



تعیین طرح نمونه‌برداری خوشه‌ای بهینه در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل‌های زاگرس (جنگل‌های سامان عرفی اولادقباد)

نسترن نظریانی^{۱*}، اصغر فلاح^۲، حبیب رضانی^۳، حامد نقوی^۴ و حمید جلیوند^۵

^۱ دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
^۲ استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
^۳ محقق، گروه جنگلداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی سوئد، اومئو
^۴ استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
^۵ استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۶)

چکیده

حفاظت و حمایت از جنگل‌ها نیازمند دسترسی به اطلاعات و آگاهی از ویژگی‌های ساختاری مانند تعداد در هکتار و تاج‌پوشش درختان است. پژوهش حاضر با هدف انتخاب طرح نمونه‌برداری خوشه‌ای بهینه در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل‌های زاگرس با توجه به سه مؤلفه دقت، صحت و زمان لازم برای نمونه‌برداری انجام گرفت. در راستای این پژوهش ۳۰ هکتار از جنگل‌های سامان عرفی اولادقباد در غرب استان لرستان انتخاب شد. سپس در محیط نرم‌افزار Matlab 2014 موقعیت همه پایه‌ها شبیه‌سازی و طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای (مثلی، مربعی، ستاره‌ای یک، خطی، ال‌شکل، ستاره‌ای دو) با در نظر گرفتن تعداد نمونه‌ها (۳۰، ۶۰ و ۹۰) و برای سه فاصله (۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر) با تکرار ۱۰۰۰۰ مرتبه تعریف شد. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین برآورد شده از طرح‌های مختلف روش نمونه‌برداری خوشه‌ای وجود ندارد. براساس تعداد نمونه و فاصله تحت بررسی، مشخص شد که اشتباه نمونه‌برداری برای طرح خطی از دیگر طرح‌ها کمتر است. کمترین مقدار شاخص $E^2 \times T$ (حاصل ضرب مربع درصد اشتباه نمونه‌برداری در زمان) برای مشخصه تعداد درختان در هکتار و تاج‌پوشش درختان، به ترتیب برای طرح‌های مربعی (۷۷۰/۹۹) و خطی (۲۳۴۷) برآورد شد. بررسی میزان صحت طرح‌های مختلف نیز نشان داد که برای هر دو مشخصه مذکور طرح ستاره‌ای دو کمترین میزان اریبی را داشته است. در مجموع با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده می‌توان اذعان داشت که طرح‌های خطی و ستاره‌ای دو به ترتیب از نظر شاخص $E^2 \times T$ و صحت، طرح‌های بهینه برای برآورد مشخصه‌های کمی جنگل است.

واژه‌های کلیدی: آماربرداری جنگل، تاج‌پوشش درختان، تعداد در هکتار، شاخص $E^2 \times T$ ، دقت، هزینه.

مقدمه

تعالیل اقتصادی و اجتماعی منطقه دارند (Sagheb Talebi et al., 2005). از این‌رو حفاظت و مدیریت پایدار بوم‌سازگان‌های جنگلی در ناحیه ریشی زاگرس همواره دغدغه اصلی کنشگران و مسئولان این حوزه بوده است (Salmani et al., 2021).

جنگل‌های زاگرس از نظر بوم‌شناختی و اقتصادی از مهم‌ترین زیست‌بوم‌های جنگلی کشورند (2003 Eshagh Nimvari et al.,). این جنگل‌ها بیشترین تأثیر را در تأمین آب، حفظ خاک، تعدیل آب‌وهوا و

قطعات نمونه‌ای که برای اندازه‌گیری موجودی در واحد سطح جنگل هر منطقه محاسبه می‌شود، شدت آماربرداری بسیار ناچیز است و حتی ممکن است به کمتر از ۰/۰۱ درصد نیز برسد. در چنین حالتی اگر از روش‌هایی چون تصادفی یا منظم تصادفی استفاده شود، قطعات نمونه با فاصله زیاد از یکدیگر قرار خواهند گرفت که از نظر اجرایی و هزینه آماربرداری مشکلاتی را ایجاد می‌کند (Zobeiri, 2007).

