Journal of Forest Ecosystems Researches, 2024, 4(1): 69-80

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.

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

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

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

Received: 09.11.2024; Accepted: 19.01.2025

Online Published: 12.03.2025

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

مقاله پژوهشی

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

امیر مدبری[1*]

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 خطا همراه بودند. ازجمله 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 متطقه براساس بودجه و امکانات ۸۷ هکتار انتخاب و آماربرداری صددرصد درآن 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 بـا شـروع نقطه 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 (۱۰۰×۱۰۰، ۱۵۰×۱۵۰، ۲۰۰×۱۰۰ و ۲۰۰×۲۰۰ متر) به ترتیب با تعداد نمونه (۷۱، ۳۴، ۳۴ و ۱۸) استفاده شد و سپس از نظر معیار دقت با نتایج آماربرداری صددرصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

یافته‌ها: ازجمله 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 ۰/۴۱۷ محاسبه 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 ۲۰۰×۲۰۰ و روش مربع مرکزی با شبکه‌ی آماربرداری ۱۰۰×۲۰۰ و ۱۵۰×۱۵۰ به ترتیب مناسب‌ترین روش‌ها برای آماربرداری هستند. زیرا این فرمول‌ها دقت قابل قبول ٪۱۰± برای کارهای علمی را در این پژوهش فراهم آورده‌اند.

نتیجه‌گیری: با توجه به بررسی به‌عمل 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 فرد، نزدیک‌ترین همسایه، نقطه مشترک.

---

[1] گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

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

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰
تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

مقدمه

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 دهه‌ی 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 خطا همراه بودند. ازجمله 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 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 ٪ ۱۰±) 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 نقطه‌ی مرکزی و اگر الگوی پراکنش یکنواخت به صورت باشد (پوشش ۲۰-۱۶ درصد) روش نزدیکترین همسایه بیشترین دقت و کارایی را برای اندازه گیری تراکم دارد. کیانی (۲۰۱۱)، به مقایسه کارایی روش نمونه‌برداری فاصله‌ای در تاغزارهای منطقه سیاهکوه یزد 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 نقطه‌ی مشترک در جنگل‌های زاگرس به مقایسه کارایی روش‌های فاصله‌ای پرداختند، نتایج نشان داد که برای برآورد تعداد در هکتار روش Cottam و Curtis (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

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

و زاویه‌ی سرگردان را در بوته‌زارهای 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 می کند. 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 Beasom و Hauck (۱۹۷۵) چهار روش برآورد تراکم درختان را از جمله نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، زوج تصادفی و مربعی با نقطه‌ی مرکزی را در مناطق ساحلی تگزاس 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 زیست سنجی 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 زیست‌سنجی 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. Kissa 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 پوشش گیاهی به پیشنهاد Zare و همکاران (۲۰۱۶)، این پژوهش سعی دارد تا در راستای مطالعات انجام‌شده که تعـداد آنهـا بـا توجه به گستردگی مناطق رویشی ایران اندک می‌باشد، برخی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای اندازه‌گیری تـراکم و تاج‌پوشش را در تیپ بلوط غرب کشور با استفاده از معیار دقت در شبکه‌های آماربردای مختلف مورد ارزیابی قرار دهد و مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری را برای جنگل‌های این منطقه معرفی نماید.

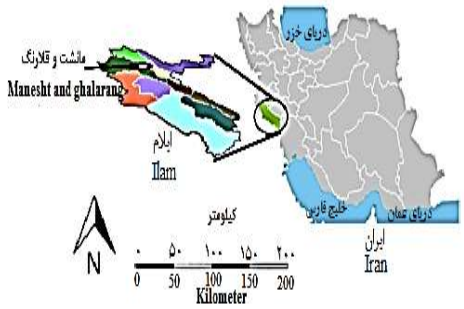
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ در شمال استان ایلام واقع در در ۲۰ کیلومتری شهرستان ایلام با طول جغرافیایی "۱۵ '۱۵ °۴۶ تا "۲۷ '۴۰ °۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی "۰۱ '۳۰ °۳۳ تا "۱۳ '۵۰ °۳۳ 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 ۹/۸ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداکثر دمای منطقه ۱۸/۴ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداقل دمای منطقه ۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط ایام یخبندان ۴۲ روز در سال است. حداقل مطلق دما ۱۵- 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 (۱۰۰×۱۰۰، ۱۵۰×۱۵۰، ۱۰۰×۲۰۰ و ۲۰۰×۲۰۰) به گونه‌ای انتخاب شد که براساس شرایط توپوگرافی و ساختار توده‌ای نماینده‌ای از جنگل‌های زاگرس باشد (شکل ۱).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the study area

