جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۹
ص ۱۱۱-۱۲۰
DOI: 10.22059/jfwp.2020.295722.1061

تعیین مناسب‌ترین مساحت و شکل قطعه نمونه در توده‌های جنگلکاری عرب‌داغ شهرستان کلاله، استان گلستان

فرهاد غیاثی[۱]، جهانگیر محمدی[۲*]، اصغر فلاح[۳]، داود مقدسی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲. استادیار دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳. استاد دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران
۴. کارشناس ارشد جنگلداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۶

چکیده

دستیابی به اهداف و اجرای جنگلداری پایدار، نیازمند داده‌های پایه‌ای مستند و دقیق است تا بتوان برنامه‌ریزی‌های لازم را انجام و راهکارهای بهینه برای جنگلداری پایدار ارائه داد. هدف این تحقیق، انتخاب مناسب‌ترین مساحت و شکل قطعه نمونه برای برآورد تعداد و حجم سرپای درختان در هکتار است. بدین منظور ۶۰ هکتار از جنگلکاری‌های منطقهٔ عرب‌داغ شهرستان کلاله در استان گلستان، به‌صورت صددرصد آماربرداری شد. سپس مشخصهٔ حجم سرپا و تعداد درختان در هکتار برای قطعات نمونه با مساحت‌های (۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع) و شکل‌های دایره و مربع به روش منظم تصادفی و همچنین برای روش آماربرداری صددرصد محاسبه شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری قطعات نمونه با مساحت و شکل‌های مختلف، با مقدار عددی حجم سرپا و تعداد درختان در هکتار به‌دست‌آمده از آماربرداری صددرصد با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه‌ای مقایسه شد. نتایج نشان داد که تفاوت درصد خطای آماربرداری قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی دایره‌ای (۱/۹ درصد) و مربعی (۱/۲ درصد) با قطعه نمونهٔ ۱۰۰۰ متر مربعی بسیار کم است. همچنین شاخص $T \times (E\%)^2$ قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی دایره‌ای (۸۹۶۰۴) و مربعی (۹۴۹۷۹) نسبت به قطعه نمونهٔ ۱۰۰۰ متر مربعی کمتر است. بنابراین می‌توان بیان کرد که قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی برای مشخصهٔ حجم سرپا و تعداد درختان در هکتار مناسب‌تر است. نتایج نشان داد که شاخص $T \times (E\%)^2$ قطعه نمونهٔ دایره‌ای با مساحت ۴۰۰ متر مربع در مقایسه با قطعه نمونهٔ مربعی با همان مساحت بسیار کمتر است و همچنین تفاوت درصد خطای آماربرداری آنها نیز بسیار کم است. بنابراین قطعه نمونهٔ دایره‌ای نسبت به قطعه نمونهٔ مربعی برای مشخصهٔ حجم سرپا و تعداد درختان در هکتار مناسب‌تر است. به‌طور کلی نتایج نشان داد که مناسب‌ترین مساحت و شکل قطعه نمونه برای آماربرداری در جنگلکاری‌ها در منطقه مساحت ۴۰۰ متر مربع و شکل دایره است.

واژه‌های کلیدی: جنگلکاری، شکل قطعه نمونه، عرب‌داغ، مساحت قطعه نمونه.

مقدمه

جنگل‌ها برای زندگی بشر از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند. به‌طوری که در تنظیم آب‌وهوا و حفاظت خاک نقش مهمی دارند و همچنین منبع اقتصادی و غذایی باارزشی برای خاک محسوب می‌شوند. این منابع ارزشمند ۳۰/۶ درصد سطح کرهٔ خاکی را می‌پوشانند [۱]. افزایش چشمگیر جمعیت ایران در سال‌های اخیر و متعاقب آن زیاد شدن نیازهای آن از یک‌سو و کاهش روزافزون اراضی جنگلی از

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۳۶۵۰۵۱۶۲۹
Email: mohamadi.jahangir@gmail.com

