

Research Article

A comparison distance sampling methods for estimating the plant density and canopy cover in different inventory net (Case study: Manesht and ghalarang forest of ilam, Iran)

Amir Modabari^{1*}

Extensive abstract

Background and objectives: Forest inventories can be conducted in various ways. While it is possible to survey an entire area to obtain and collect information, this method is not suitable for large areas due to the high costs and excessive time required. To address this issue, the sampling method is commonly employed. Numerous studies have been conducted to evaluate the accuracy and validity of sampling methods. Although, the effectiveness of distance methods has been confirmed in some instances, there are also cases where these methods have been flawed. Among the most important factors influencing the accuracy of estimates derived from these methods is the spatial distribution pattern of individual trees. Analyzing and assessing the precision of different tree sampling measurement methods can assist researchers in making informed decisions regarding vegetation measurement and evaluation.

Materials and methods: The protected area of Manshet and Qalarang is located in the northern part of Ilam Province. For this study, 87 hectares of the 33,000-hectare area were selected based on cost and opportunity. The positions of 100% of the trees and the characteristics of the tree crowns were measured and recorded using a GPS device. This information was then entered into a Geographic Information System (GIS) as a point layer, employing a systematic method that began with a random point. In this study, we applied five distance methods (nearest individual, nearest neighbor, second nearest neighbor, joint-point, and point-centered quarter method) to estimate plant density and canopy cover based on various systematic sample sizes (100×100, 150×150, 200×100, and 200×200 meters). The number of samples (71, 34, 34, and 18) collected from the 87 hectares in Manshet and Qalarang, Ilam Province, was compared to assess the accuracy of full calibration.

Results: One of the most significant factors influencing the precision of estimates in sampling methods is the spatial distribution pattern of trees. In this study, Clarke and Evans' indices were employed to analyze changes in the spatial arrangement of trees. The calculated numerical value of this index was 0.417, indicating a clustered distribution pattern of the trees. The results demonstrated that among the various distance sampling methods with different inventory networks, the second-nearest neighbor method at a systematic sample of 200 × 200 m and the point-centered quarter method at 200 × 100 m and 150 × 150 m were the most suitable for this region. This is because these methods provided acceptable estimates based on an accuracy threshold of ±10.

Conclusion: This study indicates that the methods of distance measurement in the Zagros forest demonstrated good precision and can be applied in other research and practical areas as well.

Keywords: closest individual, distance sampling, joint-point, nearest neighbor, point- centered quarter.

¹Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran

DOI: 10.21859/jfer.4.1.69
ISSN: 2423-4095

*Corresponding author, E-mail
address.amir@yahoo.com

Received: 09.11.2024; Accepted: 19.01.2025
Online Published: 12.03.2025

مقاله پژوهشی

مقایسه روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای برای برآورد تعداد در هکتار و درصد تاجپوشش درختان در شبکه‌های آماربرداری مختلف (مطالعه موردي: جنگل مانشت و قلارنگ ایلام، ایران)

امیر مدبیری*

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: آماربرداری جنگل به روش‌های مختلفی انجام می‌شود، می‌توان برای کسب و جمع‌آوری اطلاعات تمام سطح را اندازه‌گیری کرد که این روش به علت هزینه بسیار زیاد و صرف وقت بیش از اندازه در مناطق وسیع مناسب نمی‌باشد. برای حل این مشکل معمولاً از روش نمونه‌برداری استفاده می‌شود. تحقیقات متعددی تاکنون در زمینه بررسی دقت و صحت روش‌های نمونه‌برداری صورت گرفته است. گرچه در مواردی قابلیت روش‌های فاصله‌ای مورد تأیید قرار گرفته، اما موارد دیگری نیز وجود دارد که این روش‌ها با خطأ همراه بودند. از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر صحت برآوردها در این روش‌ها، الگوی پراکنش مکانی درختان است. تحلیل و ارزیابی دقت روش‌های مختلف اندازه‌گیری گیاهان می‌تواند به پژوهشگران در تصمیم‌گیری برای اندازه‌گیری و ارزیابی پوشش گیاهی کمک شایانی نماید.

مواد و روش‌ها: منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ در شمال استان ایلام واقع شده است. در این تحقیق از سطح ۳۳ هزار هکتاری متنطقه براساس بودجه و امکانات ۸۷ هکتار انتخاب و آماربرداری صدرصد در آن اجرا و موقعیت مکانی درختان با استفاده از دستگاه GPS و مشخصات تاجپوشش درختان ثبت گردید. سپس اطلاعات به صورت یک لایه‌ی نقطه‌ای وارد محیط GIS شد و برای پیاده کردن نقاط نمونه‌برداری از روش منظم با شروع نقطه‌های تصادفی استفاده شد. در این مطالعه از پنج روش نمونه‌برداری فاصله‌ای (نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، دومین نزدیک‌ترین همسایه، نقطه مشترک و مربع با نقطه‌ی مرکزی) برای برآورد تراکم و تاجپوشش درختان در ۸۷ هکتار از جنگل‌های بلوط مانشت و قلارنگ استان ایلام در شبکه‌های آماربرداری 100×100 ، 150×150 ، 100×150 و 200×200 متر به ترتیب با تعداد نمونه ۷۱، ۳۴، ۳۴ و ۱۸ استفاده شد و سپس از نظر معیار دقت با نتایج آماربرداری صدرصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

یافته‌ها: از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر صحت برآوردها در روش‌های نمونه‌برداری، الگوی پراکنش مکانی درختان است. در مطالعه حاضر به منظور بررسی تغییرات الگوی مکانی درختان از شاخص‌های کلارک و ایوانز استفاده شد. با توجه به ارزش عددی این شاخص که معادل 0.417 محسوبه شد، این عدد بیانگر الگوی پراکنش درختان به صورت کپه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که از میان روش‌های نمونه‌برداری به کار گرفته در شبکه‌های آماربرداری یاد شده، با توجه به معیار دقت برای تراکم در هکتار و درصد تاجپوشش درختان روش دومین نزدیک‌ترین همسایه با شبکه آماربرداری 200×200 و روش مربع مرکزی با شبکه‌ی آماربرداری 100×100 و 150×150 به ترتیب مناسب‌ترین روش‌ها برای آماربرداری هستند. زیرا این فرمول‌ها دقت قابل قبول $\pm 10\%$ برای کارهای علمی را در این پژوهش فراهم آورده‌اند.

