Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 12. Issue. 1, 2024 p: 88-98

OPEN ACCESS

Research Paper

Efficiency of the Transects Branch-Sampling Line Method to Estimate the Canopy and Number of Trees per Hectare in Zagros Forests (Case Study: Karazan Forest of Ilam)

Abdolali Karamshahi

Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran,
(Corresponding author: a.karamshahi@ilam.ac.ir)

Received: 4 August, 2023 Accepted: 28 October, 2023 Revised: 27 October, 2023 Available Online: 13 March, 2024

Extended Abstract

Background: One of the basic parameters in forest management is the detailed knowledge of the trees' growing stock for planning, which is operational by forest inventory. Excessive human interference and dependence on the forests have changed their natural structure. Although the circumstances of wood harvesting are not provided in these forests, their role is essential in soil and water conservation, the livelihood of local people, and environment improvement. Sampling methods must be accurate, inexpensive, and easily implementable in the wild. This study presents a new sampling method, called a branching transect, in the Iranian Zagros forests and similar forests. Features of the new method include proper accuracy, easy implementation in nature, simplicity of statistical calculations, and low cost. The number of trees per hectare (density) in a forest stand represents the existing situation, and its monitoring is very important to know the changes in forest stands. The use of distance sampling methods, especially in open forests, has grown in recent years due to the reduction of inventory costs and optimal accuracy. The research mainly aims to evaluate the efficiency of a proposed distance method (a branched sampling line) with easy implementation and good accuracy in a 100 × 100 m network and the GIS environment.

Methods: The studied area is located in the southwestern part of the Manshet and Qalarang protected area in Ilam County. First, 100% inventory was applied in a 90-hectare area of the studied forest, and then 10 and 20-m sampling lines with branches of up to a maximum of 20 m (90 sampling points) were used for this study. In this method, a transect is used that includes some sub-transects. The length of the main transect, sub-transect, the number of trees measured in each sub-transect, and the number of sub-branches in this method are changeable based on the homogeneity, heterogeneity, density, and structure of the forest and are determined according to the forest and expert opinions. In general, less numbers of sub-branches and trees can be considered when the forest is denser or more homogeneous. It is better to consider more sub-branches in dense forests, such as Zagros forests so that a wider area can be covered under inventory and an acceptable number of trees can be examined in transects. Due to the density and heterogeneity of the studied forest area, 20-meter transects with 2, 4, and 6 sub-branches were used in this study. To reach the study goal of the comparison among distance sampling methods, the results of these samplings should be compared to a real amount to have the final judgment on their benefits and weaknesses. Accordingly, the results were compared to 100% inventory in the study area. In 100% inventory, geographical features and the measured quantities for each tree were entered into the GIS environment. This research is the first to use the sampling method of a sample line with 2, 4, and 6 m lateral branches. To evaluate the methods, they compared with 100% inventory based on the accuracy rate and t-test.

Results: The normality of data was tested through the chi-square test, and the unpaired Student`s t-test was used to compare the average numbers and canopy of trees in a hectare, resulting from real amount sampling (100% inventory). Based on the whole amount of trees in the area (12079) and the whole area of the canopy of trees (62.32 m^2), the real average amount of trees per hectare and the real average value of the canopy area per hectare were calculated as 141 and 3704, respectively 12). The 6-branched two-tree sample line with 141 trees per hectare and the four-branched one-tree sample line method with a canopy of 3815 m^2 per hectare showed the best results compared to the real mean. The analysis showed that most of the used sampling methods

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]

(the branched sampling line with six different patterns 6b2t- 6b1t- 2b1t- 2b2t- 4b2t-4b1t) yielded acceptable results for the evaluation of open forests. However, the branched sampling line method in most networks showed a lower statistical error and was closer to the real value in terms of the mean number of trees per hectare.

Conclusion: Totally, the branched sampling line has an accuracy percentage within 10% to estimate the number of trees per hectare in most networks. In terms of the mean number of trees per hectare, this method was not significantly different from the actual value with a probability of 95% and was more accurate than the other distance methods tested in this research. Considering the low percentage of sampling errors, acceptable accuracy, and easy implementation in nature, the branched sampling line was evaluated as a more suitable method than the other approaches. Due to the novelty of the presented sampling method, there was no case for comparison, in other words, transect branching has not been applied in other areas that can be compared with the results of this study. Finally, the results of this review for the parameters of the number and area of canopy of trees per hectare and its comparison with the actual value and flexibility of this method (changeability of the number of branches, number of trees in each branch, and the length of the main and sub-transects) demonstrate that it is a proper sampling method in dense and even normal forests.

Keywords: Branched sampling line, Canopy, Distance methods, Forest density, Zagros

How to Cite This Article: Karamshahi, A. (2024). Efficiency of the Transects Branch-Sampling Line Method to Estimate the Canopy and Number of Trees per Hectare in Zagros Forests (Case Study: Karazan Forest of Ilam), *Ecol Iran For,* 12(1), 88-98. DOI: 10.61186/ifej.12.1.88

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

OPEN ACCESS

مقاله پژوهشی

کارایی روش نمونه‌برداری خط نمونه شاخه‌ای در برآورد تاج‌پوشش و تعداد در هکتار درختان در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل کارزان ایلام)

عبدالعلی کرمشاهی

دانشیار، گروه جنگلداری دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، (نویسنده مسوول: a.karamshahi@ilam.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۰۵ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

