

مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری فاصله‌ای به منظور تعیین تراکم و درصد تاج‌پوشش جنگل‌های ارس

وحید علی جانی^۱

سید محمد معین صادقی^{۲*}

moeinsadeghi@ut.ac.ir

منوچهر نمیرانیان^۳

مجتبی محمدی زاده^۴

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۶

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۸/۰۴

چکیده

تنک بودن جنگل‌های ارس (*Juniperus excelsa*) و پراکنش آن‌ها در مناطق با شرایط زیستی سخت و بسترهای کاملاً صخره‌ای سبب شده است که آماربرداری از این جنگل‌ها همراه با صرف هزینه و زمان زیادی باشد. لذا در این پژوهش سعی شده است مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری فاصله‌ای به منظور تعیین تراکم و درصد تاج‌پوشش در جنگل‌های ارس مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور، منطقه‌ای به مساحت ۱۵/۹ هکتار در جنگل‌های ارس استان البرز مورد آماربرداری صد درصد قرار گرفت و نتایج این آماربرداری، تراکم ۶۱ اصله در هکتار و درصد تاج‌پوشش ۲۰/۵۱ را در این توده نشان داد. در مرحله بعد منطقه مورد مطالعه با استفاده از هفت روش نمونه‌برداری فاصله‌ای (نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، دومین نزدیک‌ترین همسایه، زوج‌های تصادفی، مربع تی، فاصله مرتب و مربعی با نقطه مرکزی) مورد آماربرداری قرار گرفت و تراکم و درصد تاج‌پوشش حاصل از هر روش محاسبه و نسبت به آماربرداری صد درصد مقایسه شد. نتایج نشان داد که روش زوج‌های تصادفی با برآورد تراکم ۵۸/۳ اصله در هکتار (اختلاف ۳/۷۹- درصد) و روش مربعی با نقطه مرکزی با برآورد تراکم ۶۲/۹۷ اصله در هکتار

۱- دکتری جنگل‌داری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲- دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. * (مسئول مکاتبات).

۳- استاد گروه جنگل‌داری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴- دکتری جنگل‌داری، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.

(اختلاف ۳/۹۱+ درصد) دارای درصد اختلاف کمتری در برآورد تراکم درختان می‌باشند. همچنین روش زوج‌های تصادفی با برآورد درصد تاج پوشش ۲۳/۴ درصد (اختلاف ۱۴/۰۹+ درصد)، کم‌خطاترین روش به منظور برآورد درصد تاج‌پوشش جنگل‌های ارس بود. در پایان با توجه به شرایط خاص جنگل‌های ارس، استفاده از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای زوج‌های تصادفی به علت آسانی اندازه‌گیری، خطای کم و صرفه‌جویی در زمان و هزینه در این جنگل‌ها پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: آماربرداری صد درصد، روش زوج‌های تصادفی، روش مربعی با نقطه مرکزی.

The most appropriate distance sampling method to determine density and percentage of canopy cover in Juniper forests

Vahid Alijani ¹

Seyed Mohammad Moein Sadeghi ^{2*} (*Corresponding Author*)

moeinsadeghi@ut.ac.ir

Manocher Namiranian ³

Mojtaba Mohamadizadeh ⁴

Abstract

Juniperus excelsa forests are thinner and have distribution in areas with severe living conditions and completely rocky beds. Due to inventories of these forests are hard, costly, and time-consuming, therefore, in this study, the most suitable sampling method was investigated to determine the density and percentage of canopy cover in Juniper forests. For this purpose, an area of 15.9 ha of forests in Alborz province made an inventory with a full callipering method. The results of full callipering show that density is 61 trees per hectare, and the percentage of canopy is 20.51 in this stand. In the next stage, site study was made an inventory by using seven distance sampling methods (nearest individual method, nearest neighbor method, second nearest neighbor, random pairs method, T-square method, and point centered quarter method), density and percentage of canopy were calculated for each method and compared to Full callipering method. Results show that random pairs method estimated density 58.3 trees per hectare (the difference is -3.79 percent) and T-square method estimated density 62.97 trees per hectare (the difference is +3.91 percent) has less difference in estimating trees density. The random pairs method estimated canopy cover 23.4 percent (the difference is 14.09 percent), and is the lowest error to estimate the percentage of the canopy in these forests. According to the specific condition of Juniper forests, using a random pairs method is suggested because it can be easily measured, has less error and saving time and money.

Key Words: Full Callipering, Random Pair's Method, Point Centered Quarter Method

1-Ph.D of Forestry, Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, Karaj, Iran

2-Ph.D of Silviculture and Forest Ecology, Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, Karaj, Iran. **(Corresponding Author)*

3-Professor, Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, Karaj, Iran.

4-Ph.D of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

زمینه و هدف

گونه ارس (*Juniperus excelsa*) به عنوان یکی از محدود سوزنی‌برگان بومی ایران، سطوح وسیعی از کشور را به خود اختصاص می‌دهد (۱ و ۲). امروزه این جنگل‌ها، از نظر حفظ آب، جلوگیری از فرسایش خاک و مسایل زیست‌محیطی بسیار حایز اهمیت هستند. متأسفانه این جنگل‌ها روندی رو به انهدام داشته که این موضوع به ویژه در مناطقی که تحت کنترل و مدیریت نمی‌باشند، از وضعیت بحرانی تری برخوردار است (۱). به دلیل تخریب‌های انجام شده در سالیان قبل، در حال حاضر این جنگل‌ها بسیار شکننده و حساس شده و می‌توان بیان نمود که تمام عوامل طبیعی و غیرطبیعی دست به دست هم داده و سبب شده‌اند که در اغلب مناطق، این جنگل‌ها سیر قهقرایی را طی نمایند (۳).

