



دانشگاه گنبدکاووس

نشریه "حفظ ازیست بوم گیاهان"

دوره هشتم، شماره هفدهم

علمی-پژوهشی

<http://pec.gonbad.ac.ir>

کارآیی قطعات نمونه کوچک در کمی‌سازی ساختار جنگل‌های زاگرس میانی با به کارگیری برخی از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه‌ها

رامین حسین‌زاده^۱، جواد سومنی^{۲*}، حامد نقوی^۳

دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

^۲دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

^۳استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۲

چکیده

امروزه موضوع ساختار جنگل، به یکی از اصلی‌ترین بحث‌های اکولوژیکی در علوم جنگل تبدیل شده است. تعیین ویژگی‌های ساختاری توده‌های جنگلی برای بررسی روند تحولات توده، برنامه‌ریزی دخالت‌های جنگل‌شناسی و برنامه‌ریزی عملیات احیایی الزامی است. بهمنظور بررسی ساختار بخشی از جنگل‌های قلعه‌گل خرم‌آباد، مجموعه‌ای از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه شامل کلارک-اوائز، زاویه یکنواخت، آمیختگی، چیرگی و تمایز مورداستفاده قرار گرفتند. بدین منظور با استفاده از طرح منظم تصادفی تعداد ۸۰ قطعه‌نمونه‌ی دایره‌ای شکل ۱۲ آری برداشت و توسط نرم‌افزار Crancod (Ver.1.4) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بر اساس نتایج، میانگین شاخص‌های کلارک-اوائز و زاویه یکنواخت به ترتیب ۰/۹۳۶ و ۰/۴۴۹ محاسبه شد که بیانگر الگوی پراکنش تصادفی با میل به حالت منظم است. همچنین میانگین شاخص آمیختگی ۰/۱۸۱ محاسبه شد که حاکی از اختلاط گونه‌ای کم می‌باشد. در بررسی تنوع ابعاد، میانگین شاخص‌های چیرگی و تمایز مساحت تاج به ترتیب ۰/۴۴۹ و ۰/۵۱۹ به دست آمد که بهطورکلی نشان می‌دهد درختان همسایه از نظر مساحت تاج دارای اختلاف آشکاری با یکدیگر هستند. با توجه به نتایج، در جنگل‌های زاگرس که اغلب شامل توده‌های وسیع و خالص بلوط هستند، قطعات نمونه‌ی کوچک به علت کاهش زمان و هزینه آماربرداری، ثبت دقیق مختصات درختان و درختچه‌ها و همین‌طور امکان بررسی و پایش ویژگی‌های مختلف جنگل، برای کمی‌سازی ساختار جنگل مناسب هستند.

واژه‌های کلیدی: الگوی پراکنش، تنوع گونه‌ای، بلوط ایرانی، قلعه گل.

* نویسنده مسئول: soosani.j@lu.ac.ir

مقدمه

اکوسیستم جنگلی، همانند دیگر اکوسیستم‌ها دارای سه مؤلفه ترکیب، عملکرد و ساختار است. امروزه موضوع ساختار جنگل، به یکی از اصلی‌ترین بحث‌های اکولوژیکی در علوم جنگل تبدیل شده است و درک درست ساختار، از اساسی‌ترین راه‌های مدیریت پایدار محسوب می‌شود (Law et al., 2009). ساختار مهم‌ترین مشخصه‌ای است که در پی استقرار توده حاصل می‌شود (سفیدی و همکاران، ۱۳۹۷) و متشکل از خصوصیات فردی و اجتماعی درختان و سایر اجزای تشکیل‌دهنده‌ی جنگل است. این ویژگی‌ها طیف وسیعی از مطالعات جنگل از قبیل: تنوع گونه‌ای، الگوی پراکنش مکانی، تراکم و تنوع ابعاد درختان و درختچه‌ها را در بر می‌گیرد (Hui et al., 2019). اطلاعات مکانی دقیق و به روز در مورد ویژگی‌های بیوفیزیکی جنگل برای تضمین مدیریت پایدار جنگل‌ها ضروری است (White et al., 2016). در طول چند دهه‌ی گذشته شاخص‌های بسیاری برای کمی‌سازی ساختار جنگل، توسعه‌یافته‌اند (Pommerenng, 2002). از آن‌بین می‌توان به شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه اشاره کرد که نسبت به روش‌های کلاسیک، دارای مزایای بیشتری (Ni et al., 2013) از جمله کاهش هزینه (Gadow et al., 2012)، صحت بالا و انعطاف‌پذیری زیاد در انتخاب تعداد درختان همسایه هستند (علی جانی و همکاران، ۱۳۹۱).