صفحه: ۸۸ تا ۹۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: از پارامترهای اساسی در مدیریت جنگل، اطلاع دقیق از موجودی سرپای درختان جهت برنامه‌ریزی است که با آماربرداری جنگل مقدور و عملی می‌شود. دخالت و وابستگی بیش از حد انسان به جنگل‌ها، ساختار طبیعی آنها را تغییر داده است.گرچه شرایط برداشت چوب در این جنگل‌ها فراهم نیست، اما نقش آنها در حفظ خاک و آب، معیشت مردم محلی و بهبود محیط زیست ضروری است.روش‌های نمونه‌برداری باید به‌گونه‌ای باشند که ضمن داشتن دقت لازم و هزینه کم، اجرای آنها در طبیعت آسان باشد. هدف اصلی این تحقیق ارائه یک روش نمونه‌برداری جدید با عنوان ترانسکت شاخه‌ای در جنگل‌های زاگرس ایران و جنگل‌های مشابه است. از ویژگی‌های این روش جدید داشتن دقت مناسب، اجرای آسان در طبیعت، سادگی محاسبات آماری و کم هزینه بودن است. تعداد درختان در هکتار (تراکم) در یک جامعه جنگلی بیانگر وضعیت موجود بوده و پایش آن، در ارزیابی تغییرات توده‌های جنگلی بسیار اهمیت دارد. استفاده از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای بخصوص در جنگل‌های تنک، به‌دلیل کاهش هزینه‌های آماربرداری و داشتن دقت مطلوب در سال‌های اخیر رو به گسترش است. هدف اصلی تحقیق ارزیابی کارایی یک روش فاصله‌ای پیشنهادی (خط نمونه شاخه‌ای یا ترانسکت‌های با شاخه‌های جانبی) با قابلیت اجرای آسان و داشتن دقت مطلوب، در شبکه آماربرداری ۱۰۰*۱۰۰ متری و در محیط جی‌ای‌اس است.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه در بخش جنوب غربی منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ در شهرستان ایلام قرار دارد. ابتدا یک منطقه جنگلی با مساحت ۹۰ هکتار آماربرداری صد در صد شد، سپس از خط نمونه‌های ۱۰ و ۲۰ متری با شاخه‌های فرعی حداکثر ۲۰ متری استفاده شد (۹۰ نقطه نمونه‌برداری). در این تحقیق برای اولین بار از روش نمونه‌برداری خط نمونه با شاخه‌های جانبی ۲، ۴ و ۶ شاخه استفاده شده است. در ارزیابی روش‌ها با آماربرداری صد در صد از معیارهای درصد صحت استفاده شد. در این روش از یک ترانسکت استفاده می‌شود که خود از چند شاخه یا ترانسکت جانبی یا فرعی تشکیل شده است. طول ترانسکت اصلی، ترانسکت فرعی، تعداد درختان مورد اندازه‌گیری در هر ترانسکت فرعی و تعداد شاخه‌های فرعی در این روش قابل تغییرند و بر اساس همگنی، ناهمگنی، تراکم، ساختار جنگل و ابعاد تاج درختان قابل تغییر است. و با توجه به وضعیت جنگل و نظرکارشناسی تعیین می‌شوند. به‌طور کلی، زمانی‌که جنگل متراکم‌تر یا همگن‌تر باشد، می‌توان تعداد شاخه‌های فرعی و درختان را کمتر در نظر گرفت. بهتر است در جنگل‌های غیر انبوه مانند جنگل‌های زاگرس، زیرشاخه‌های بیشتری در نظر گرفته شود تا سطح وسیع‌تری در برآورد موجودی قرار گیرد و تعداد قابل قبولی درخت به‌صورت ترانسکت بررسی شود. با توجه به اینکه هدف اصلی تحقیق ارائه یک روش نمونه‌برداری جدید برای جنگل‌های زاگرس می‌باشد، می‌بایست نتایج حاصل از این روش، برای یک احتمال معین، با یک مقدار واقعی مقایسه گردد تا بتوان در مورد دقت آماربرداری در روش‌های مورد مطالعه قضاوت نمود. در منطقه مورد مطالعه ابتدا آماربرداری صد در صد انجام شد و در مراحل بعدی نتایج داده‌های آماربرداری در هر روش نمونه‌برداری با مقدار واقعی یعنی نتایج حاصل از آماربرداری صد در صد منطقه، مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کای‌اسکوار و آزمون تی غیرجفتی (تی‌تست) برای مقایسه میانگین تعداد و تاج درختان در هکتار، حاصل از نمونه‌برداری با نتایج حاصل از آماربرداری مقدار واقعی (۱۰۰ درصد موجودی) مورد آزمون قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل از آماربرداری صد در صد (۱۲۰۷۹ اصله درخت) تعداد در هکتار درختان ۱۴۱ اصله و تاج‌پوشش (۶۲/۳۲) در هکتار ۳۰۷۴ مترمربع به‌دست آمد. خط نمونه ۶ شاخه دو درختی با تعداد در هکتار ۱۴۱ اصله و روش چهار شاخه یک درختی با تاج‌پوشش ۳۸۱۵ مترمربع در هکتار نسبت به میانگین واقعی بهترین نتایج را نشان داد. تجزیه و تحلیل یافته‌ها نشان می‌دهد اکثر روش‌های نمونه‌برداری مورد تحقیق (خط نمونه شاخه‌ای با شش روش مختلف (6b2t- 6b1t- 2b1t- 2b2t- 4b2t-4b1t) نتایج قابل‌قبولی جهت ارزیابی جنگل‌های تنک دارند ولی روش‌های خط نمونه شاخه‌ای در اکثر شبکه‌ها دارای درصد خطای آماربرداری کمتر و از نظر میانگین تعداد در هکتار نیز مقدار واقعی نزدیکترند.

نتیجه‌گیری کلی: در مجموع روش خط نمونه شاخه‌ای جهت برآورد تعداد در هکتار در اکثر شبکه‌ها دارای درصد صحت در محدوده ۱۰ درصد و از نظر میانگین تعداد در هکتار نیز با احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری با مقدار واقعی نداشت و نسبت به دیگر روش‌های فاصله‌ای موردمطالعه در این تحقیق (نسبت به روش‌های شاخه‌ای برای برآورد تاج‌پوشش) از دقت و صحت مطلوبتری برخوردار بود. با توجه به جدید بودن روش نمونه‌برداری ارائه شده موردی جهت مقایسه وجود نداشت به‌عبارتی روش ترانسکت شاخه‌ای در مناطق دیگر انجام نشده که بتوان با نتایج این بررسی ارزیابی گردد. در نهایت نتایج این بررسی برای پارامترهای تعداد و مساحت تاج پوشش درختان در هکتار و مقایسه آن با مقدار واقعی و انعطاف‌پذیری این روش (قابل تغییر بودن تعداد شاخه‌ها، تعداد درختان هر شاخه و طول ترانسکت‌های اصلی و فرعی) نشان می‌دهد روشی مناسب برای نمونه‌برداری در جنگل‌های تنک و حتی جنگل‌های نرمال می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تاج‌پوشش، تراکم جنگل، خط نمونه شاخه‌ای، روش‌های فاصله‌ای، زاگرس

مقدمه

جنگل‌ها یکی از مهمترین اکوسیستم‌های روی زمین هستند که در ساختار اقتصادی، تغییرات آب و هوایی و بقای انسان اهمیت زیادی دارند (Knapp *et al.*, 2020; Pfeiferm *et al.*, 2024). مدیریت جنگل با در نظر گرفتن وضعیت طبیعی جنگل و داشتن دانش کافی در رابطه با ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه‌های جنگلی و وضعیت فعلی ساختار جنگل و پایش تغییرات ناشی از فعالیت‌های مدیریتی می‌تواند به اهداف مدیریتی خود دست یابد (tahmasebi *et al.*, 2024). تراکم توده‌های جنگلی (تعداد درختان در هکتار)، یکی از اولویت‌هایی است که مدیران جهت ارزیابی منابع جنگلی و برنامه‌ریزی، بایستی به آن دست یابند (karamshahi *et al.*, 2012). تعداد درخت در هکتار (تراکم) در بسیاری از موارد جهت برنامه‌ریزی، ارزیابی پویایی و

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]

تحول در جنگل کاربرد دارد (Buckland *et al.*, 2007; Abedi, *et al.*, 2017).

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان گسترده‌ترین و در عین حال آسیب دیده‌ترین جنگل‌های کشور طی سالیان اخیر تحت تاثیر زوال گسترده بلوط قرار گرفته‌اند که از این لحاظ در وضعیت بحرانی قرار دارند (Yousofvand Mofrad *et al., 2023*). دقت در توصیف درست ویژگی‌های جنگل و بررسی روش‌های آماربرداری با هدف استخراج دقیق‌ترین اطلاعات ممکن، با استفاده از کمترین هزینه‌ها یک نیاز کلیدی برای مدیران جنگل محسوب می‌شود (Melville *et al.*, 2015). آماربرداری جنگل از مهمترین پارامترها در طبقه‌بندی درختان جنگلی است و پایه بسیاری از مطالعات منابع جنگلی محسوب می‌شود (Xi *et al.*, 2020). دستیابی به روش برآورد موجودی با حداقل هزینه به‌گونه‌ای که فاصله اطمینان آماری قابل قبول رعایت شود از اهداف مهم در آماربرداری است (Henyang *et al.*, 2023).

از آنجا که جمع‌آوری اطلاعات هزینه‌بردار است، به‌منظور تعیین میزان بهینه اطلاعات برای تصمیم‌گیری، هزینه‌ها باید متوازن شوند. باید بر اساس ساختار جنگل مورد مطالعه و اطلاعات لازم جهت دستیابی به هدف جنگلداری روش جمع‌آوری داده‌ها را مشخص کرد (Gilabert, and McDill, 2010).