سوی دیگر، اهمیت و جایگاه جنگلکاری‌ها را به‌خوبی روشن می‌کند. همچنین اهمیت جهانی حفاظت از منابع طبیعی به‌ویژه جنگل، با توجه به رشد جمعیت جهانی موجب شده است که در سال‌های اخیر حساسیت فراوانی در زمینهٔ حفظ و گسترش جنگل در کشورهای جهان به وجود آید [۲]. امروزه زراعت چوب با هدف تولید چوب از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده است، به‌طوری که بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایالات متحدهٔ آمریکا، کانادا و نیوزیلند به‌رغم داشتن جنگل‌های طبیعی بسیار وسیع در زمینهٔ زراعت چوب، فعالیت‌های چشمگیری داشته‌اند. با توجه به ذخیره شدن ۸۶ درصد از کربن روی زمین و ۷۳ درصد کربن زیر زمین در جنگل‌ها و نقش مهم آنها در جریان انرژی بین زمین و اتمسفر، انگیزهٔ اولیهٔ جنگلکاری، تولید انرژی زیستی و رفع نگرانی‌های موجود دربارهٔ گرمایش جهانی و آزاد شدن گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن است [۳]. حدود ۳۷ درصد چوب مورد نیاز جهان از جنگلکاری تأمین می‌شود و تنها ۱۰ درصد از کل جنگل‌های جهان را جنگلکاری‌ها به خود اختصاص داده‌اند. انتظار می‌رود این جنگلکاری‌ها پاسخگوی ۴۶ درصد از تقاضای چوبی جهان تا سال ۲۰۴۰ میلادی باشند [۴]. یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی ایران، جنگل‌های هیرکانی با مساحت حدود ۱/۸ میلیون هکتار است که منبع مهم تولید چوب و فراورده‌های جنگلی نیز است. اما فقط حدود ۱/۲ میلیون هکتار از این جنگل‌ها، جزء جنگل‌های مرغوب و تجارتی است [۴]. از این‌رو جنگل‌های طبیعی پهن‌برگ هیرکانی پاسخگوی نیازهای چوب مصرفی آتی کشور نخواهند بود و حتی به‌مرور در اثر بهره‌برداری‌های بیش از حد و فشار زیاد از بین خواهند رفت. علاوه‌بر آن با توجه به تصویب طرح تنفس در جنگل‌های تجارتی و دارای طرح جنگلداری منطقهٔ شمال ایران، نیاز به توسعهٔ جنگلکاری‌ها با هدف تأمین مصارف مختلف چوب و کسب اطلاعات از مشخصه‌های ساختاری این منابع برای مدیریت و برنامه‌ریزی آنها ضروری به نظر می‌رسد. مدیران جنگل به‌منظور تصمیم‌گیری صحیح و مدیریت بهتر عملیات پرورشی در جنگلکاری‌ها، نیازمند اطلاعاتی دربارهٔ مشخصه‌های کمی و کیفی ساختاری توده‌های جنگلی و ویژگی‌های رویشگاه‌های جنگلی هستند [۵، ۶]. این اطلاعات از آماربرداری یا نمونه‌برداری به‌دست می‌آید [۶]. نتایج آماربرداری صددرصد، می‌تواند دقیق و مطلوب باشد، اما کاهش هزینهٔ آماربرداری، امکان اجرای آماربرداری و تجزیه‌وتحلیل در زمانی کوتاه سبب شده است که آماربرداری با قطعات نمونه، جایگزین آماربرداری صددرصد شود [۷]. در آماربرداری با قطعات نمونهٔ ثابت، باید تعداد قطعه نمونه، شکل و مساحت آنها برای اجرای آماربرداری مشخص شود. تعداد قطعه نمونه با توجه به هزینه و حداقل اشتباه آماربرداری محاسبه می‌شود، درحالی که مساحت قطعه نمونه به عواملی برگرفته از ویژگی‌های ساختاری تودهٔ جنگلی تحت بررسی مانند تعداد درختان در هکتار و نحوهٔ پراکنش آنها نیز وابسته است [۷]. در تحقیقی در زمینهٔ تعیین مناسب‌ترین شکل و مساحت قطعه نمونه، پوربابایی و همکاران (۱۳۷۸)، برای جنگل‌های دست‌کاشت تدا (*Pinus taeda*)، مساحت قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربع را معرفی کردند [۸]. حسین‌زاده (۱۳۸۱)، مساحت ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر مربع را مناسب‌ترین مساحت برای بررسی ساختار در جنگل‌های بلوط و بنه در زاگرس ذکر کرد [۹]. فسحت و همکاران (۱۳۹۰)، در تعیین مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری چنددرختی در جنگلکاری صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoids*) شهرستان نور، روش چهاردرختی را پیشنهاد کردند [۱۰]. Sparks و همکاران (۲۰۰۲)، در جنگل‌های اوکلاهمای آمریکا، صحت و کارایی شش روش نمونه‌برداری را با هم مقایسه کردند که قطعه نمونهٔ دایره‌ای با شعاع ثابت، برای برآورد تعداد در هکتار مناسب‌ترین روش معرفی شد [۱۱]. Lombardi و همکاران (۲۰۱۵)، اثر اندازهٔ قطعه نمونه را بر برآوردهای مشخصه‌های ساختاری در توده‌های جنگلی کهنسال ایتالیا بررسی کردند. نتایج نشان داد

که قطعه نمونهٔ با مساحت ۵۰۰ متر مربع، مناسب‌ترین مساحت انتخاب شد [۱۲]. Silva و همکاران (۲۰۱۷)، سه روش نمونه‌برداری مربع تی، یک‌چهارم مرکز مربعات و چنددرختی را در برآورد تعداد درختان در هکتار در جنگل‌های جزیرهٔ میگوئل در غرب پرتغال بررسی و مقایسه کردند. نتایج نشان داد که روش مربع تی مناسب‌تر از روش‌های دیگر بود [۱۳]. برای تهیه و تدوین طرح‌های پرورشی در جنگل‌های سوزنی‌برگ به‌خصوص با توجه به وسعت زیاد این عرصه‌ها در استان گلستان، آماربرداری با قطعات نمونهٔ متناسب با این توده‌ها ضروری است. برای این کار مساحت و شکل قطعه نمونه‌ای که کمترین هزینه و بیشترین دقت را دارا باشد مناسب‌تر است. براساس بررسی منابع موجود در زمینهٔ تعیین شکل و مساحت قطعه نمونه در نمونه‌برداری توده‌های جنگلکاری پژوهش‌هایی اندک یا کوچک‌مقیاس انجام گرفته است. بنابراین بررسی شکل و مساحت قطعه نمونه به‌ویژه در مناطقی با بیشترین سطح جنگلکاری مانند استان گلستان برای یکسان‌سازی روش نمونه‌برداری و همهٔ جزئیات آن ضروری است. هدف این تحقیق، تعیین مناسب‌ترین شکل و مساحت قطعه نمونه به‌منظور برآورد مشخصه‌های کمّی توده‌های جنگلکاری مانند حجم سرپا و تعداد درختان در هکتار و مقایسهٔ آن با آماربرداری صددرصد در توده‌های جنگلکاری عرب‌داغ استان گلستان است.