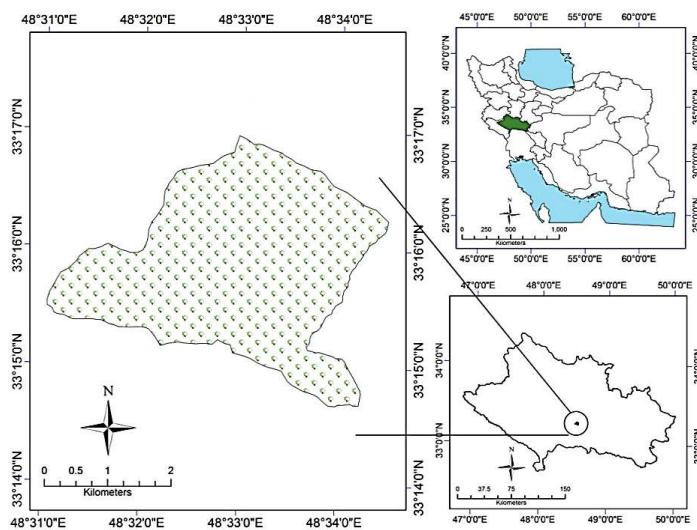
مالکی و کبویست (Maleki and Kivistö, 2015) به منظور بررسی اثر مساحت (از ۰/۰۷ تا ۰/۶۳۶ هکتار) و شکل قطعه‌نمونه (دایره‌ای و مربعی) بر کمی‌سازی ساختار درختان توس واقع در جنگل‌های مرکز Järvselja در شرق کشور استونی، از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه استفاده کردند. نتایج نشان داد که مساحت و شکل قطعه‌نمونه بر شاخص‌های ساختاری اثر معنی‌داری دارد و قطعات نمونه دایره‌ای برآورد دقیق‌تری ارائه می‌دهند. روبيو-کاماقو و همکاران (Rubio-Camacho et al., 2017)، ضمن برداشت دو قطعه‌نمونه یک هکتاری به بررسی ویژگی‌های ساختاری درختان در یک جنگل مخلوط کاج-بلوط واقع در شمال شرق مکزیک پرداختند. بر اساس نتایج به دست‌آمده هر دو توده الگوی مکانی تصادفی، اختلاط گونه‌ای بالا و تفاوت متوسطی از نظر قطر و ارتفاع داشتند. مأورو و همکاران (Mauro et al., 2017) در پژوهشی به مقایسه روش‌های نمونه‌برداری برای برآورد مقادیر شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه پرداختند. در این راستا با چندین روش مختلف درختان مرجع را انتخاب کردند. بر اساس نتایج به دست‌آمده در روش انتخاب تصادفی درختان در قطعات با شعاع ثابت کمترین میزان انحراف نسبی مشاهده شد. هوی و همکاران (Hui et al., 2019) در یک بررسی، روش‌های مختلف تشریح ساختار را مقایسه کردند. ایشان بیان کردند که روش‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه نسبت به روش‌های در تجزیه‌وتحلیل جنبه‌های مختلف ساختار قوی‌تر هستند. از مطالعات داخل ایران می‌توان به علی‌جانی و فقهی (۱۳۹۰)، علی‌جانی و همکاران (۱۳۹۲)،

فرهادی و همکارن (۱۳۹۸) و سفیدی و صادقی (۱۳۹۸) اشاره کرد که ضمن استفاده از شاخص‌های ساختاری مبتنی بر نزدیکترین همسایه به توانایی بالای این شاخص‌ها در کمی‌سازی ساختار جنگل‌های هیرکانی و ارسباران اشاره می‌کنند. همچنین پیروزی و همکاران (۱۳۹۷) ضمن استفاده از قطعات نمونه یک هکتاری به مقایسه ساختار جنگل در توده‌های شاخه‌زاد بلوط با تراکم و آمیختگی متفاوت در جنگل‌های نوزیان خرم‌آباد پرداختند.

جنگل‌های زاگرس با توجه به تنوع گونه‌ای منحصر به فرد و همچنین دارا بودن جوامع گیاهی متعدد جزء مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی ایران به شمار می‌روند (مرسوی مهاجر، ۱۳۸۵) و به علت نقشی که در ذخیره‌ی آب‌های زیرزمینی، حفاظت خاک و دیگر خدمات اجتماعی-اقتصادی ایفا می‌کنند، از اهمیت به سزاوی برخوردارند (پیرباوقار، ۱۳۹۰). در فرایند مدیریت جنگل، بررسی ساختار توده‌های جنگلی به منظور برآورد وضعیت فعلی و طراحی برنامه‌های آینده اهمیت فراوانی دارد. تعیین ویژگی‌های ساختاری توده‌های جنگلی برای بررسی روند تحولات توده، برنامه‌ریزی دلالت‌های جنگل‌شناسی و برنامه‌ریزی عملیات احیایی الزامی است (پورهاشمی و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعات کمی‌سازی ساختار جنگل‌های زاگرس که با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه‌ها انجام شده، از آماربرداری صد درصد و قطعات نمونه یک هکتاری استفاده شده است. با توجه به اینکه روش‌های مزبور با صرف هزینه و زمان زیادی همراه هستند و معمولاً در وسعت کمی انجام می‌شوند، در مناطق جنگلی وسیع نمی‌توانند به عنوان روشی مناسب برای بررسی و پایش ساختار به کار روند. شدت و تناب ببررسی‌های میدانی اغلب با محدودیت‌های مالی مواجه می‌شود که منجر به کاهش آماربرداری‌ها می‌شود و اغلب یک دغدغه عمده برای سازمان‌های مربوطه ایجاد می‌کند (Fankhauser et al., 2018). بنابراین در این پژوهش باهدف کمی‌سازی ساختار جنگل‌های بلوط در منطقه‌ی قلعه‌گل خرم‌آباد با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه، از قطعات نمونه‌ی دایره‌ای شکل ۱۲ آری استفاده شده است.

مواد و روش منطقه مورد مطالعه

سامان عرفی پرک در منطقه قلعه‌گل با مساحتی حدود ۱۲۰۰ هکتار، در ۳۵ کیلومتری جنوب شهرستان خرم‌آباد در استان لرستان بین طول‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱۴ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۱۶ دقیقه و ۵۵ ثانیه و عرض‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه و ۴ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۴ دقیقه و ۳۲ ثانیه واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی سامان عرفی پرک در منطقه قلعه‌گل خرمآباد

این سامان از شمال به کوه زرشک، از جنوب به مرز حوزه، از شرق به دره آب هنی کلو و از غرب به یال کوه زرشک، گردنه نوژیان و یال چال مرو محدود است. حداقل و حداکثر ارتفاع در این سامان به ترتیب ۱۷۰۰ و ۲۵۴۰ متر است. منطقه موردمطالعه براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمپرژه، دارای اقلیم نیمه-مرطوب سرد می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۹۱). شیب عمومی منطقه ۲۵ تا ۵۰ درصد است و جهات شمالی و جنوبی نسبت به جهت‌های شرقی و غربی اندکی چیرگی دارند. در این منطقه ۳۲ خانواده، ۱۱۰ جنس و ۱۴۵ گونه گیاهی وجود دارد. گونه‌هایی درختی و درختچه‌ای منطقه موردمطالعه شامل: *Quercus*, *Branti*, *Pyrus* sp, *Gratagus* sp, *Prunas* sp, *Amygdalus orientalis*, *Amygdalus* sp, *Acear* sp, *Pistasia atlantica*, *Frqxinus* sp, *salix* sp, *Rosa* sp, *Rubus* sp, *Platanus orien talis*, *ritex* sp, *Tamarix* spp, *Lonicera* sp هستند.