در مطالعات جنگل، برآورد تاج‌پوشش و تراکم درختان (تعداد درختان در واحد سطح) جنگل بخش مهمی از آماربرداری جنگل بر شمرده می‌شود (۴، ۵ و ۶). از این مشخصه‌ها می‌توان در بررسی تغییرات و پایش توده‌های جنگلی بهره برد. این موضوع در جنگل‌های ارس ناحیه رویشی ایران-تورانی (به‌عنوان یکی از جنگل‌های شاخص در این ناحیه) نمود بیش تری می‌یابد، زیرا این جنگل‌ها در ارتفاعات زیاد و دامنه‌های پرشیب واقع شده و داشتن اطلاعات در زمینه‌ی تراکم درختان و درصد تاج‌پوشش آن‌ها بسیار حایز اهمیت و همراه با صرف هزینه و زمان زیادی است.

یکی از روش‌های نمونه‌برداری متداول برای دست‌یابی به اطلاعاتی از جنگل مانند تراکم درختان و درصد تاج‌پوشش آن‌ها، روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای است (۷) که به منظور برآورد سریع پارامترهای جنگل مورد استفاده قرار می‌گیرد (۸ و ۱۰). در روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای، پارامترهای پوشش گیاهی (مانند تراکم و درصد تاج‌پوشش) که در فاصله‌ای از نقطه شروع نمونه‌برداری یا گیاه قرار دارند، اندازه‌گیری می‌شوند (۷). روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای از دهه ۱۹۵۰ میلادی برای اندازه‌گیری تراکم پوشش گیاهی کاربرد داشته (۱۱) که انواع مختلفی از آن‌ها

تاکنون ارایه شده است. نمونه‌برداری فاصله‌ای معمولاً برای یک گونه منفرد به کار می‌رود و باعث صرفه‌جویی در زمان شده و خطای برآورد را نیز کاهش می‌دهد، زیرا به صورت نظری، بدون خطای قرار گرفتن درختان در مرز قطعه‌نمونه است (۸ و ۱۱). مساله‌ای که لازم است مورد توجه قرار بگیرد، انتخاب مناسب‌ترین روش از میان انواع روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در برآورد صحیح هر پارامتر است. باید به این نکته توجه داشت که بررسی اختلاف نتایج روش‌های مختلف نمونه‌برداری فاصله‌ای در برآورد مقدار تراکم درختان و درصد تاج‌پوشش تنها از طریق مقایسه مقادیر برآوردی با مقدار مطلق هر کدام از پارامترها (منظور مقدار بدست آمده از آماربرداری صد درصد) امکان‌پذیر است.

از آنجا که آگاهی از وضعیت تراکم درختان و نیز درصد تاج‌پوشش آن‌ها به عنوان مشخصات مهم کمی در مدیریت جنگل‌های تنکی مانند جنگل‌های ارس ناحیه رویشی ایرانی-تورانی مطرح است، بنابراین یافتن روشی مناسب برای برآورد آن اهمیت دارد. این راهکار مناسب علاوه بر افزایش سرعت عملیات آماربرداری، می‌بایست سبب کاهش هزینه آماربرداری نیز گردد. بنابراین هدف از این پژوهش، دست‌یابی به مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری فاصله‌ای جهت برآورد تراکم و درصد تاج‌پوشش جنگل‌های ارس است. این موضوع از آن رو در جنگل‌های ارس این ناحیه اولویت دارد که با وضع فعلی آن‌ها نمی‌توان چوب صنعتی تولید کرد (۱) و در نتیجه برخلاف جنگل‌های ناحیه‌ی رویشی هیرکانی- صرف هزینه و زمان زیاد برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در مدیریت آن‌ها چندان مقدور نیست. بر اساس مرور منابع انجام شده، تاکنون در جنگل‌های ارس دامنه جنوبی البرز، برای برآورد تراکم درختان و درصد تاج‌پوشش درختان از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای استفاده نشده است و معدود مطالعات انجام شده مربوط به مناطق زاگرس (۷، ۸ و ۹) بوده و در نتیجه این پژوهش اولین بررسی در این جنگل‌ها می‌باشد.