مواد و روش‌ها

شهرستان کلاله با مساحت ۳۰۷۱۳ هکتار عرصهٔ جنگلی، ۶/۷۹ درصد از کل مساحت عرصه‌های جنگلی استان گلستان را شامل می‌شود. منطقهٔ این تحقیق یعنی عرب‌داغ در این شهرستان، در غرب روستای قوشه‌سو، در دو طرف خط‌الرأس یال عرب‌داغ با استقرار و پراکنش بیشتر در دامنهٔ شمالی تا حوالی منطقهٔ حاجی‌بیگ ادامه دارد. این منطقه در سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۶۹ با گونه‌های کاج و سرو زربین جنگلکاری شده است. منطقهٔ تحقیق (شکل ۱) که براساس مختصات جهانی UTM در زون ۴۰ شمالی واقع شده است، از نظر آب‌وهوایی تحت تأثیر شرایط اقلیمی دریای خزر قرار دارد، میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۹۳۵ متر، میانگین دمای هوای سالیانه ۱۸/۴ درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۵۸۰/۳ میلی‌متر است.

شکل ۱. موقعیت منطقهٔ تحقیق در ایران (استان گلستان)

با توجه به اینکه هدف اصلی این تحقیق، تعیین مناسب‌ترین شکل و مساحت قطعه نمونه برای تعمیم در کل جنگلکاری‌های استان گلستان و دیگر توده‌های مشابه است، باید شکل‌های مختلف نمونه‌برداری مانند دایره‌ای و مربعی و مساحت‌های مختلف قطعه نمونه (۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع) با نمونه‌برداری صددرصد آزمایش شود. برای آماربرداری صددرصد، پس از جنگل‌گردشی محدوده‌ای که تقریباً معرف جنگل‌های منطقه

بود، با مساحت ۶۰ هکتار، انتخاب شد. سپس مشخصه‌های قطر برابرسینه همهٔ درختان، فاصله و آزیموت همهٔ درختان و ارتفاع برخی از درختان (سعی شد در هر طبقه قطری به اندازهٔ کافی و حدود ۳۰ تا ۴۰ درخت اندازه‌گیری شود) اندازه‌گیری و ثبت شد. برای حذف خطای حاصل از اندازه‌گیری مجدد درختان در هنگام پیاده‌سازی، علامت‌گذاری روی تنهٔ درختان با استفاده از رنگ در محل اندازه‌گیری قطر برابرسینه صورت گرفت. برای محاسبهٔ پارامترهای میانگین و انحراف از معیار در آماربرداری صددرصد، از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده شد.

$$\mu_x = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} \qquad (۱)$$

$$\partial_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^{N} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2}{N}}{N}} \qquad (۲)$$

μ_x میانگین واقعی جامعه، ∂_x انحراف از معیار، x_i مشخصه یا پارامتر مورد اندازه‌گیری و N تعداد افراد جامعه یا داده‌هاست. در این تحقیق، موقعیت مکانی همهٔ درختان با استفاده از روش فاصله و آزیموت ثبت شد. سپس فاصله و آزیموت همهٔ درختان منطقه نسبت به نقاط شاخص یادداشت شده و با استفاده از روابط مثلثاتی (رابطه‌های ۳ و ۴) مقادیر برداشت‌شده به مختصات دکارتی (X,Y) تبدیل شد [۱۴].

$$X_n = d \times \left(\mathrm{Sin}\left(\mathrm{Radian}\right)\right) + X_{n-1} \qquad (۳)$$

$$Y_n = d \times \left(\mathrm{Cos}\left(\mathrm{Radian}\right)\right) + Y_{n-1} \qquad (۴)$$

d فاصله تا نقطه شاخص یا درخت قبلی است؛ Radian از رابطهٔ (Azimuth × 3.14)/180 محاسبه شد. X_{n-1} مختصات طولی نقاط شاخص و Y_{n-1} مختصات عرضی نقاط شاخص است. بدین ترتیب همهٔ درختان جنگلی موجود در منطقه تعیین موقعیت شدند. موقعیت درختان منطقه در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.2 رسم شد تا محدودهٔ پراکنش درختان مشخص شود. با توجه به سطح اشغال‌شده توسط پایه‌های مختلف، تعداد در هکتار گونه‌های موجود در منطقه مشخص شد. ابتدا حجم سرپای تک‌درختان و سپس حجم سرپا در هکتار محاسبه شد. با شمارش تعداد درختان در قطعه نمونه، تعداد در هکتار نیز محاسبه شد. برای پیاده کردن روش نمونه‌برداری منظم–تصادفی، از شبکهٔ مورد استفاده سازمان جنگل‌ها و مراتع (۲۰۰×۱۵۰) استفاده شد. پس از جدا کردن مناطق باز (مانند جاده‌ها و مناطق کشاورزی) و مناطق دارای گونه‌های پهن‌برگ، نقشهٔ پلی‌گونی مساحت‌های مختلف قطعات نمونهٔ ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربعی با دو شکل دایره و مربع در محیط GIS پیاده و درختان واقع در هر قطعه نمونه با مساحت و شکل‌های مختلف جدا شد. برای اندازه‌گیری آماره‌های میانگین، انحراف از معیار، اشتباه معیار، اشتباه نمونه‌برداری به مقدار و درصد مربوط به مشخصهٔ حجم سرپا در مساحت‌ها و شکل‌های مختلف، از رابطه‌های ۵ تا ۸ استفاده شده است:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \qquad (۵)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}{n}}{n-1}} \qquad (۶)$$