روش جمع‌آوری اطلاعات

بهمنظور بررسی ساختار جنگل‌های این سامان عرفی، با استفاده از طرح منظم تصادفی، تعداد ۸۰ قطعه‌نمونه، دایره‌ای شکل (Maleki and Kiviste, 2015) و ۱۲ آری در یک شبکه با ابعاد 500×300 متر، در منطقه برداشت شد. سپس بهمنظور بررسی سه ویژگی موقعیت مکانی، آمیختگی و تنوع ابعاد (مساحت تاج) درختان، مشخصاتی شامل: گونه، قطرهای تاج، آزیموت و فاصله هر درخت نسبت

به مرکز قطعه‌نمونه، ثبت شد. در این تحقیق برای بررسی ساختار جنگل، مجموعه‌ای از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه به کاربرده شد. شرح این شاخص‌ها در ذیل آمده است:

۱. شاخص کلارک و اوائز

این شاخص طبق رابطه‌ی ۱، با استفاده از میانگین فواصل بین تک‌تک درختان با نزدیکترین همسایه‌ی آن‌ها و مقایسه آن با میانگین فواصل مورد انتظار در حالت الگوی پراکنش تصادفی وضعیت جنگل موردنظر را مورد بررسی قرار می‌دهد.

$$R = \frac{r_{\text{observed}}}{E(r)} \quad E(r) = 0.5 \cdot \sqrt{\frac{A}{N}}$$

رابطه‌ی ۱

در این رابطه، r_{observed} میانگین فاصله‌ی درختان تا نزدیکترین همسایه به متر، A میانگین فواصل مورد انتظار در حالت پراکنش تصادفی به متر، N تعداد کل درختان در قطعه‌نمونه، $E(r)$ مساحت قطعه‌نمونه به مترمربع، دامنه‌ی مقادیر این شاخص بین صفر تا $2/1491$ متغیر می‌باشد. چنانچه حاصل این آماره، ۱ باشد، بیانگر الگوی توزیع کاملاً تصادفی است، کمتر از ۱ حالت کپه‌ای و بیش‌تر از ۱، نشان‌دهنده‌ی الگوی منظم می‌باشد (Clark and Evans, 1954, Motz et al., 2010).

۲. شاخص زاویه یکنواخت (Uniform angle index)

این شاخص که با W_i نشان داده می‌شود، به بررسی موقعیت مکانی درخت مرجع نسبت به درختان مجاور خود در گروه‌های ساختاری (متشكل از یک درخت مرجع و سه همسایه) می‌پردازد. اساس کار این شاخص بر مبنای مقایسه‌ی زاویه بین درختان همسایه (α_j) نسبت به زاویه‌ی استاندارد (α_0) می‌باشد. مقدار زاویه‌ی استاندارد و مقدار شاخص زاویه‌ی یکنواخت به ترتیب از روابط (۲) و (۳) به دست می‌آینند:

$$\alpha_0 = \frac{360}{n+1}$$

رابطه‌ی ۲

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad v_{ij} = \begin{cases} 1 & \rightarrow \alpha_j < \alpha_0 \\ 0 & \rightarrow \alpha_j \geq \alpha_0 \end{cases}$$

رابطه‌ی ۳

در روابط فوق n تعداد همسایه‌ها می‌باشد. با توجه به این روابط، هرچه شاخص به سمت صفر میل کند الگوی توزیع، منظم و اگر به سمت ۱ میل کند، کپه‌ای و درصورتی که در حد وسط این بازه باشد الگو پراکنش تصادفی است (Zhang et al., 2018).

۳. شاخص آمیختگی (DM_i) Mingling index

این شاخص بر اساس رابطه‌ی ۴، به بررسی تنوع آمیختگی می‌پردازد. مقادیر این شاخص بین صفر و ۱ می‌باشند که در صورت استفاده از ۳ همسایه شامل صفر (همه‌ی همسایه‌ها مشابه گونه‌ی مرجع)، $0/33$ (دو همسایه مشابه گونه‌ی مرجع)، $0/66$ (یک همسایه مشابه گونه‌ی مرجع) و ۱ (همه‌ی همسایه‌ها متفاوت با گونه‌ی مرجع) می‌شوند. مقادیر کم این شاخص، بیانگر آمیختگی کم و مقادیر بالای آن نشان‌دهنده‌ی آمیختگی زیاد می‌باشد (Keren *et al.*, 2020).

$$DM_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad v_{ij} = \begin{cases} 1 & \rightarrow Species\ j \neq Species\ i \\ 0 & \rightarrow Species\ j = Species\ i \end{cases}$$

رابطه ۴

۴. شاخص چیرگی (TD_i) dominance index

این شاخص (رابطه‌ی ۵) به بررسی تنوع ابعاد درختان می‌پردازد. شاخص چیرگی دارای ارزش‌های بین صفر و ۱ است. درصورتی که مقدار شاخص به سمت ۱ میل کند، درختان مرجع ازنظر متغیر موردنظری نسبت به درختان مجاور چیرگی دارند (Pommerening, 2002).

$$TD_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad v_{ij} = \begin{cases} 1 & \rightarrow x_i \geq x_j \\ 0 & \rightarrow x_i < x_j \end{cases}$$

رابطه ۵

X_i متغیر موردنظری درخت مرجع
 X_j متغیر موردنظری درخت همسایه

۵. شاخص تمایز (T_{ij}) differentiation index

این شاخص (رابطه‌ی ۶) اطلاعاتی در مورد توزیع فضایی از اندازه درختان می‌دهد. مقادیر این شاخص نیز بین صفر و ۱ متغیر می‌باشند که اگر اختلاف ابعاد بین درختان مجاور کم باشد، به سمت صفر و اگر این اختلاف زیاد باشد به سمت ۱ میل می‌کند (Pommerening, 2002).