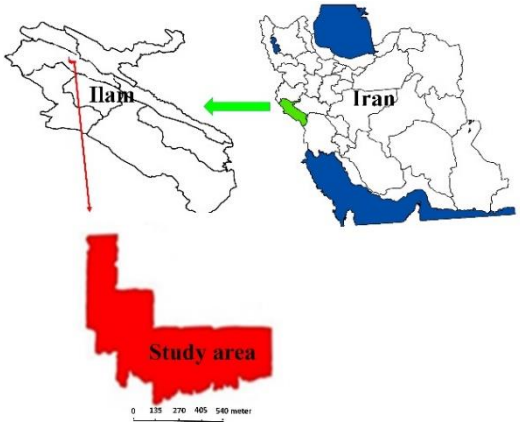
مطلوب این است با هزینه‌های از پیش تعریف شده به بالاترین میزان دقت و صحت دست یافت و یا هزینه‌های آماربرداری را به‌منظور دسترسی به یک دقت از پیش تعیین شده به حداقل برسانیم (Nikolas and Joachim, 2014). در بسیاری از منابع جهت کاهش هزینه آماربرداری و دقت قابل قبول روش‌های نمونه‌برداری مختلفی پیشنهاد شده است. برخی محققین روش‌های دو و سه اشکوبه‌ای که در آن از ترکیب عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و تعداد محدود نمونه‌برداری زمینی استفاده می‌شود را جهت مدیریت هزینه‌ها پیشنهاد داده‌اند (Gregoire, and Valentine, 2008; Mandallaz, 2008; Sarndal *et al.*, 2003). برخی نیز روش‌های فاصله‌ای و انواع ترانسکت‌ها را به‌خصوص برای مناطق جنگلی تنک مطلوب و مناسب ارزیابی کرده‌اند (Erfanifard, 2013; Magnussen, 2013; Karamshahi, 2012).

عرفانی‌فرد (Erfanifard, 2013) کارآیی دو روش فاصله‌ای LTS (Line Transect Sampling) و LIS (Line Intersect Sampling) را در جنگل‌های زاگرس جهت برآورد تعداد در هکتار درختان بنه مورد ارزیابی قرار دادند و ضمن برتری روش LTS نسبت به LIS آن‌ها را به‌عنوان روش‌های مطلوب جهت ارزیابی تراکم درختان معرفی نمودند. عابدی (Abedi, 2023) در جنگل‌های ارسباران جهت کمی‌سازی رقابت در توده‌های آمیخته با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای قطر برابر سینه، ارتفاع کل، دو قطر عمود بر هم تاج و فاصله بین درختان و چهار درخت همسایه به‌عنوان رقیب اندازه‌گیری کرد پس از تحلیل داده‌ها نتایج نشان داد مقادیر شاخص‌های فاصله‌ای بین ۰/۲۹ تا ۳۱/۷۱ و غیر فاصله‌ای بین۰/۹۴ تا ۰/۴۳ بودند. ماگنوسن و همکاران (Magnussen *et al.*, 2008) در کانادا با استفاده از شبیه‌سازی از جنگل‌های طبیعی و نیمه‌طبیعی در یک ارزیابی جامع ۱۷ روش نمونه‌برداری فاصله‌ای مختلف را جهت برآورد تعداد درخت در هکتار با هم مقایسه کردند که نتایج نشان داد مجموعه‌ای مرکب از تخمین‌گرهای گامپوی، اوربیت، بایت، پیرسون و موریسیتا از لحاظ معنی‌داری بهتر و از لحاظ خطای نسبی مجذور میانگین مربعات (RRMSE) کمترین مقدار را داشتند. حیدری و همکاران (Heidari *et al.*, 2011) در توده‌های جنگلی بلوط در کرمانشاه چند روش نمونه‌برداری فاصله‌ای را برای برآورد تعداد درختان در هکتار (تراکم) مورد بررسی قرار دادند که روش‌های نزدیکترین فرد باچلر و موریسیتا را به‌عنوان برآورد کننده مناسب معرفی کردند. کرمشاهی (Karamshahi, 2019) یک روش نمونه‌برداری جدید را برای جنگل‌های زاگرس پیشنهاد دادند که در آن از خط نمونه با شاخه‌های جانبی (۸ شاخه جانبی ۳۰ متری با ثبت حداکثر ۵ درخت) استفاده شد و نتیجه گرفتند این روش دارای دقت و صحت مناسب برای جنگل‌های تنک می‌باشد. بر این اساس تحقیق موجود به‌دنبال دستیابی به روش‌های فاصله‌ای مناسب جهت برآورد موجودی (تعداد در هکتار) جنگل‌های زاگرس و منابع جنگلی مشابه می‌باشد. در تحقیق موجود در جهت کاهش هزینه‌های آماربرداری و تکمیل روش خط نمونه با شاخه جانبی اصلاحاتی صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در استان ایلام، در بخشی از منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ بعد از تونل آزادی، شهرستان ایلام قرار دارد که در واقع قسمتی از منطقه حفاظت شده قلارنگ محسوب می‌شود (شکل ۱). ساختار جنگل منطقه مورد مطالعه دانه و شاخه‌زاد و گونه‌های جنگلی موجود شامل بلوط ایرانی، زالزالک، بنه، خنجوک، دافنه، شن، گیلاس وحشی، کیکم، ارژن و پنج انگشت می‌باشند. میانگین بارندگی سالیانه منطقه حفاظت شده سالیانه معادل ۶۳۲ میلی‌متر و میانگین دمای روزانه ۹/۸ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است. خاک منطقه کم‌عمق تا نیمه‌عمیق با بافت سنگین و بر روی مواد آهکی متراکم قرار دارد. در این تحقیق از نرم‌افزارهای spss26، Excel و Arc GIS10.7 (Karamshahi, 2019) استفاده شده است.

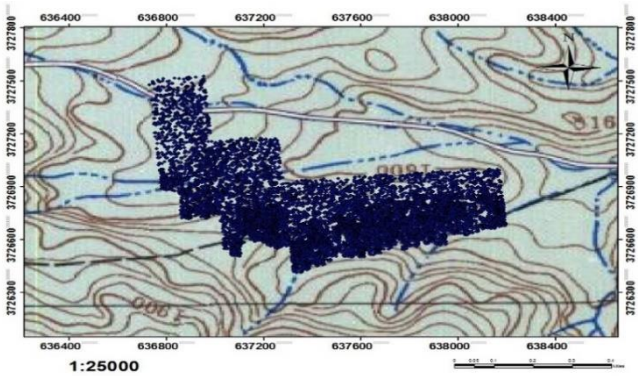
[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of the study area.

روش کار

جهت بررسی کارآیی و مقایسه روش‌های نمونه‌برداری خط نمونه با شاخه‌های جانبی از نتایج آماربرداری صد در صد یک توده جنگلی ۹۰ هکتاری استفاده شد. در آماربرداری صد در صد فاصله هر درخت نسبت به یک محور مختصات فرضی بر روی زمین اندازه‌گیری شد. مختصات درختان و کمیت‌های اندازه‌گیری شده برای هر درخت از جمله مختصات طول و عرض، مشخصات تاج (قطر بزرگ و کوچک تاج) و نام گونه وارد محیط Excel گردید و به فرمت قابل شناسایی در محیط ArcGIS تبدیل شد. فایل مختصات طول و عرض داده‌های جمع‌آوری شده به‌صورت فایل نقطه‌ای زمین مرجع شد که هر کدام از نقاط نشان دهنده یک درخت می‌باشند. سپس هر کدام از روش آماربرداری (خط نمونه با شاخه جانبی در یک شبکه آماری صد در صد متر در رایانه و در محیط ArcMap انجام و نتایج با میانگین واقعی منتج از آماربرداری (زمینی) صد در صد مقایسه شد (شکل ۲).

