University of Tehran Press

Journal of Forest and Wood Product

Online ISSN: 2383-0530

Home Page: https://jfwp.ut.ac.ir

The Effect of inventory method, and the size and shape of plots on quantifying structure of *Quercus brantii* Lindl coppice forests

Ramin Hosseinzadeh[1*] | Javad Soosani[2] | Hamed Naghavi[3] | Maryam Nourizadeh[4] | Masoume Darabi[5]

1. PhD, Forestry Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad. I.R. Iran. Email: ramin.hosseinzadeh@yahoo.com
2. Assoc., Prof, Forestry Department Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad. I.R. Iran. Email: soosani.j@lu.ac.ir
3. Assist., Prof., Forestry Dept., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad. I.R. Iran. Email: hm.naghavi@gmail.com
4. M.Sc., Forestry Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad. I.R. Iran. Email: maryamnourizadeh7407@gmail.com
5. M.Sc., Forestry Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad. I.R. Iran. Email: masoumedarabi867@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 14 June 2022
Revised 18 September 2022
Accepted 20 September 2022
Published 01 March 2023

Keywords:
Distribution pattern,
Quercus brantii,
Dimension diversity,
Species diversity.

ABSTRACT

Quantification of forest structure is one of the most important factors in sustainable management. The aim of this study was to compare the survey method and the effect of area and shape of sample plots in quantifying the structure of oak forests in the middle Zagros. To that end, an area of 30ha in the forests of Qhale-Gol Khorramabad was identified and a complete inventory was conducted. The data were entered into the geographic information system (GIS) environment in the form of information layers, and then, based on the objectives of the research, a regular random grid with specific dimensions of 100x100m and with an intensity of 10%, 25 sample plots (circle and square shape) were taken. In addition, to investigate the effect of the area of the sample plots on the structural characteristics of the forest, square plots of 25, 50, 75 and 100 were randomly taken with an intensity of 10%. According to the Mann-Whitney test, the shape of the sample plots had no significant effect on the results, and the dominance and differentiation indices in all methods had the same results. However, the area of the plots and their distribution had an effect on the results of the two indices of Mingling and Uniform angle. For the Mingling of 50 to 100 are plots and according to the Uniform angle index, 12 and 25 are plots had a significant difference from the average of the society. Nevertheless, no apparent difference was observed in the range of values and classes of any of the structural indices. according to this, all examined methods and sample plots have an excellent ability to describe the structure. In the case of more sensitive indicators such as Uniform angle and Mingling, the error can be reduced by applying corrective methods such as changing the number of neighbors.

Cite this article: Hosseinzadeh, R., Soosani, J., Naghavi, H., Nourizadeh, M., Darabi, M. (2023). The Effect of inventory method, and the size and shape of plots on quantifying structure of *Quercus brantii* Lindl coppice forests. *Journal of Forest and Wood Product*, 75 (4), 331-340. DOI: http//doi.org/ 10.22059/jfwp.2022.344476.1214

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/ 10.22059/jfwp.2022.344476.1214

انتشارات دانشگاه تهران

نشریهٔ جنگل و فراورده‌های چوب

سایت نشریه: https://jfwp.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳

تأثیر روش آماربرداری، اندازه و شکل قطعه نمونه بر کمی‌سازی ساختار جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط (*Quercus brantii* Lindl)

رامین حسین‌زاده[۱*]| جواد سوسنی[۲] | حامد نقوی[۳]| مریم نوری‌زاده[۴]| معصومه دارابی[۵]

۱. دکتری علوم جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: ramin.hosseinzadeh@yahoo.com

۲. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: soosani.j@lu.ac.ir

۳. استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: hm.naghavi@gmail.com

۴. کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: maryamnourizadeh7407@gmail.com

۵. کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: masoumedarabi867@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰

کلیدواژه‌ها:
الگوی پراکنش،
بلوط ایرانی،
تنوع ابعاد،
تنوع گونه‌ای.

چکیده

کمی‌سازی ساختار، از اساسی‌ترین راه‌های مدیریت پایدار جنگل‌هاست. این پژوهش با هدف مقایسهٔ روش آماربرداری و تأثیر مساحت و شکل قطعات نمونه در کمی‌سازی ساختار جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط در زاگرس میانی اجرا شد. به این منظور، محدوده‌ای ۳۰ هکتاری در جنگل‌های قلعه‌گل خرم‌آباد مشخص و آماربرداری صددرصد اجرا شد. داده‌ها در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد شد. سپس براساس اهداف پژوهش یک شبکهٔ منظم تصادفی با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر مشخص و با شدت ۱۰ درصد ۲۵ قطعه نمونهٔ ۱۲ آری (دایره و مربع‌شکل) برداشت شد. به‌منظور بررسی تأثیر مساحت قطعه نمونه در برآورد ویژگی‌های ساختاری جنگل، قطعات مربعی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ آری به‌صورت تصادفی و با شدت ۱۰ درصد برداشت شد. براساس آزمون من- ویتنی، شکل قطعه نمونه تأثیر معنی‌داری بر نتایج ندارد و شاخص‌های چیرگی و تمایز در همهٔ روش‌ها نتایج یکسانی دارند. اما مساحت قطعات و نحوهٔ پراکنش آنها بر نتایج دو شاخص آمیختگی و زاویه یکنواخت اثرگذار بوده است. در مقولهٔ آمیختگی قطعات ۵۰ تا ۱۰۰آری و طبق شاخص زاویهٔ یکنواخت قطعات ۱۲ و ۲۵ آر با میانگین جامعه اختلاف معنی‌داری داشته‌اند. با وجود این، تفاوت آشکاری در دامنهٔ مقادیر و طبقات هیچ‌کدام از شاخص‌های ساختاری مشاهده نشد. بر این اساس مجموع روش‌ها و قطعات نمونهٔ تحت بررسی، قابلیت مناسبی در تشریح ساختار دارند و در زمینهٔ شاخص‌های حساس‌تر مانند زاویهٔ یکنواخت و آمیختگی با اعمال روش‌های اصلاحی همچون تغییر در تعداد همسایگان می‌توان خطاهای احتمالی را کاهش داد.