$$T_{ij} = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad v_{ij} = \frac{\min(x_i, x_j)}{\max(x_i, x_j)}$$

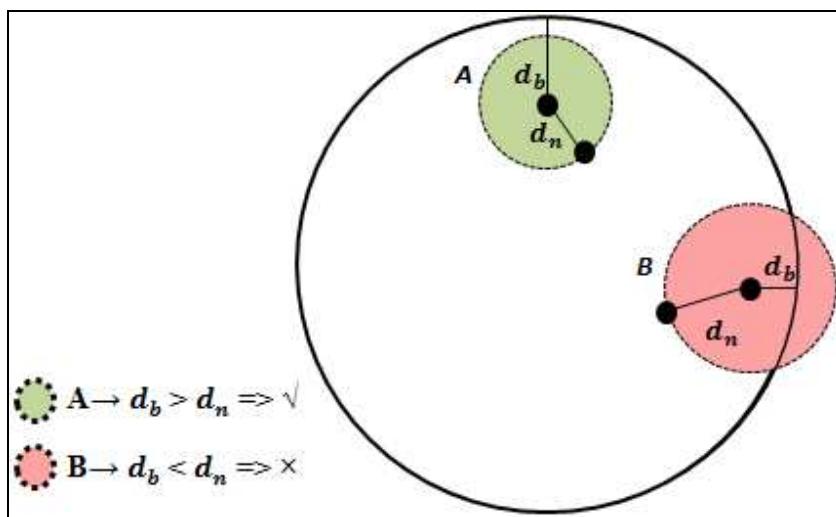
رابطه ۶

X_i متغیر موردنظری درخت مرجع
 X_j متغیر موردنظری درخت همسایه

بهمنظور سهولت در تفسیر نتایج، ارزش‌های محاسبه شده بر اساس این شاخص به پنج طبقه تقسیم‌بندی می‌شود که عبارت‌اند از: الف- اختلاف کم ($0-0/2$)، ب- اختلاف متوسط ($0/2-0/4$)، ج-

اختلاف آشکار ($0/6 - 0/4$)، د- اختلاف زیاد ($0/8 - 0/6$)، ه- اختلاف خیلی زیاد ($1/0 - 0/8$) (Kint et al., 2000).

در هنگام تحلیل ساختار با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه اگر از قطعات نمونه با مساحت ثابت استفاده شود، برخی از گروه‌های ساختاری نزدیک به مرز قطعه‌نمونه موجب بروز خطأ در محاسبات می‌شوند. علت این خطأ این است که بعضی از همسایه‌های درختان مرجعی که نزدیک به مرز قطعه‌نمونه قرار دارند، ممکن است در خارج از مرز قرار گرفته باشند و بنابراین در هنگام اندازه‌گیری ثبت‌نشده باشند. روش‌های مختلفی جهت تصحیح حاشیه معرفی شده‌اند. از جمله پرکاربردترین این روش‌ها می‌توان به روش NN اشاره کرد (شکل ۲). در این روش درختان مرزی بر اساس فاصله‌ای که تا مرز قطعه‌نمونه دارند (d_b) و مقایسه‌ی آن با فاصله‌ی تا نزدیکترین همسایه (d_n) مورد تصحیح قرار می‌گیرند. بنابراین اگر فاصله‌ی درخت مرجع تا مرز قطعه‌نمونه از فاصله‌ی آن تا نزدیکترین همسایه کمتر باشد (B)، آن درخت به عنوان مرجع تلقی نخواهد شد و اگر فاصله‌ی درخت مرجع تا مرز قطعه‌نمونه بیش از فاصله‌ی آن تا نزدیکترین همسایه‌اش باشد (A)، درخت مذکور به عنوان مرجع گروه ساختاری انتخاب می‌شود (Pommerening and Stoyan, 2006).



شکل ۲- تصحیح حاشیه به روش نزدیکترین همسایه

با توجه به کارآمد بودن روش تصحیح حاشیه NN (Pommerening and Stoyan, 2006) در این تحقیق از این روش استفاده شد. به منظور محاسبه شاخص‌های ساختاری و همچنین انجام تصحیح حاشیه از نرم‌افزار Crancod (Ver.1.4) استفاده شد.

نتایج

بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های اولیه ۸ گونه درختی و درختچه‌ای در منطقه‌ی موردمطالعه شناسایی شد. در جدول ۱، فراوانی (قبل و بعد از تصحیح حاشیه)، منشاً زادآوری و مساحت تاج این گونه‌ها آورده شده است.

جدول ۱- تعداد و فراوانی نسبی (الف)، منشاً زادآوری (ب)، مساحت تاج (ج)