روش بررسی

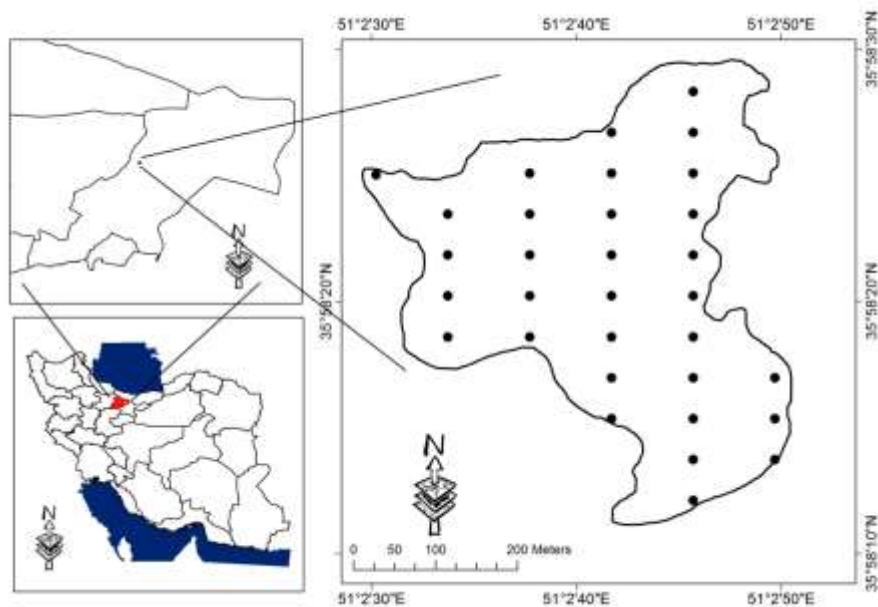
- منطقه پژوهش

هواشناسی به منطقه مورد مطالعه، میانگین بارش و دمای سالانه به ترتیب برابر با ۲۵۶/۵ میلی‌متر و ۱۵/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

- شیوه اجرای پژوهش

در این پژوهش به منظور تعیین بهترین روش نمونه‌برداری فاصله‌ای، توده مورد مطالعه با مساحت ۱۵/۹ هکتار مورد آماربرداری صددرصد قرار گرفت و تراکم و درصد تاج‌پوشش این توده محاسبه شد. سپس با پیاده کردن شبکه‌ای به ابعاد ۵۰×۱۰۰ متر تعداد ۳۲ قطعه نمونه انتخاب (شکل ۱) و ویژگی‌های مورد نیاز جهت محاسبه روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای برداشت شد.

منطقه مورد مطالعه، در حوزه آبخیز نوجان شهرستان کرج و در شمال روستای نوجان و غرب آدران واقع گردیده است (شکل ۱). توده جنگلی ارس مورد مطالعه در سطحی معادل ۱۵/۹ هکتار و در یک دامنه جنوبی تا جنوب غربی واقع شده است. هم‌چنین از نظر ارتفاع از سطح دریا، در یک دامنه ارتفاعی ۲۳۰۰ تا ۲۵۰۰ متر واقع گردیده است. متوسط شیب منطقه مورد بررسی ۴۵ درصد و هم‌چنین جهت دامنه، جنوبی تا جنوب‌غربی می‌باشد. بافت خاک در این منطقه لوم-شنی و متوسط pH خاک ۷/۵ است. بر اساس داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه



شکل ۱- موقعیت توده مورد مطالعه و قطعات نمونه برداشت شده

- طرح آماری

ارزیابی می‌شوند (۱۲). در این پژوهش پس از برداشت تمامی اطلاعات (آماربرداری صد درصد) با استفاده از روابط ۱ و ۲ مقدار تراکم و درصد تاج‌پوشش محاسبه شد.

در بررسی‌هایی که برای مقایسه روش‌های مختلف نمونه‌برداری فاصله‌ای انجام می‌گردد، ابتدا جامعه مورد نظر با استفاده از آماربرداری صددرصد اندازه‌گیری و نتایج حاصل از روش‌های نمونه‌برداری با مقادیر واقعی (آماربرداری صد درصد) مقایسه و

$$N_{ha} = \frac{N}{A} \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$CC\% = \frac{N_{ha} \times \mu_{CC}}{100} \quad (\text{رابطه ۲})$$

(Order distance method) و مربعی با نقطه مرکزی (Point centered quarter method) استفاده شد. در شکل ۲ نحوه اندازه‌گیری روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای بکار رفته در این پژوهش به شکل شماتیک ارایه شده است. همچنین در روابط ۳ تا ۹ معادلات محاسبه تراکم در هر یک از روش‌های نمونه‌برداری نزدیک‌ترین فرد (رابطه ۳)، نزدیک‌ترین همسایه (رابطه ۴)، دومین نزدیک‌ترین همسایه (رابطه ۵)، زوج‌های تصادفی (رابطه ۶)، مربع تی (رابطه ۷)، فاصله مرتب (رابطه ۸) و مربعی با نقطه مرکزی (رابطه ۹) نشان داده شده است.

در روابط فوق، N_{ha} برابر است با تعداد در هکتار؛ N تعداد کل درختان در منطقه؛ A مساحت منطقه مورد مطالعه بر حسب هکتار؛ $CC\%$ درصد تاج‌پوشش و μ_{CC} میانگین سطح تاج یک درخت به متر مربع می‌باشد که از تقسیم مجموع سطوح تاج‌پوشش تمامی درختان به تعداد کل درختان به دست می‌آید. در این مطالعه از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد (Nearest individual method)، نزدیک‌ترین همسایه (Nearest neighbor method)، دومین نزدیک‌ترین همسایه (Second nearest neighbor)، زوج‌های تصادفی (Random pairs method)، مربع تی (T-square method)، فاصله مرتب

$$\hat{N} = \frac{n}{\pi \sum (r_{pi}^2)} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\hat{N} = \frac{n}{\pi \sum (r_{ni}^2)} \quad (\text{رابطه ۴})$$

