دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هشتم، شماره هفدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

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

رامین حسین زاده[1]، جواد سوسنی[2*]، حامد نقوی[3]

[1]دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[2]دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[3]استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۴

چکیده

امروزه موضوع ساختار جنگل، به یکی از اصلی‌ترین بحث‌های اکولوژیکی در علوم جنگل تبدیل‌شده 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-اوانز، 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 تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. بر اساس نتایج، میانگین شاخص‌های کلارک-اوانز 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 ازنظر 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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 تبدیل‌شده 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 برمی‌گیرد (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). ازاین‌بین می‌توان به شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه اشاره کرد که نسبت به روش‌های کلاسیک، دارای مزایای بیشتری (Ni et al., 2013) ازجمله کاهش هزینه (Gadow et al., 2012)، صحت بالا و انعطاف‌پذیری زیاد در انتخاب تعداد درختان همسایه هستند (علی جانی و همکاران، ۱۳۹۱).

مالکی و کیویست (Maleki and Kiviste, 2015) به‌منظور بررسی اثر مساحت (از ۰/۰۰۷ 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. روبیو-کاماچو 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 به‌دست‌آمده هر دو توده الگوی مکانی تصادفی، اختلاط گونه‌ای بالا و تفاوت متوسطی ازنظر قطر و ارتفاع داشتند. مائورو 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 به‌دست‌آمده 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)،

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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 جنگل-های 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 نوژیان خرم‌آباد پرداختند.

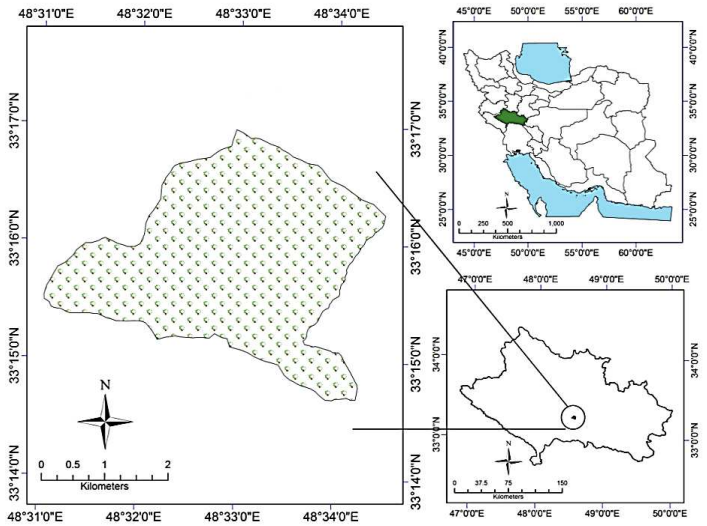
جنگل‌های زاگرس با توجه به تنوع گونه‌ای منحصربه‌فرد و همچنین دارا بودن جوامع گیاهی متعدد جزء مهم‌تری‌ن اکوسیستم‌های طبیعی ایران به شمار می‌روند (مروی مهاجر، ۱۳۸۵) و به علت نقشی که در ذخیره‌ی آب‌های زیرزمینی، حفاظت خاک و دیگر خدمات اجتماعی- اقتصادی ایفا می‌کنند، از اهمیت به سزایی برخوردارند (پیرباوقار، ۱۳۹۰). در فرایند مدیریت جنگل، بررسی ساختار توده‌های جنگلی به‌منظور برآورد وضعیت فعلی و طراحی برنامه‌های آینده اهمیت فراوانی دارد. تعیین ویژگی‌های ساختاری توده‌های جنگلی برای بررسی روند تحولات توده، برنامه‌ریزی دخالت‌های 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 انجام‌شده، از آماربرداری صد درصد و قطعات نمونه یک هکتاری استفاده‌شده 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 به‌عنوان روشی مناسب برای بررسی و پایش ساختار به کار روند. شدت و تناوب بررسی‌های 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 استفاده‌شده 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 ۳۳ درجه و ۱۶ دقیقه و ۵۵ ثانیه و عرض‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه و ۴ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۲ ثانیه واقع‌شده است (شکل ۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]



