهادی، پ.، سوسنی، ج.، عادلی، ک.، علی جانی، و. ۱۳۹۳. تحلیل ساختار جنگل‌های زاگرس با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه (پژوهش موردی: جنگل‌های قلعه گل خرم آباد)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۲): ۳۰۶-۲۹۴.

۱۲. فلاح چای، م. م.، کلانتری چروده، خ.، پیام، ح. ۱۳۹۰. مقایسه مشخصات کمی توده‌های طبیعی جنگل در دو منطقه حفاظت شده و غیر حفاظتی (مطالعه موردی در جنگل‌های ناو اسالم)، مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، ۱ (۴): ۱۲۱-۱۱۳.

۱۳. کاکاوند، م.، مروی مهاجر، م. ر.، ثاقب طالبی، خ.، سفیدی، ک. ۱۳۹۳. تنوع ساختاری توده‌های آمیخته راش در مرحله میانی توالی (پژوهش موردی: بخش گرازبن، جنگل خیرود نوشهر)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۳): ۴۲۲-۴۱۱.

۱۴. مروی مهاجر، م، ر. ۱۳۹۰. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۷۰۹، ۴۱۸ص.

۱۵. نوری، ز.، زبیری، م.، فقهی. ج.، مروی مهاجر، م. ر. ۱۳۹۴. کاربرد شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه در مطالعه ساختار توده‌های دست نخورده راش در جنگل خیرود نوشهر، بوم-شناسی کاربردی، ۱۲ (۲): ۲۰-۱۱.

16. Aguirre, O., Hui, G., Gadow, K.V., Jimenez, J., 2003. An analysis of forest structure using neighborhood-based variables. Forest Ecology and Management. 183: 137-145.

17. Corral-Rivas, J.J., Pommerening, A., Gadow K., and Stoyan, D., 2006. An analysis of two directional indices for characterizing the spatial distribution of forest trees. In: Models of tree growth and spatial structure for multi-species, uneven-aged forests in Durango (Mexico). PhD dissertation. Faculty of Forest Science and Forest Ecology, Georg-August University of Göttingen. p. 106–121.

18. Corral-Rivas, J.J., Wehenkel, C., Castellanos-Bocaz H., Vargas-Laretta, B., and Dieguez-Aranda, U., 2010. A permutation test of spatial randomness: application to nearest neighbor indices in forest stands. Journal of Forestry Research, 15: 218–225.

19. Frelich, L.E., Calcote, R.L., Davis, M.B., and Pastor, J., 1993. Patch formation and maintenance in an old-growth hemlock-hardwood forest. Journal of Ecology, 72: 2. 513-527.

20. Gadow, K.V., 2006. Forsteinrichtung, Adaptive Steuerung und Mehrpfadprinzip. University of Gottingen. 163p.

21. Graz, P.F., 2004. The behavior of the species mingling index Msp in relation to species dominance and dispersion. European Journal of Forest Research, 123: 87-92.

22. Graz, P.F., 2006. Spatial diversity of dry savanna woodlands. Biodiversity and Conservation. 15: 1143-1157.

23. Hui, G., Li, L., Zhao, Zh. and Dang, P., 2007. Comparsion of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. Acta Ecologica Sinica, 27(11): 4717-4728.

24. Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H. and Stoyan, D., 2008. Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns. John Wiley & Sons Pub, UK, 557 p.

25. Kint, V., Lust, N., Ferris, R., and Olsthoom, A.F.M., 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Forests. Investigación Agraria: Sistemasy Recursos Forestales, 1: 147-163.

26. Kuehne, C., Weiskittel, A.R., Fraver, S., and Puettmann, K.J., 2015. Effects of thinning-induced changes in structural heterogeneity on growth, ingrowth, and mortality in secondary coastal Douglas-fir forests. Canadian Journal of Forest Research, 45: 1448-1461.

27. Lilleleht, A., Sims, A., and Pommerening, A., 2014. Spatial forest structure reconstruction as a strategy for mitigating edge-bias in circular monitoring plots. Forest Ecology and management, 316: 47-53.