گونه	مساحت در هکتار (%)	مساحت تاج در هکتار (m ²)	مساحت تاج میانگین	الف- تعداد و فراوانی نسبی		ب- منشاً زادآوری		ج- مساحت تاج		قبل از تصحیح حاشیه		بعد از تصحیح حاشیه	
				تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
				بلوط	ابرانی	گلابی	وحشی	زالزالک	کیکم	شیرخشت	شن	بادام‌کوهی	بید
۲۱۴۵	۹۰/۴۳	۳۳۷۲/۷۱	۱۵/۱۲	۱۹۷۰	۱۷۵	۸۹/۵۸	۱۱۹۵	۹۰/۴۳	۲۱۴۵	۹۰/۴۳	۲۱۴۵	۹۰/۴۳	۹۰/۴۳
۶۳	۲/۶۶	۴۶/۸۸	۷/۱۴	۴	۵۹	۳/۱۵	۴۲	۲/۶۶	۶۳	۲/۶۶	۶۳	۲/۶۶	۶۳
۴۴	۱/۸۵	۲۴/۳۸	۵/۳	۸	۳۶	۲/۱۰	۲۸	۱/۸۵	۴۴	۱/۸۵	۴۴	۱/۸۵	۴۴
۹۹	۴/۱۷	۱۵۸/۱۳	۱۴	۴۹	۵۰	۴/۲۰	۵۶	۴/۱۷	۹۹	۴/۱۷	۹۹	۴/۱۷	۹۹
۳	۰/۱۳	۰/۶۵	۱۸/۶۲	۲	۱	۰/۰۷	۱	۰/۱۳	۳	۰/۱۳	۳	۰/۱۳	۳
۱۴	۰/۵۹	۰/۷۷	۱۰۳/۲۹	۵	۹	۰/۷۵	۱۰	۰/۵۹	۱۴	۰/۵۹	۱۴	۰/۵۹	۱۴
۳	۰/۱۳	۱/۲۹	۴/۱۴	۰	۳	۰/۱۵	۲	۰/۱۳	۳	۰/۱۳	۳	۰/۱۳	۳
۱	۰/۰۴	۱/۱۸	۱۱/۲۴	۰	۱	۰/۰	۰	۰/۰۴	۱	۰/۰۴	۱	۰/۰۴	۱
۲۳۷۲	۳۶۰۵/۹۸	۳۶۰۵/۹۸	۱۴/۳۹	۲۰۳۸	۳۳۴	۱۰۰	۱۳۳۴	۱۰۰	۲۳۷۲	۱۰۰	۲۳۷۲	۱۰۰	۲۳۷۲

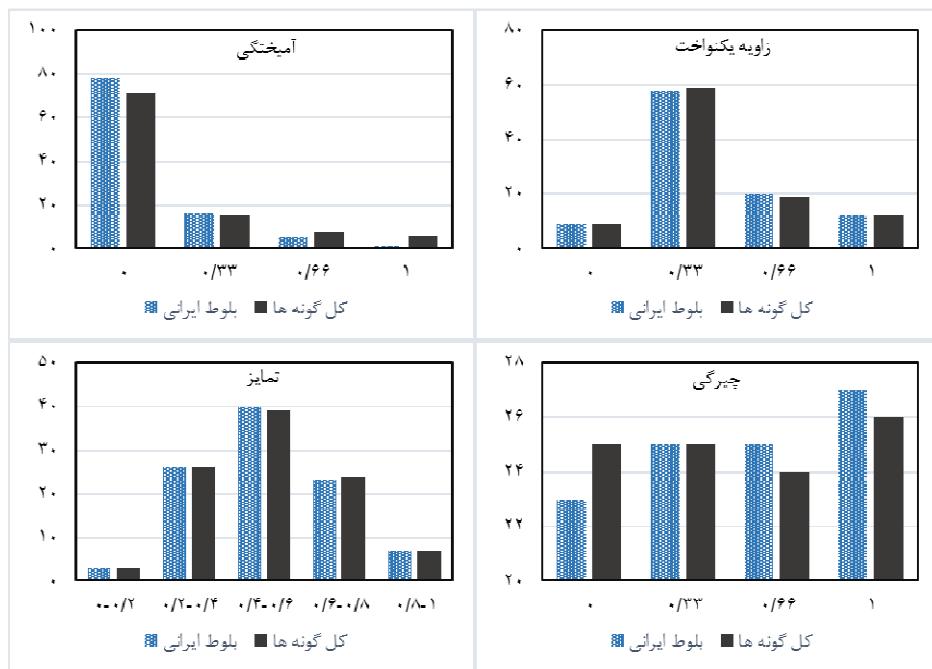
همان‌طور که ملاحظه می‌شود از بین ۲۳۷۲ گروه ساختاری (۱۴ درصد دانه‌زاد و ۸۶ درصد شاخه‌زاد)، پس از تصحیح حاشیه ۱۳۳۴ گروه باقی‌مانده‌اند و دراین‌بین گونه‌ی بید از لیست گونه‌ها حذف شده است. اعمال تصحیح حاشیه روی قطعات نمونه سبب حذف حدود ۴۴ درصد از گروه‌های ساختاری شده است اما درصد فراوانی گونه‌های مختلف تغییر چندانی نداشته است.

شاخص کلارک و اوائز با مقدار ۰/۹۳۶ نشان‌دهنده‌ی چیدمان تصادفی گونه‌های جنگلی موردمطالعه است. در جدول ۲ نتایج مربوط به سایر شاخص‌ها به تفکیک گونه‌های مختلف آمده است.

جدول ۲- میانگین شاخص‌های زاویه یکنواخت، آمیختگی، ابعاد مساحت تاجپوشش و تمایز مساحت تاجپوشش به تفکیک گونه‌های مختلف (بدون واحد)

گونه‌ها	زاویه	یکنواخت	آمیختگی	چیرگی	تمایز
۰/۳۳۳	۰/۴۳۳	۰/۳۳	۰/۴۳۴	۰/۴۶۴	۰/۴۹۲
۱	۰/۸۶۶	۱	۰/۸۳۷	۰/۸۴۵	۰/۸۱۷
۰/۵	۰/۲	۰/۶۶	۰/۴۷۶	۰/۲۶۲	۰/۲۵۴
۰/۶۲۱	۰/۵۷۷	۰/۴۵	۰/۵۱	۰/۶۵۰	۰/۵۶۱
					۰/۵۱
					۰/۵۱۹