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 آمبرژه، 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. گونه‌های درختی و درختچه‌ای منطقه موردمطالعه شامل: *Quercus. Branti*, *Pyrus* Sp, *Gratagus* sp, *Prunas* sp, *Amygdalus orintalis*, *Amygadalus* sp, *Acear* sp, *Pistasia atlantica*, *Frqxinus* sp, *salix* sp, *Rosa* sp, *Rubus* sp, *Platanusorien 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 ۵۰۰ × ۳۰۰ 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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

۱. شاخص کلارک و اوانز

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 موردبررسی قرار می‌دهد.

$$R = \frac{\bar{r}_{Observed}}{E(r)} \qquad E(r) = 0.5.\sqrt{\frac{A}{N}}$$

رابطه‌ی ۱

در این رابطه، $\bar{r}_{observed}$ میانگین فاصله‌ی درختان تا نزدیک‌ترین همسایه به متر، $E(r)$ میانگین فواصل مورد انتظار در حالت پراکنش تصادفی به متر، N تعداد کل درختان در قطعه‌نمونه، A مساحت قطعه‌نمونه به مترمربع، دامنه‌ی مقادیر این شاخص بین صفر تا ۲/۱۴۹۱ 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 (متشکل 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 می‌آیند:

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

رابطه ۲

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

رابطه 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 درصورتی‌که در حد وسط این بازه باشد الگو پراکنش تصادفی است (Zhang et al., 2018).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

۳. شاخص آمیختگی Mingling index (DM_i)

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)، ۰/۳۳ (دو همسایه مشابه گونه‌ی مرجع)، ۰/۶۶ (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).

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

رابطه ۴

۴. شاخص چیرگی dominance index (TD_i)

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

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

رابطه ۵

X_i متغیر موردبررسی درخت مرجع

X_j متغیر موردبررسی درخت همسایه

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

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).

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

رابطه ۶

X_i متغیر موردبررسی درخت مرجع

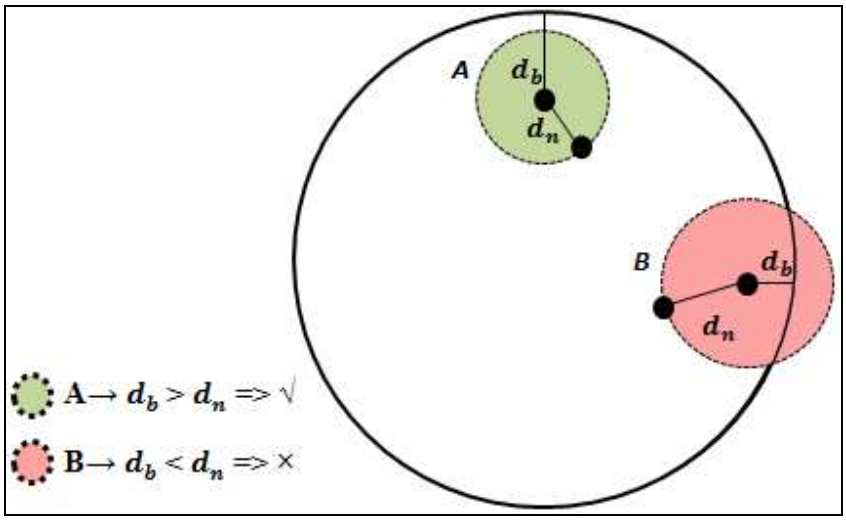
X_j متغیر موردبررسی درخت همسایه

به‌منظور سهولت در تفسیر نتایج، ارزش‌های محاسبه‌شده بر اساس این شاخص به پنج طبقه تقسیم‌بندی می‌شود که عبارت‌اند از: الف- اختلاف کم (۰/۲-۰)، ب- اختلاف متوسط (۰/۴-۰/۲)، ج-