استناد: حسین‌زاده، رامین؛ سوسنی، جواد؛ نقوی، حامد؛ نوری‌زاده، مریم؛ دارابی، معصومه (۱۴۰۱). تأثیر روش آماربرداری، اندازه و شکل قطعه نمونه بر کمی‌سازی ساختار جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط (*Quercus brantii* Lindl). *نشریهٔ جنگل و فراورده‌های چوب*، ۷۵ (۴)، ۳۳۱-۳۴۰.

DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2022.344476.1214

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2022.344476.1214

۱. مقدمه

جنگل‌های زاگرس از نظر اهمیت بوم‌شناختی دومین زیست‌بوم جنگلی کشورند و به‌منزلهٔ گسترده‌ترین جنگل‌های ایران جایگاه ویژه‌ای در توسعهٔ اقتصادی و پایداری آب و خاک کشور دارند. جنس بلوط مشخص‌کنندهٔ سیمای ظاهری این جنگل‌هاست که در اثر قطع بی‌رویه و چرای مفرط، اغلب دارای فرم رویشی شاخه‌زاد است [۱]. با توجه به تخریب‌های صورت‌گرفته و بروز عوامل تشدیدکنندهٔ این سیر قهقرایی، بررسی و شناخت علمی ویژگی‌های مختلف این جنگل‌ها به‌منظور حفظ و نگهداری آنها اهمیت فراوانی دارد.

وضعیت جنگل‌ها، به‌طور معمول براساس ترکیب، ساختار و عملکرد آنها مشخص می‌شود. ترکیب و ساختار بر عملکرد زیست‌بوم تأثیر می‌گذارند. بنابراین ساختار جنگل را می‌توان هم محصول و هم محرک فرایندهای زیست‌بوم و تنوع زیستی دانست [۲]. در نتیجه، درک ساختار جنگل می‌تواند به شناخت پیشینه، عملکرد و آیندهٔ هر بوم‌سازگان جنگلی کمک کند و چنین دانشی از تغییرات ساختار جنگل در طول زمان و مکان، مبنایی برای راهکارهای مدیریت جنگل خواهد بود که هدفشان حفظ گسترهٔ وسیعی از کالاها و خدمات جنگلی است [۳]. ساختار به‌طور کلی شامل تنوع گونه‌ای، الگوی پراکنش مکانی و تنوع ویژگی‌های مورفولوژیکی درختان است [۴]. هرچه ساختار توده به طبیعت نزدیک‌تر باشد، جنگل پایدارتر، سالم‌تر و ایمن‌تر است [۵].

ساختار توده‌های جنگلی را می‌توان با استفاده از شاخص‌های ریاضی ارزیابی کرد [۶]. به این منظور کسب اطلاعات مکانی دقیق و به‌روز دربارهٔ ویژگی‌های بیوفیزیکی جنگل ضروری است. از طرفی توصیف دقیق ویژگی‌های ساختاری جنگل باید مقرون به صرفه باشد. آماربرداری جنگل جزء جدایی‌ناپذیر از نظارت و مدیریت منابع طبیعی است که قابلیت ارزیابی سلامت، رشد، زیست‌توده و همچنین شاخص‌های مهم زیستی و اقتصادی را فراهم می‌کند [۷]. با وجود این، شدت و تناوب بررسی‌های میدانی اغلب با محدودیت‌های مالی مواجه می‌شود که کاهش آماربرداری‌ها را پی دارد و اغلب دغدغهٔ اساسی سازمان‌های وابسته به منابع است [۸]. به‌طور کلی آماربرداری جنگل یا به‌صورت صددرصد انجام می‌گیرد یا بخش‌هایی از جنگل به‌عنوان نمونه برداشت می‌شوند. هرکدام از این روش‌های آماربرداری قوت‌ها و ضعف‌های متفاوتی دارند که لزوم تحقیق دربارهٔ مناسب‌ترین روش آماربرداری برای تشریح ساختار جنگل‌ها را ایجاب می‌کند.