بر اساس میانگین شاخص زاویه یکنواخت که برای کل جنگل ۰/۴۴۹ به دست آمد، نحوه چیدمان کلی درختان و درختچه‌ها، به صورت تصادفی با میل اندک به سمت حالت منظم است. در این بین گونه‌های بادام‌کوهی و شیرخشت الگوی پراکنش منظم‌تری دارند. میانگین شاخص آمیختگی برای کل جنگل موردمطالعه ۰/۱۸۱ محاسبه شد که حاکی از اختلاط گونه‌ای کم این جنگل‌ها است. در بین گونه‌های مختلف، گونه‌ی بلوط با میانگین ۰/۰۹۲ کمترین مقادیر را دارد اما گونه‌های شیرخشت و بادام‌کوهی با میانگین ۱، دارای حداقل اختلاط گونه‌ای هستند. سایر گونه‌ها نیز اختلاط بالایی را نشان می‌دهند. در مقوله تنوع ابعاد، شاخص چیرگی برای کل جنگل ۰/۴۹۹ محاسبه شد و در تفکیک گونه‌ها، شن، گلابی وحشی و زالزالک حالت مغلوب دارند. بادام‌کوهی با میانگین ۰/۵۱۹ حالت بینایی‌بند داشته و گونه‌های بلوط و کیکم نسبت به همسایگانشان چیره هستند. برای نشان دادن اختلاف ابعاد تاج درختان از شاخص تمایز استفاده شد. میانگین این شاخص برای کل جنگل ۰/۵۱۹ بود که نشان‌دهنده‌ی اختلاف آشکار مساحت تاج در بین گروه‌های ساختاری است؛ که در تفکیک گونه‌ها؛ زالزالک، بادام‌کوهی، شن و گلابی وحشی به ترتیب بیشترین اختلاف را با درختان مجاور خود داشته‌اند. به‌منظور تشریح دقیق‌تر شاخص‌های ساختاری در شکل ۳ توزیع فراوانی نسبی گونه بلوط و مجموع گونه‌ها بر اساس بازه‌های تعریف شده شاخص‌های موردمطالعه، نشان داده شده است.



شکل ۳. توزیع گونه بلوط و مجموع گونه‌ها در طبقات شاخص‌های ساختاری. (محور افقی: طبقات شاخص، محور عمودی: درصد فراوانی)

باتوجه به شکل ۳ ساختار کلی جنگل کاملاً تحت تأثیر گونه‌ی بلوط است و اغلب گونه‌ها علی‌رغم تفاوت در ویژگی‌های ساختاری تأثیر چندانی بر نتیجه نهایی ندارند.

بحث و نتیجه‌گیری

ساختار جنگل به‌طور مستقیم و غیرمستقیم با زیستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری مختلف در ارتباط است؛ بنابراین کمی‌سازی ساختار جنگل می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای بررسی تنوع زیستی مطرح شود (Kint et al., 2000). شاخص‌های مبتنی بر نزدیکترین همسایه‌ها، با در نظر گرفتن ویژگی‌های ساختاری از جمله تنوع موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای، تنوع ابعاد درختان (Aguirre et al., 2003; Hui et al., 2019) و همچنین به علت توانایی نشان دادن تغییرات ساختار یک توده طی زمان‌های مختلف و امکان مقایسه آن با توده‌های دیگر، ابزاری مناسبی برای مدیریت جنگل در نظام همگام با طبیعت هستند (جوانمیری‌پور و همکاران، ۱۳۹۶). لذا در این پژوهش از شاخص‌های مزبور استفاده شد. نتایج پژوهش حاضر در رابطه با الگوی پراکنش مکانی گونه‌های موردبررسی، نشان‌دهنده‌ی پراکنش تصادفی با میل به حالت یکنواخت است؛ که با نتایج مطالعات

عرفانی فرد و همکاران (۱۳۸۶)، پوربابائی و همکاران (۱۳۹۱)، فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) و پیروزی و همکاران (۱۳۹۷) که الگوی پراکنش جنگل‌های بلوط زاگرس را تصادفی معرفی کردند، همخوانی دارد. حسینی (۱۳۹۰) در تحقیقی ضمن بررسی انتشار بذر و استقرار طبیعی گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه و کیکم در جنگل‌های زاگرس، بیان نمود: گونه‌ی کیکم به علت داشتن بذر سبک معمولاً به صورت انفرادی و پراکنده ظاهر می‌شود در حالی که گونه‌ی بلوط به علت دارا بودن بذر سنگین و مسافت کوتاه انتشار بذر معمولاً دارای زادآوری در محدوده وسعت تاج می‌باشد. از این‌رو انتظار می‌رود که گونه‌ی بلوط پراکنش کپه‌ای داشته باشد. یکی از دلایل این تناقض دخالت بیش از حد انسان از طریق تخریب شدید و تبدیل فرم رویشی این جنگل‌ها از حالت دانه‌زad به شاخه‌zad است.

بر اساس شاخص آمیختگی، اختلاط ناچیزی در جنگل‌های پرک وجود دارد که با نتایج پیروزی و همکاران (۱۳۹۷) همخوانی دارد. آمیختگی کم این جنگل‌ها تحت تأثیر اختلاط گونه‌های بسیار ناچیز بلوط با سایر گونه‌ها است. سفیدی و صادقی (۱۳۹۸) در پژوهشی بیان کردند که درختان اوری در ارسپاران از آمیختگی کمی برخوردار هستند. این موضوع در جنگل‌های خالص و برای گونه‌های غالب، طبیعی است. در جنگل‌های موردمطالعه، بلوط ایرانی ۹۰ درصد گونه‌های چوبی را شامل می‌شود، درنتیجه اغلب همسایگانی هم نوع خود دارد اما سایر گونه‌ها اختلاط بالایی را نشان می‌دهند. شاخص چیرگی تاج با میانگین $490/490$ برای کل جنگل، حاکی از آن است که درختان منطقه‌ی موردمطالعه به طور کلی از نظر مشخصه‌ی سطح تاج در وضعیت حد واسط قرار دارند. در این‌بنیان گونه‌های شن، گلابی و حشی و زالزالک نسبت به همسایگان خود حالت مغلوب داشته در حالی که گونه‌های شیرخشت، بلوط و بادام کوهی چیرگی محسوسی نسبت به همسایگان خوددارند. در مورد گونه‌های شیرخشت و بادام کوهی به دلیل تعداد کم (به ترتیب با تعداد ۱ و ۲ پایه) نتایج قابل اکتفا نیست. فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) نیز در بررسی ساختار جنگل‌های قلعه‌گل بیان نمودند که بلوط ایرانی از نظر مساحت تاج نسبت به سایر گونه‌ها چیرگی نسبی دارد. درنهایت به لحاظ اختلاف ابعاد، تمایز آشکاری در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شود که بیشترین اختلاف مربوط به گونه‌های گلابی، زالزالک، بادام کوهی، شن و کمترین اختلاف مربوط به گونه‌های شیرخشت، بلوط و کیکم می‌باشد. نی و همکاران (Ni et al., 2013) بیان نمودند چگونگی ابعاد درختان تعیین‌کننده شرایط میکروکلیما، دستریسی به منابع و آشیان اکولوژیک می‌باشد و بر تنوع زیستی در جامعه‌ی جنگلی تأثیر دارد. بنابراین هرچقدر تنوع ساختاری جنگل بیشتر باشد تنوع زیستی نیز بیشتر خواهد بود.