نمونه‌برداری با افزایش سطح قطعه نمونه یا افزایش تعداد نقاط نمونه‌برداری به‌طور معمول با افزایش دقت همراه است. اما این نکته حائز اهمیت است که هزینه یک عامل محدودکننده در انتخاب مساحت قطعه نمونه، تعداد قطعه نمونه و در نهایت شدت آماربرداری است؛ زیرا با افزایش مساحت هزینه آماربرداری نیز افزایش می‌یابد. از این‌رو باید با توجه به هزینه و دقت مورد نیاز روش نمونه‌برداری مناسب انتخاب شود (Naghavi, 2015). در مقایسه روش‌های آماری همواره پژوهش‌های زمانی در دستور کار قرار می‌گیرد که به‌مثابه معیاری که در ارتباط مستقیم با هزینه‌هاست، مبنای عمل قرار می‌گیرد و شاخص $E\%^2 \times T$ به‌دلیل در نظر گرفتن مشخصه‌های آماری دقت و هزینه معیاری در خصوص قضاوت روشن نمونه‌برداری مطلوب خواهد بود (Burkhardt & Gregoire, 1994).

تاکنون پژوهش‌هایی در زمینه برآورد مشخصه‌های کمی جنگل در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که در این زمینه می‌توان به پژوهش (2014) Salehi & Taheri Sarteshnizi اشاره کرد. آنها صحت برآورد تراکم تاج‌پوشش در یک توده بلوط ایرانی^۲ را در شبکه‌هایی با تعداد ۱۹۵، ۱۰۲، ۴۹ و ۲۳ نقطه با استفاده از مشابه ساخته‌شده از دستگاه کاجانوس تیوب در پارک جنگلی یاسوج بررسی کردند. نتایج نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین میانگین رتبه‌ای روش‌های استفاده‌شده وجود ندارد و کمترین درصد

روش‌های نمونه‌برداری به‌کاررفته در جنگل‌های غرب ایران الگویی از روش‌های آماربرداری جنگل‌های شمال بوده که ممکن است برای این جنگل‌ها مناسب نباشد. جنگل‌های زاگرس از نظر فرم پوششی، فرم توده، تراکم، ترکیب توده و غیره و نیز شرایط محیطی ویژه حاکم بر این جنگل‌ها با جنگل‌های شمال کشور متفاوت است، از این‌رو استفاده از روش‌های مرسوم در جنگل‌های شمال و انتخاب روش مناسب از نظر دو عامل مهم دقت و هزینه مستلزم مقایسه روش‌های مختلف است (Eshagh Nimvari et al., 2003).

نمونه‌برداری خوشه‌ای^۱ از روش‌های نمونه‌برداری است که برای مناطق وسیع توصیه شده و در آن به‌جای یک قطعه نمونه چند قطعه نمونه در یک قسمت از منطقه تحت بررسی متمرکز و برداشت می‌شود (Yim et al., 2015). در این حالت مطلوب این است که واریانس داخل خوشه‌ها حداکثر و واریانس بین آنها حداقل باشد (Yim et al., 2015). از این‌رو فواصل قطعه نمونه‌ها در خوشه‌ها باید به اندازه‌ای باشد که اطلاعات آنها تا حد ممکن مشابه نباشد (Aune-Lundberg & Strand, 2014). هنگام طراحی یک طرح خوشه‌ای چندین پرسش مربوط به بازده آماری وجود دارد: ۱. فاصله بین ریزقطعه نمونه‌ها چقدر است؟ ۲. شکل هندسی خوشه چگونه است؟ ۳. تعداد ریزقطعه نمونه در هر خوشه چقدر است؟ ۴. ریزقطعه نمونه‌ها به چه شکلی هستند؟ (Korhonen & Maltamo, 1991).