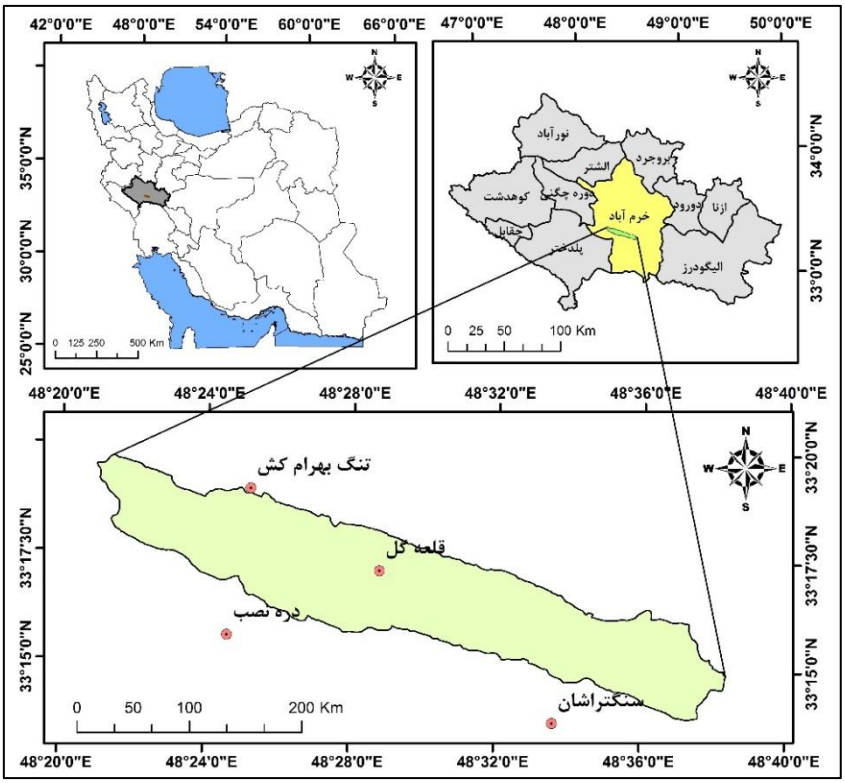
پژوهش‌های مختلفی در خصوص کمی‌سازی جنبه‌های مختلف ساختار در ایران و خارج از ایران انجام گرفته است که البته در هر کدام از این پژوهش‌ها با اهداف خاص از روش‌های نمونه‌برداری متفاوتی از جمله طرح منظم تصادفی با قطعات نمونه دایره‌ای [۹، ۱۰]؛ یا قطعات انتخابی چهارگوش تا مساحت یک هکتار [۵، ۱۱]. استفاده کرده‌اند. از این بین، پژوهش‌های اندکی از جمله نوری و همکاران [۱۲] و مالکی و کیویست [۱۳] به‌صورت محدود به تأثیر شکل و مساحت قطعه نمونه در کمی‌سازی ساختار جنگل (به‌ترتیب در جنگل‌های راش نوشهر و شرق کشور استونی) پرداخته‌اند که نتایج آنها بیانگر اثر معنی‌دار مساحت و شکل قطعه نمونه بر شاخص‌های ساختاری است.

هدف این پژوهش بررسی اثر روش آماربرداری و همچنین مساحت و شکل قطعات نمونه در کمی‌سازی سه جنبهٔ ساختاری شامل تنوع گونه‌ای، الگوی پراکنش و تنوع ابعاد در جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط خرم‌آباد در زاگرس میانی است.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. منطقهٔ پژوهش

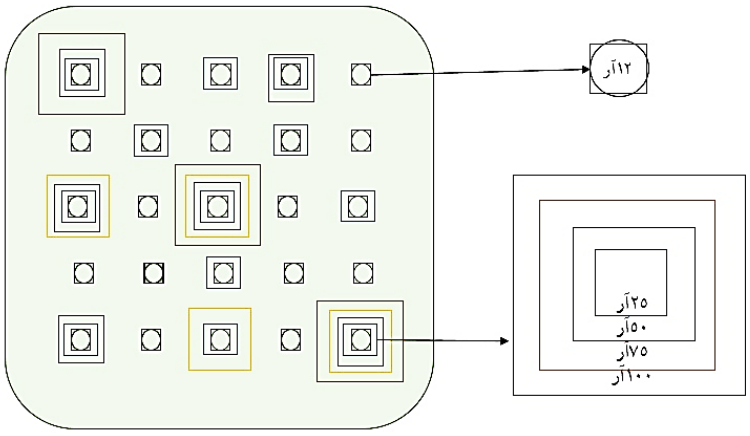
منطقهٔ قلعه‌گل به مساحت ۹۴۹۲ هکتار در ۳۵ کیلومتری جنوب شهر خرم‌آباد واقع شده و حداقل و حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا به‌ترتیب ۱۴۹۳ و ۲۸۰۲ متر است. منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد است. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۰ دقیقه و طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۸ دقیقه قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت مکانی منطقهٔ قلعه‌گل در شهرستان خرم‌آباد

۲. ۲. برداشت و آماده‌سازی اطلاعات

در ابتدا براساس اطلاعات موجود و جنگل‌گردشی، محدوده‌ای ۳۰ هکتاری در منطقهٔ قلعه‌گل خرم‌آباد که کمتر تخریب شده بود، مشخص و به روش آماربرداری صددرصد اطلاعاتی شامل نوع گونه، موقعیت مکانی و قطرهای تاج همهٔ درختان برداشت شد (زمان آماربرداری بهار ۱۳۹۸ بود). در ادامه این اطلاعات در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد شد. سپس براساس اهداف پژوهش قطعات نمونه با شکل‌های دایره و مربع با مساحت‌های متفاوت برداشت شد (شکل ۲). برای مقایسهٔ نتایج آماربرداری صددرصد با روش نمونه‌برداری منظم- تصادفی، یک شبکهٔ منظم تصادفی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر مشخص و با شدت ۱۰ درصد (۳ هکتار) تعداد ۲۵ قطعه نمونهٔ ۱۲ آری (دایره و مربع‌شکل) برداشت شد. همچنین به‌منظور بررسی تأثیر مساحت قطعه نمونه بر برآورد ویژگی‌های ساختاری جنگل، قطعات مربعی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ آری به‌صورت تصادفی و با شدت ۱۰ درصد برداشت شدند.