نتیجه‌گیری: با توجه به بررسی به عمل آمده روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در جنگل‌های زاگرس از دقت خوبی برخوردارند و می‌توان از آن‌ها در آماربرداری‌های پژوهشی و اجرایی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آماربرداری فاصله‌ای، روش مربعی با نقطه‌ی مرکزی، نزدیک‌ترین همسایه، نقطه مشترک.

DOI: 10.21859/jfer.4.1.69
ISSN: 2423-4095

گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: modaberi.amir@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰

تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲

مقدمه

مطالعاتی در منطقه‌ی زاگرس صورت گرفته که در ادامه به آنها می‌پردازیم. Karamshahi در سال ۲۰۰۷ در کارزان ایلام با به کار گرفتن روش‌های آماربرداری فاصله‌ای، روش آماربرداری نزدیکترین همسایه K-nn برای پنج درخت را به عنوان مناسب‌ترین روش آماربرداری در تعیین تعداد در هکتار و سطح تاج‌پوشش معرفی کرد. حیدری و همکاران (۲۰۰۸)، به بررسی روش نمونه‌برداری فاصله‌ای در جنگل‌های زاگرس پرداختند، نتایج نشان داد که هیچ کدام از روش‌های ارائه شده برای بررسی تراکم و درصد تاج پوشش درختان با توجه به معیار درستی قابل قبول برای کارهای پژوهشی (درستی در دامنه‌ی $\pm 10\%$) مناسب نبودند، ولی در کارهای اجرایی نتایج قابل قبول نشان دادند. Mirjalili و همکاران (۲۰۰۸) با مقایسه‌ی روش‌های یک چهارم نقطه مرکزی، نزدیکترین فرد، نزدیکترین همسایه، زوج تصادفی و زاویه منظم نتیجه گرفتند، چنانچه جمعیت‌ها دارای الگوی پراکنش یکنواخت با حالت خفیف باشند (پوشش حدود ۱۰ درصد) روش مربعی با نقطه مرکزی و اگر الگوی پراکنش یکنواخت به صورت باشد (پوشش ۱۶-۲۰ درصد) روش نزدیکترین همسایه بیشترین دقت و کارایی را برای اندازه‌گیری تراکم دارد. کیانی (۲۰۱۱)، به مقایسه کارایی روش نمونه‌برداری فاصله‌ای در تاغزارهای منطقه سیاهکوه بیزد پرداخت، نتایج نشان داد که برای برآورد تراکم روش زاویه منظم برای سومین فرد و برای برآورد تاج‌پوشش روش‌های مربع با نقطه مرکزی در منطقه مورد مطالعه مناسب بودند. Askari و همکاران (۲۰۱۳) با به کار گرفتن روش‌های نمونه‌برداری نزدیکترین فرد، نزدیکترین همسایه، دومین نزدیکترین همسایه، روش ترکیبی و روش نقطه‌ای مشترک در جنگل‌های زاگرس به مقایسه کارایی روش‌های فاصله‌ای پرداختند، نتایج نشان داد که برای برآورد تعداد در هکتار روش Curtis و Cottam (۱۹۴۹) و برای درصد تاج‌پوشش از روش‌های نمونه‌برداری ترکیبی و دومین نزدیکترین همسایه می‌توان استفاده کرد. Strickler و Stearns در سال ۱۹۶۲ روش‌های زاویه منظم، یک چهارم نقطه مرکزی

آماربرداری از جنگل به روش‌های مختلفی انجام می‌شود، می‌توان برای کسب و جمع‌آوری اطلاعات تمام سطح را اندازه‌گیری کرد که این روش به علت هزینه بسیار زیاد و صرف وقت بیش از اندازه در مناطق وسیع صحیح نبوده و برای حل این مشکل معمولاً از روش نمونه‌برداری استفاده می‌شود (Zobeiri, 2007) گروهی از این روش‌ها که اجرای آنها نسبت به روش‌های قطعه نمونه هزینه کمتری دارد، روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای هستند (Heidari *et al.*, 2008). این روش‌ها اولین بار از دهه ۱۹۵۰ میلادی برای اندازه‌گیری تراکم گیاهان به کار رفته‌اند و انگیزه اصلی توسعه این روش‌ها برآورد تراکم جمعیت بدون استفاده از قطعه نمونه است (Beasom & Hauck, 1975). تراکم عبارت است از تعداد در واحد سطح تراکم در جنگل که معمولاً بر حسب تعداد در هکتار بیان می‌شود (Bonham, 1989). تراکم به عنوان یکی از مشخصه‌های مهم جهت ارزیابی توده‌ها برای تشریح خصوصیات و تغییرات جوامع گیاهی در دوره‌های مختلف، تغییر و عکس‌العمل گیاهان به عملیات مختلف مدیریتی، اندازه‌گیری پوشش، تعیین ترکیب گونه‌ای و تخمین تولید و بیوماس دارای نقش مهمی است (Musaei Sanjarei, 2008). اندازه‌گیری تراکم با روش‌های فاصله‌ای بر این اصل استوار هستند که با افزایش انبوهی، فاصله بین گیاهان کاهش می‌یابد و اندازه‌گیری فاصله بین گونه‌ها اساس کار این روش‌ها است (Mesdaghi, 2005). تحقیقات متعددی تاکنون در زمینه بررسی دقت و صحت روش‌های نمونه‌برداری صورت گرفته است. گرچه در مواردی قابلیت روش‌های فاصله‌ای مورد تأیید قرار گرفته، اما موارد دیگری نیز وجود دارد که این روش‌ها با خطأ همراه بودند. از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر صحت برآوردها در این روش‌ها، الگوی پراکنش مکانی افراد است (Heidari, 2008). بنابراین می‌توان برای گونه‌های مختلف و نیز جنگل‌های مختلف با توجه به الگوی پراکنش انتظار نتایج متفاوتی از نظر اریبی داشت (Askari *et al.*, 2013). در زمینه‌ی نمونه‌برداری فاصله‌ای تاکنون

می‌باشد، برخی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم و تاج‌پوشش را در تیپ بلوط غرب کشور با استفاده از معیار دقت در شبکه‌های آماربرداری مختلف مورد ارزیابی قرار دهد و مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری را برای جنگل‌های این منطقه معرفی نماید.