در نمونه‌برداری خوشه‌ای، اولین موضوع مهم، انتخاب تعداد خوشه‌ها و تعداد واحدها در هر خوشه است. در تعیین تعداد و اندازه خوشه‌ها باید به ساختار فیزیکی جنگل از نظر همگنی و ناهمگنی توجه کرد. زمانی که وسعت منطقه نمونه‌برداری زیاد است، اجرای روش نمونه‌برداری خوشه‌ای از نمونه‌برداری تصادفی و منظم- تصادفی مفیدتر خواهد بود (Bonyad, 2015). در آماربرداری مناطق وسیع با توجه به وسعت و تعداد

تجزیه و تحلیل آماری و هزینه‌ای نیز نشان داد که یک خوشه سه‌عضوی نسبت به یک خوشه چهارعضوی طرح کارآمدتری را برای شرایط جنگل تحت بررسی به دست داد. (Grafström et al. (2017) نیز یک طرح جدید نمونه‌برداری برای برآورد موجودی جنگل‌های ملی سوئد به نام خوشه‌های موقتی پیشنهاد دادند. نتایج نشان داد که طرح جدید ظرفیت زیادی برای دستیابی به پیشرفت‌های بزرگی در ارزیابی بسیاری از دیگر ویژگی‌های مهم جنگل دارد. (Moreno-Sanchez et al. (2021) به ارزیابی صحت طبقه‌بندی پوشش جنگلی در جنگل‌های معتدل و گرمسیری مکزیک در طی بررسی دوره‌ای پرداختند. نتایج آنها نشان داد که میزان صحت در جنگل‌های گرمسیری بیشتر از منطقه معتدله بود (به ترتیب حدود ۹۰ درصد در جنگل‌های گرمسیری در مقابل حدود ۷۷ درصد در جنگل معتدله).

گردآوری اطلاعات دقیق به منظور آماربرداری مستلزم صرف هزینه و دقت زیاد است. وقتی جامعه مورد تحقیق وسیع باشد، آماربرداری با مشکلاتی مانند هزینه زیاد، زمان بر بودن و کاهش دقت به دلیل خستگی گروه آماربردار مواجه است. از این رو استفاده از روش‌های نمونه‌برداری و سپس تعمیم آن به کل جامعه، جایگزین مناسبی برای این منظور است. با توجه به سوابق بررسی شده در این پژوهش مشخص شد که نمونه‌برداری خوشه‌ای روشی مناسب برای سطوح وسیع در راستای تحقق اهداف آماربرداری و کاهش هزینه است؛ چراکه در این روش به جای یک قطعه نمونه چند قطعه نمونه در یک محل نمونه‌برداری می‌شود که این تعداد بسته به طرح آماربرداری متفاوت است. همچنین در تشکیل خوشه‌ها، در آرایش و تعداد اعضای خوشه، وضعیت پستی و بلندی منطقه و ظرفیت کاری گروه آماربردار در روز به عنوان عوامل مهم دیگر باید لحاظ شود. با توجه به اینکه عملکرد طرح‌های مختلف روش نمونه‌برداری خوشه‌ای برای آماربرداری از جنگل‌های زاگرس تاکنون بررسی نشده است، هدف تحقیق پیش

آرایی به ترتیب برای روش‌های شبکه ۱۰۲ نقطه‌ای، خط نمونه، شبکه ۴۹ نقطه‌ای و در نهایت شبکه ۲۳ نقطه‌ای به دست آمد. نتایج پژوهش (Amini et al. (2016) با هدف سنجش میزان دقت دو روش طبقه‌بندی خوشه‌ای و منظم-تصادفی در سری یک طرح جنگلداری حاجیکلا تیرانکی (ساری) نشان داد که روش خوشه‌ای برای برآورد تعداد درخت در هکتار و ساختار در مقیاس کل جنگل و نیز به تفکیک گونه نسبت به روش منظم-تصادفی به روش صددرصد نزدیک‌تر است. پژوهش (Moradi Imam (2017) . Qaisi et al نیز با هدف بررسی صحت روش نمونه‌برداری خوشه‌ای و روش نمونه‌برداری منظم-تصادفی با آماربرداری صددرصد در برآورد مشخصه‌های تعداد در هکتار و درصد تاج‌پوشش در جنگل‌های حفاظت‌شده چارطاق اردل نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین برآوردشده از روش‌های نمونه‌برداری خوشه‌ای با میانگین واقعی توده تحت بررسی وجود ندارد. پژوهش (Esmaeeli et al. (2017) با هدف تعیین روش نمونه‌برداری مناسب به منظور برآورد تراکم و سطح تاج‌پوشش درختان زوال‌یافته بلوط ایرانی در منطقه حفاظت‌شده دینارکوه ایلام با استفاده از سه روش نمونه‌برداری خوشه‌ای انطباقی، تصادفی منظم و تصادفی ساده نشان داد روش خوشه‌ای انطباقی در برآورد تعداد در هکتار و سطح تاج‌پوشش درختان زوال‌یافته با توجه به میزان صحت نسبت به روش‌های متداول منظم تصادفی و تصادفی ساده از کارایی بیشتری برخوردار است (۵ و ۴/۷۶ درصد خطا به ترتیب برای برآورد تراکم و سطح تاج‌پوشش). در پژوهش‌های خارج از کشور نیز می‌توان به پژوهش (Yim et al. (2015) با هدف تعیین طرح خوشه‌ای مناسبی برای ارزیابی منابع جنگلی در کره جنوبی برای تجزیه و تحلیل معیارهای آماری و هزینه اشاره کرد. نتایج نشان داد که همبستگی بین خوشه‌ای از اندازه خوشه تأثیرگذارتر بود و برای همه ویژگی‌های هدف، خوشه‌های چهارعضوی نتایج بهتری از خوشه سه‌عضوی نشان داد. نتایج