شکل ۲. شمای طرح آماربرداری با قطعات نمونهٔ دایره‌ای و چهارگوش.

۲. ۳. شاخص‌های به‌کاررفته

۲. ۳. ۱. شاخص آمیختگی DM_i (Mingling index)

این شاخص براساس رابطهٔ ۱ به بررسی تنوع آمیختگی می‌پردازد. مقادیر این شاخص بین صفر و ۱ است. ازآنجا که در پژوهش حاضر سه همسایه در نظر گرفته شده، مقادیر شاخص شامل صفر (همهٔ همسایه‌ها مشابه گونهٔ مرجع)، ۰/۳۳ (دو همسایه مشابه گونهٔ مرجع)، ۰/۶۶ (یک همسایه مشابه گونهٔ مرجع) و ۱ (همهٔ همسایه‌ها متفاوت با گونهٔ مرجع) می‌شوند. مقادیر کم این شاخص، بیانگر آمیختگی کم و مقادیر زیاد آن نشان‌دهندهٔ آمیختگی زیاد است [۱۴].

$$DM_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} v_{ij}$$
$$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow Species\ j \neq Species\ i \\ 0 \rightarrow Species\ j = Species\ i \end{bmatrix} \quad (۱)$$

۲. ۳. ۲. شاخص زاویهٔ یکنواخت Wi (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 مقایسهٔ زاویهٔ بین درختان همسایه (α_i) نسبت به زاویهٔ استاندارد (α_0) است. مقدار زاویهٔ استاندارد و مقدار شاخص زاویهٔ یکنواخت به‌ترتیب از رابطه‌های ۲ و ۳ به‌دست می‌آیند:

$$\alpha_0 = \frac{360}{n+1} \quad (۲)$$

$$W_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} v_{ij} \qquad v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow \alpha_j < \alpha_0 \\ 0 \rightarrow \alpha_j \geq \alpha_0 \end{bmatrix} \quad (۳)$$

در رابطه‌های بالا، n تعداد همسایه‌هاست. با توجه به این رابطه‌ها اگر شاخص به‌سمت صفر میل کند الگوی توزیع منظم، اگر به‌سمت ۱ میل کند کپه‌ای و اگر در حد وسط این دامنه باشد تصادفی است [۱۵].

۲. ۳. ۳. شاخص تمایز (Differentiation Index)

این شاخص (رابطهٔ ۴) اطلاعاتی دربارهٔ توزیع فضایی از اندازه درختان می‌دهد. مقادیر این شاخص نیز بین صفر و ۱ متغیر است که اگر اختلاف ابعاد بین درختان مجاور کم باشد، به‌سمت صفر و اگر زیاد باشد به‌سمت ۱ میل می‌کند [۱۵].

$$T_{ij} = 1 - \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} v_{ij}$$
$$v_{ij} = \frac{min\left(x_i . x_j\right)}{max\left(x_i . x_j\right)} \quad (۴)$$

n تعداد همسایه‌ها، X_i متغیر بررسی‌شده (مساحت تاج) درخت مرجع و X_j متغیر بررسی‌شدهٔ درخت همسایه.

به‌منظور تفسیر ارزش‌های محاسبه‌شده براساس این شاخص از طبقه‌بندی زیر استفاده شده است [۱۵]: الف- اختلاف کم (۰/۳-۰)؛ ب- اختلاف متوسط (۰/۵- ۰/۳)؛ ج- اختلاف زیاد (۰/۷- ۰/۵) د- اختلاف خیلی زیاد (۱-۰/۷).

۲. ۳. ۴. شاخص چیرگی (Dominance index)

این شاخص (رابطهٔ ۵) به بررسی تنوع ابعاد درختان می‌پردازد. شاخص چیرگی دارای ارزش‌هایی بین صفر و ۱ است و اگر به سمت ۱ میل کند، درختان مرجع از نظر متغیر تحت بررسی نسبت به درختان مجاور چیرگی دارند [۱۵].

$$TD_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} v_{ij} \qquad v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow x_i \geq x_j \\ 0 \rightarrow x_i < x_j \end{bmatrix} \quad (۵)$$

n تعداد همسایه‌ها، X_i متغیر بررسی‌شده (مساحت تاج) درخت مرجع و X_j متغیر بررسی‌شدهٔ درخت همسایه.