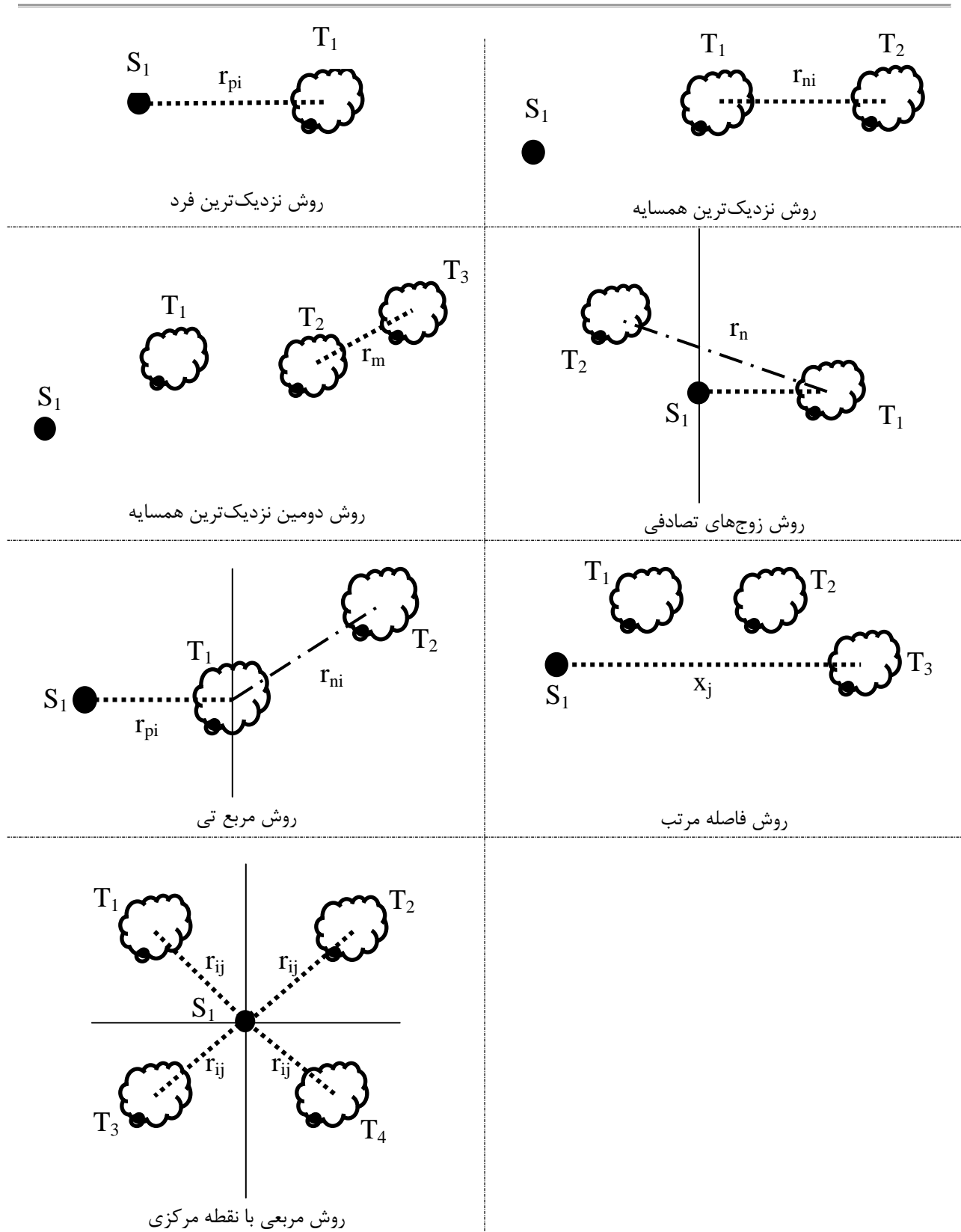
$$\hat{N} = \frac{1}{2.778 [\bar{r}_m]^2} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$\hat{N} = \frac{1}{(0.8 \times \bar{r}_n)^2} \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$\hat{N} = \frac{n^2}{2 \sum (r_{pi}) [\sqrt{2} \sum (r_{ni})]} \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$\hat{N} = \frac{3n-1}{\pi \sum (x_j^2)} \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$\hat{N} = \frac{4(4n-1)}{\pi \sum (r_{ij}^2)} \quad (\text{رابطه ۹})$$



شکل ۲- روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای مورد استفاده

به نقطه نمونه برداری و r_{ij} فاصله از نقطه نمونه برداری i تا نزدیکترین فرد در چارک j (۵، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷). همچنین در روابط ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نحوه محاسبه سطح تاج یک درخت به متر مربع، میانگین سطح تاج درختان به متر مربع و درصد تاج پوشش توده مورد مطالعه با استفاده از روش های نمونه برداری ارایه شده است.

$$CC_i = \frac{\pi}{4} (CD_{1i} \times CD_{2i}) \quad (\text{رابطه } 10)$$

$$\overline{CC}_i = \frac{\sum_{i=1}^n CC_i}{n} \quad (\text{رابطه } 11)$$

$$CC\% = \frac{\hat{N}_{ha} \times \overline{CC}}{100} \quad (\text{رابطه } 12)$$

درختان می باشد.

همچنین در این پژوهش، به منظور تعیین درصد اختلاف (A) بین مقدار اندازه گیری شده (منظور مقدار واقعی حاصل از آمار برداری صد درصد) و مقدار برآورد شده با استفاده از روش های نمونه برداری فاصله ای، از رابطه زیر استفاده شد (۱۸):

$$A = \pm 100 \left(\frac{P_i - O_i}{O_i} \right) \quad (\text{رابطه } 13)$$

در هکتار و یا به عبارتی ۲۰/۵۱ درصد می باشد.