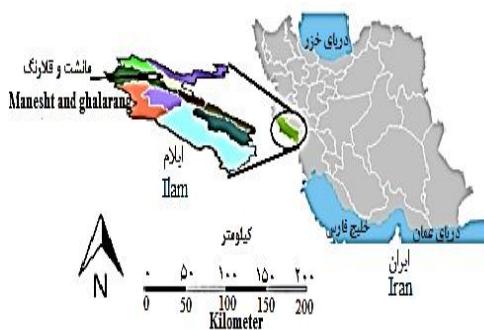
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ در شمال استان ایلام واقع در در ۲۰ کیلومتری شهرستان ایلام با طول جغرافیایی $۱۵^{\circ} ۱۵' ۴۶^{\circ}$ تا $۲۷^{\circ} ۴۰' ۵۰'$ شرقی و عرض جغرافیایی $۳۰^{\circ} ۰۱' ۳۳^{\circ}$ تا $۱۳^{\circ} ۵۰'$ شمالی و در جهت شرقی قرار گرفته است. این حوزه منطقه‌ای کوهستانی از ناحیه رویشی زاگرس است که پوشش گیاهی آن را درخت بلوط ایرانی، به عنوان گونه‌ی غالب چوبی تشکیل داده است. دامنه‌ی تغییرات ارتفاعی منطقه بین ۱۱۰۵ تا ۲۶۵۰ متر از سطح دریا است. مطالعه توزیع بارندگی ایستگاه‌های مختلف حاکی از آن است که رژیم بارندگی منطقه مدیترانه‌ای است. میانگین دمای روزانه در سال منطقه $9/8$ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداقل دمای منطقه $18/4$ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداقل دمای منطقه ۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط ایام یخبندان ۴۲ روز در سال است. حداقل مطلق دما -15 درجه سانتی‌گراد و ماکزیمم مطلق سالیانه ۴۷ درجه سانتی‌گراد است. وسعت منطقه ۳۳ هزار هکتار بصورت کوهستانی با پوشش جنگلی است. به منظور اجرای این پژوهش منطقه‌ای به وسعت ۸۷ هکتار برای مقایسه‌ی روش‌های مختلف نمونه‌برداری در شبکه‌های آماربرداری (شکل ۱) 100×100 ، 150×150 ، 200×100 و 200×200 به گونه‌ای انتخاب شد که براساس شرایط توپوگرافی و ساختار توده‌ای نماینده‌ای از جنگل‌های زاگرس باشد.

(شکل ۱)

و زاویه‌ی سرگردان را در بوتزارهای بیابانی آریزونا مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش یک چهارم نقطه مرکزی در جوامع دارای توزیع تصادفی تخمین نزدیک به واقعیت را ارائه می‌کند. Lyon (۱۹۶۸) تکنیک‌های کوادرات و تکنیک‌های بدون پلات در جوامع گیاهی مورد ارزیابی قرار داده و گزارش نمودند که کوادرات‌های مستطیلی و روش یک چهارم نقطه مرکزی نتایج دقیقی را به دست می‌آورند (Hauck و Beasom ۱۹۷۵) چهار روش برآورد تراکم درختان را از جمله نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، زوج تصادفی و مربعی با نقطه‌ی مرکزی را در مناطق ساحلی تنگ‌آس مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که به ترتیب روش‌های مربعی با نقطه‌ی مرکزی، زوج تصادفی و نزدیک‌ترین همسایه بالاترین دقت را دارند. زارع و همکاران (۲۰۱۶)، نمونه‌برداری فاصله‌ای را برای ویژگی‌های زیست‌سنجدی توده‌های تنک بنه در زاگرس استفاده کردند و نتایج نشان داد که دو روش تک فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد و نزدیک‌ترین همسایه برای برآورد صحیح و دقیق ویژگی‌های زیست‌سنجدی درختان بنه در توده تنک مورد مطالعه از کارایی لازم برخوردار بودند. Mitchell در سال ۲۰۰۱ برای بررسی دقت تراکم گونه‌های جنگلی از روش چهارگوش استفاده کرد و نتایج را قابل قبول ارزیابی نمود. Kissia و Sheil هم در سال ۲۰۱۲، به مقایسه روش‌های فاصله‌ای، ترانسکت و ترانسکت با عرض ثابت برای تعیین تراکم درختی در جنگل‌های تروپیکال پرداختند، نتایج تحقیق آنها نشان داد که روش‌های فاصله‌ای حتی در شرایط سخت (توپوگرافی، پوشش و عوارض زمین) بهترین نتایج را ارائه می‌دهند. با توجه به ضرورت وجود اطلاعات پایه توده‌ها جهت کمک به محققان در تصمیم‌گیری برای اندازه‌گیری و ارزیابی پژوهش به پیشنهاد Zare و همکاران (۲۰۱۶)، این پژوهش سعی دارد تا در راستای مطالعات انجام‌شده که تعداد آنها با توجه به گستردگی مناطق رویشی ایران اندک



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the study area

معمولًا از این شاخص رابطه‌ی (۱) برای تعیین میزان انحرافی که یک توده جنگلی از جنگل پوآسون (جنگلی با توزیع تصادفی) دارد استفاده می‌شود. در این شاخص، میانگین فاصله بین یک درخت و نزدیکترین همسایه آن (r_A) با میانگین مورد انتظار در صورتی که موقعیت درختان به طور تصادفی پراکنده شده باشند (r_E) مورد مقایسه قرار می‌گیرد. مقدار میانگین این شاخص از رابطه ۱ قابل محاسبه است (Kint *et al.*, 2000).