۲. ۴. تجزیه‌وتحلیل آماری اطلاعات

نتایج نمونه‌برداری‌ها برای مقایسه با نتایج آماربرداری صددرصد بررسی شد. به‌علت توزیع غیرنرمال داده‌ها (براساس آزمون‌های شاپیرو- ویلک و کولموگروف- اسمیرنوف)، برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون ناپارامتری من- ویتنی استفاده شد. برای تهیهٔ نقشه‌ها و نمودارها از نرم‌افزارهای اکسل ۲۰۲۰ و ArcGIS 10.7، برای محاسبهٔ شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه از نرم‌افزار Crancod (Ver 1.3) و برای آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 20 استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

با توجه به اطلاعات اولیه، شش گونهٔ درختی و درختچه‌ای در محدودهٔ تحت بررسی شناسایی شد که از این بین گونهٔ غالب این جنگل‌ها بلوط ایرانی با فراوانی حدود ۹۰ درصد است. فراوانی نسبی و میانگین شاخص‌های ساختاری این گونه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. فراوانی نسبی و میانگین شاخص‌های ساختاری (بدون واحد) گونه‌های شناسایی‌شده

گونه	فراوانی نسبی (درصد)	آمیختگی	زاویهٔ یکنواخت	تمایز تاج	چیرگی تاج
بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl)	۸۹/۰۵	۰/۱۰۲	۰/۴۲۹	۰/۴۹۲	۰/۵۵۲
کیکم (*Acer monspessulanum* L. subsp)	۷/۹۱	۰/۸۱۵	۰/۴۵۵	۰/۶۳۴	۰/۲۵۴
گلابی وحشی (*Pyrus syriaca* Boiss)	۱/۳۹	۰/۹۴۶	۰/۴۵۰	۰/۵۴۲	۰/۳۹۶
شَن (*Lonicera nummularifolia* Jaub. & Spach)	۱/۳۵	۰/۹۵۴	۰/۴۱۷	۰/۸۰۶	۰/۰۵۶
بادام کوهی (*Amygdalus reuteri* Boiss. & Buhse)	۰/۱۵	۱	۰/۴۱۷	۰/۴۷۵	۰/۲۵۰
زالزالک (*Crataegus atrosanguina* A. Pojark)	۰/۱۵	۱	۰/۵۸۳	۰/۶۸۶	۰/۱۶۷

در تفکیک ویژگی‌های ساختاری، به لحاظ آمیختگی، گونهٔ بلوط آمیختگی بسیار کم و بقیهٔ گونه‌ها آمیختگی بسیار زیادی دارند. این موضوع، نتیجهٔ غالبیت مطلق گونهٔ بلوط است که با یافته‌های پیروزی و همکاران [۱۱] همخوانی دارد. سفیدی و صادقی [۱۶] در پژوهشی بیان کردند که درختان اوری در ارسباران از آمیختگی کمی برخوردارند. این موضوع در جنگل‌های خالص و برای گونه‌های غالب، طبیعی است. در جنگل‌های یادشده، بلوط ایرانی ۹۰ درصد گونه‌های چوبی را شامل می‌شود و در نتیجه اغلب همسایگانی هم‌نوع خود دارد، اما گونه‌های دیگر اختلاط زیادی را نشان می‌دهند.

از نظر چیدمان مکانی براساس شاخص زاویهٔ یکنواخت، بیشتر گونه‌ها حالتی بینابینی (بین تصادفی و منظم) با غالبیت پراکنش تصادفی دارند که با نتایج پژوهش‌های عرفانی‌فرد و همکاران [۱۷]، پوربابایی و همکاران [۱۸] و پیروزی و همکاران [۱۱] همخوانی دارد. حسینی [۱۹] در تحقیقی ضمن بررسی انتشار بذر و استقرار طبیعی گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه و کیکم در جنگل‌های زاگرس، بیان نمود که گونهٔ کیکم به‌علت داشتن بذر سبک اغلب به‌صورت انفرادی و پراکنده ظاهر می‌شود، درحالی که گونهٔ بلوط به‌علت دارا بودن بذر سنگین و مسافت کوتاه انتشار بذر به‌طور معمول دارای زادآوری در محدودهٔ وسعت تاج است. از این‌رو انتظار می‌رود گونهٔ بلوط پراکنش کپه‌ای داشته باشد. یکی از دلایل این تناقض دخالت بیش از حد انسان به‌واسطهٔ تخریب شدید و تبدیل فرم رویشی این جنگل‌ها از حالت دانه‌زاد به شاخه‌زاد است.

تنوع اندازهٔ درختان یکی از جنبه‌های تنوع زیستی در جنگل است. درختان بسته به اندازه‌های مختلف از کوچک تا بزرگ تأثیر محیط زیستی متفاوتی به‌جای می‌گذارند [۲۰]. در مقولهٔ تمایز تاج گونه‌های بلوط و بادام کوهی اختلاف متوسط و بقیهٔ گونه‌ها اختلاف زیادی با همسایگان خود دارند. البته دربارهٔ گونه‌هایی مثل بادام کوهی و زالزالک به‌علت تعداد کم، نتایج قطعیت چندانی ندارد. آخرین شاخص مربوط به چیرگی تاج است که گونه بلوط نسبت به بقیهٔ گونه‌ها غالب و گونه شن کاملاً مغلوب است. مولر و همکاران [۱۵] نیز در پژوهشی در آلمان بیان کردند که گونهٔ بلوط از نظر ابعاد و گستردگی تاج، نسبت به همسایه‌های خود دارای چیرگی است.

در ادامه تأثیر روش آماربرداری بر کمی‌سازی ساختار جنگل بررسی شد. در جدول ۲ میانگین کل شاخص‌های ساختاری در اشکال و روش‌های مختلف آماربرداری و در جدول ۳ نتایج آزمون آماری من- ویتنی ارائه شده است.