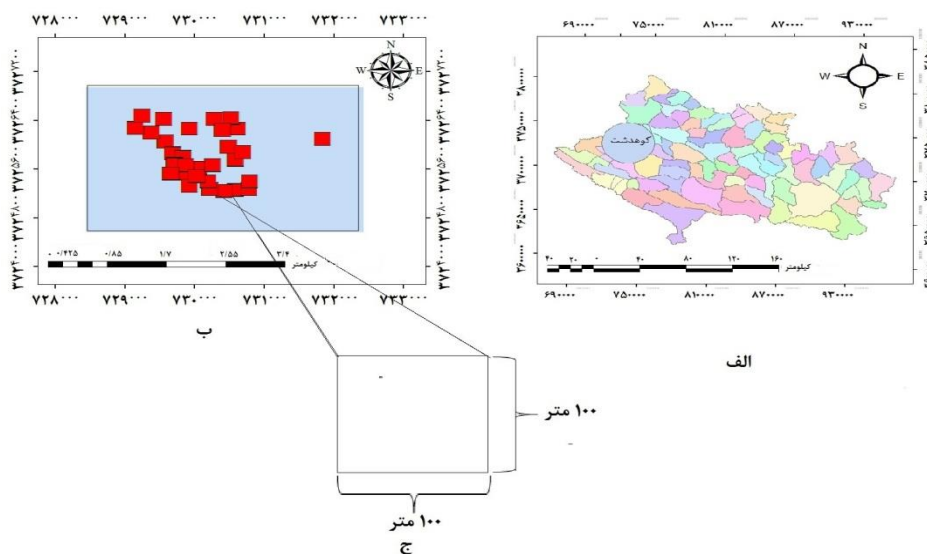
خاک شنی-رسی دارای ساختمان مکعبی بوده و از نفوذپذیری مناسبی برخوردار است (Fereidoni et al., 2005). جنگل‌های منطقه از نظر دسته‌بندی جهانی جزء جنگل‌های معتدله خزان‌کننده و از نظر دسته‌بندی کشوری جزء جنگل‌های نیمه‌خشک زاگرس محسوب می‌شود (Nouraldini & Pourshakouri, 2011). ساختار عمودی اغلب توده‌های جنگلی منطقه به‌طور معمول یک‌اشکوبه بوده و منشأ زادآوری و فرم پرورشی گونه‌های درختان منطقه اغلب غیرجنسی و شاخه‌زاد است. بلوط ایرانی^۱ گونه غالب گیاهی را در منطقه تشکیل می‌دهد. از کل درختان منطقه ۸۲ درصد پایه بلوط شاخه‌زاد و ۱۸ درصد پایه بلوط دانه‌زاد است (Fereidoni et al., 2005). شکل ۱ موقعیت منطقه را نشان می‌دهد.