رابطه (۱)

$$CE = \frac{r_A}{r_E} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i}{0.5 \sqrt{\left(\frac{A}{N} + 0.0514 \cdot \frac{P}{N} + 0.041 \cdot \frac{P}{N^{3/2}} \right)}} \in [0, 2.1491]$$

در رابطه فوق، r_i عبارت است از فاصله بین درخت i ام و نزدیکترین همسایه‌اش به متر؛ N نشان‌دهنده‌ی تعداد کل درختان در داخل قطعه نمونه؛ A سطح قطعه نمونه به متر مربع و P محیط قطعه نمونه به متر است. زمانی که در جنگل مورد مطالعه پراکنش درختان از الگوی تصادفی پیروی کند، مقدار CE برابر با ۱ می‌شود. در حالی که $CE < 1$ نشان دهنده‌ی الگوی کپه‌ای؛ و مقدار $CE > 1$ بیشتر از ۱ بیان کننده‌ی موقعیت منظم درختان است (Kint *et al.*, 2000). علاوه بر این روابط، برای بررسی الگوی مکانی از آزمون Z نیز استفاده می‌شود (رابطه ۲).

$$Z = \frac{r_A - r_E}{s_r} \quad \text{رابطه (۲)}$$

جمع‌آوری داده‌ها

در این تحقیق از سطح ۳۳ هزار هکتاری منطقه بر اساس بودجه و امکانات ۸۷ هکتار انتخاب و آماربرداری صدرصد در آن اجرا و موقعیت مکانی درختان با استفاده از دستگاه GPS و مشخصات تاج‌پوشش درختان ثبت گردید. سپس اطلاعات به صورت یک لایه‌ی نقطه‌ای وارد محیط GIS شد و برای پیاده کردن نقاط نمونه‌برداری از روش منظم با شروع نقطعه تصادفی استفاده شد. برای روش نمونه‌برداری نزدیکترین فرد، نزدیکترین همسایه، دومین نزدیکترین همسایه، نقطه‌ی مشترک و مربعی با نقطه‌ی مرکزی شبکه آماربرداری به ابعاد (۱۰۰×۱۰۰)، (۱۵۰×۱۵۰)، (۲۰۰×۲۰۰) و (۲۰۰×۲۰۰) متر طراحی و روی نقشه منطقه مورد نظر به صورت تصادفی قرار داده شد. این الگو توسط نرم افزار Arc GIS طراحی شد. محل تقاطع اضلاع شبکه در لایه‌ی نقطه‌ای، به عنوان نقاط نمونه‌برداری درنظر گرفته شد که به ترتیب در شبکه‌های آماربرداری (۱۸، ۳۴، ۳۴ و ۷۱) نمونه برداشت شد. با توجه به تاثیر الگوی پراکنش درختان در برآورد تراکم و تاج‌پوشش درختان در روشهای فاصله‌ای، به این منظور از شاخص کلارک و ایوانز برای بدست آوردن الگوی پراکنش استفاده شد (Heidari *et al.*, 2008).

شاخص کلارک و ایوانز (CE)

دومین نزدیکترین همسایه نیز باید انجام شود. نمونه‌برداری مربعی با نقطه مرکزی: در این روش در نقطه‌ی نمونه‌برداری دو خط عمود بر هم رسم کرده، سپس در هر یک از چارک‌های به‌دست آمده نزدیکترین فرد به نقطه نمونه‌برداری انتخاب و فاصله آن تا نقطه‌ی نمونه‌برداری اندازه‌گیری می‌شود. فرمول‌های محاسبه‌ی تراکم در جدول (۱) توضیح داده شده است. سطح متوسط تاج‌پوشش هر درخت با در نظر گرفتن قطر کوچک و قطر بزرگ از طریق محاسبه مساحت بیضی و سطح تاج‌پوشش درختان در هکتار به متر مربع و درنهایت درصد تاج‌پوشش از طریق رابطه‌های ۳، ۴ و ۵ به‌دست می‌آید (Zobeiri, 2007).

$$\bar{cc} = \frac{\sum_{i=1}^n cc_i}{n} \quad (3)$$

cc. سطح تاج‌پوشش: تعداد نمونه

$$cc_{ha} = \bar{cc} \times \hat{N}_{ha} \quad (4)$$

$$cc\% = \frac{\bar{cc} \times \hat{N}_{ha}}{100} \quad (5)$$

سپس براساس فرمول، دقت، تعداد در هکتار و درصد تاج‌پوشش درختان در روش‌های نمونه‌برداری به کار گرفته شده در شبکه‌های آماربرداری مختلف مورد مقایسه قرار گرفتند تا مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری بر اساس شبکه‌ی آماربرداری (با توجه به معیار درستی) از بین روش‌های مورد استفاده جهت کارهای پژوهشی و اجرایی برای جنگل‌های منطقه معرفی شود (Southwood & Henderson, 2000).

$$A = \frac{\text{Estimated}-\text{True}}{\text{True}} \times (\pm 100) \quad (6)$$

TA: میانگین فاصله‌های بین درختان تا نزدیکترین همسایه‌های آن‌ها به متر

TE: میانگین فاصله‌ی نزدیکترین همسایه در یک توده جنگلی به متر

S_r: انحراف معیار فواصل مشاهده شده

تفسیر مقدار آماره‌ی Z به شرح زیر است:

$Z \leq -1/96$ - الگوی مکانی تصادفی

$Z > +1/96$: الگوی مکانی منظم

$Z < -1/96$: الگوی مکانی کپه‌ای

روش اجرای روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای

نمونه‌برداری نزدیکترین فرد: در این روش در هر نقطه تصادفی، نزدیکترین درخت به آن را مشخص و فاصله بین آنها به عنوان نزدیکترین فرد اندازه‌گیری می‌شود. در نمونه‌برداری نزدیکترین همسایه: هر نقطه تصادفی پس از تعیین نزدیکترین درخت به نقطه تصادفی، نزدیکترین همسایه به این فرد را تعیین کرده و فاصله بین این دو درخت اندازه‌گیری می‌شود. نمونه‌برداری دومین نزدیکترین همسایه: در این روش در هر نقطه، نزدیکترین فرد به آن را مشخص کرده و در مرحله بعد نزدیکترین همسایه به فرد مشخص شده را انتخاب و در مرحله آخر نزدیکترین همسایه به فرد مشخص شده در مرحله قبل را تعیین، مشخصات فاصله آن را اندازه‌گیری می‌کنیم. نمونه‌برداری نقطه‌ی مشترک: در این روش ابتدا باید فاصله‌ی نقطه‌ی نمونه‌برداری تا نزدیکترین فرد به آن و مشخصات آن فرد یادداشت شود. این کار برای نزدیکترین همسایه و

جدول ۱- فرمول‌های محاسبه تراکم درختان در هکتار در روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای

Table 1- Formulas for calculating the density of trees per hectare in distance sampling methods

روش نمونه‌برداری	فرمول تراکم	آماره
Sampling method	Density formula	Statistics
نزدیکترین فرد	$N = \frac{n}{\pi \varepsilon(r_{pi}^2)} \times 10000$	n: تعداد نقاط نمونه number of sample points
Nearest- individual	Curtis و Cottam (۱۹۴۹) به نقل از (۲۰۰۸) Heidari	r_{pi} : فاصله‌ی نزدیکترین فرد تا نقطه نمونه‌برداری
نزدیکترین همسایه	$N = \frac{n}{\pi \varepsilon(r_{ni}^2)} \times 10000$	r_{ni} : فاصله‌ی بین فرد اول و نزدیکترین همسایه
Nearest- neighbor	Curtis و Cottam (۱۹۴۹) به نقل از (۲۰۰۸) Heidari	Distance between the first tree and nearest neighbor
دومین نزدیکترین همسایه	$N = \frac{n}{\pi(r_{mi}^2)} \times 10000$	فاصله بین فرد دوم و نزدیکترین همسایه آن
Second nearest neighbor	Curtis و Cottam (۱۹۴۹) به نقل از (۲۰۰۸) Heidari	Distance between the second tree and its nearest neighbor
نقطه مشترک	$N = \frac{1}{4[\bar{r}_p]^2} + \frac{1}{2.778[\bar{r}_n]^2} + \frac{1}{2.778[\bar{r}_m]^2}$	\bar{r}_p : فاصله نقطه نمونه‌برداری تا درخت
Joint-point	$= \frac{3}{}$	Distance of sampling point to tree
مربعی با نقطه مرکزی	$N = \frac{n}{\bar{r}_p^2} \times 10000$	\bar{r}_n : فاصله درخت به نزدیک ترین همسایه
Point- centered quarter	مامورین ارزیاب ایالات متحده آمریکا (قرن ۱۹) Mesdaghi به نقل از (۲۰۰۵)	\bar{r}_m : Distance of tree to the nearest neighbor
		\bar{r}_m : فاصله درخت دوم تا درخت سوم
		Distance between the second tree and the third tree
		r_p^2 : میانگین فاصله‌ی چارک‌ها
		Average quartile distance

نتایج

شده است. مقدار قابل قبول دقت معادل (دقت کمتر از٪ ± 10) است. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود مقدار مثبت معیار دقت به عنوان بزرگتر از مقدار واقعی و منفی نشان‌دهنده‌ی مقدار کوچکتر از آمار واقعی است. نمونه‌برداری دومین نزدیک‌ترین همسایه در شبکه‌ی آماربرداری 200×200 با ارزش عددی $8/63$ در محدوده‌ی قابل قبول دقت قرار گرفت و با توجه به مشت بودن آن ارزش عددی بیشتری از میانگین واقعی دارد. برآورد درصد تاج‌پوشش درختان جنگل‌های مانشت و قلارنگ ایلام با به کار گرفتن پنج روش نمونه‌برداری فاصله‌ای در شبکه‌های آماربرداری مختلف و همچنین میزان دقت این روش‌ها با توجه به آماربرداری صدرصد درختان در جدول (۳) نشان داده شده است. در این جدول برای برآورد تاج‌پوشش درختان روش نمونه‌برداری مربعی با نقطه‌ی مرکزی در شبکه‌های 200×200 و 150×150 به ترتیب با ارزش عددی $5/49$ و $8/96$ - بهترین دقت را نسبت به میانگین واقعی داشتند و هر دو با توجه به منفی بودن نشان از مقدار واقعی کمتر بودند.

آماربرداری صدرصد درختان نشان می‌دهد که در مجموع ۱۲۰۳۶ پایه بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)، ۳۲ پایه بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) و ۱۱ پایه خنجوک (*Pistacia khinjuk* Stocks.) در منطقه به مساحت ۸۷ هکتار حضور دارند. میانگین سطح تاج یک درخت $26/34$ متر مربع است و درصد تاج‌پوشش درختان $36/57\%$ است. تراکم درختان 139 اصله در هکتار است. برای تعیین الگوی مکانی مطلق درختان منطقه از شاخص کلارک و ایوانز استفاده شد، ارزش این شاخص برای منطقه معادل $4/417$ است که بیانگر الگوی کپه‌ای است. علاوه بر آن از آزمون آماری Z نیز استفاده شد که مقدار آن معادل $-13/38$ به دست آمد که تأییدی بر نتیجه‌ی به دست آمده است. در جدول (۲) برآورد تعداد در هکتار درختان جنگل‌های مانشت و قلارنگ ایلام با به کار گرفتن پنج روش نمونه‌برداری فاصله‌ای در شبکه‌های آماربرداری مختلف و همچنین میزان دقت این روش‌ها با توجه به آماربرداری صدرصد درختان نشان داده شده است.