جدول ۲. میانگین شاخص‌های ساختاری در روش‌های مختلف آماربرداری

	صددرصد	۱۲ آر (دایره)	۱۲ آر (مربع)	۲۵ آر	۵۰ آر	۷۵ آر	۱۰۰ آر
آمیختگی	۰/۱۸۴	۰/۱۹۸	۰/۲۰۲	۰/۲۱۱	۰/۳۰۶	۰/۲۹۵	۰/۳۳۳
زاویهٔ یکنواخت	۰/۴۳۲	۰/۵۰۹	۰/۵۳۱	۰/۴۸۳	۰/۴۵۶	۰/۴۶۶	۰/۴۷۵
تمایز	۰/۵۰۹	۰/۵۱۱	۰/۵۲۲	۰/۵۲۹	۰/۵۳۳	۰/۵۱۹	۰/۵۳۰
چیرگی	۰/۵۱۸	۰/۵۰۴	۰/۵۰۷	۰/۵۱۵	۰/۵۱۹	۰/۵۲۰	۰/۵۱۵

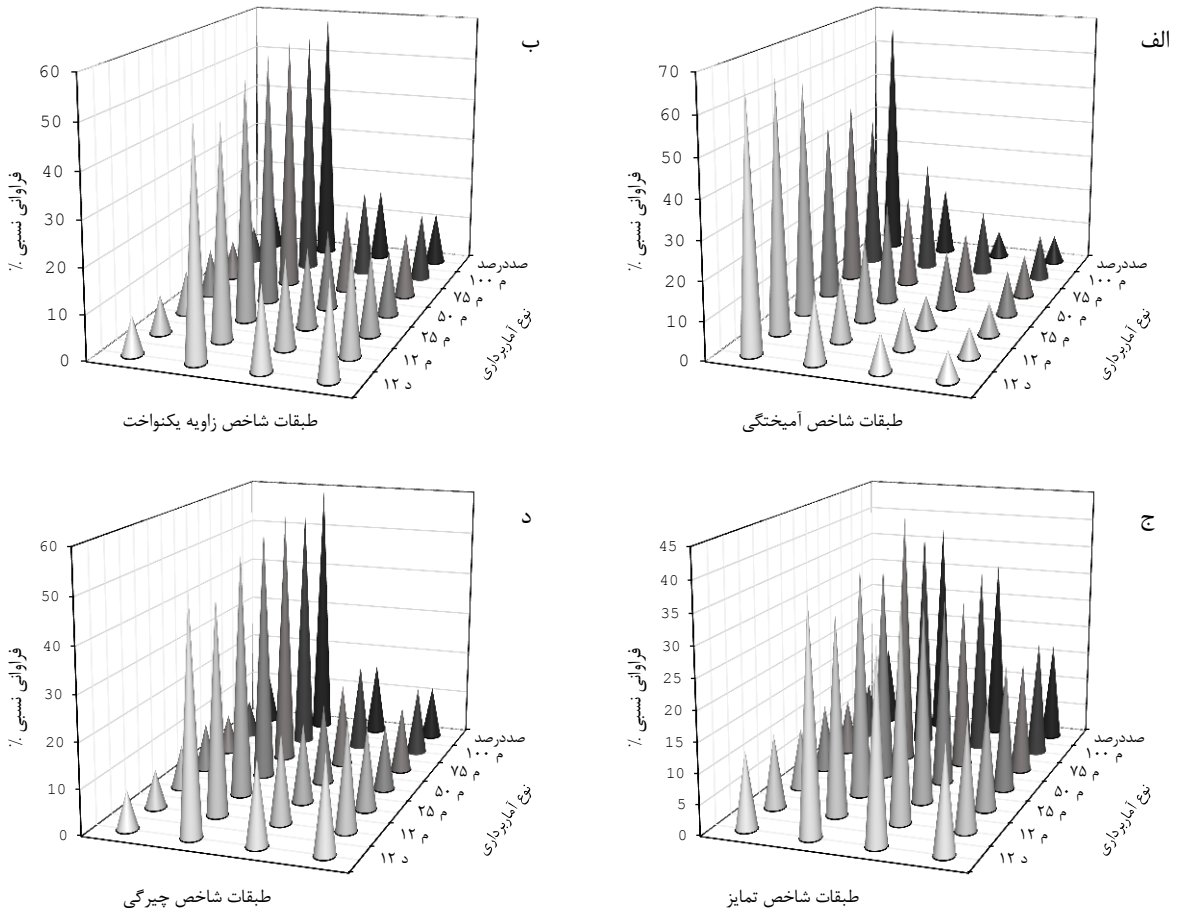
میانگین‌های به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف آماربرداری براساس طبقه‌بندی و تفسیر شاخص‌ها در یک دامنه قرار دارند و از نظر ساختاری تفاوت آشکاری ندارند. با وجود این، آزمون آماری تفاوت‌های موردی را نشان می‌دهد.

جدول ۳. مقایسهٔ نتایج روش‌های مختلف آماربرداری براساس آزمون من- ویتنی (مقادیر Sig)

	صددرصد با ۱۲ آر (دایره)	صددرصد با ۱۲ آر (مربع)	صددرصد با ۲۵ آر	صددرصد با ۵۰ آر	صددرصد با ۷۵ آر	صددرصد با ۱۰۰ آر	۱۲ آر دایره با ۱۲ آر مربع
آمیختگی	۰/۳۳۴	۰/۳۳۴	۰/۱۳۶	۰/۰۰۸	۰/۰۳۰	۰/۰۳۶	۰/۹۸۳
زاویهٔ یکنواخت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۳۴	۰/۵۱۶	۰/۴۲۰	۰/۳۹۸	۰/۳۳۸
تمایز	۰/۷۸۷	۰/۶۳۰	۰/۴۷۴	۰/۵۴۴	۰/۷۶۶	۶۷۵	۰/۶۱۴
چیرگی	۰/۷۵۴	۰/۷۵۴	۰/۸۲۷	۰/۸۷۷	۰/۹۰۰	۰/۹۱۳	۰/۹۷۷