$$S_{\bar{X}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \qquad (۷)$$

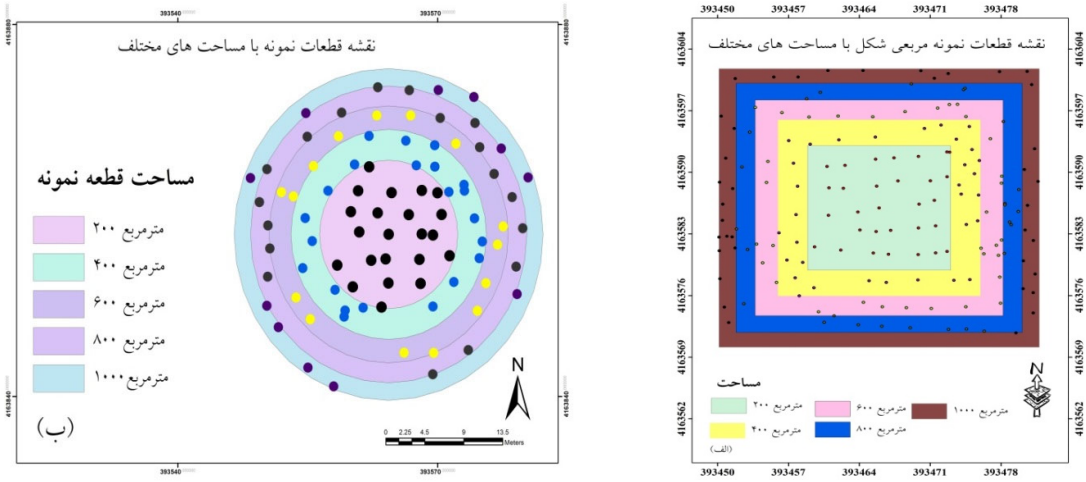
$$E = t \times S_{\bar{x}} \qquad (۸)$$

x_i حجم سرپا و تعداد درختان در هکتار در قطعه‌نمونه i، $\bar{x}$ میانگین مشخصهٔ تحت بررسی، S_x انحراف از معیار، N تعداد قطعات نمونهٔ اندازه‌گیری‌شده و $S_{\bar{x}}$ اشتباه معیار است. به‌دلیل ارتباط مستقیم هزینه‌های آماربرداری با زمان صرف‌شده برای این کار، در این بررسی به‌جای هزینهٔ آماربرداری از زمان لازم برای آماربرداری استفاده شد [۱۵].

نتایج حاصل از نمونه‌برداری با استفاده از شاخص یا معیار $T \times (E\%)^2$ (مجذور درصد اشتباه آماربرداری در زمان کل) با هم مقایسه شدند. مجموع زمان لازم برای مساحت‌های مختلف و شکل‌های مختلف از مجموع زمان لازم برای پیاده کردن قطعات نمونه و زمان لازم برای طی کردن مسافت بین قطعات محاسبه شد [۱۶]. پس از محاسبهٔ حجم سرپا و تعداد درختان در هکتار در هر قطعه نمونه برای همهٔ مساحت‌ها و شکل‌های مختلف، نتایج آنها با مقدار عددی حجم در هکتار به‌دست‌آمده از آماربرداری صددرصد با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه‌ای مقایسه شد.

نتایج و بحث

بررسی آماره‌های توصیفی توده‌های جنگلی تحت مطالعه نشان داد که میانگین‌های قطر برابرسینهٔ همهٔ تک‌درختان ۱۳/۹ سانتی‌متر، ارتفاع ۷/۷ متر، سطح مقطع، ۰/۰۱۶ متر مربع و حجم ۰/۰۶۶ مترمکعب به‌دست آمد. همچنین میانگین مشخصه‌های حجم سرپا، تعداد درختان و رویه زمینی در هکتار حاصل از آماربرداری صددرصد به ترتیب ۵۵/۰۶ مترمکعب، ۸۳۳/۲ پایه و ۱۳/۳۳ متر مربع در هکتار است. برای مقایسهٔ مساحت‌های مختلف لازم بود که تعداد قطعات نمونه یکسان باشد و فقط پارامتر مساحت تغییر کند. از این‌رو با تعداد قطعات نمونهٔ ثابت و مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع (شکل ۲)، پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف معیار، اشتباه معیار، درصد خطای آماربرداری برای متغیرهای مورد اندازه‌گیری محاسبه شد که در جدول ۱ آمده است.



شکل ۲. نقشهٔ قطعه نمونهٔ مربعی (الف) و دایره‌ای (ب) با مساحت‌های مختلف در منطقهٔ تحقیق

نتایج حاصل از بررسی مشخصهٔ حجم در هکتار برای قطعه نمونهٔ دایره‌ای با مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع نشان داد که مساحت ۱۰۰۰ متر مربعی به‌ترتیب دارای کمترین درصد اشتباه معیار (۵/۱۴) و درصد خطای نمونه‌برداری (۱۰/۴) است. درحالی که مساحت ۲۰۰ متر مربعی به‌ترتیب دارای بیشترین مقادیر درصد اشتباه معیار (۷/۱۴) و درصد خطای آماربرداری (۱۴/۲۸) است. بنابراین اگر ملاک فقط براساس زمان کل آماربرداری باشد، با افزایش مساحت، زمان آماربرداری نیز بیشتر می‌شود و کمترین زمان مربوط به مساحت ۲۰۰ متر مربع است. اگر ملاک مقایسه براساس درصد خطای آماربرداری باشد، درصد خطای آماربرداری مساحت ۱۰۰۰ متر مربع دارای کمترین درصد خطای آماربرداری است، اما تفاوت خطای آماربرداری مساحت‌های ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع کم و تفاوت درصد خطای آماربرداری قطعه نمونهٔ ۱۰۰۰ متر مربعی با قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی (۱/۹ درصد) در مقایسه با ۲۰۰