در جدول ۱ مقدار برآورد شده ی تراکم (اصله در هکتار) و همچنین درصد تاج پوشش با استفاده از هفت روش نمونه برداری فاصله ای ذکر شده است. نتایج حاصل از مقایسه هر یک از روش های نمونه برداری فاصله ای با آمار برداری صد درصد در ارتباط با تراکم درختان نشان دهنده ی این است که به ترتیب روش های زوج های تصادفی (مقدار برآوردی ۳/۷۹- درصد کم تر از مقدار واقعی) و مربعی با نقطه مرکزی (مقدار برآوردی ۳/۹۱+ درصد بیش تر از مقدار واقعی) دارای اختلاف کم تری با مقدار واقعی

در این روابط \hat{N} عبارت است از برآورد تراکم جمعیت در واحد سطح؛ n تعداد نمونه، r_{pi} فاصله نزدیکترین فرد تا نقطه نمونه- برداری i ؛ r_{ni} فاصله بین فرد اول و نزدیکترین همسایه آن؛ \bar{r}_m متوسط فاصله بین فرد دوم و نزدیکترین همسایه آن؛ \bar{r}_n فاصله متوسط بین افراد اول و دوم؛ X_j فاصله سومین نزدیکترین فرد

در روابط بالا، CC_i سطح تاج درخت i به متر مربع، و CD_{1i} قطر بزرگ و CD_{2i} قطر کوچک تاج درخت i به متر، \overline{CC}_i میانگین سطح تاج یک درخت به مترمربع، n تعداد کل درختان اندازه گیری شده با روش مورد استفاده، \hat{N}_{ha} تعداد در هکتار برآورد شده با استفاده از روش فاصله ای و $CC\%$ درصد تاج پوشش

در این رابطه P_i مقدار برآورد شده هر پارامتر و O_i مقدار واقعی هر پارامتر است. مرور منابع نشان می دهد که درصد اختلاف قابل قبول در مطالعات مربوط به روش های نمونه برداری فاصله ای در مطالعات علمی ± 10 درصد و در کارهای اجرایی ± 25 درصد می باشد (۷ و ۱۸).

یافته ها

نتایج حاصل از آمار برداری صد درصد نشان داد که توده ارس مورد مطالعه دارای تراکم ۶۰/۶ اصله در هکتار می باشد. همچنین توده مورد مطالعه دارای تاج پوشش برابر با ۲۰۵/۴۴ متر مربع

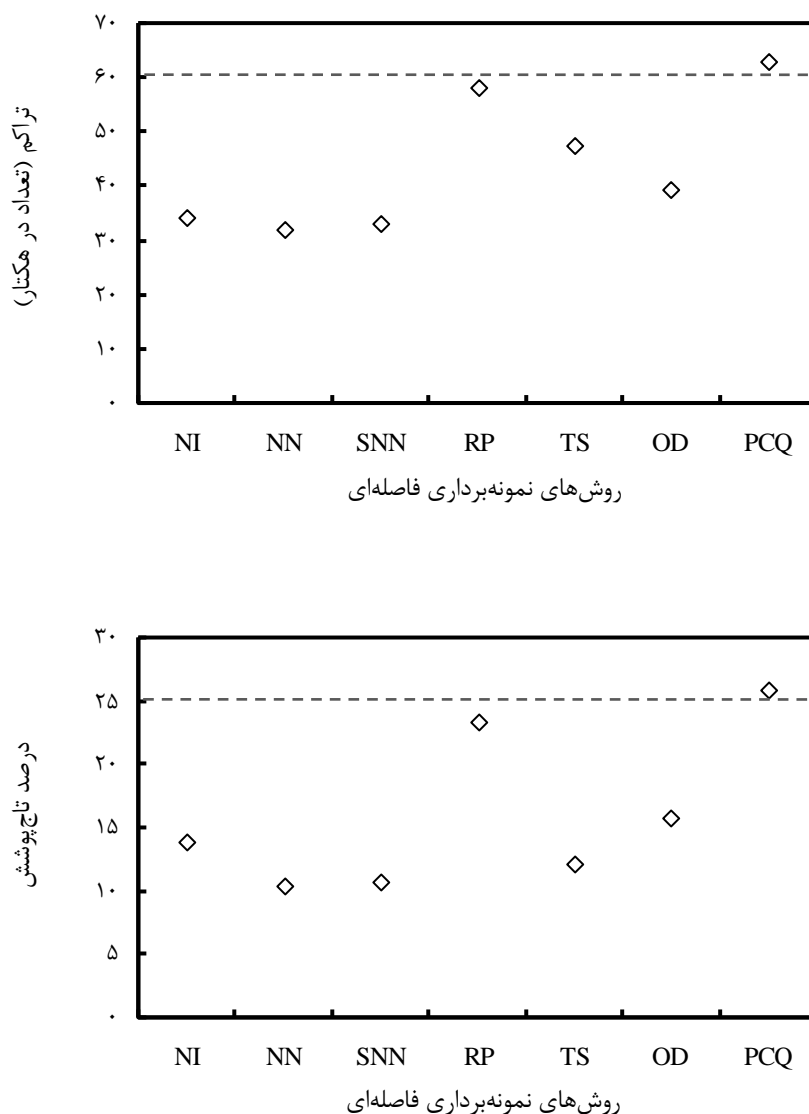
تراکم می‌باشند. این در حالی است که در برآورد درصد تاج‌پوشش، به ترتیب روش‌های زوج‌های تصادفی (مقدار برآوردی $+۱۴/۰۹$ درصد بیش‌تر از مقدار واقعی) و فاصله مرتب (مقدار برآوردی $-۲۲/۷۲$ درصد کم‌تر از مقدار واقعی) دارای اختلاف کم-تری با مقدار حاصل از آماربرداری صد درصد می‌باشند.