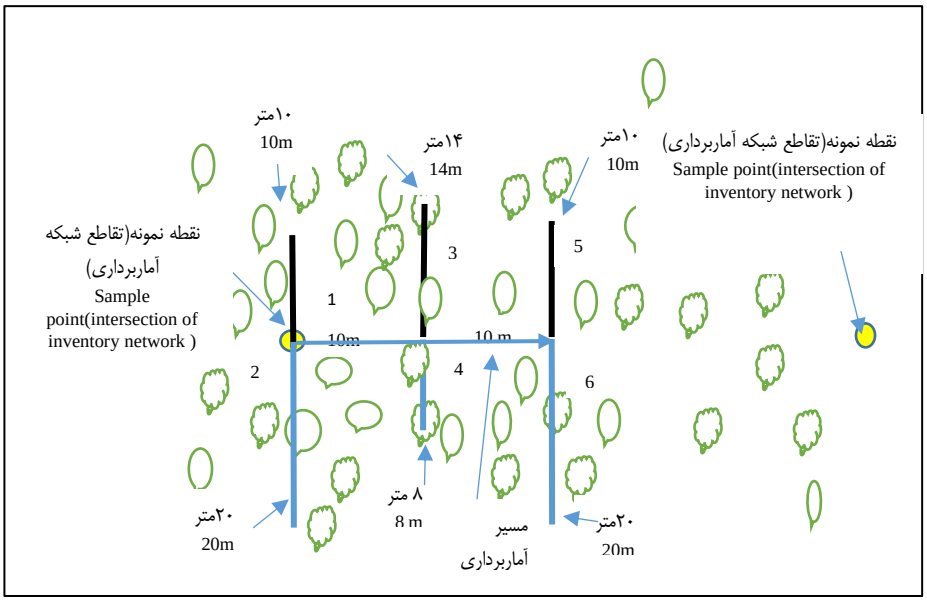


شکل ۲- موقعیت جنگل مورد مطالعه در محیط جی‌آی‌اس
Figure 2. Study area's forests in GIS environment

روش نمونه‌برداری خط نمونه شاخه‌ای

به‌طور خلاصه این روش نمونه‌برداری مورد بررسی تشکیل شده از دو، چهار یا شش خط نمونه جانبی که از نقطه نمونه یا محل تقاطع ابعاد شبکه آماربرداری به‌طرف چپ و راست ترسیم شده و هر درختی (تنه یا تاج) با این خطوط برخورد داشته باشد پارامترهای لازم آن درخت اندازه‌گیری می‌شود. در خط نمونه دو شاخه‌ای دو خط نمونه از مرکز شبکه آماربرداری (نقطه نمونه) به‌طرف چپ و راست ترسیم می‌شود. در چهار شاخه‌ای علاوه بر دو خط نمونه اول در ادامه مسیر آماربرداری ۱۰ متر جلوتر دو خط نمونه عمود بر مسیر آماربرداری ترسیم می‌شود. در خط نمونه شش شاخه‌ای علاوه بر چهار شاخه قبل در مسیر آماربرداری ۱۰ متر ادامه داده سپس دو خط نمونه دیگر عمود بر مسیر آماربرداری ترسیم می‌شود. نقطه نمونه بعدی به‌همین روش در صد متر بعد در محل تقاطع شبکه آماربرداری انجام می‌شود. این روش پیشنهادی مورد بررسی با روش نمونه‌برداری خطی یا خط نمونه مرسوم (Zobeiri, 2007) متفاوت است در این روش به‌جای یک خط نمونه با طول ثابت از دو، چهار یا شش خط نمونه جانبی با طول متغیر و تعداد درخت ثابت استفاده می‌شود. در این روش طول خط نمونه جانبی حداکثر ۲۰ متر در نظر گرفته می‌شود. اگر جنگل متراکم باشد و در مسافت کمتر از ۲۰ متری تعداد دو درخت ثبت شود در آن صورت ضرورت ندارد کار برداشت و ثبت درختان تا انتهای شاخه فرعی ادامه یابد.

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]



شکل ۳- یک خط نمونه شاخه‌ای با ۶ شاخه فرعی
Figure 3. A branch transects with 6 branches

به‌طور کلی هرچه جنگل همگن‌تر و یا متراکم‌تر باشد می‌توان تعداد شاخه‌های فرعی را کمتر در نظر گرفت (شکل۳). با توجه به طول خط نمونه جانبی و تعداد درخت مورد ارزیابی، در اجرای شاخه‌های جانبی هرکدام از این سه حالت ممکن است پیش آید: در حالت اول در خط نمونه فرعی اگر در کمتر از فاصله ۲۰ متر دو درخت ثبت شد آماربرداری آن خط نمونه فرعی پایان یافته و طول خط نمونه فرعی برابر فاصله از مرکزنقطه نمونه‌برداری تا وسط قطر تاج دومین درخت ثبت شده در نظر گرفته می‌شود. شکل۲ شاخه فرعی شماره سه و چهار که فاصله از خط نمونه اصلی (مسیر آماربرداری) تا وسط قطر درخت دوم از ۲۰ متر کمتر است (۱۴ و ۸ متر فرض شده است). در حالت دوم اگر تا فاصله ۱۰ متر از خط نمونه اصلی هیچ درختی روی شاخه فرعی ثبت نشد کار آماربرداری آن خط نمونه خاتمه می‌یابد (تا آخر خط نمونه فرعی یعنی ۲۰ متر ادامه پیدا نمی‌کند). در واقع یک خط نمونه جانبی به طول ۱۰ متر و خالی از درخت خواهیم داشت که تعداد درخت آن صفر در نظر گرفته می‌شود (شکل ۲ شاخه فرعی شماره ۱ و ۵).

در حالت سوم اگر تا فاصله ۲۰ متر کمتر از دو درخت ثبت شد، طول خط نمونه فرعی حداکثر ۲۰ متر در نظر گرفته می‌شود. یعنی حتی اگر یک درخت هم ثبت شد در محاسبات فاصله ۲۰ متر محاسبه می‌شود (یک خط نمونه فرعی ۲۰ متری) ولی باید حالت دوم نقض نشود یعنی یک درخت ثبت شده قبل از فاصله ۱۰ متری از خط نمونه اصلی ثبت شده باشد (شکل ۲ خط نمونه‌های فرعی شماره ۲ و ۶ با یک اصله درخت). برای حالت اول و سوم باید قبل از فاصله ۱۰ متری درختی با خط نمونه فرعی برخورد داشته باشد که مسیر تا ثبت دو درخت ادامه یابد در غیر این صورت خط نمونه خالی از درخت در نظر گرفته می‌شود.

محاسبات آماری

در محاسبات (برآورد تعداد در هکتار و مساحت تاج‌پوشش) هر خط نمونه جانبی یک مستطیل در نظر گرفته می‌شود. طول مستطیل عبارتست از فاصله نقطه نمونه تا وسط قطر آخرین درخت (در چهار و شش شاخه، فاصله مسیر آماربرداری تا وسط قطر آخرین درخت) و عرض مستطیل برابر است با میانگین قطر درخت یا درختان خط نمونه. با توجه به مساحت مستطیل و تعداد درخت موجود در خط نمونه تعداد در هکتار درخت حاصل می‌شود. مساحت تاج‌پوشش نیز به دو روش قابل اندازه‌گیری است. در روش اول می‌توان ابتدا تعداد درختان در هکتار را محاسبه نمود سپس در میانگین مساحت تاج درخت در خط نمونه ضرب کرد و مساحت تاج‌پوشش در خط نمونه و در مرحله بعد در هکتار را محاسبه کرد. در روش دوم می‌توان مساحت تاج درختان را در هر خط نمونه (مستطیل حاصل از هر خط نمونه) بدست آورد و به هکتار تعمیم داد. در محاسبات آماری، هر شاخه جانبی یک مستطیل (صرفاً جهت محاسبات آماری) در نظر گرفته می‌شود. در برخی منابع علمی با استفاده از میانگین فاصله بین درختان و به توان دو رساندن فاصله، فضا را برای هر درخت مربع در نظر گرفته اند که جهت این کار باید فاصله بین هر درخت تا درخت بعدی نیز اندازه‌گیری شود (Zobeiri, 2007). در روش پیشنهادی برای کم کردن هزینه آماربرداری (با کم کردن زمان اندازه‌گیری فاصله بین درختان) یک فضای مستطیل برای کل درختان خط نمونه فرعی در نظر گرفته که در اجرا روی زمین اندازه‌گیری فاصله بین هر درخت با درخت بعدی وجود ندارد. طول مستطیل بسته به یکی از سه حالت ممکن توضیح داده شده متفاوت است. در حالت اول که دو درخت قبل از ۲۰ متر ثبت می‌شوند طول مستطیل برابر است با فاصله از مسیر آماربرداری (که از وسط نقطه نمونه‌برداری می‌گذرد) تا وسط قطر تاج درخت دوم (شکل ۲ شاخه جانبی شماره ۳ و ۴). در حالت دوم که تا ۱۰ متر هیچ درختی شاخه جانبی را قطع نمی‌کند و درختی ثبت و اندازه‌گیری نمی‌شود