جدول ۲- برآورد تعداد در هکتار درختان منطقه مانشت و قلارنگ در شبکه آماربرداری مختلف

Table 2- Estimation of the number of trees per hectare of the Manesht and Ghalarang regions in different inventory network

روش آماربرداری Sampling method	دقت Accuracy	۲۰۰×۲۰۰ meter	دقت Accuracy	۲۰۰×۱۰۰ meter	دقت Accuracy	۱۵۰×۱۵۰ meter	دقت Accuracy	۱۰۰×۱۰۰ meter
نزدیک‌ترین فرد Nearest- individual	18.70	113	-28.77	99	-33.09	93	-25.17	104
نزدیک‌ترین همسایه Nearest- neighbor	-26.61	102	-44.60	77	-39.56	84	-32.37	94
دومین نزدیک‌ترین همسایه Second nearest neighbor	8.63	151	29.49	180	-26.61	102	14.38	159
نقطه مشترک Joint-point	-35.25	90	-30.21	97	35.25	188	-47.48	73
مربعی با نقطه مرکزی Point- centered quarter	-93.52	9	-10.79	124	4-24.46	105	-69.06	43

جدول ۳- برآورد درصد تاج پوشش درختان منطقه مانشت و قلارنگ در شبکه آماربرداری مختلف**Table 3- Estimation of canopy cover percentage of the Manesht and Ghalarang trees in different inventory network**

روش آماربرداری Sampling method	دققت Accuracy	۲۰۰×۲۰۰ 200×200m	دققت Accuracy	۲۰۰×۱۰۰ 100×200m	دققت Accuracy	۱۵۰×۱۵۰ 150×150m	دققت Accuracy	۱۰۰×۱۰۰ 100×100m
نزدیکترین فرد Nearest-individual	-24.25	27.70	-21.24	28.80	-24.74	27.57	-22.04	28.51
نزدیکترین همسایه Nearest-neighbor	-42.57	21	-48.23	18.93	-35.05	23.75	-35.52	23.58
نزدیکترین دومنین Second nearest neighbor	18.59	43.37	23.81	45.28	-26.91	26.73	21.27	44.35
نقطه مشترک Joint-point	-39.13	22.26	-30.38	25.46	94.14	71	-46.57	19.54
مربعی با نقطه مرکزی Point-centered quarter	-92.53	2.73	-5.49	34.56	-8.96	33.29	-66.2	12.36

متقابل را از بین ببریم (Modaberi, 2015). همان‌طوری که در جدول (۲) مشاهده می‌شود برای برآورد تعداد در هکتار درختان روش نزدیکترین همسایه با شبکه‌ای آماربرداری 200×200 متر برآورد قابل قبولی (دقت کمتر از٪ ± 10) را نشان می‌دهد. با توجه به مثبت بودن شاخص دقت مقدار برآورد شده بیشتر از مقدار واقعی است که از این نظر با Heidari و Curtis (1949) و نیز Heidari و همکاران (2008) همخوانی ندارد. نام برگان عامل برآورد کم تراکم درختان را پراکنش کپهای درختان دانسته‌اند، به عقیده‌ی آنها عامل پراکنش کپهای درختان در فرمول‌های برآورد تراکم روش فاصله‌ای تأثیرگذار است و باعث می‌شود که تراکم درختان را کمتر از مقدار واقعی خود برآورد کند. البته لازم به ذکر است، اربیی وابسته به طرح (شبکه آماربرداری، تعداد نقاط نمونه و غیره) یا برآوردهای اتفاق بیفتند (Anderson et al., 2006). در کارهای اجرایی دقت Southwood & Henderson (2000) در این پژوهش برای برآورد تعداد در هکتار در کارهای اجرایی به ترتیب روش‌های مربعی با نقطه‌ی مرکزی 100×100 ، دومین نزدیکترین همسایه 200×100 ، نزدیکترین فرد 200×200 و مربعی با نقطه‌ی مرکزی 150×150 متر مناسب ارزیابی شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که روش‌های فاصله‌ای در جنگل‌های مانشت و قلارنگ

بحث

از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر صحبت برآوردها در روش‌های نمونه‌برداری، الگوی پراکنش مکانی افراد است (Heidari و همکاران 2008) در مطالعه حاضر به منظور بررسی تغییرات الگوی مکانی درختان از شاخص‌های کلارک و ایوانز استفاده شد. با توجه به ارزش عددی این شاخص که معادل ۰/۴۱۷ محسوبه شد، این عدد بیانگر الگوی پراکنش درختان به صورت کپهای است، نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج پژوهش‌های Safari و همکاران (2010)، Farhadi و Ebrahimi (2013) Pourbabaei و همکاران (2014) که الگوی پراکنش گونه‌های مختلف بلوط را به شکل کپهای معرفی کردند، همخوانی دارد. در گونه‌هایی که عده زادآوری آن‌ها توسط بذر صورت می‌گیرد، الگوی مکانی آتی با نحوه پراکنش بذر ارتباط مستقیمی دارد و Erfani Fard (2007)، Mouro و همکاران (2008) و همکاران (2014) در مطالعات خود زادآوری درختان بلوط را کپهای معرفی کردند و علت این الگو را در بذرهای سنگین این گونه دانستند. وقتی حضور یک فرد بر حضور فرد دیگری تأثیر زیادی نداشته باشد، پراکنش این افراد تصادفی است؛ با توجه به اثر متقابل گیاهان بر همدیگر و پویایی جوامع گیاهی این مطلب به ندرت در طبیعت پدید می‌آید، مگر اینکه با دخالت‌های شدید ارتباطات