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

اختلاف آشکار (۰/۶- ۰/۴)، د- اختلاف زیاد (۰/۸-۰/۶)، ه- اختلاف خیلی زیاد (۱-۰/۸) (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 خطا در محاسبات می‌شوند. علت این خطا این است که بعضی از همسایه‌های درختان مرجعی که نزدیک به مرز قطعه‌نمونه قرار دارند، ممکن است در خارج از مرز قرارگرفته باشند و بنابراین در هنگام اندازه‌گیری ثبت‌نشده باشند. روش‌های مختلفی جهت تصحیح حاشیه معرفی‌شده‌اند. ازجمله 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 بافاصله 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 به‌عنوان مرجع تلقی نخواهد شد و اگر فاصله‌ی درخت مرجع تا مرز قطعه‌نمونه بیش از فاصله‌ی آن تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش باشد (A)، درخت مذکور به‌عنوان 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. به‌منظور محاسبه شاخص‌های ساختاری و هم‌چنین انجام تصحیح حاشیه از نرم‌افزار Crancod (Ver.1.4) استفاده شد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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)، منشأ زادآوری و مساحت تاج این گونه‌ها آورده شده است.

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

گونه	الف- تعداد و فراوانی نسبی				ب- منشأ زادآوری		ج- مساحت تاج		
	قبل از تصحیح حاشیه		بعد از تصحیح حاشیه						
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	بذر	جست	میانگین سطح تاج (m^2)	مساحت تاج در هکتار (m^2)	مساحت نسبی در هکتار (٪)
بلوط ایرانی	۲۱۴۵	۹۰/۴۳	۱۱۹۵	۸۹/۵۸	۱۷۵	۱۹۷۰	۱۵/۱۲	۳۳۷۲/۷۱	۳۳/۷۳
گلابی وحشی	۶۳	۲/۶۶	۴۲	۳/۱۵	۵۹	۴	۷/۱۴	۴۶/۸۸	۰/۴۷
زالزالک	۴۴	۱/۸۵	۲۸	۲/۱۰	۳۶	۸	۵/۳	۲۴/۳۸	۰/۲۴
کیکم	۹۹	۴/۱۷	۵۶	۴/۲۰	۵۰	۴۹	۱۴	۱۵۸/۱۳	۱/۵۸
شیرخشت	۳	۰/۱۳	۱	۰/۰۷	۱	۲	۱۸/۶۲	۰/۶۵	۰/۰۱
شن	۱۴	۰/۵۹	۱۰	۰/۷۵	۹	۵	۱۰۳/۲۹	۰/۷۷	۰/۰۱
بادام‌کوهی	۳	۰/۱۳	۲	۰/۱۵	۳	۰	۴/۱۴	۱/۲۹	۰/۰۱
بید	۱	۰/۰۴	۰	۰۰	۱	۰	۱۱/۳۴	۱/۱۸	۰/۰۱
جمع	۲۳۷۲	۱۰۰	۱۳۳۴	۱۰۰	۳۳۴	۲۰۳۸	۱۴/۳۹	۳۶۰۵/۹۸	۳۶/۰۶

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 حذف‌شده 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 اوانز 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.

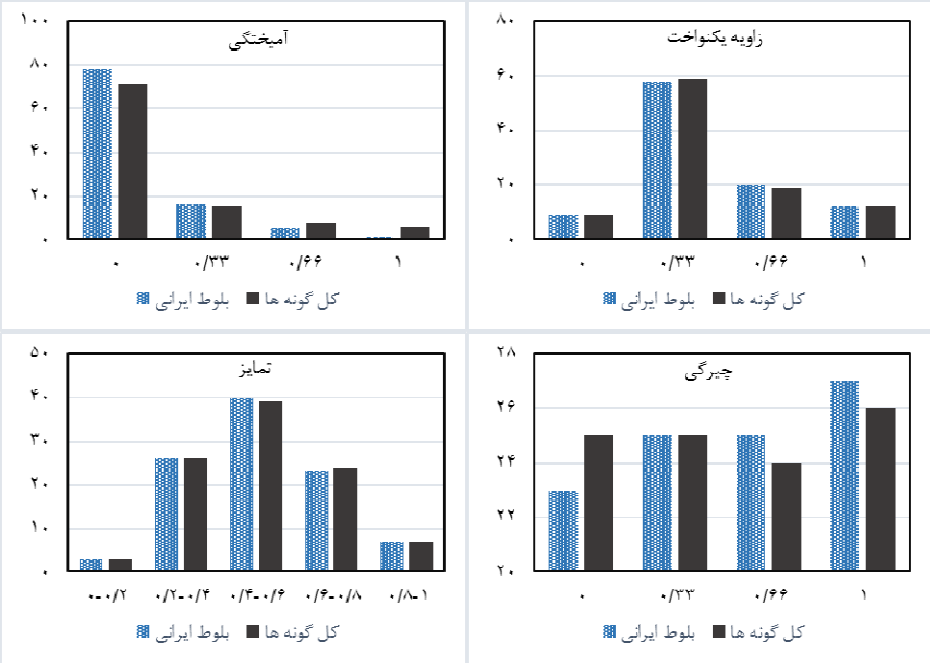
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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