در این پژوهش بر اساس نتایج پومرنینگ و استویان (Pommerening and Stoyan, 2006) که ضمن بررسی و مقایسه‌ی روش‌های مختلف تصحیح حاشیه، بیان نمودند روش نزدیک‌ترین همسایه نسبت به سایر روش‌ها به طور قابل توجهی از دقت و توانایی بیشتری برخوردار است؛ از این روش

استفاده شد. اعمال تصحیح حاشیه در قطعات نمونه کوچک سبب حذف تعداد قابل توجهی از گروههای ساختاری می‌شود اما نسبت فراوانی گونه‌ها تغییر بسیار ناچیزی داشته است که با نتایج علی‌جانی و همکاران (۱۳۹۱) که به بررسی ساختار جنگلهای میان‌بند شمال ایران پرداخته‌اند، مشابه است. با این وجود گونه‌هایی که تعداد کمی دارند ممکن است پس از تصحیح حاشیه به‌طور کلی حذف شوند. لذا برای بررسی ساختار گونه‌های با تعداد کم، بهتر است از روش‌های نمونه‌برداری دیگر که شناس حضور این گونه‌ها را افزایش می‌دهند استفاده شود.

همان‌طور که گفته شد، در این پژوهش از قطعات نمونه‌ی کوچک استفاده شد. نکته مهم، همخوانی نتایج با پژوهش‌های قبل (فهادی و همکاران، ۱۳۹۲، پیروزی و همکاران، ۱۳۹۷) است که از آماربرداری صدرصد و قطعات نمونه یک هکتاری برای تشریح ساختار جنگلهای قلعه‌گل استفاده نموده‌اند. آماربرداری صدرصد در مواردی که سطح جنگل وسیع باشد، از نظر هزینه، نیروی کار و زمان محدودیت زیادی دارد و علاوه بر آن در صورت لزوم، امکان کنترل آن عمل‌آنکه ممکن است (زبیری، ۱۳۸۶). همچنین قطعات نمونه یک هکتاری محدودیت‌هایی به لحاظ تعداد و امکان برداشت دارند. لذا برای کمی‌سازی ساختار در سطوح وسیع جنگلهای زاگرس که اغلب شامل توده‌های خالص بلوط هستند، قطعات نمونه‌ی کوچک به علت کاهش زمان و هزینه آماربرداری، ثبت دقیق مختصات قطعات نمونه، درختان و درختچه‌ها و همین‌طور امکان بررسی و پایش ویژگی‌های مختلف جنگل، گزینه مناسب‌تری هستند.

منابع

- بی‌نام. ۱۳۹۱. کتابچه طرح جنگل‌داری، گروه جنگل‌داری. دانشگاه لرستان. ۱۰۴ ص.
- پوربیائی، ح.، زندی ناوگران، ش. و عادل، م. ن. ۱۳۹۱. الگوی مکانی سه گونه بلوط در جنگل چناره مریوان، کردستان. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۵(۳): ۳۲۹-۳۳۹.
- پورهاشمی، م.، زنده‌بصیری، م.، پناهی، پ. ۱۳۹۳. بررسی ویژگی‌های ساختاری توده‌های شاخه‌زاد بلوط جنگل‌های مریوان. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۷(۵): ۷۶۶-۷۷۶.
- پیرباوقار، م. ۱۳۹۰. ارزیابی امکان برآورد برخی مشخصه‌های کمی جنگلهای زاگرس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی IRS-P6 (مطالعه موردنی: جنگلهای شهرستان بانه). جنگل ایران، ۳(۴): ۲۸۹-۲۷۷.
- پیروزی، ف.، سوسنی، ج.، عادلی، ک.، ملکنیا، ر.، نقوی، ح.، حسین‌زاده، ر. ۱۳۹۷. مقایسه ساختار جنگل در توده‌های شاخه‌زاد بلوط با تراکم و آمیختگی متفاوت (بررسی موردنی: جنگلهای نوژیان خرم‌آباد). پژوهش و توسعه جنگل، ۴(۱): ۱۵-۲۸.