متر مربعی (۳٪/۹) بسیار کم است. براساس شاخص $T \times (E\%)^2$، مساحت ۲۰۰ متر مربعی به میزان (۸۹۶۰۴) دارای کمترین مقدار است، اما تفاوت آن با قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی (۹۰۹۶۴) در مقایسه با مساحت‌های ۱۰۰۰، ۸۰۰ و ۶۰۰ متر مربع بسیار کم است. بررسی مشخصهٔ حجم سرپا با استفاده از قطعه نمونهٔ مربعی با مساحت‌های مذکور نتایج نشان داد که مساحت ۱۰۰۰ متر مربعی، دارای کمترین مقادیر درصد اشتباه معیار (۴/۲) و درصد خطای آماربرداری (۸/۴) و مساحت ۲۰۰ متر مربعی دارای بیشترین مقادیر درصد اشتباه معیار (۵/۶) و درصد خطای آماربرداری (۱۱/۲۸) بوده است، اما تفاوت خطای آماربرداری مساحت‌های ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع کم و تفاوت درصد خطای آماربرداری قطعه نمونهٔ ۱۰۰۰ متر مربعی با قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی (۱/۲ درصد) در مقایسه با ۲۰۰ متر مربعی (۲/۹ درصد) بسیار کم است. براساس شاخص $T \times (E\%)^2$، مساحت ۲۰۰ متر مربعی به میزان (۹۴۹۷۹) دارای کمترین مقدار است، اما تفاوت آن با قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متری (۱۱۲۵۶۸) در مقایسه با مساحت‌های ۱۰۰۰. و ۸۰۰ متر مربعی بسیار کم است. بنابراین براساس نتایج حاصل‌شده می‌توان بیان کرد که برای قطعات نمونه دایره‌ای و مربعی، قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی برای مشخصهٔ حجم سرپا مناسب است (جدول ۱).

نتایج حاصل از مقایسهٔ مشخصهٔ حجم در هکتار با مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع برای قطعه نمونه دایره‌ای با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد که بین میانگین حجم سرپا در هکتار همهٔ مساحت‌های مختلف نمونه‌برداری با حجم سرپا در هکتار حاصل از آماربرداری صددرصد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد، اما نتایج مقایسهٔ مشخصهٔ حجم در هکتار برای قطعه نمونهٔ مربعی با مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع برای قطعه نمونهٔ دایره‌ای با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه‌ای، نشان داد که بین میانگین حجم سرپا در هکتار همهٔ مساحت‌های مختلف نمونه‌برداری با حجم سرپا در هکتار حاصل از آماربرداری صددرصد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد (جدول ۲).

نتایج بررسی مشخصهٔ تعداد درختان در هکتار برای قطعه نمونهٔ دایره‌ای با مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع نشان داد که مساحت ۴۰۰ متر مربعی به‌ترتیب دارای کمترین درصد اشتباه معیار (۵) و درصد خطای آماربرداری (۱۰/۳)، و مساحت ۸۰۰ متر مربعی دارای بیشترین درصد اشتباه معیار (۱۰/۴۴) و خطای آماربرداری (۲۲/۷۴) است. براساس شاخص $T \times (E\%)^2$، مساحت ۲۰۰ متر مربعی به میزان (۶۶۳۳۹) دارای کمترین مقدار است، اما تفاوت آن با قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی (۶۷۴۰۰) در مقایسه با مساحت‌های ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع بسیار کم است (جدول ۳). مقایسهٔ مشخصه تعداد درختان در هکتار با استفاده از قطعه نمونهٔ مربعی با مساحت‌های مذکور نتایج نشان داد که مساحت‌های ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربعی، دارای کمترین درصد اشتباه معیار (۴/۲) و خطای آماربرداری (۸/۴)، و مساحت ۲۰۰ متر مربعی دارای بیشترین درصد اشتباه معیار (۵/۶) و خطای آماربرداری (۱۱/۱۳) بوده است، اما تفاوت خطای آماربرداری مساحت‌های ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع کم، و تفاوت درصد خطای آماربرداری قطعه نمونهٔ ۱۰۰۰ متر مربعی با قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی (۰٪/۶) در مقایسه با ۲۰۰ متر مربعی (۱٪/۴) بسیار کم است. براساس شاخص $T \times (E\%)^2$، مساحت ۲۰۰ متر مربعی به میزان (۱۰۹۴۹۴) دارای کمترین مقدار است، اما تفاوت آن با قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی (۱۳۱۸۱۲) در مقایسه با مساحت‌های ۱۰۰۰. و ۸۰۰ متر مربع بسیار کمتر است. بنابراین براساس نتایج می‌توان بیان کرد که برای قطعات نمونهٔ دایره‌ای و مربعی، قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی برای تعداد درختان در هکتار مناسب است (جدول ۳).