براساس آزمون من-ویتنی، شکل قطعه نمونه تأثیر معنی‌داری بر نتایج ندارد و شاخص‌های چیرگی و تمایز در همهٔ روش‌ها نتایج یکسانی دارند. اما مساحت قطعات و نحوهٔ پراکنش آنها بر نتایج دو شاخص آمیختگی و زاویهٔ یکنواخت اثرگذار بوده است. به این صورت که در مقولهٔ آمیختگی بین نتایج جامعه با قطعات ۵۰ تا ۱۰۰آری اختلاف معنی‌داری وجود دارد، در صورتی که شاخص زاویهٔ یکنواخت نتایج عکس دارد و قطعات ۱۲ و ۲۵ آری اختلاف معنی‌داری با جامعه دارند. در مجموع قطعات کوچک اختلاف میانگین کمتری با آماربرداری صددرصد داشته‌اند. براساس تحقیق مالکی و کیویست [۱۳] مساحت و شکل قطعه نمونه در کمی‌سازی ساختار در جنگل‌های شرق کشور استونی اثر معنی‌داری دارد و قطعات نمونه دایره‌ای برآورد دقیق‌تری ارائه می‌دهند. در تحقیق حاضر ویژگی‌های مختلفی بررسی شدند و هرکدام از این ویژگی‌ها تفاوت‌هایی به لحاظ ماهیت و نوع کمی‌سازی دارد که ضمن تشریح جزئی‌تر آنها مشخص شد الزاماً یک روش خاص بهترین نتیجه را در بر نداشته است.

ازآنجا که میانگین کل شاخص‌ها در تشریح دقیق ساختار جنگل با محدودیت روبه‌روست، در ادامه توزیع فراوانی نسبی درختان در حالت‌های مختلف آماربرداری و براساس طبقات شاخص‌های ساختاری نمایش و شرح داده شده است (شکل ۳).



شکل ۳. توزیع فراوانی نسبی درختان در انواع آماربرداری براساس طبقات شاخص‌های ساختاری (حرف «د» معرف قطعات دایره‌ای و حرف «م» معرف قطعات مربعی است)

با توجه به شکل ۳ الف، بیشترین فراوانی با اختلاف زیاد در طبقهٔ صفر شاخص آمیختگی قرار دارد و در بقیهٔ طبقات نیز شیب نزولی وجود دارد. در شکل ۳ ب، بیشترین فراوانی نسبی در طبقهٔ دوم شاخص زاویهٔ یکنواخت (۰/۳۳) و کمترین فراوانی نسبی در طبقهٔ اول (۰ یا منظم) قرار دارد. با توجه به اینکه حدود ۵۰ درصد فراوانی در طبقهٔ ۲ قرار دارد، چیدمان درختان از حالت تصادفی به چیدمان به‌نسبت منظم میل کرده است و درصد کمتری از درختان پراکنش کپه‌ای دارند. براساس نمودار شاخص تمایز (شکل ۳ ج)، توزیع فراوانی نسبی درختان در انواع آماربرداری یکسان است و روند این توزیع با فراوانی کم در طبقهٔ اول شروع، با شیب تند به طبقهٔ دوم (۰/۳۳) و سپس با شیب ملایم به طبقات سوم (۰/۶۶) و چهارم (۱) ختم شده است. این توزیع نشان می‌دهد که کمتر از ۱۰ درصد درختان به لحاظ مساحت تاج اختلاف کمی با همسایگان خود داشته و حدود ۳۵ درصد اختلاف متوسط دارند. نزدیک به ۳۰ درصد درختان اختلاف زیاد و بیش از ۲۰ درصد نیز اختلاف خیلی زیادی با همسایگان خود دارند. در نمودار شاخص چیرگی (شکل ۳ د) همانند شاخص زاویهٔ یکنواخت، بیشترین و کمترین فراوانی نسبی به‌ترتیب در طبقات ۰/۳۳ و صفر قرار دارند. بنابراین کمتر از ۱۰ درصد درختان مغلوب کامل‌اند و بیش از ۵۰ درصد درختان تنها نسبت به یک همسایه خود غالب‌اند. فراوانی طبقهٔ سوم (۰/۶۶) برای همهٔ قطعات تقریباً یکسان است، درحالی که فراوانی نسبی طبقهٔ آخر (۱) یا چیرگی کامل، در قطعات کوچک بیشتر از قطعات بزرگ و آماربرداری صددرصد است. این بدان معناست که در زمینهٔ شاخص چیرگی (مساحت تاج) با افزایش مساحت قطعه نمونه، نتایج نزدیک‌تری به آماربرداری صددرصد حاصل شده است.

به‌طور کلی پس از آزمون آماری و نمایش توزیع فراوانی در طبقات شاخص‌های ساختاری مشخص شد که قطعات نمونهٔ کوچک در مقوله الگوی پراکنش و قطعات بزرگ به‌علت پراکنش محدود در تشریح آمیختگی دچار ضعف‌اند. افزایش مساحت بر

مقدار آمیختگی نیز تأثیر دارد، اما در جنگل‌های زاگرس به‌علت غالبیت ۹۰ درصدی گونهٔ بلوط، احتمال حضور گونه‌های نادر چندان زیاد نیست و پراکنش بهتر و منظم قطعات نسبت به مساحت آنها تأثیر بیشتری بر صحت نتایج آمیختگی داشته است.