- جوانمیری پور، م.، مروی مهاجر، م. ر.، زبیری، م.، اعتماد، و.، جور غلامی، م. ۱۳۹۶. اثر دخالت‌های مدیریتی بر ساختار توده‌های طبیعی (مطالعه موردی: بخش گرازین جنگل خیروود). *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۲۵ (۲): ۲۱۹-۲۰۹.
- حسینی، ا. ۱۳۹۰. انتشار بذر و استقرار طبیعی زادآوری جنسی گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه و کیکم در جنگلهای زاگرس (مطالعه موردی: جنگلهای میان تنگدر استان ایلام). *اکوسيستم‌های طبیعی ایران*. ۱ (۳): ۶۵-۷۴.
- سفیدی، ک.، فیروزی، ا.، بهجو، ف. ک.، شری، م.، رستمی کیا، ا. ۱۳۹۷. کمی‌سازی ساختار مکانی توده‌های جنگلی ارس در منطقه کندرق خلخال. *مجله جنگل ایران*، ۱۰ (۲): ۲۲۰-۲۰۷.
- سفیدی، ک.، صادقی، س. م. ۱۳۹۸. مشخصه‌های ساختاری جنگلهای اوری در ارسباران (مطالعه موردی: حاتم مشهسی، مشگین شهر). *جنگل ایران*، ۱۱ (۳): ۳۶۱-۳۴۷.
- زبیری، م. ۱۳۸۶. زیست سنجی (بیومتری) جنگل. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۰ ص.
- عرفانی فرد، س. ا.، فقهی، ج.، زبیری، م.، نمیرانیان، م. ۱۳۸۶. بررسی الگوی مکانی درختان در جنگلهای زاگرس. *مجله منابع طبیعی ایران*، ۶۰ (۴): ۱۳۴۳-۱۳۱۹.
- علی‌جانی، و.، فقهی، ج. ۱۳۹۰. بررسی ساختار مکانی گونه ملچ (*Ulmus glabra* Hudson) به‌منظور مدیریت پایدار آن (مطالعه موردی: بخش گرازین جنگل خیروود). *محیط‌شناسی*، ۳۷ (۶۰): ۳۵-۴۴.
- علی‌جانی، و.، فقهی، ج.، زبیری، م.، مروی مهاجر، م. ر.، ۱۳۹۱. کمی‌سازی ساختار مکانی جنگلهای میان‌بند شمال ایران (مطالعه موردی: بخش گرازین جنگل خیروود). *محیط‌زیست طبیعی*، ۱ (۱): ۱۱۱-۱۲۵.
- علی‌جانی، و.، فقهی، ج.، زبیری، م.، مروی مهاجر، م. ر.، ۱۳۹۲. بررسی ساختار تیپ‌های مختلف جنگلی با استفاده از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه (مطالعه موردی: بخش گرازین جنگل خیروود). *اکولوژی کاربردی*، ۲ (۳): ۲۳-۱۳.
- فرهادی، پ.، سوسنی، ج.، عادلی، ک.، علی‌جانی، و. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات موقعیت مکانی و تنوع گونه‌ای جنگلهای زاگرس بر اثر تخریب جوامع محلی (مطالعه موردی: جنگلهای قلعه گل خرم آباد). *پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*. ۲۰ (۴): ۸۰-۶۱.
- فرهادی، پیمان، سوسنی، جواد، عرفانی فرد، سید یوسف، اختری، میر حامد. ۱۳۹۸. تحلیل ساختار تیپ‌های مختلف در جنگلهای ناو اسلام گیلان با استفاده از شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه. *مجله پژوهش‌های گیاهی*، ۳۲ (۱): ۷۴-۶۳.

مروی مهاجر، محمد رضا. ۱۳۸۵. جنگل‌شناسی و پژوهش جنگل. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران.
ص. ۳۸۷.

- Aguirre, O., Hui, G., Gadow, K. V., Jimenez, J. 2003. An analysis of forest structure using neighborhood-based variables. *Forest Ecology and Management*, 183 (1): 137-145.
- Clark, P. J., Evans, F. C. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35 (4): 445-453.
- Fankhauser, K. E., Strigul, N. S., Gatzilis, D. 2018. Augmentation of Traditional Forest Inventory and Airborne Laser Scanning with Unmanned Aerial Systems and Photogrammetry for Forest Monitoring. *Remote Sensing*, 10(10): 1562.
- Gadow, K.V., C.Y. Zhang, C. Wehenkel, A. Pommerening, J. Corral-Rivas, M. Korol, S. Myklush, G. Hui, A. Kivistö, X.H. Zhao. 2012. Forest structure and diversity. In: Pukkala, T., Gadow K.v. (Eds), Continuous Cover Forestry, *Book Series Managing Forest Ecosystems*, 23: 29–84.
- Hui, G.Y., Zhang, G., Zhao, Z., Yang, A. 2019. Methods of Forest Structure Research: a Review. *Current Forestry Reports*, 5 (3): 142-154
- Kint, V., Lust, N., Ferris, R., Olsthoorn, A. F. M. 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus Sylvestris. L*) Forests, *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 9 (1): 147-164.
- Keren, S., Svoboda, M., Janda, P., Nagel, T. A. 2020. Relationships between Structural Indices and Conventional Stand Attributes in an Old-Growth Forest in Southeast Europe. *Forests*, 11, 4.
- Maleki, K., Kivistö, A. 2015. Effect of sample plot size and shape on estimates of structural indices: A case study in mature silver birch (*Betula pendula* Roth) dominating stand in Järvselja. *Forestry Studies*, 63: 130-150.
- Mauro, F., Haxtema, Z., Temesgen, H. 2017. Comparison of sampling methods for estimation of nearest neighbor index values, *Canadian Journal of Forest Research*, 47(6): 703-715.
- Motz, K., Sterba, H., Pommerening, A. 2010. Sampling measures of tree diversity. *Forest Ecology and Management*, 260: 1985–1996
- Ni, R., Baiketurhan, Y., Zhang, C., Zhao, X., Gadow, K. V., 2013. Analysing structural diversity in two temperate forests in northeastern China. *Forest Ecology and Management*. In Press.
- Pommerening, A., 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*. 75, 3: 305-324.
- Pommerening, A., Stoyan, D. 2006. Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure. *Canadian Journal of Forest Research*, 36:1723-1739.
- Rubio-Camacho, E. A., González-Tagle, M. A., Himmelsbach, W., Ávila-Flores, D. Y., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J. 2017. Ecología Patrones de

- distribución espacial del arbolado en un bosque mixto de pino-encino del noreste de México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 88: 113-121.
- White, J.C., Coops, N.C., Wulder, M.A., Vastaranta, M., Hilker, T., Tomalski, P. 2016. Remote Sensing Technologies for Enhancing Forest Inventories: A Review. *Can. J. Remote Sens.* 42, 619–641.
- Zhang, G., Hui, G., Zhao, Z., Hu, Y., Wang, H., Liu, W., Zang, R. 2018. Composition of basal area in natural forests based on the uniform angle index. *Ecological Informatics*, 45:1-8.