جمع‌آوری داده‌ها

در این تحقیق از سطح ۳۳ هزار هکتاری منطقه بر اساس بودجه و امکانات ۸۷ هکتار انتخاب و آماربرداری صددرصد درآن 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 بـا شـروع نقطه تصادفی استفاده شد. برای روش نمونـه‌بـرداری نزدیـک‌تـرین فـرد، نزدیک‌ترین همسایه، دومین نزدیک‌ترین همسایه، نقطه‌ی مشترک و مربعی با نقطه‌ی مرکزی شبکه آماربرداری به ابعاد (۱۰۰×۱۰۰، ۱۵۰×۱۵۰، ۱۰۰×۲۰۰ و ۲۰۰×۲۰۰) متـر طراحـی 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 (۷۱، ۳۴، ۳۴ و ۱۸) 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 به‌دست آوردن الگوی پراکنش استفاده شد (Heidari *et al.*, 2008).

شاخص کلارک و ایوانز (CE)

معمولاً از این شاخص رابطه‌ی (۱) برای تعیین میزان انحرافی که یک توده جنگلی از جنگل پواسون (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)

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

در رابطه فوق، r_i عبارت است از فاصله بین درخت iام 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. درحالی که CE کمتر از ۱ نشان دهنده‌ی الگوی کپه‌ای؛ و مقدار CE بیشتر از ۱ بیان‌کننده‌ی موقعیت منظم درختان است (Kint *et al.*, 2000). علاوه بر این روابط، برای بررسی الگوی مکانی از آزمون Z نیز استفاده می‌شود (رابطه ۲).

رابطه (۲)

$$Z = \frac{r_A - r_E}{s_r}$$

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

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

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

S_r: انحراف معیار فواصل مشاهده‌شده

تفسیر مقدار آماره‌ی Z به شرح زیر است:

۱/۹۶+≤Z≤ ۱/۹۶- : الگوی مکانی تصادفی

۱/۹۶+<Z: الگوی مکانی منظم

۱/۹۶-<Z: 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 نمونه برداری 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 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 تاج پوشش از طریق رابطه‌های ۳، ۴ و ۵ به‌دست می‌آید (Zobeiri, 2007).

$$\overline{cc} = \frac{\sum_{i=1}^{n} cc_i}{n}$$ رابطه (۳)

cc. سطح تاج‌پوشش nm^2: تعداد نمونه

$$cc_{ha} = \overline{cc} \times \widehat{N}_{ha}$$ رابطه (۴)

$$cc\% = \frac{\overline{cc} \times \widehat{N}_{ha}}{100}$$ رابطه (۵)

سپس براساس فرمول، دقت، تعداد در هکتار و درصد تاج‌پوشش درختان در روش‌های نمونه‌برداری به‌کار 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 (رابطه ۶) (Southwood & Henderson, 2000).

$$A = \frac{Estimated - Tru}{True} \times (\pm 100)$$ رابطه (۶)

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

جدول۱- 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 Sampling metthod	فرمول تراکم Density formula	آماره Statistics
نزدیکترین فرد Nearest- individual	$N = \frac{n}{\pi\varepsilon(r_{pi}^2)} \times 10000$ Cottam و Curtis (۱۹۴۹) به نقل از Heidari (۲۰۰۸)	n: تعداد نقاط نمونه number of sample points r_{pi} :فاصله‌ی نزدیک‌ترین فردتا نقطه نمونه‌برداری Distance of nearest tree until sampling point
نزدیک‌ترین همسایه Nearest- neighbor	$N = \frac{n}{\pi\varepsilon(r_{ni}^2)} \times 10000$ Cottam و Curtis (۱۹۴۹) به نقل از Heidari (۲۰۰۸)	r_{ni} :فاصله‌ی بین فرد اول ونزدیک‌ترین همسایه Distance between the first tree and nearest neighbor
دومین نزدیکترین همسایه Second nearest neighbor	$N = \frac{n}{\pi(r_{mi}^2)} \times 10000$ Cottam و Curtis (۱۹۴۹) به نقل از Heidari (۲۰۰۸)	فاصله بین فرد دوم ونزدیک‌ترین r_{mi} : همسایه آن Distance between the second tree and its nearest neighbor
نقطه مشترک Joint-point	$N = \frac{1}{\frac{1}{4[\bar{r}_p]^2} + \frac{1}{2.778[\bar{r}_n]^2} + \frac{1}{2.778[\bar{r}_m]^2}}{3}$	فاصله نقطه نمونه‌برداری تا درخت$\bar{r}_p$: Distance of sampling point to tree فاصله درخت به نزدیک ترین همسایه $\bar{r}_n$: Distance of tree to the nearest neighbor فاصله درخت دوم تا درخت سوم $\bar{r}_m$: Distance between the second tree and the third tree
مربعی با نقطه مرکزی Point- centered quarter	$N = \frac{n}{r_p^2} \times 10000$ مامورین ارزیاب ایالات متحده آمریکا (قرن ۱۹) به نقل از Mesdaghi (۲۰۰۵)	میانگین فاصله‌ی چارک‌هاr_p^2 : Average quartile distance