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همان‌طور که بیان شد تفاوت آشکاری در دامنهٔ مقادیر (طبقات تعیین‌شده) شاخص‌های ساختاری مشاهده نشد. همچنین براساس آزمون آماری تفاوت معنی‌داری بین شکل قطعات نمونه در کمی‌سازی ساختار جنگل‌های یادشده وجود ندارد و تنها در زمینهٔ مساحت و پراکنش قطعات نمونه، شاهد تفاوت در نتایج دو شاخص ساختاری بوده‌ایم. بر این اساس مجموع روش‌ها و قطعات نمونهٔ تحت بررسی، قابلیت مناسبی در تشریح ساختار دارند و در زمینهٔ شاخص‌های حساس‌تر مانند زاویهٔ یکنواخت و آمیختگی با اعمال روش‌های اصلاحی مانند تغییر در تعداد همسایگان می‌توان خطاهای احتمالی را کاهش داد.

References

[1]. Jazirehi, M. H., and Ebrahimi Rostaghi, M. (2003). *Silviculture in Zagros*. University of Tehran Press, Tehran.

[2]. Zin, M.T. (2005). *Developing a Scientific Basis for Sustainable Management of Tropical Forest Watersheds*.

[3]. Dong, L., Wei, H., and Liu, Z. (2020). Optimizing Forest Spatial Structure with Neighborhood-Based Indices: Four Case Studies from Northeast China. *Forests*, 11(4): 413

[4]. Hui, G.Y., Zhang, G., Zhao, Z and Yang, A. (2019). Methods of Forest Structure Research: A Review. *Current Forestry Reports*, 5(3): 142-154.

[5]. Zhao, Z., Hui, G., Liu, W., Hu, Y and Zhang, G. (2022). A novel method for calculating stand structural diversity based on the relationship of adjacent trees. *Forests*, 13(2): 343.

[6]. Mauro, F., Haxtema, Z and Temesgen, H. (2017). Comparison of sampling methods for estimation of nearest neighbor index values, *Canadian Journal of Forest Research*, 47(6): 703-715.

[7]. Ruprecht, H., Dhar, A., Aigner, B., Oitzinger, G., Raphael, K and Vacik, H. (2015). Structural diversity of English yew (Taxus bacata. L) populations. *European Journal of Forest Research*, 129(2): 189-198.

[8]. Fankhauser, K, E., Strigul, N, S. and 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.

[9]. Hosseinzadeh, H., Soosani, J., and Naghavi, H. (2021). The Performance of small samples in quantifying structure central Zagros forests utilizing the indexes based on the nearest neighbors. *Plant Ecosystem Conservation*, 8(17) :41-56.

[10]. Pommerening, A. (2002). Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75(3): 305-324.

[11]. Pirozi, F., Soosani, J., Adeli, K., Maleknia, R., Naghavi H., and Hosseinzadeh R. (2018). The comparison of forest structure in Oak stands with different density and mixture (Case study: Noyjian forests of Khorramabad). *Forest Research and Development*, 4(1): 15-28.

[12]. Nouri, Z., Zobeiri, M., Feghhi, J., and Marvie Mohajer, M. R. (2016). Determination of optimal plot area for studying spatial structural indices in beech forests of kheyrud, Nowshahr. *Wood & Forest Science and Technology*, 23(4): 45-64.(In Persian).

[13]. Maleki, K and 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(1): 130-150.

[14]. Gadow, K, V., and Füldner, K. (1995). Zur Beschreibung forstlicher Eingriffe in. *Forstw*, Cbl. 114: 151-159.

[15]. Müller, S., Ammer, C. and Nüßlein, S. (2000). Analyses of stand structure as a tool for silvicultural decisions (a case study in a Quercus petraea-Sorbus torminalis stand). *Forstw*, 119: 32-42.

[16]. Sefidi, K., and Sadeghi, S. M. M. (2019). Structural characteristics of Quercus macranthera forests in Arasbaran region, North west of Iran (Hatam Mashe Si, Meshgin-Shahr). *Iranian Journal of Forest*, 11(3): 347-361. (In Persian).

[17]. Erfani Fard, Y., Feghhi, J., Zobeiri, M., and Namiranian, M. (2008). Investigation on the Spatial Pattern of Trees in Zagros Forests. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 60(4): 1319-1328. (In Persian).

[18]. Pourbabaei, H., Zandi Navgaran, Sh., and Adel, M. N. (2012). Spatial Pattern of Three Oak Species in Chenare Forest of Marivan, Kordestan. Journal of Natural Environment, *Iranian Journal of Natural Resources*, 65(3): 329-339. (In Persian).

[19]. Hosseini, A. (2011). Seed propagation and natural establishment of reproduction of Quercus brantii, Pistacia atlantica and Acer monspessulanum in Zagros forests (Case study: Mian Tangdar forests, Ilam province). *Natural Ecosystems of Iran*,1(3): 65-74. (In Persian).

[20]. Hui, G.Y and Pommerening, A. (2014). Analysing tree species and size diversity patterns in multi-species Uneven-aged forests of Northern China, *Forest Ecology and Management*, 316: 125-138.