جدول ۱- تراکم و درصد تاج‌پوشش آماربرداری صد درصد و برآوردی توسط روش‌های مختلف نمونه‌برداری فاصله‌ای

روش نمونه‌برداری	مشخصه برآورد شده	مقدار برآوردی	درصد اختلاف
آماربرداری صد درصد	تراکم (اصلی در هکتار)	۶۰/۶	-
	تاج پوشش (درصد)	۲۰/۵۱	-
نزدیک‌ترین فرد	تراکم (اصلی در هکتار)	۳۴/۴۴	-۴۳/۱۷
	تاج پوشش (درصد)	۱۳/۸۷	-۳۲/۳۷
نزدیک‌ترین همسایه	تراکم (اصلی در هکتار)	۳۱/۸۷	-۴۷/۴۱
	تاج پوشش (درصد)	۱۰/۳۵	-۴۹/۵۴
دومین نزدیک‌ترین همسایه	تراکم (اصلی در هکتار)	۳۳/۳۱	-۴۵/۰۳
	تاج پوشش (درصد)	۱۰/۷۸	-۴۷/۴۴
زوج‌های تصادفی	تراکم (اصلی در هکتار)	۵۸/۳۰	-۳/۷۹
	تاج پوشش (درصد)	۲۳/۴۰	+۱۴/۰۹
مربع تی	تراکم (اصلی در هکتار)	۴۷/۶۳	-۲۱/۴۰
	تاج پوشش (درصد)	۱۲/۰۹	-۴۱/۰۵
فاصله مرتب	تراکم (اصلی در هکتار)	۳۹/۴۱	-۳۴/۹۷
	تاج پوشش (درصد)	۱۵/۸۵	-۲۲/۷۲
مربعی با نقطه مرکزی	تراکم (اصلی در هکتار)	۶۲/۹۷	+۳/۹۱
	تاج پوشش (درصد)	۲۵/۹۶	+۲۶/۵۷

درصد، اختلاف هر یک از روش‌ها به صورت شماتیک ارایه شده است.

هم‌چنین در شکل ۳ به منظور درک صحیح از درصد اختلاف هر یک از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای مختلف با آماربرداری صد



شکل ۳- مقایسه روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای نسبت به آماربرداری صد درصد. در این شکل NI روش نزدیک‌ترین فرد؛ NN روش نزدیک‌ترین همسایه؛ SNN روش دومین نزدیک‌ترین همسایه؛ RP روش زوج‌های تصادفی؛ TS روش مربع‌تی؛ OD روش فاصله مرتب؛ PCQ روش مربعی با نقطه مرکزی است؛ خط نقطه‌چین معرف مقدار حاصل از آماربرداری صد درصد است.

بحث و نتیجه‌گیری

غیرتجاری بودن این جنگل‌ها، همواره صرف هزینه زیاد به منظور برداشت اطلاعات عملاً غیرممکن می‌باشد. در طی سالیان اخیر محققین به دنبال برداشت بیش‌ترین اطلاعات با صرف کم‌ترین

اجرای عملیات آماربرداری با اهداف مختلف در جنگل‌های ارس، به علت شرایط توپوگرافی و سختی دسترسی همراه با صرف هزینه و زمان زیاد می‌باشد. این در حالی است که به علت

خصوص روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای مورد استفاده در این پژوهش، در تحقیق Heidari و همکاران (2008) قابلیت روش چهارگوش (مربعی با نقطه مرکزی) در جنگل‌های زاگرس مورد بررسی قرار گرفت که دارای اختلاف بسیار زیادی با میانگین واقعی بود. همچنین نام برده به بررسی روش مربع تی در جنگل‌های زاگرس پرداخت که این روش نیز دارای توانایی کافی برای برآورد تراکم و درصد تاج پوشش در این نوع جنگل‌ها نبود (۹). یکی از نکات مهمی که در روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای بیان می‌گردد لزوم وجود الگوی تصادفی در این گونه جنگل‌ها می‌باشد. به عبارتی دیگر در این روش‌ها فرض بر پراکنش تصادفی موجودات زنده گذاشته شده است و بیان می‌گردد که وجود الگوی کپه‌ای سبب برآورد تعداد در هکتار کم‌تری برای این جنگل‌ها می‌شود.

با توجه به این که بیش‌تر جنگل‌های ناحیه رویشی ایرانی-تورانی جنبه حفاظتی دارد (۱ و ۳) و حفاظت از خاک از اولویت خاصی در این جنگل‌ها برخوردار است، بنابراین مهم‌ترین عامل برای حفاظت خاک در این جنگل‌ها، سطح تاج‌پوشش می‌باشد که بررسی این پارامتر در جنگل‌های ارس ضروری است و لذا نیاز است مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری فاصله‌ای در برآورد درصد تاج‌پوشش درختان ارس شناسایی گردد. متأسفانه هیچ یک از روش‌های مورد استفاده توانایی لازم را برای برآورد درصد تاج‌پوشش درختان نداشتند، هرچند که به نظر می‌رسد روش زوج‌های تصادفی با درصد خطای ۱۴/۹+، دارای خطای کم‌تری نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد.