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

نتایج

آماربرداری صددرصد درختان نشان می‌دهد که در مجموع ۱۲۰۳۶ پایه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)، 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 ۲۶/۳۴ متر مربع است و درصد تاج‌پوشش درختان ٪۳۶/۵۷ است. تراکم درختان ۱۳۹ اصله در هکتار است. برای تعیین الگوی مکانی مطلق درختان منطقه از شاخص کلارک و ایوانز استفاده شد، ارزش این شاخص برای منطقه معادل ۰/۴۱۷ است که بیانگر الگوی کپه‌ای است. علاوه بر آن از آزمون آماری Z نیز استفاده شد که مقدار آن معادل ۱۳/۳۸- به‌دست آمد که تأییدی بر نتیجه‌ی به دست آمده است. در جدول (۲) برآورد تعداد در هکتار درختان جنگل‌های مانشت و قلارنگ ایلام با به‌کار گرفتن پنج روش نمونه‌برداری فاصله‌ای در شبکه‌های آماربرداری مختلف و همچنین میزان دقت این روش‌ها با توجه به آماربرداری صددرصد درختان نشان داده شده است. مقدار قابل قبول دقت معادل (دقت کمتر از٪ ۱۰±) 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 آماربرداری۲۰۰×۲۰۰ با ارزش عددی ۸/۶۳ در محدوده‌ی قابل قبول دقت قرار گرفت و با توجه به مثبت 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 صددرصد درختان در جدول (۳) نشان داده شده است. در این جدول برای برآورد تاج پوشش درختان روش نمونه‌برداری مربعی با نقطه‌ی مرکزی در شبکه‌های۲۰۰×۱۰۰ و ۱۵۰×۱۵۰ به‌ترتیب با ارزش عددی۵/۴۹- و ۸/۹۶- بهترین دقت را نسبت به میانگین واقعی داشتند و هر دو با توجه به منفی بودن نشان از مقدار واقعی کمتر بودند.

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	200×200 meter	دقت Accuracy	200×100 meter	دقت Accuracy	150×150 meter	دقت Accuracy	100×100 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

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

جدول۳- 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 systematic sampling

روش آماربرداری Sampling method	دقت Accuracy	۲۰۰×۲۰۰ متر 200×200m	دقت Accuracy	۲۰۰×۱۰۰ متر 100×200m	دقت Accuracy	۱۵۰×۱۵۰ متر 150×150m	دقت Accuracy	۱۰۰×۱۰۰ متر 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
دومین نزدیک‌ترین همسایه 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