جدول ۱. نتایج محاسبات آماری مشخصهٔ حجم سرپا (مترمکعب در هکتار) با استفاده از مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع و تعداد قطعات نمونهٔ ثابت

شکل قطعهٔ نمونه	مساحت (متر مربع)	میانگین	انحراف معیار	اشتباه معیار	اشتباه معیار (درصد)	خطای آماربرداری	خطای آماربرداری (درصد)	$(E\%)^2 \times T$
دایره	۲۰۰	۵۹/۷۶	۲۹/۹	۴/۲۷	۷/۱۴	۸/۵	۱۴/۲۸	۸۹۶۰۴
	۴۰۰	۵۹/۸	۲۴/۸	۳/۵۴	۵/۹۲	۷/۱۶	۱۱/۹۷	۹۰۹۶۴/۷
	۶۰۰	۵۷/۹۶	۲۲/۰۵	۳/۱۵	۵/۴۳	۶/۴	۱۰/۹۸	۹۸۲۱۱/۹
	۸۰۰	۵۶/۹۶	۲۰/۸	۲/۹۷	۵/۲۱	۵/۹۹	۱۰/۵۳	۹۵۳۱۴/۲۲
	۱۰۰۰	۵۶/۲	۲۰/۲۲	۲/۹	۵/۱۴	۵/۸۳	۱۰/۴	۹۴۹۷۹
مربع	۲۰۰	۶۷/۲	۲۵/۴۴	۳/۸	۵/۶	۷/۶	۱۱/۳	۱۱۲۵۶۸
	۴۰۰	۶۸/۶۵	۲۲/۰۵	۳/۳	۴/۸	۶/۶	۹/۶	۱۳۸۲۷۳
	۶۰۰	۶۲/۳	۲۲/۹	۳/۴	۵/۱	۶/۸	۱۰/۱۵	۱۷۵۱۰۲
	۸۰۰	۶۶/۱	۱۹/۶	۲/۹	۴/۴	۵/۸	۸/۸۵	۱۴۰۸۵۰
	۱۰۰۰	۶۵/۶	۱۸/۵	۲/۸	۴/۲	۵/۵	۸/۴	۱۴۹۳۰۳

جدول ۲. نتایج مقایسهٔ میانگین مشخصهٔ حجم سرپا (متر مکعب در هکتار) با استفاده از روش منظم تصادفی با مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع و تعداد قطعات نمونهٔ ثابت

شکل قطعه نمونه	مساحت (متر مربع)	میانگین	میانگین واقعی	آمارهٔ t	درجهٔ آزادی	سطح معنی‌داری
دایره	۲۰۰	۵۹/۷۶	۵۵/۰۶	۱/۰۱	۴۸	۰/۲۷۷
	۴۰۰	۵۹/۸	۵۵/۰۶	۱/۳۴۲	۴۸	۰/۱۸۶
	۶۰۰	۵۷/۹۶	۵۵/۰۶	۰/۹۲۳	۴۸	۰/۳۶
	۸۰۰	۵۶/۹۶	۵۵/۰۶	۰/۶۴	۴۸	۰/۵۲۶
	۱۰۰۰	۵۶/۲	۵۵/۰۶	۰/۳۹	۴۸	۰/۶۹۸
مربع	۲۰۰	۶۷/۲	۵۵/۰۶	۳/۲	۴۸	۰/۰۰۳
	۴۰۰	۶۸/۶۵	۵۵/۰۶	۴/۱۳	۴۸	۰/۰۰۰
	۶۰۰	۶۲/۳	۵۵/۰۶	۴/۲	۴۸	۰/۰۰۰
	۸۰۰	۶۶/۱	۵۵/۰۶	۳/۷۷	۴۸	۰/۰۰۰
	۱۰۰۰	۶۵/۶	۵۵/۰۶	۳/۸۴	۴۸	۰/۰۰۰

جدول ۳. نتایج محاسبات آماری مشخصهٔ تعداد در هکتار با استفاده از مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع و تعداد قطعات نمونهٔ ثابت

شکل قطعه نمونه	مساحت (متر مربع)	میانگین	انحراف معیار	اشتباه معیار	اشتباه معیار (درصد)	خطای آماربرداری	خطای آماربرداری (درصد)	$(E\%)^2 \times T$
دایره	۲۰۰	۹۲۹/۶	۳۹۹/۷	۵۷	۶/۱۴	۱۱۴/۲	۱۲/۳	۶۶۳۳۹
	۴۰۰	۹۲۰/۹	۳۲۸/۷	۴۶/۹	۵	۹۴/۸	۱۰/۳	۶۷۴۰۰
	۶۰۰	۹۹۷/۸	۳۳۳/۰۳	۸۵/۹۸	۸/۶۲	۱۸۳/۲	۱۸/۳۶	۸۹۶۴۵
	۸۰۰	۸۹۱/۷	۳۲۲/۳۸	۹۳/۰۶	۱۰/۴۴	۲۰۲/۷۸	۲۲/۷۴	۱۱۶۰۰۰
	۱۰۰۰	۹۹۲	۲۹۲/۴۵	۹۲/۴۸	۹/۳	۲۰۶/۰۵	۲۰/۷۷	۸۲۶۲۰/۷
مربع	۲۰۰	۱۱۲۵/۶	۴۲۰/۳	۶۲/۶۵	۵/۶	۱۲۵/۳	۱۱/۱۳	۱۰۹۴۹۴
	۴۰۰	۱۱۲۹/۵	۳۵۴/۳	۵۲/۸	۴/۸	۱۰۵/۶	۹/۳۵	۱۳۱۸۱۲
	۶۰۰	۱۱۰۴/۱	۳۸۲/۶	۵۷/۱	۵/۲	۱۱۴/۱	۱۰/۳۳	۱۸۱۴۱۹
	۸۰۰	۱۰۷۴/۷	۳۰۳/۸	۴۵/۳	۴/۲	۹۰/۶	۸/۴	۱۲۸۱۶۲
	۱۰۰۰	۱۰۶۲/۲	۲۹۷/۹	۴۴/۴	۴/۲	۸۸/۸	۸/۴	۱۴۷۸۲۰