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]

طول مستطیل ۱۰ متر در نظر گرفته می‌شود و در حالت سوم که تا فاصله ۲۰ متری تعداد درخت کمتر از دو اصله ثبت می‌شود طول خط نمونه ۲۰ متر در نظر گرفته می‌شود. برای حالت اول و سوم عرض مستطیل در محاسبات آماری برای هر شاخه جانبی برابر میانگین قطر تاج درختان در همان شاخه جانبی در نظر گرفته می‌شود. برای حالت دوم که یک شاخه جانبی بدون درخت داریم عرض مستطیل برابر عرض شاخه جانبی کناری در نظر گرفته می‌شود. به‌عبارتی در حالت دوم یک مستطیل با طول ۱۰ متر و عرض برابر عرض شاخه جانبی همسایه، خالی از درخت خواهیم داشت که در محاسبات آماری، موجودی آن (تعداد در هکتار درخت و مساحت تاج پوشش) صفر در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به مساحت مستطیل و تعداد درختان موجود در مستطیل (خط نمونه فرعی) تعداد درخت و مساحت تاج‌پوشش در شاخه فرعی و در هکتار برای هر شاخه فرعی محاسبه شده است و در نهایت میانگین تمام شاخه‌های فرعی بعنوان میانگین کل نقطه نمونه‌برداری در نظر گرفته می‌شود. می‌توان از انواع برآورد کننده‌های آماری که جهت برآورد تعداد در هکتار در روش های فاصله‌ای به‌کار گرفته می‌شوند استفاده کرد ولی در این تحقیق سعی شده از ساده‌ترین روش‌های محاسباتی استفاده شود.

جدول ۱- معادلات محاسبه پارامترها

Table 1. Equations for calculation of characteristics

Equations معادله	Description توضیحات	Reference منبع
$N = 1/n\Sigma\left[\frac{10000 \times \mathrm{n}}{\mathrm{S}}\right]$	N (number of trees in hectare for each side branch. n: the number of trees in each side branch), S: area of side branch m^2 n: تعداد درخت در هر شاخه جانبی. s :مساحت شاخه جانبی به مترمربع. N: تراکم (تعداد درختان در هکتار برای هر شاخه جانبی).	Zobeiri (2007)
$A = \frac{\pi}{4}\Sigma D^2$	A: the canopy area of side branch trees in m^2, D: tree crown diameter A: مساحت تاج پوشش در هر شاخه جانبی به مترمربع. D: قطر تاج به متر	West (2015)
$A_{\mathrm{ha}} = (10000 * A)/S$	Aha: the canopy area per hectare inside branch, S: side branch area m^2 Aha: مساحت تاج پوشش در هر شاخه جانبی به هکتار. S: مساحت شاخه جانبی به مترمربع.	Zobeiri (2007
$\boldsymbol{A = \pm 100 \times (Ec \times Tr)/Tr}$	AC: accuracy, Es: estimated mean, Tr: True mean AC: صحت آماربرداری Es :,میانگین برآورد شده Tr: میانگین واقعی	West (2015)

در این تحقیق جهت مقایسه روش‌ها با یکدیگر از جدول تجزیه واریانس یک طرفه و جهت مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد و برای مقایسه آنها با آماربرداری صد در درصد (میانگین واقعی)، از one- sampl T Test استفاده شد (جدول ۱).

نتایج و بحث

در تحقیق موجود ۶ خط نمونه با شاخه‌های جانبی ۴، ۲ و۶ شاخه‌ای و با تعداد دو یا یک درخت مورد اندازه‌گیری در هر شاخه جانبی (در مجموع شش روش) از نظر مقایسه میانگین‌ها با یکدیگر و با میانگین واقعی یعنی آماربرداری صد در صد و نیز از نظر درصد صحت آماربرداری مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به بزرگ بودن حجم نمونه‌ها (برداشت ۹۰ نقطه نمونه برای هر روش و در مجموع ۵۴۰ نقطه نمونه) توزیع میانگین نمونه‌های تصادفی، نرمال در نظر گرفته شد (Levin, 2011؛ Keller, 2015). در آماربرداری ٪۱۰۰ قطر کوچک و بزرگ تاج تمام درختان موجود در مساحت ۹۰ هکتار از جنگل مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از آماربرداری صد در صد (۱۲۰۷۹ اصله درخت) تعداد در هکتار درختان ۱۴۱ اصله و مساحت تاج‌پوشش ۳۷۰۴ متر مربع در هکتار محاسبه شد. نتایج مربوط به نمونه‌برداری خط نمونه با شاخه‌های جانبی از نظر صحت در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده تمام روش‌های نمونه‌برداری مربوط به خط نمونه شاخه‌ای جهت برآورد تراکم دارای مقدار درصد صحت قابل قبولی هستند. مقدار صحت هر روشی کمتر از ۲۵ درصد باشد، آن روش برای کارهای اجرایی مناسب می‌باشد و برای کارهای پژوهشی صحت کمتر از ۱۰ درصد مناسب می‌باشد (West, 2015; Southwood and Henderson, 2000). در خط نمونه‌ها مقدار درصد صحت محاسبه شده برای برآورد تعداد در هکتار درختان (تراکم) در همه موارد زیر ۲۵ درصد هستند که نشان می‌دهد جهت انجام کارهای اجرایی به‌خوبی جوابگو هستند (جدول ۲). نتایج حیدری و همکاران (Heidari *et al.*, 2008) نشان داد هیچ‌کدام از روابط ارائه شده جهت معیار صحت در برآورد تعداد در هکتار در منطقه سرخه دیزه کرمانشاه قابل قبول و مناسب نبودند که با این مطالعه مطابقت ندارد. کرمشاهی (Karamshahi, 2019) در یک تحقیق با عنوان ارائه یک روش جدید برای جنگل‌های زاگرس در محیط GIS از خط نمونه‌های با ۴ و ۸ شاخه جانبی جهت برآورد تراکم جنگل استفاده کردند که درصد صحت همه روش‌ها زیر ۱۰٪ برآورد شد. در این تحقیق نیز برای خصوصیت تراکم جنگل (تعداد در هکتار) برخی از روش‌ها دارای مقدار درصد صحت کمتر از ۱۰ درصد هستند و از نظر معیار صحت جهت استفاده در کارهای پژوهشی قابل پیشنهاد هستند.