	میانگین کل	بلوط ایرانی	گلابی وحشی	زالزالک	کیکم	شیرخشت	شن	بادام‌کوهی
زاویه یکنواخت	۰/۴۴۹	۰/۴۵	۰/۴۹۲	۰/۴۶۴	۰/۴۳۴	۰/۳۳	۰/۴۳۳	۰/۳۳۳
آمیختگی	۰/۱۸۱	۰/۰۹۲	۰/۸۱۷	۰/۸۴۵	۰/۸۳۷	۱	۰/۸۶۶	۱
چیرگی	۰/۴۹۹	۰/۵۲۴	۰/۲۵۴	۰/۲۶۲	۰/۴۷۶	۰/۶۶	۰/۲	۰/۵
تمایز	۰/۵۱۹	۰/۵۱	۰/۵۶۱	۰/۶۵۰	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۵۷۷	۰/۶۲۱

بر اساس میانگین شاخص زاویه یکنواخت که برای کل جنگل ۰/۴۴۹ به دست آمد، نحوه‌ی چیدمان کلی درختان و درختچه‌ها، به‌صورت تصادفی با میل اندک به سمت حالت منظم است. درای‌ن‌بی‌ن 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 مقدار را دارد اما گونه‌های شیرخشت و بادام‌کوهی با میانگین ۱، دارای حداکثر 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 ۰/۵ حالت بینابینی 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 تعریف‌شده شاخص‌های موردمطالعه، نشان داده‌شده است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]



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 به‌عنوان یک ابزار مناسب برای بررسی تنوع زیستی مطرح شود (Kint et al., 2000). شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه‌ها، با در نظر گرفتن ویژگی‌های ساختاری ازجمله 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

عرفانی‌فرد 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 به‌صورت انفرادی و پراکنده ظاهر می‌شود درحالی‌که گونه‌ی بلوط به علت دارا بودن بذر سنگین و مسافت کوتاه انتشار بذر معمولاً دارای زادآوری در محدوده وسعت تاج می‌باشد. ازاین‌رو انتظار می‌رود که گونه‌ی بلوط پراکنش کپه‌ای داشته باشد. یکی از دلایل این تناقض دخالت بی‌شازحد انسان از طریق تخریب شدید و تبدیل فرم رویشی این جنگل‌ها از حالت دانه‌زاد به شاخه‌زاد 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 گونه‌ای بسیار ناچیز بلوط با سایر گونه‌ها است. سفیدی و صادقی (۱۳۹۸) در پژوهشی بیان کردند که درختان اوری در ارسباران 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 ۰/۴۹۰ برای کل جنگل، حاکی از آن است که درختان منطقه‌ی موردمطالعه به‌طورکلی ازنظر مشخصه‌ی سطح تاج در وضعیت حد واسط قرار دارند. درای‌ن‌بی‌ن گونه های شن، گلابی وحشی و زالزالک نسبت به همسایگان خود حالت مغلوب داشته درحالی‌که گونه‌های شیرخشت، بلوط و بادام‌کوهی چیرگی محسوسی نسبت به همسایگان خوددارند. در مورد گونه‌های شیرخشت و بادام‌کوهی 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 ازنظر 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، بادام‌کوهی، 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، دسترسی 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 به‌طور قابل‌توجهی از دقت و توانایی بیش‌تری برخوردار است؛ از این روش