نتایج حاصل از مقایسهٔ مشخصهٔ تعداد درختان در هکتار برای قطعه نمونهٔ دایره‌ای با مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد که بین میانگین تعداد درختان در هکتار همهٔ مساحت‌های مختلف نمونه‌برداری با حجم سرپا در هکتار حاصل از آماربرداری صددرصد، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد. اما نتایج مقایسهٔ مشخصهٔ حجم در هکتار برای قطعه نمونهٔ مربعی با مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه‌ای، نشان داد که بین میانگین تعداد درختان در هکتار همهٔ مساحت‌های مختلف نمونه‌برداری با تعداد درختان در هکتار حاصل از آماربرداری صددرصد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج مقایسهٔ میانگین مشخصهٔ تعداد درختان در هکتار با استفاده از روش منظم تصادفی با مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع و تعداد قطعات نمونهٔ ثابت

شکل قطعه نمونه	مساحت (متر مربع)	میانگین	میانگین واقعی	آمارهٔ t	درجهٔ آزادی	سطح معنی‌داری
دایره	۲۰۰	۹۲۹/۶	۸۳۳/۲	۱/۱	۴۸	۰/۲۸
	۴۰۰	۹۲۰/۹	۸۳۳/۲	−۰/۷۵۹	۴۸	۰/۴۵۵
	۶۰۰	۹۹۷/۸	۸۳۳/۲	۱/۹۱۴	۴۸	۰/۰۷۶
	۸۰۰	۸۹۱/۷	۸۳۳/۲	۱/۳۱۹	۴۸	۰/۲۱۴
	۱۰۰۰	۹۲۹/۶	۸۳۳/۲	۱/۱	۴۸	۰/۲۸
مربع	۲۰۰	۱۱۲۵/۶	۸۳۳/۲	۴/۷	۴۸	۰/۰۰۰
	۴۰۰	۱۱۲۹/۵	۸۳۳/۲	۵/۶	۴۸	۰/۰۰۰
	۶۰۰	۱۱۰۴/۱	۸۳۳/۲	۵/۶	۴۸	۰/۰۰۰
	۸۰۰	۱۰۷۴/۷	۸۳۳/۲	۵/۳۳	۴۸	۰/۰۰۰
	۱۰۰۰	۱۰۶۲/۲	۸۳۳/۲	۵/۱۶	۴۸	۰/۰۰۰

نتایج ارزیابی شکل قطعه نمونه برای بررسی مشخصه‌ی حجم سرپا و تعداد درختان در هکتار با مساحت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متر مربع نشان داد که مقادیر درصد اشتباه معیار و درصد خطای آماربرداری در قطعه نمونهٔ مربعی در همهٔ مساحت‌ها نسبت به قطعه نمونهٔ دایره‌ای کمتر است، اما مقادیر شاخص $T \times (E\%)^2$، قطعه نمونهٔ مربعی در همهٔ مساحت‌ها نسبت به قطعه نمونهٔ دایره‌ای بیشتر است. تفاوت مقادیر درصد خطای آماربرداری قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی دایره‌شکل با قطعه نمونهٔ مربعی با مساحت ۴۰۰ متر مربع، برای هر دو مشخصه حجم سرپا در هکتار و تعداد درختان در هکتار کم است، ولی تفاوت مقادیر شاخص $T \times (E\%)^2$ برای قطعه نمونهٔ ۴۰۰ متر مربعی دایره‌شکل با قطعه نمونهٔ مربع‌شکل زیاد است. بنابراین براساس نتایج می‌توان بیان کرد که قطعات نمونهٔ دایره‌ای برای مشخصهٔ تعداد درختان در هکتار و حجم سرپا در هکتار نسبت به قطعات نمونهٔ مربعی مناسب‌ترند (جدول‌های ۱ و ۳).

نتیجه‌گیری

با توجه به تصویب طرح تنفس در جنگل‌های تجارتی و دارای طرح جنگلداری در جنگل‌های هیرکانی و نیاز آتی کشور به چوب، توسعهٔ جنگلکاری‌ها با هدف تأمین مصارف مختلف چوب ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین کسب اطلاعات از مشخصه‌های ساختاری توده‌های جنگلی برای مدیریت و برنامه‌ریزی آنها ضروری است. در زمینهٔ نمونه‌برداری در جنگلکاری‌ها، متأسفانه شکل و مساحت قطعه نمونه، شدت نمونه‌برداری و ابعاد شبکهٔ یکنواختی در

کل کشور وجود ندارد. از این‌رو در این زمینه باید مساحت و شکل‌های مختلف قطعات نمونه به‌منظور تعیین بهترین مساحت و شکل قطعه نمونه برای تعمیم در کل سطح جنگلکاری‌های استان گلستان و دیگر توده‌های مشابه بررسی شود. بنابراین براساس نتایج این تحقیق و مقادیر درصد اشتباه معیار، درصد خطای آماربرداری و شاخص $T \times (E\%)^2$ می‌توان بیان کرد که قطعات نمونهٔ دایره‌ای با مساحت ۴۰۰ متر مربعی برای مشخصهٔ تعداد درختان در هکتار و حجم سرپا در هکتار نسبت به قطعات نمونهٔ مربعی و مساحت‌های دیگر مناسب‌تر است.