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]

جدول ۲- نتایج محاسبات آماری درصد صحت جهت برآورد تراکم

Table 2. Statistical analysis accuracy % for density

روش‌های مورد مطالعه methods	صحت ٪ accuracy	تراکم n/ha Density
(6b2t) خط نمونه ۶ شاخه دو درختی Sample line of 6 branches of 2 trees	.007	142
(6b1t) خط نمونه ۶ شاخه یک درختی Sample line of 6 branches of 1 trees	0.11	123
(4b2t) خط نمونه ۴ شاخه دو درختی Sample line of 4 branches of 2 trees	0.12	125
(4b1t) خط نمونه ۴ شاخه یک درختی Sample line of 4 branches of 1 trees	0.08	130
(2b2t) خط نمونه ۲ شاخه دو درختی Sample line of 2 branches of 2 trees	0.11	156
(2b1t) خط نمونه ۲ شاخه یک درختی Sample line of 2 branches of 2 trees	0.16	119

صحت نتایج حاصل از برآورد تاج‌پوشش در هکتار در این بررسی گرچه در تمام موارد زیر ۲۵٪ برآورد شد ولی درصد صحت زیر ۱۰٪ فقط در روش چهار شاخه‌ای یک درختی مشاهده شد و بقیه روش‌ها درصد صحت بالای ۱۰٪ داشتند که در مجموع دارای درصد صحت بالاتری نسبت به برآورد تراکم درختان هستند یعنی میزان نزدیک بودن اندازه معیار برآورد شده (مساحت تاج‌پوشش) با مقدار واقعی آن (میانگین حاصل از آماربرداری ۱۰۰٪) در بیشتر موارد برای انجام امور اجرایی قابل پیشنهاد است (West, 2015; Southwood and Henderson, 2000; Karamshahi, 2019; Heydari, 2011). فلاح و همکاران (Falah *et al.*, 2012) در ارزیابی روش‌های نمونه‌برداری منظم تصادفی، خط نمونه، نواری و مونه‌بندی در جنگل‌های بلوط یاسوج جهت برآورد تاج‌پوشش، روش خط نمونه را دارای بیشترین میزان صحت معرفی کردند. در بررسی حاضر نیز روش چهار شاخه‌ای یک درختی با مقدار صحت ۳۰٪ مناسب‌ترین میزان صحت را به‌خود اختصاص داده است (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج محاسبات آماری درصد صحت جهت برآورد تاج‌پوشش

Table 3. Statistical analysis accuracy % for crown canopy

روش‌های مورد مطالعه methods	صحت ٪ accuracy	تاج پوشش Crown canopy m^2/ha
(6b2t)خط نمونه ۶ شاخه دو درختی Sample line of 6 branches of 2 trees	0.22	2887
(6b1t)خط نمونه ۶ شاخه یک درختی Sample line of 6 branches of 1 trees	0.20	2967
(4b2t)خط نمونه ۴ شاخه دو درختی Sample line of 4 branches of 2 trees	0.13	3225
(4b1t)خط نمونه ۴ شاخه یک درختی Sample line of 6 branches of 1 trees	0.03	3815
(2b2t)خط نمونه ۲ شاخه دو درختی Sample line of 2 branches of 2 trees	0.11	4122
(2b1t)خط نمونه ۲ شاخه یک درختی Sample line of 2 branches of 1 trees	0.11	4120

معیار دومی که در این بررسی برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی موردتوجه قرار گرفته است به‌کارگیری آزمون (t -test) در مقایسه روش‌ها با داشتن مقدار واقعی میانگین‌های حاصل از آماربرداری ۱۰۰٪ است که نشان می‌دهد همه خط نمونه‌های شاخه‌ای از نظر میانگین تعداد در هکتار با احتمال ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری با مقدار واقعی نیستند. نزدیک بودن مقدار میانگین‌های برآورد شده با مقدار واقعی از امتیازات این روش‌ها محسوب می‌شود (جدول ۴). معنی‌دار نبودن تفاوت میانگین تعداد در هکتار در روش پیشنهادی با میانگین واقعی با مطالعات کرمشاهی (Karamshahi, 2019)، فلاح و همکاران (Falah *et al.*, 2012) عرفانی و همکاران (Erfani *et al.*, 2013) همخوانی دارد.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین آماربرداری ۱۰۰٪ و خط نمونه شاخه‌ای (تراکم)

Table 4. The results of the average comparison 100% inventory and branch transect sampling (Density)

روش مطالعه Methods	اختلاف فاصله اطمینان۹۵٪ %95 Confidence interval of the difference)		اختلاف با میانگین Mean difference	ضریب معنی‌داری sig. (2-tailed)	آماره t
	upper	Lower			
6b2t	26.35	-18.89	3.374	.744	.325
6b1t	11.70	-46.53	-17.414	.238	-1.189
4b2t	-.20	-40.56	-20.383	.048	-2.007
4b1t	6.88	-34.24	-13.68	.189	-1.322
2b2t	43.71	-11.31	16.201	.246	1.17
2b1t	**5.44**	**-53.78**	**-24.169**	**.108**	**-1.622**

نتایج آماربرداری برای برآورد سطح تاج‌پوشش در هکتار نشان داد روش خط نمونه ۴ شاخه یک درختی (4b1t) و روش خط نمونه ۲ شاخه دو درختی (2b2t) دارای اختلاف معنی‌داری با میانگین واقعی نیستند که با مطالعات کرمشاهی (Karamshahi, 2019) و حیدری (Heidari, 2011) همخوانی دارد. در چهار روش، شش شاخه‌ای دو درختی (6b2t)، شش شاخه‌ای یک درختی (6b1t)، چهار شاخه‌ای دو درختی (4b2t) و دو شاخه‌ای یک درختی (2b1t) اختلاف میانگین برآورد شده با میانگین واقعی حاصل از آماربرداری صد در صد معنی‌دار است که با اکثر مطالعات انجام شده متفاوت

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]

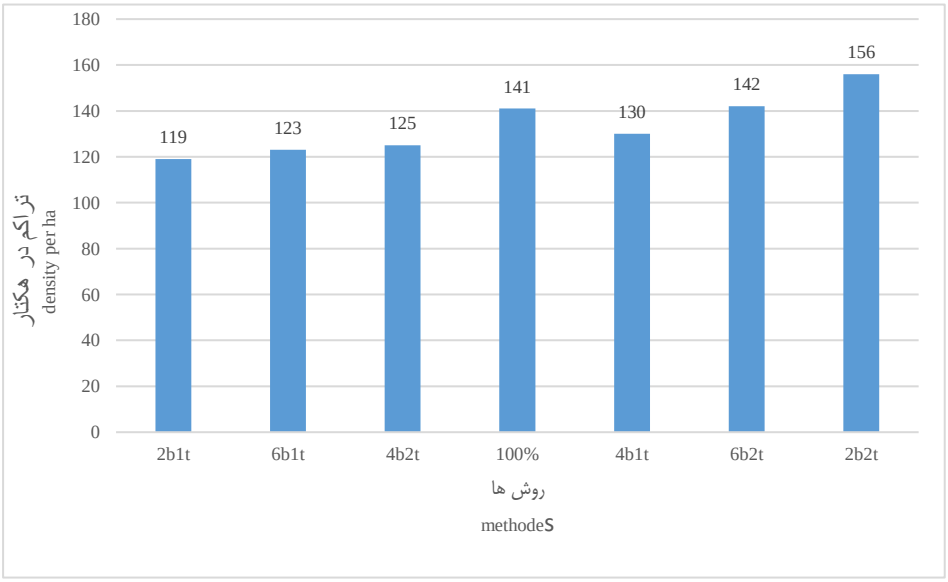
است. کرمشاهی و همکاران (Karamshahi *et al.*, 2017) سه روش فاصله‌ای (ترکیبی، زوج مشترک و مربع مرکزی) را جهت برآورد تعداد در هکتار و مساحت تاج‌پوشش در جنگل‌های ایلام هم از نظر درصد خطای آماربرداری و هم زمان برداشت قطعات نمونه مورد مطالعه قرار دادند هر سه روش از نظر برآورد تاج‌پوشش با میانگین واقعی در سطح ۹۵٪ اختلاف معنی‌داری نداشتند که با تحقیق موجود همخوانی ندارد. به‌نظر می‌رسد علت این اختلاف ناهمگن بودن توده جنگلی است که ساختار شاخه و دانه‌زاد با درختان شاخه‌زاد جوان و درختان دانه‌زاد کهن‌سال و قطور با تاج گسترده، بعضاً با قطر تاج بیش از ۱۰ –۱۵ متر (۷۹ تا ۱۷۶ متر مربع تاج‌پوشش در یک شاخه جانبی) است. از طرفی در این روش‌ها یک یا دو درخت مورد بررسی قرار گرفته است که اگر در چند قطعه نمونه به‌طور تصادفی چند درخت دانه‌زاد قطور قرار بگیرد و یا به‌دلیل تنک بودن جنگل‌های زاگرس چند قطعه نمونه با موجودی صفر به‌طور تصادفی بین قطعات نمونه قرار داشته باشد واریانس نمونه‌ها را به‌شدت تحت تاثیر می‌گذارد که باید با برداشت تعداد قطعات نمونه بیشتر و یا تعداد درخت مورد اندازه‌گیری بیشتر در هر شاخه جانبی در مطالعات بعدی این نقیصه را تا حد ممکن برطرف نمود. فلاح و همکاران (Falah *et al.*, 2012) در جهت دستیابی به روش مناسب نمونه‌برداری ضمن آماربرداری صد در صد یک توده جنگلی به مساحت صد هکتار در جنگل‌های بلوط یاسوج، چند روش نمونه‌برداری (روش آماربرداری منظم تصادفی با قطعات نمونه مستطیلی، خط نمونه، نواری و نمونه‌برداری با مونه‌بندی) را ارزیابی و دریافتند، حدود اعتماد محاسبه شده برای مشخصه سطح تاج‌پوشش در هکتار، میانگین واقعی جامعه را دربرمی‌گیرد، که با اکثر روش‌های مطالعه موجود مغایرت دارند (جدول ۵).