28. Moridi, M., Sefidi, K., Etemad, V., 2015. Stand characteristics of mixed oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) stands in the Stem exclusion phase, northen Iran. European journal of forest research, 134 (4): 693-703.

www.SID.ir

Archive of SID

29. Motz, K., Sterba H., Pommerening, A., 2010. Sampling measures of tree diversity. Forest Ecology and Management, *260*: 1985–1996.

30. Pommerening, A. 1997. Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in strukturreichen Waldern [An analysis of new approaches towards stand inventory in structure-rich forests]. Ph.D. thesis, Faculty of Forestry and Forest Ecology, University of Gottingen, Cuvillier Verlag Gottingen, 187p (In Germany).

31. Pommerening, A., 2002. Approaches to quantifying forest structures. Forestry. 3: 305-324.

32. Pommerening, A., 2006. Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. Forest Ecology and Management, 224: 266–277.

33. Pommerening, A., and D, Stoyan., 2006. Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure.*Canadian Journal of Forest Research* 36: 1723-1739.

34. Pretzsch, H., 2009. Forest Dynamics. Growth and Yield, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 664pp.

35. 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.

36. Sefidi, K., Copenheaver, C.A., Kakavand, M., and Keivan behjou, F. 2014. Structural diversity within mature forests in Northern Iran: a case study from a relic population of persian ironwood (Parrotia persica C.A. Meyer). Forest Science, 61: 2. 258-265.

37. Stoyan, D., and Stoyan, H., 1994. Fractals, Random Shapes and Point Fields. John Wiley & Sons, UK, 399 p.

38. Szmyt, J., 2014. Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. Silva Fennica, 38:1-31.

39. Von Gadow, K., Hui, G., 1999. Modelling Forest Development. Amsterdam, Kluwer Academic Publisher: 213.

40. Wang, H., Z, G., H, G., Li, Y., Hu, Y., Zhao, Z., 2016. The influence of sampling unit size and spatial arrangement pattern on neighborhood-based spatial structure analyses of forest stands. Forest Systems, 25 (1): 1-9.

www.SID.ir

Archive of SID

Analysis of different type's structure in Nave Asalem-Gilan forests by using nearest neighbor indices

Farhadi P.[1], Soosani J.[1], Erfanifard S.Y.[2] and Akhtari M.H.[3]

[1] Forestry Dept., Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Lorestan, I.R. of Iran

[2] Natural Resources and Environment Dept., Faculty of Agriculture, University of Shiraz, I.R. of Iran

[3] Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

Evaluation of forest structure can be regarded as one of the most usable working tools in modern forest management. In this study, the structures of trees species in *Fagus*, *Fagus-Carpinus* and *Fagus-Acer* types were investigated and compared in Hyrcanian forests. In order to do this research, five plots one-ha inventoried in each forest types Nave Asalem- Gilan that were homogeneous environmental conditions, and calculate the Mean directional, Uniform angle, Mingling, DBH dominance and Height dominance and Distance to nearest neighbours indices. The result of mean directional and uniform angle indices showed a random positioning for the trees in the studied types. The result of mingling index showed a low mixture for three studied types. The result of this index indicated an intra-specific competition for *Fagus orientalis* and an inter-specific competition for other species. The average value of DBH and Height dominance indices showed a relative similarity among the studied types. The result of these indices showed that some species such as *Acer velutinum* and *Alnus subcordata* are dominant and species including *Cerasus avium* and *Ulmus glabra* are dominated. The result of distance to nearest neighbors index showed relatively greater density of trees in *Fagus* type compared to other types examined. The comparing of similar species structure in different types showed a non-significant difference for positioning, DBH and height dominance and tree density features. This comparison showed a significant difference in mingling feature of *Fagus orientalis*, *Carpinus betulus* and *Alnus subcordata* in reviewed types. The utilized indices in this study are very useful tool to analyze of forest types' structures and also the ecological features of tree species.

Key words: Forest type's, Forest structure, Hyrcanian forests, Tree species

www.SID.ir