تنک بودن جنگل‌های ارس و پراکنش آن‌ها در مناطق با شرایط زیستی سخت و غالباً کوهستانی در کنار بسترهای کاملاً صخره‌ای سبب شده است که آماربرداری از این جنگل‌ها همراه با صرف هزینه و زمان زیادی باشد. لذا نیاز است که با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای، مبادرت به تعیین مناسب‌ترین روش برآورد تراکم درختان و درصد تاج‌پوشش شود. در واقع انگیزه اصلی توسعه روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای، برآورد پارامترهای جنگل

زمان و هزینه بوده‌اند (۱۹). در همین راستا روش‌های زیادی از جمله روش‌های بدون قاب همانند روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای توسعه یافته‌اند (۷). روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای بر این اصل استوار می‌باشند که با افزایش تراکم درختان در یک جنگل، فاصله درختان از هم کاهش می‌یابد و بنابراین با اندازه‌گیری فاصله بین درختان، می‌توان مقدار تراکم درختان را برآورد کرد (۲۰). امروزه در بسیاری از مطالعات در داخل کشور و دنیا، برآورد ویژگی‌های کمی درختان (مانند درصد تاج‌پوشش و تراکم درختان) با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای انجام می‌گیرد (۷، ۸، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹ و ۳۰). نمونه‌برداری فاصله‌ای معمولاً برای یک گونه منفرد به کار می‌رود (۳۰)، بنابراین این پژوهش به دنبال یافتن مناسب‌ترین روش برآورد تراکم درختان و نیز درصد تاج‌پوشش آن‌ها از بین هفت روش متداول نمونه‌برداری فاصله‌ای در جنگل‌های ارس بود.

نتایج حاصل از این پژوهش در جنگل ارس مورد مطالعه نشان‌دهنده توانایی بالای روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در برآورد تراکم درختان است؛ به نحوی که در دو روش زوج‌های تصادفی و مربعی با نقطه مرکزی میزان اختلاف مقدار مشاهده شده و برآوردی کم‌تر از ۱۰ درصد (مناسب برای کارهای علمی) و در روش فاصله مرتب میزان خطا کم‌تر از ۲۵ درصد (مناسب برای کارهای اجرایی) می‌باشد (۷). تراکم درختان به عنوان یکی از مشخصه‌های مهم جهت ارزیابی جنگل‌ها برای تشریح خصوصیات و تغییر جوامع گیاهی در دوره‌های مختلف، تفسیر واکنش درختان به اعمال شیوه‌های مختلف مدیریتی، تعیین ترکیب گونه‌ای و نیز برآورد مقدار زی‌توده محسوب می‌شود. بنابراین اندازه‌گیری تراکم برای بیان دقیق تعداد افراد گونه‌ها، موقعیت و پراکنش آن‌ها در جنگل لازم می‌باشد (۲۰).

در خصوص بکارگیری روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در برآورد درصد تاج‌پوشش هیچ یک از روش‌ها دارای اختلاف کم‌تر از ۱۰ درصد نبودند و تنها روش زوج‌های تصادفی و فاصله مرتب دارای اختلاف قابل قبول برای کارهای اجرایی می‌باشند. همچنین در

disturbance on vegetation and soil properties in a beech stand, Hyrcanian forest, European Journal of Forest Research, 137(6): 759-770.

۷- حیدری، رضاحسین؛ نمیرانیان، منوچهر؛ زبیری، محمود و سبحانی، هوشنگ. ۱۳۸۷. بررسی روش نمونه برداری فاصله‌ای چهارگوش در جنگل‌های زاگرس (بررسی موردی سرخه دیزه کرمانشاه)، نشریه دانشکده منابع طبیعی، ۶۱(۱): ۸۵-۹۷.

۸- حیدری، رضاحسین؛ زبیری، محمود؛ نمیرانیان، منوچهر؛ سبحانی، هوشنگ و صفری، امیر. ۱۳۸۹. بررسی صحت روش نمونه برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد در جنگل‌های بلوط غرب، مجله جنگل ایران، ۲(۴): ۳۳۰-۳۲۳.

۹- حیدری، رضا حسین؛ زبیری، محمود؛ نمیرانیان، منوچهر؛ سبحانی، هوشنگ. ۱۳۸۶. بررسی کاربرد روش نمونه برداری مربع تی در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: سرخه دیزه کرمانشاه)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۱): ۳۲-۴۲.

10-Lo, C.P., Yeung, A.K.W, 2007. Concepts and Techniques in Geographic Information System, Pearson Education, 532 p.

11-Bonham, C.D., 1989. Measurements for terrestrial vegetation, John Wiley and Sons., 338 p.

۱۲- زبیری، محمود. ۱۳۸۶. زیست سنجی (بیومتری) جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۵ ص.

13-Cottam, G., Curtis J.T., Hale, B.W., 1953. Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals, Ecology, 34: 741-757.

14-Morisita, M., 1954. Estimation of population density by spacing method, Faculty of Science, Kyushu University, Ser. E1: 187-197.

15-Pollard, J.H., 1971. On distance estimators of density in randomly distributed forests, Biometrics, 27: 991-1002.