References

[1]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2018) The State of the World's Forests 2018 - Forest pathways to sustainable development. Rome. www.fao.org/state-of-forests: 139p.

[2]. Mosayeb Neghad, I., Rostami Shahraji, T., Kahneh, E., and Porbabaii, H. (2007). Evaluation of native broadleaved forest plantations in east of Guilan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 311-319.

[3]. Vashum, K.T., and Jayakumar, S. (2012). Methods to estimate above-ground biomass and carbon stock in natural forests-a review. Journal Ecosystem Ecography, 2(4): 1-7.

[4]. Marvi Mohajer, M. (2005). Silviculture, University of Tehran Press, Tehran, Iran.

[5]. Amiri, M., Habashi, H., Azadfar, D. and Soleymani, N. (2008). Comparison of regeneration density and species diversity in managed and natural stands of Loveh Oak forest. Journal Agricultural Science and Natural Resources, 28: 44-53.

[6]. Holopainen, M., and Wang, G. (1998). Accuracy of digitized aerial photographs for assessing forest habitats at plot level. Scandinavian Journal of Forest Research, 13(1-4): 499-508.

[7]. Zobeiri, M. (2007). Forest Biometry. University of Tehran Press, Tehran, Iran.

[8]. Pourbabaei, H., Namiranian, M., and Zobeiri, M. (1999). Determination of the best inventory network dimensions and plot area in a manipulated conifer (*Pinus teada*) forest. Iranian Journal Natural Resources, 51(2): 25-33.

[9]. Hosinzadeh, J. (2002). An investigation on effects of some ecological factors on distribution of different species of Amygdalus in Ilam province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 9(1):151-176.

[10]. Foshat, M., Hosseini, S.M., Fallah, A., and Fakhari, M.A. (2011). Determination of suitable N-tree sampling method in Populus delteoides. Journal of Forest Science and Engineering Research, 1(3): 65-76.

[11]. Sparks, J.C., Masters, R.E., and Payton, M.E. (2002). Comparative evaluation of accuracy and efficiency of six forest sampling methods. Proceedings of the Oklahoma Academy of Science, 82: 49-56.

[12]. Lombardi, F., Marchetti, M., Corona, P., Merlini, P., Chirici, G., Tognetti, R., Burrascano, S., Alivernini, A. and Puletti, N. (2015). Quantifying the effect of sampling plot size on the estimation of structural indicators in old-growth forest stands. Forest Ecology and Management, 346: 89-97.

[13]. Silva, L.B., Alves, M., Elias, R.B. and Silva, L., 2017. Comparison of T-Square, point centered quarter, and N-tree sampling methods in Pittosporum Undulatum invaded woodlands. International Journal of Forestry Research, 2818132: 1-13.

[14]. Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Hassani, M., and Parhizkar, P. (2009). Spatial patterns in untouched beech (Fagus orientalis Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18 (2): 322-336.

[15]. Heidari, M., Namiranian, M., Zobeiri, M., and Gahramany, L. (2014). Investigation on appropriate inventory method for determining structure of Northern Zagros Forests (Case study: Blake Forests, Baneh). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(3): 467-480.

[16]. Loetsch, F., Zohrer, F. and Haller, K.E. (1973). Forest Inventory. BLV, Verlagsgesellschaft, Munchen, Germany, Munchen.

Determination of the optimal sample plots size and shape in Arab-Dagh forests, Kalale city, Golestan province

F. Ghiyasi; M.Sc. Student, Department of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran
J. Mohammadi*; Assist. Prof., Department of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran
A. Fallah; Prof., Department of Forest Sciences, Natural Resources Faculty, Sari Agriculture and Natural Resource University, Sari, I.R. Iran
D. Moghaddasi; M.Sc. Graduate, Department of Natural Resources and Watershed, Golestan Province, I.R. Iran

(Received: 11 January 2020, Accepted: 25 February 2020)

ABSTRACT

Achieving the goals and implementation of sustainable forestry requires accurate data in order to do necessary planning and provide optimal solutions. The aim of this study was to select the optimal sample plots size and shape for estimating stand volume and tree density in Arabdagh forests, Golestan province. For this purpose, 60 ha forest area of Arab Dagh in Kalaleh city was surveyed with 100% inventory. Then, stand volume and tree density were calculated form 100% inventory and all sample plots with areas of 200, 400, 600, 800 and 1000 m^2 and circular and square shapes were calculated in a Systematic Random Sampling. Also, the results were compared with stand volume and tree density obtained from 100% inventory using one-sample t-test. The results showed that the E% (square of sampling error) difference between circular plot (1.9%) and square plot (1.2%) with 400 m^2 area plot is very low. Moreover, $(E\%)^2 \times T$ index of circular plot (89604) and square plot (94979) with the area of 400 m^2 are lower than the 1000 m^2 area plot. Therefore, sample plots with the area of 400 m^2 are appropriate for stand volume and tree density. Also, $(E\%)^2 \times T$ index of circular plot with the area of 400 m^2 is lower compared with the square plots with the same area and the differences between them are also lower. Therefore, circular plots are appropriate for stand volume and tree density. In general, the results showed that circular sample plots with the area of 400 m^2 can be optimal sample plot size and shape in afforestation inventory.

Keywords: Sample plot shape, Sample plot area, Afforestation, Arab-Dagh.

* Corresponding Author, Email: mohamadi.jahangir@gmail.com, Tel: +989365051629