جدول ۵– نتایج مقایسه میانگین آماربرداری ۱۰۰٪ و خط نمونه شاخه‌ای (تاج‌پوشش).

Table 5. The results of the average comparison 100% inventory and branch transect sampling (Canopy)

آماره t	ضریب معنی‌داری sig. (2-tailed)	اختلاف با میانگین Mean difference	اختلاف فاصله اطمینان۹۵٪ %95Confidence interval of the difference Lower	upper	روش مطالعه Methods
4.58	.000	-777.92	-1120.17	-435.78	6b2t
-2.37	.008	-703	-1214	-191.78	6b1t
-2.58	.011	-531.52	-935.5	-128.5	4b2t
.209	.835	55.31	-469.5	580.13	4b1t
1.47	.145	464.16	-163.5	1090.81	2b2t
-2.82	.006	-884.47	-1506	-262	2b1t

نتایج تجزیه واریانس (one-way ANOVA) روش‌های مختلف خط نمونه‌های شاخه‌ای و مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن در برآورد تعداد در هکتار درختان برای هر شش روش مورد مطالعه نشان داد بین میانگین هیچکدام از روش‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵٪ وجود ندارد (شکل ۳). که نتایج نشان می‌دهد همه روش‌ها از نظر برآورد تعداد در هکتار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. به‌نظر می‌رسد گرچه جنگل مورد مطالعه کاملاً نا همگن هست ولی برای برآورد تعداد در هکتار چون در هر شاخه جانبی یک یا حداکثر دو درخت مورد بررسی قرار می‌گیرد و قطور بودن یا نبودن سطح تاج درخت بر خلاف برآورد تاج‌پوشش تاثیری بر تعداد درخت در شاخه جانبی ندارد (در هرحال چه درخت دانه‌زاد قطور و با تاج گسترده باشد یا شاخه‌زاد با تاج کوچک یک درخت محسوب می‌شود) باعث شده نتایج برآورد تعداد در هکتار در همه روش‌های مورد مطالعه به میانگین واقعی حاصل از آماربرداری صد در صد نزدیکتر باشد.



شکل ۳– میانگین تراکم درختان در هکتار در منطقه مورد مطالعه

Figure 3. The average density of trees per ha in the study area.

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]

برخلاف نتایج حاصل از برآورد تعداد درختان در هکتار، تجزیه واریانس یک‌طرفه روش‌ها و مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن (جدول ۶) در برآورد تاج‌پوشش در هکتار درختان برای هر شش روش مورد مطالعه نشان داد اختلاف بین روش‌ها در سطح ۹۵٪ معنی‌داری است(شکل ۴). جهت بررسی معنی‌داری اختلاف بین خط نمونه‌های با شاخه جانبی برای برآورد تاج‌پوشش در هکتار به‌صورت مستقل (independent-samples T Test) با یکدیگر مقایسه شدند. همانطور که ملاحظه می‌شود اکثر روش‌ها برای احتمال ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند (6b1t-4b2t, 6b1t-2b1t, 4b2t-6b2t -2b1t, 6b2t-4b2t, 2b1t, 4b1t-2b2t, 4b2t-4b1t, b2t-6b1t). میانگین برآورد شده مساحت تاج‌پوشش، تعدادی از روش‌ها نیز با سطح خطای ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری هستند (جدول ۷).

جدول ۶- مقایسه میانگین تاج‌پوشش به‌روش دانکن

Table 6. Mean comparison of the canopy by Duncan method

روش مطالعه methods		1	2	3
2b1t	90	2863.40		
6b2t	90	2926.07		
6b1t	90	2967.03		
4b2t	90	3225.49	3225.49	
4b1t	90		3815.14	3815.14
2b2t	90			4121.85
Sig.		.380	.111	.407

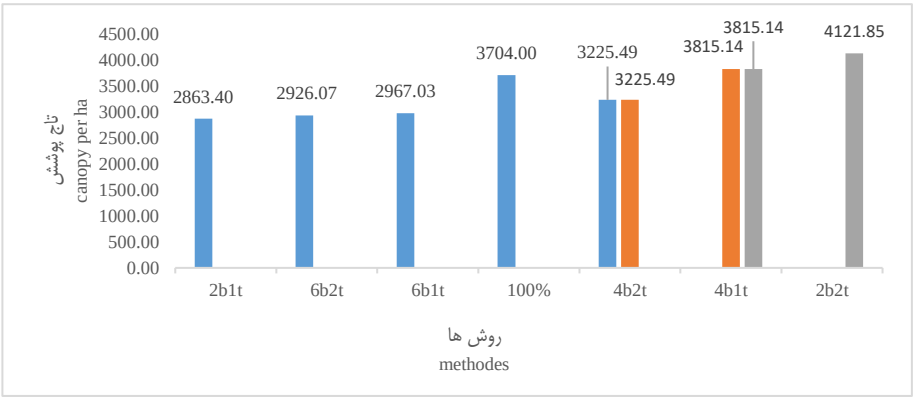
جدول ۷- مقایسه روش‌ها با یکدیگر برای تاج پوشش در هکتار

Table 7. Comparison of methods with each other (trees canopy per ha)

روش مطالعه Methods	ns*	اختلاف با میانگین Mean difference	ضریب معنی‌داری sig.	آماره t
6b2t-6b1t	ns	-40.95	.896	1.31
6b2t- 4b2t	ns	-299	.271	-1.1
6b2t- 4b1t	*	-889	.006	-2.8
6b2t- 2b2t	*	1195	.001	-3.23
6b2t- 2b1t	ns	62.68	.861	.176
6b1t -4b2t	ns	-258	.44	.774
6b1t -4b1t	*	848	.024	-2.28
6b1t -2b2t	*	1154	.005	-2.82
6b1t -2b1t	ns	104	.799	.225
4b2t -4b1t	ns	-589	.084	-1.73
4b2t -2b2t	*	-896	.019	2.37
4b2t -2b1t	ns	362	.338	.962
4b1t -2b2t	ns	-307	.459	.742
4b2t -2b1t	*	951	.022	2.32

* و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری.