بحث

از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر صحت 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 محاسبه شد، این عدد بیانگر الگوی پراکنش درختان به صورت کپه‌ای است، نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج پژوهش‌های Safari و همکاران (۲۰۱۰)، Ebrahimi و Pourbabaei (۲۰۱۳) و Farhadi و همکاران (۲۰۱۴) که الگوی پراکنش گونه‌های مختلف بلوط را به شکل کپه‌ای معرفی کردند، هم‌خوانی دارد. در گونه‌هایی که عمده زادآوری آن‌ها توسط بذر صورت می‌گیرد، الگوی مکانی آتی با نحوه پراکنش بذر ارتباط مستقیمی دارد Erfani Fard و همکاران (۲۰۰۸)، Mouro و همکاران (۲۰۰۷)، Hegazy و Kabiel (۲۰۰۷) و Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) 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 متقابل را از بین ببریم (Modaberi, 2015). همان‌طوری که در جدول (۲) مشاهده می‌شود برای برآورد تعداد در هکتار درختان روش نزدیک‌ترین همسایه با شبکه‌ی آماربرداری ۲۰۰×۲۰۰ متر برآورد قابل قبولی (دقت کمتر از٪ ۱۰±) را نشان می‌دهد. با توجه به مثبت بودن شاخص دقت مقدار برآورد شده بیشتر از مقدار واقعی است که از این نظر با مطالعات Cottam و Curtis در سال ۱۹۴۹ و نیز Heidari و همکاران (۲۰۰۸) هم‌خوانی ندارد. نام بردگان 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، اریبی وابسته به طرح (شبکه آماربرداری، تعداد نقاط نمونه و غیره) یا برآوردکننده‌ها اتفاق بیفتد (Anderson *et al*., 2006). در کارهای اجرایی دقت کمتر از ٪ ۲۵± قابل قبول است (Southwood & Henderson, 2000). در این پژوهش برای برآورد تعداد در هکتار در کارهای اجرایی به ترتیب روش‌های مربعی با نقطه‌ی مرکزی ۱۰۰×۲۰۰، دومین نزدیک‌ترین همسایه ۱۰۰×۱۰۰، نزدیک‌ترین فرد ۲۰۰×۲۰۰ و مربعی با نقطه‌ی مرکزی ۱۵۰×۱۵۰ متر مناسب ارزیابی شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که روش‌های فاصله‌ای درجنگل‌های مانشت و قلارنگ

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

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 تاج‌پوشش) است (Erfani Fard *et al.*, 2013). در رابطه با برآورد درصد تاج‌پوشش درختان جنگل‌های مانشت و قلارنگ همانطوریکه در جدول (۳) مشاهده می‌شود، برای برآورد درصد تاج‌پوشش درختان به ترتیب روش مربعی با نقطه‌ی مرکزی در شبکه‌ی آماربرداری ۱۰۰×۲۰۰ و ۱۵۰×۱۵۰ متر برآورد قابل قبولی (دقت کمتر از٪ ۱۰±) را نشان می‌دهند. این بخش از تحقیق با نتایج مطالعات Borhani (۲۰۰۱)، Mirjalili و همکاران (۲۰۰۸)، Kiani (۲۰۱۱)، Strickler و Stearns (۱۹۶۲)، Lyon (۱۹۶۸)، Beasom و Hauck (۱۹۷۵)، Joset (۲۰۰۴) و Kevin (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 توپوگرافی جنگل‌های زاگرس و غیریکنواختی پراکنش درختان در این ناحیه رویشی روش مربعی با نقطه‌ی مرکزی روشی ایده آل برای اندازه گیری مشخصات کمی درختان منطقه‌ی زاگرس است. با توجه به منفی بودن شاخص دقت برای فاکتور تاج‌پوشش 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 ۲۰۰×۲۰۰، نزدیک‌ترین فرد ۱۰۰×۲۰۰، دومین نزدیک‌ترین همسایه ۱۰۰×۱۰۰، نزدیک‌ترین فرد ۱۰۰×۱۰۰، دومین نزدیک‌ترین همسایه ۱۰۰×۲۰۰، نزدیک‌ترین فرد ۲۰۰×۲۰۰ و نزدیک‌ترین فرد ۱۵۰×۱۵۰ متر مناسب ارزیابی شدند. نتایج این پژوهش نشان دهنده‌ی کارایی علمی و اجرایی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در جنگل‌های زاگرس است که در راستای تحقیقات Kissa و Sheil (۲۰۱۲) در جنگل‌های تروپیکال است. نامبردگان بیان کردند که روش‌های فاصله‌ای حتی در شرایط سخت (توپوگرافی، 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 درنظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، روش مربعی با نقطه‌ی مرکزی ۱۰۰×۲۰۰ متر و روش دومین نزدیک‌ترین همسایه ۲۰۰×۲۰۰ متر از نظر دقت 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 دقت کمتر نمی‌شود، دلیل این امر می‌تواند ناشی از الگوی پراکنش درختان موجود در منطقه باشد چون که روش‌های فاصله‌ای عمدتاً 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 نمونه برداری فاصله‌ای متفاوت بوده است (Heidari *et al.*, 2008; Askari *et al.*, 2013; Zare *et al.*, 2016). این تفاوت در کارایی روش‌های می‌تواند باعث اختلاف در دقت 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 دقت انتخاب نمایند، این فرآیند منجر به صرفه‌جویی در وقت و افزایش دقت در نمونه‌برداری می‌شود.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

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.

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.

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.

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. & Kabiel, 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.

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.

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.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]

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.

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.

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]

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.69]