16- Besag, J., Gleaves, J.T., 1973. On the detection of spatial pattern in plant communities,

بدون استفاده از قطعه‌نمونه و در نتیجه برآورد سریع و کم‌هزینه از جنگل است. نتایج این پژوهش نشان داد که روش زوج‌های تصادفی کم‌ترین درصد اختلاف را با مقدار حاصل از آماربرداری صد درصد در برآورد تراکم درختان (کم‌برآوردی به مقدار ۳/۷۹ درصد) و درصد تاج‌پوشش (بیش‌برآوردی به مقدار ۱۴/۰۹ درصد) درختان ارس را دارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای اثبات نتایج حاصل از این پژوهش و توصیه‌ی مناسب‌ترین روش در جنگل‌های ارس، در مطالعات آتی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در دیگر جنگل‌های ارس نیز مورد بررسی قرار بگیرد.

منابع

۱- علی‌احمد کروری، سودابه؛ خوشنویس، مصطفی و متینی‌زاده، محمد. ۱۳۸۹. مطالعات جامع جنس ارس در ایران، نشر پونه، ۵۶۰ ص.

۲- رستمی‌کیا، یونس و زبیری، محمود. ۱۳۹۱. بررسی ساختار توده‌های ارس (*Juniperus excelsa* Beib.) در جنگل کندیرق خلخال، مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۹(۴): ۱۶۲-۱۵۱.

۳- صادقی، سید محمد معین؛ علی‌جانی، وحید؛ نمیرانیان، منوچهر و محمدی‌زاده، مجتبی. ۱۳۹۵. ویژگی‌های ساختاری گونه ارس (*Juniperus excelsa*) در جنگل‌های کوهستانی دامنه جنوبی البرز (پژوهش موردی: منطقه آتشفشان کرج)، مجله جنگل ایران، ۸(۱): ۳۵-۴۹.

۴- مروی‌مهاجر، محمدرضا. ۱۳۹۰. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۸ ص.

5-Sadeghi, S.M.M., Van Stan, J.T., Pypker, T.G., Tamjidi, J., Friesen, J., Farahnaklangroudi, M., 2018. Importance of transitional leaf states in canopy rainfall partitioning dynamics, European Journal of Forest Research, 137(1): 121-130.

6- Deljouei, A., Sadeghi, S.M.M., Abdi, E., Bernhardt-Römermann, M., Pascoe, E.L., Marcantonio, M., 2018. The impact of road

- communities in complex forest landscapes, *Journal of Tropical Forest Science*, 15: 117–135.
- 25- Picard, N., Kouyate, A.M., Dessard, H., 2005. Tree density estimations using a distance method in Mali Savanna, *Journal of Forest Science*, 31: 7–18.
- 26- Klein, C.H., Vilko, F., 2006. Design unbiased estimation for point to tree distance sampling, *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 1407–1414.
- 27- Magnussen, S., Kleinn, C., Picard, N., 2008. Two new density estimators for distance sampling, *European Journal of Forest Research*, 127: 213–224.
- 28- Kiani, B., Fallah, A., Tabari, M., Hosseini, S.M., In Parizi, M.H., 2011. Optimal method to determine density of the Scarce vegetation in dry desert, variable area transect (VAT) applied to Saxaul (*Haloxylon ammodendron*) community, *Polish Journal of Ecology*, 59: 823–828.
- 29- Kiani, B., Fallah, A., Tabari, M., Hosseini, S.M., In Parizi, M.H., 2013. A comparison of distance sampling methods in Saxaul (*Haloxylon ammodendron* C.A. Mey Bunge) shrub-lands, *Polish Journal of Ecology*, 61(2): 207–219.
- ۳۰- عسکری، یوسف؛ زبیری، محمود و سهرابی، هرمز. ۱۳۹۲. مقایسه پنج روش نمونه برداری فاصله ای برای برآورد ویژگی های کمی در جنگل‌های زاگرس، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۲): ۳۱۶–۳۲۸.
- Bulletin of the International Statistical Institute, 45: 153–158.
- 17- Byth, K., Ripley, B.D., 1980. On sampling spatial patterns by distance methods, *Biometrics*, 36: 279–284.
- 18- Southwood, T.R.E., Henderson, P.A., 2000. *Ecological Methods*, Blackwell Science, 575 p.
- ۱۹- علی‌جانی، وحید؛ فقهی، جهانگیر؛ زبیری، محمود و مروی مهاجر، محمدرضا. ۱۳۹۱. کمی سازی ساختار مکانی جنگل‌های میان بند شمال ایران (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)، نشریه محیط زیست طبیعی، ۶۵ (۱): ۱۱۱–۱۲۵.
- ۲۰- مصداقی، منصور. ۱۳۸۴. اکولوژی گیاهی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۷ صفحه
- 21- Engeman, R.M., Pank, L.F., Sugihara, R.T., Dusenberry, R.T., 1994. A comparison of Plot-less density estimators using Monte Carlo simulation, *Journal of Ecology*, 75: 1769–1779.
- 22- Engeman, R.M. & Sugihara, R.T., 1998. Optimizations of variable area transect sampling using Monte Carlo simulation, *Ecology*, 79: 1425–1434.
- 23- Lynch, T.H.B., Rusydi, R., 1998. Distance sampling for forest inventory in Indonesian teak plantations, *Forest Ecology and Management*, 113: 215–221.
- 24- Sheil, D., Ducey, M.J., Sidiyasa, K., Samsodan, I., 2003. A new type of sample unit for the efficient assessment of diverse tree