دومین نزدیکترین همسایه 200×200 ، نزدیکترین فرد 150×150 متر مناسب ارزیابی شدند. نتایج این پژوهش نشان دهنده کارایی علمی و اجرایی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در جنگل‌های زاگرس است که در راستای تحقیقات Sheil و Kiss (۲۰۱۲) در جنگل‌های تروپیکال است. نامبردگان بیان کردند که روش‌های فاصله‌ای حتی در شرایط سخت (تپوگرافی، پوشش و عوارض زمین) نیز بهترین نتایج را ارائه می‌دهند. هر چند که با افزایش ابعاد شبکه زمان برداشت و گذر از قطعه نمونه افزایش می‌یابد که پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات بعدی فاکتور زمان نیز برای بررسی کارایی در نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، روش مربعی با نقطه‌ی مرکزی 100×100 متر و روش دومین نزدیکترین همسایه 200×200 متر از نظر دقیق دارای اعتبار بیشتری نسبت به سایر روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای بودند. یک مساله‌ای که در این تحقیق با آن مواجه شدیم این است که چرا وقتی با شبکه آماربرداری کوچک آماربرداری می‌کنیم علی‌رغم بالا رفتن تعداد نمونه معیار دقیق کمتر نمی‌شود، دلیل این امر می‌تواند ناشی از الگوی پراکنش درختان موجود در منطقه باشد چون که روش‌های فاصله‌ای عمدهاً برای الگوهای تصادفی طراحی شده‌اند و الگوی کپهای شاید باعث اریب در آنها شود (Mesdaghi, 2005). مورد دیگری هم که به آن باید توجه کرد تراکم درختان منطقه مورد بررسی است، در بسیاری از پژوهش‌های پیشین نشان داده شده که با تغییر تراکم منطقه مورد بررسی، کارایی روش‌های نمونه‌برداری Heidari *et al.*, 2008; Askari *et al.*, 2013; Zare *et al.*, 2016 کارایی روش‌های می‌تواند باعث اختلاف در دقیق روش‌ها شود. به طور کلی انجام پژوهش‌های مقایسه‌ای در روش‌های مختلف نمونه‌برداری برای گونه‌های مختلف گیاهی در مناطق مختلف رویشی به پژوهشگران کمک می‌کند که با توجه به شرایط خاص پژوهش خود روش مناسب‌تر را از لحاظ اجرایی و دقیق انتخاب نمایند، این فرآیند منجر به صرفه‌جویی در وقت و افزایش دقیق در نمونه‌برداری می‌شود.

برآورد متفاوتی از تراکم دارند. اختلاف بین روش‌ها در هر منطقه با فرم رویشی و الگوی پراکنش مکانی یکسان ممکن است ناشی از ماهیت متفاوت روش‌ها در انتخاب گیاهان، اندازه‌گیری فواصل و همچنین نحوه محاسبه تراکم با توجه به فرمول‌های مختص به هر روش باشد (Anderson *et al.*, 2006). نتایج این پژوهش با مطالعات Askari و همکاران (۲۰۱۳) که روش نمونه‌برداری دومین نزدیکترین همسایه را به عنوان مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری تراکم در جنگل‌های زاگرس معرفی کردند، همخوانی دارد. از آنجایی که جنگل‌های زاگرس حفاظتی و حمایتی بوده، نقش حفاظت از آب و خاک در آنها از اولویت خاصی برخوردار می‌باشد و با توجه به اینکه ساختار این جنگل‌ها اغلب شاخه‌زاد بوده و قادر به تولید چوب صنعتی نمی‌باشد، در نتیجه مهمترین عامل اندازه‌گیری برای این جنگل‌ها سطح تاج درختان (سطح تاج پوشش) است (Erfani Fard *et al.*, 2013). در رابطه با برآورد درصد تاج پوشش درختان جنگل‌های مانشت و قلارنگ همان‌طوری که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، برای برآورد درصد تاج پوشش درختان به ترتیب روش مربعی با نقطه‌ی مرکزی در شبکه‌ی آماربرداری 100×100 و 200×200 متر برآورد قابل قبولی (دقیق کمتر از $\pm 10\%$) را نشان می‌دهند. این بخش Mirjalili (۲۰۰۱) Borhani (۲۰۰۱)، Stearns و Strickler (۲۰۱۱)، Kiani (۲۰۰۸)، Lyon (۱۹۶۲)، Beasom (۱۹۶۸) و Joset (۲۰۰۷) هم‌خوانی دارد. Joset (۲۰۰۴) در مورد روش مربعی با نقطه‌ی مرکزی بیان کرد که این روش مناسب و ایده‌آل برای اندازه‌گیری گیاهان در رویشگاه‌های غیریکنواخت است. با توجه به تنوع تپوگرافی جنگل‌های زاگرس و غیریکنواختی پراکنش درختان در این ناحیه رویشی روش مربعی با نقطه‌ی مرکزی روشی ایده‌آل برای اندازه‌گیری مشخصات کمی درختان منطقه‌ی زاگرس است. با توجه به منفی بودن شاخص دقیق برای فاکتور تاج پوشش مقدار برآورد شده‌ی تاج پوشش کمتر از مقدار واقعی آن است. در این پژوهش برای برآورد درصد تاج پوشش در کارهای اجرایی به ترتیب روش‌های دومین نزدیکترین همسایه 200×200 ، نزدیکترین فرد 100×100 ، دومین نزدیکترین همسایه 100×100 ، نزدیکترین فرد 100×100 ،