* and ns: respectively, significant difference at the probability level of 0.05 and non-significance



شکل ۴- میانگین تاج‌پوشش درختان در هکتار در منطقه مورد مطالعه

Figure 4. The average canopy of trees per ha in the study area.

نتیجه‌گیری کلی: نتایج و تجزیه تحلیل‌های آماری صورت گرفته در مورد روش‌های نمونه‌برداری مورد مطالعه و معیارهایی که جهت ارزیابی این روش‌ها با مقدار واقعی آماربرداری صد در صد به‌کار گرفته شده نشان می‌دهد اکثر این روش‌ها جهت برآورد موجودی جنگل‌های غرب می‌توانند کارایی داشته باشند. در مجموع بر اساس نتایج این تحقیق، روش خط نمونه شاخه‌ای (۲، ۴ و ۶ شاخه) با داشتن صحت و دقت لازم، جهت تحقیقات و پژوهش‌های علمی مطلوب ارزیابی شد. به‌نظر می‌رسد با تعداد کمی نقطه نمونه (خطوط خط نمونه۲۰ متری) در جنگل‌هایی که خیلی ناهمگن نیستند می‌توان به نتایج قابل‌قبولی دست یافت. به‌ویژه در جنگل‌های زاگرس که موضوع بهره‌برداری چوب و تعیین حجم منتفی است و دقت خیلی زیادی مورد نظر نمی‌باشد، روش خط نمونه شاخه‌ای روش مناسبی برای برآورد تعداد در هکتار و مساحت تاج‌پوشش می‌باشد. پیشنهاد می‌شود این روش با تعداد شاخه فرعی و تعداد درختان متفاوت، و در مناطق مختلف حتی جنگل‌های متراکم و نرمال (جنگل‌های غیر از زاگرس) و از نظر هزینه نیز مورد ارزیابی قرار گیرد تا بتوان به‌طور قطعی و دقیق‌تر در مورد کارآیی آن اظهارنظر کرد.

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]

References

Abedi, R. and Ostad Hashemi, R. (2021). Estimation of Density using Plotless Density Estimator Criteria in Arasbaran Forest. *Ecology of Iranian Forests*, 8(16), 39-47 (In Persian). DOI:10.52547/ifej.8.1639

Abedi, R. (2023). Quantifying the Competition Concerning Trees Quantitative Characteristics of Natural Stands in Arasbaran Forest. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 1(12).

Buckland, S.T., Borchers, D.L., Johnston, A., Henrys, P.A. and Marques, T.A. (2007). Line transect methods for plant surveys. *Journal of the international Biometrics society*, 63(4), 989-998.

Erfanifard,S.Y. (2013). Efficiency of LTS and LIS methods for density estimation of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf). Trees in Zagros woodlands, Iran. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 20(2), 33-40 (In Persian).

Fallah, A., Zobeiri, M., Sisakht, A.R and Naghavi, H. (2012). Investigation on Four Sampling Methods for Canopy Cover Estimation in Zagros Oak Forests (Case study: Mehrian Forests of Yasuj City). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(2), 194 -203 (In Persian).

Gilabert, H., & McDill, ME. (2010). Optimizing inventory and yield data collection for forest management planning. *Forest Science*, 56, 578–591.

Gregoire, T. G., and Valentine, H. (2008). Sampling strategies for natural resources and the environment. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton.

Heidari, R.H., Zobeiri, M., Namiranian, M. and Sobhani, H. (2007). Application of T-square sampling method in Zagross forests (Case Study: Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(1) (In Persian).

Heidari, R.H., M. Zobeiri, M. Namiranian, H. Sobhani and A. Safari. 2011. Study of accuracy of nearest individual sampling method in Zagross forests. *Iranian Journal of Forest*, 2(4), 323 -330 (In Persian).

Hui, Z., Cai, Z., Xu, P., Xia, Y. and Cheng, P. (2023). Tree Species Classification Using Optimized Features Derived from Light Detection and Ranging Point Clouds Based on Fractal Geometry and Quantitative Structure Model. *Forests*, 14(6). https://doi.org/10.3390/f14061265

Karamshahi, A., Zobeiri, M., Namiranian, M. and Feghhi, J. (2012). Investigation on application of k-NN (k-Nearest Neighbor) sampling method in Zagros forests (Case study: Karzan forest,Ilam). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(4), 453-465 (In Persian).

Karamshahi A, Alihoseini Z, Mirzaei J & Jafarzadeh, A. (2017). Interval sampling methods in Zagros forests using GIS. *Journal of Forestry Research*, 28(6), 1261–1266. DOI 10.1007/s11676-03900-y

Karamshahi A. (2019). A New Sampling Method in the Zagros Forests Using GIS (Case Study:Ilam Forests of Iran). *Journal of Forestry Research*, 30(6). DOI 10.1007/s11676-018-0781-8

Keller, G. (2015). Statistics for Management and Economics, Abbreviated. Cengage Learning.

Knapp, N., Fischer, R., Cazcarra-Bes, V. and Huth, A. (2020). Structure metrics to generalize biomass estimation from lidar across forest types from different continents. *Remote Sensing of Environment*, 237, 111597.

Levin, R. I. (2011). Statistics for management. Pearson Education India.

Magnussen, S., Kleinn, C. and Picard, N. (2008). Two new density estimators for distance sampling. *European Journal Forest Research*, 213–224.

Magnussen, S. (2012). A new composite k-tree estimator of stem density. *European Journal of Forest Research*, 131(5), 1513-1527. DOI: 10.1007/s10342-012-0619-4

Mandallaz, D. (2008). Sampling techniques for forest inventories. Chapman and Hall/CRC, Boca raton.

Melville, G., Christine, S. and Russell, T. (2015). Application of LiDAR data to maximise the efficiency of inventory plots in softwood plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 45(9),1-16.

Yousofvand Mofrad. M., Soosani, J., Naghavi, H., Abrari Vajari, K and Shaabanian, N. (2023). Estimation of Biomass and Its Reduction in Forests Affected by Decline in DadAbad Region, Lorestan Province *Ecology of Iranian Forest. 11*(21), 170-178. DOI:10.61186/ifej.11.21.170

Nikolas, v. L. and Joachim, S. (2014). Combining double sampling for stratification and cluster sampling to a three-level sampling design for continuous forest inventories. *European Journal Forest Research*, 133(1), 89–100. DOI 10.1007/s10342-013-0743-9

Pfeifer, N., Gorte, B., Winterhalder, D. (2004). Automatic Reconstruction of Single Trees from Terrestrial Laser Scanner Data. Int. Arch. Photogramm. *Remote Sensing*, 35(1), 114–119.

Sarndal, C. E., Swensson, B. & Wretman, J. (2003). Model assisted survey sampling. *Springer*, Berlin. 695 pp.

Southwood, T.R.E. and Henderson, P.A. (2000). Ecological Methods. Blackwell science, 575 pp. http://www. blackwell science.com/Southwood.

tahmasebi M, Bordbar, S. K., porhashemi. M. and Najafifar, A. (2023). The Impact of Aspect on Forest Structural Characteristics in Zagros Forests (Case Study: Tangdalab forests of Ilam province). *Ecology of Iranian Forest. 11*(22), 32-43 (In Persian).

West, P.W. (2015). Tree and forest measurement, 3rd edn. *Springer*, Basel.

Xi, Z., Hopkinson, C., Rood, S.B., Peddle, D.R. (2020). See the forest and the trees: Effective machine and deep learning algorithms for wood filtering and tree species classification from terrestrial laser scanning. ISPRS. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 168, 1–16. doi.org/10.1016/ j.isprsjprs. 2020.08.001

Zobeiri, M. (2007). Forest Biometry, University of Tehran Press, 405pp (In Persian).

[DOI: 10.61186/ifej.12.1.88]