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

استفاده شد. اعمال تصحیح حاشیه در قطعات نمونه کوچک سبب حذف تعداد قابل‌توجهی 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. بااین‌وجود گونه‌هایی که تعداد کمی دارند ممکن است پس از تصحیح حاشیه به‌طورکلی حذف شوند. لذا برای بررسی ساختار گونه‌های با تعداد کم، بهتر است از روش‌های نمونه‌برداری دیگر که شانس 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 (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۲.، پیروزی و همکاران، ۱۳۹۷) است که از آماربرداری صددرصد و قطعات نمونه یک هکتاری برای تشریح ساختار جنگل‌های قلعه‌گل استفاده نموده‌اند. آماربرداری صددرصد در مواردی که سطح جنگل وسیع باشد، ازنظر هزینه، نیروی کار و زمان محدودیت زیادی دارد و علاوه بر آن در صورت لزوم، امکان کنترل آن عملاً غی‌رممکن 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

بی نام. ۱۳۹۱. کتابچه طرح جنگل‌داری، گروه جنگلداری. دانشگاه لرستان. ۱۰۴ ص.

پوربابائی، 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): ۳۳۹-۳۲۹.

پورهاشمی، م.، زندبصیری، م.، پناهی، پ. ۱۳۹۳. بررسی ویژگی‌های ساختاری توده‌های شاخه‌زاد بلوط جنگل‌های مریوان. مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۲۷ (۵): ۷۷۶-۷۶۶.

پیرباوقار، م. ۱۳۹۰. ارزیابی امکان برآورد برخی مشخصه‌های کمی جنگل‌های زاگرس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی IRS-P6 (مطالعه موردی: 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 موردی: جنگل‌های نوژیان خرم‌آباد). پژوهش و توسعه جنگل، ۴ (۱): ۲۸-۱۵.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

جوانمیری‌پور، م.، مروی مهاجر، م. ر.، زبیری، م.، اعتماد، و.، جور غلامی، م. ۱۳۹۶. اثر دخالت‌های مدیریتی بر ساختار توده‌های طبیعی (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۵ (۲): ۲۱۹-۲۰۹.

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

سفیدی، ک.، فیروزی، ی.، بهجو، ف. ک.، شرری، م.، رستمی‌کیا، ی. ۱۳۹۷. کمی‌سازی ساختار مکانی توده‌های جنگلی ارس در منطقهٔ کندرق خلخال. مجلهٔ جنگل ایران، ۱۰ (۲): ۲۲۰-۲۰۷.

سفیدی، ک.، صادقی، س. م. م. ۱۳۹۸. مشخصه‌های ساختاری جنگل‌های اوری در ارسباران (مطالعه موردی: حاتم مشه‌سی، مشگین‌شهر). جنگل ایران، ۱۱ (۳): ۳۶۱-۳۴۷.

زبیری، م. ۱۳۸۶. زیست سنجی (بیومتری) جنگل. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۰۵ص.

عرفانی فرد، س. ی.، فقهی، ج.، زبیری، م.، نمیرانیان، م.، ۱۳۸۶. بررسی الگوی مکانی درختان در جنگل های زاگرس. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰ (۴): ۱۳۴۳-۱۳۱۹.

علی‌جانی، و.، فقهی، ج.، ۱۳۹۰. بررسی ساختار مکانی گونه ملج (*Ulmus glabra* Hudson) به‌منظور مدیریت پایدار آن (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود). محیط شناسی، 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 گرازبن جنگل خیرود). محیط زیست طبیعی، ۶۵ (۱): ۱۲۵-۱۱۱.

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 گرازبن جنگل خیرود). 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: جنگل های 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 اسالم گیلان با استفاده از شاخص‌های نزدیک ترین همسایه. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۳۲ (۱): ۷۴-۶۳.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

مروی مهاجر، محمدرضا. ۱۳۸۵. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۸۷ ص.

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., Gatziolis, 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. Kiviste., 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 Scote Pine (*Pinus Sylvestris. L*) Forests, *Investigación agrarian: 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., Kiviste, 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., Baiketuerhan, 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. EcologíaPatrones de

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

distribución espacial del arbolado en un bosque mixtode 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., Tompalski, 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.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]