منابع

- Anderson, R.C., Jones, S.L. & Swigart, R. 2006. Modifying distance methods to improve estimates of historical tree density from General Land office survey records. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 133(3): 449-459. [[DOI:10.3159/1095-5674\(2006\)133\[449:MDMTIE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3159/1095-5674(2006)133[449:MDMTIE]2.0.CO;2)]
- Askari, Y., Zobeiri, M. & Sohrabi, H. 2013. Comparison of five distance sampling methods for estimating quantitative characteristics of Zagros Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 316-328. [In Persian]
- Beasom, S.L. & Hauck, H.H. 1975. A comparsion of four distance sampling techniques in south texas live oak Mottes. *Journal of Range management*, 28(2): 142-144. [[DOI:10.2307/3897447](https://doi.org/10.2307/3897447)]
- Borhani, M. 2001. Compare the methods used to estimate the coverage and density of shrub step in Esfahan province. master thesis, Esfahan University, Department of Natural Resources Esfahan, Range Management, 157p. [In Persian]
- Bonham, C.D. 1989. Measurements for terrestrial vegetation. John Wiley and Sons. New York, NY. 352 p.
- Cottam, G., Curtis, J.T. 1949. A method for making rapid surveys of woodlands by means of pairs of randomly selected trees. *Ecology*, 30(1):101-104. [[DOI:10.2307/1932281](https://doi.org/10.2307/1932281)]
- Erfani Fard, S.Y., Feghhi, J., Zobeiri, M. & Namiranian, M., 2008. Investigation on the Spatial Pattern of Trees in Zagros Forests. *Iranian Journal of Natural Resources*, 60(4): 1319-1328. [In Persian]
- Ebrahimi, S.S. & Pourbabaei, H., 2013. Effect of conservation on spatial pattern of dominant trees in beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Communities, case study: Masal, Guilan. *Applied Ecoligy*, 2(4): 13-23. [In Persian]
- Farhadi, P., Soosani, J., Adeli, K. & Alijani, V. 2014. Investigation of positioning and species diversity changes caused by local communities in Zagros forests (case study: Ghalehgol forest, Zagros, IRAN). *Wood & Forest Science and Technology*, 20(4): 61-80. [In Persian]
- Hegazy, A.K. & Kabel, H.F. 2007. Significance of microhabitat heterogeneity in the spatial pattern and size-calss structure of *Anastatica hierochuntica* L. *Acta Oecologica*, 31(3): 332-342. [[DOI:10.1016/j.actao.2007.01.006](https://doi.org/10.1016/j.actao.2007.01.006)]
- Heidari, R.H. 2008. Distance sampling methods in forest inventory, Razi University Press, 121p. [In Persian]
- Heidari, R. H., Namiranian, M., Zobeiri, M. & Sobhani, H. 2008. Sampling study of applicability of point-center quarter method in Zagros Forests (case study: Kermanshah province). *Journal of the Iranian Natural Researches*, 61(1): 85-97. [In Persian]
- Hosseini, A., Hosseini, S.M., Rahmani, A. & Azadfar, D. 2014. Comparison between two oak stands (healthy and affected by oak decline) in respect to characteristics of competitive environments at Ilam province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(4): 606-616. [In Persian]
- Joset, L. 2004. A simple distance estimator for plant density in uniform stand. *New Zealand Ecological Society*, 20: 131-147.
- Kevin, M. 2007. Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method. *Geneva*, NY 14456.
- Kint, V., Lust, N., Ferris, R. & Olsthoorn, A.F.M. 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scote Pine (*Pinus Sylvestris* L.) forests. *Investigation Agaria: Sistmas y Recursos Forestales: Fuera de Serie*, 1: 147-163. [[DOI:10.5424/681](https://doi.org/10.5424/681)]
- Kissa, D.O. & Sheil, D. 2012. Visual detection based distance sampling offers efficient density estimation for distinctive low abundance tropical forest tree species in complex terrain. *Forest Ecology and Management*, 263(1): 114-121. [[DOI:10.1016/j.foreco.2011.09.020](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.09.020)]

- Karamshahi, A. 2007. Evaluation of different sampling methods circle and the distance. PhD Thesis, Department of Natural Resources, Tehran University, 164p. [In Persian]
- Kiani, B., 2011. Compare sampling techniques are productivity in Siahkoh area in Yazd province. PhD Thesis, Department of Natural Resources, Tarbiat Modarres University, 135p. [In Persian]
- Lyon, L.J. 1968. An evaluation of density sampling methods in a shrub's community. *Journal of Range management*, 22(1): 16-20. [[DOI:10.2307/3896236](https://doi.org/10.2307/3896236)]
- Mitchell, K. 2001. Quantitative Analysis by the Point-centered quarter Method. *arXiv preprint arXiv*, 1010.3303.
- Mouro, S.M., García, L.V., Marañón, T. & Freitas, H. 2007. Recruitment patterns in a mediterranean oak forest: A case study showing the importance of the spatial component. *Forest Science*, 53(6): 645-652. [[DOI:10.1093/forestscience/53.6.645](https://doi.org/10.1093/forestscience/53.6.645)]
- Mesdaghi, M. 2005. Vegetation Ecology. Jahad Daneshgahi Publication, 184p. [In Persian]
- Mirjalili, A., Dianati Tilaki, Gh., & Baghestani N. 2008. Comparison of five distance methods for estimating density on Shrub Communities in Tang-Laybid Yazd. *Iranian journal of Range and Desert Research*, 15(3): 295- 303. [In Persian]
- Modaberi, A. 2015. An Analysis of the Changes in of Zagros Forest Structure Due to Effect on Decline by Using Neighbourhood-Based Variables (case study: Central Zagros), Master Thesis, University of Lorestan, Faculty of Agriculture, 100p. [In Persian]
- Musaei Sanjarei, M. & Basiri, M. 2008. Comparison and evaluation of density measurement methods on *Artemisia sieberi* shrublands in Yazd province. *Journal of the Iranian Natural Research*, 61(1): 235-251. [In Persian]
- Saadatfar, A., Barani, H. & Mesdaghi, M. 2007. An investigation on comparison of eight distance methods of density *Zygophyllum eurypterum* in Bardsir- Sirjan region. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(1): 183- 192.
- Southwood, T.R.E. & Henderson, P.A. 2000. Ecological Methods. Blackwell science, pp. 462-502.
- Strickler, G.S. & Stearns. F.W. 1962. The determination of plant density, pp.30-40. In Range Research Methods. A Symposium. (Denver, CO.) USDA Forest Service Miscellaneous publication No. 940, 172p.
- Safari, A., Shabanian, N., Heydari, R.H., Erfanifard, S.Y. & Pourreza, M. 2010. Spatial pattern of Manna Oak trees (*Quercus brantii* Lindl.). in Bayangan forests of Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 2(2): 177- 185. [In Persian]
- Zare, L., Erfanifard, Y., Taghvai, M. & Kariminejad, N. 2016. Efficiency of distance sampling methods in estimation of biometric characteristics of wild pistachio (*Pistachio atlantica* subsp. *mutica*) open stands in Zagros. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 23(3):1512-1537. [In Persian]
- Zobeiri, M. 2007. Forest Biometry. University of Tehran Press, 405p. [In Persian]