رو به کارگیری طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای، تعیین فاصله و اندازه قطعه نمونه مناسب در سامان عرفی اولادقباد برای برآورد مشخصه‌های تراکم (تعداد در هکتار) و تاج‌پوشش با توجه به بیشترین دقت و کمترین هزینه است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

به‌منظور اجرای پژوهش حاضر، مساحت تقریبی ۲۵۰۰ هکتار از جنگل‌های زاگرس واقع در ۳۵ کیلومتری شمال شهرستان کوهدشت، به نام سامان عرفی اولادقباد انتخاب شد. این منطقه در محدوده جغرافیایی "۳۳°۴۱'۴۵" تا "۳۳°۴۲'۵" عرض شمالی و "۴۷°۲۸'۱" تا "۴۷°۲۸'۳۴" طول شرقی واقع شده است. اقلیم منطقه از نوع نیمه‌خشک است و بافت



شکل ۱- موقعیت منطقه پژوهش در الف) استان لرستان؛ ب) سامان عرفی اولادقباد؛ ج) قطعه نمونه یک‌هکتاری

ثبت شد. با توجه به انبوهی پراکنش درختان در برخی قطعه نمونه‌ها و با استناد به اینکه دستگاه موقعیت‌یاب جهانی^۲ در بهترین حالت دست‌کم دارای ± 5 متر خطاست، مختصات درختان (با خطای کمتر از ۱۰ متر) در سطح قطعه نمونه نسبت به ایستگاه

شیوه اجرای پژوهش

برای بررسی مشخصه‌های تراکم (تعداد در هکتار) و تاج‌پوشش و نیز آگاهی کامل از شرایط جنگل‌های منطقه، مختصات دقیق هر درخت ۳۰ هکتار از جنگل‌های منطقه، در قالب قطعات یک‌هکتاری با ابعاد 100×100 متر مربع با استفاده از روش تصادفی

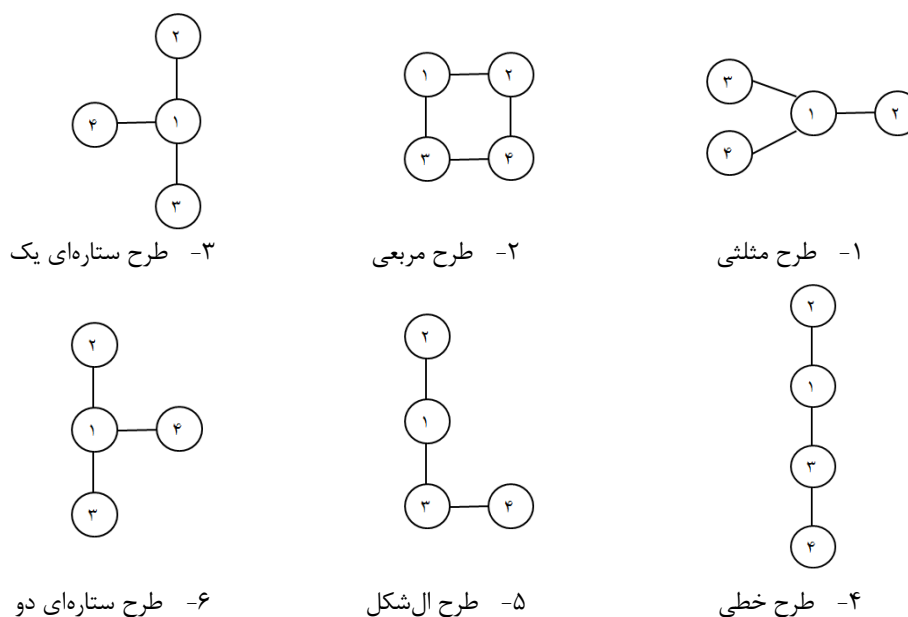
1. *Quercus persica* J.&Sp.
2. Global Positioning System (GPS)

(حداکثر فاصله بنا بر ابعاد قطعه نمونه 100×100 مترمربع) و تعداد سه نمونه (خوشه) مختلف ۳۰، ۶۰ و ۹۰ براساس موقعیت منطقه و درختان با نظر استادان موضوعی (جنگلداری) بررسی شد. شایان ذکر است که هر طرح حداکثر با چهار ریزقطعه نمونه و ۱۰۰۰۰ بار با هدف سنجش رفتار آماری خوشه‌ها با طرح‌های متفاوت و با تعداد نمونه‌های مختلف تکرار شد. هدف از انتخاب و طراحی شکل شش طرح (شکل ۲)، اجرای راحت‌تر نمونه‌های آزمایشی در عرصه بود. همچنین به‌منظور زمان‌سنجی، هر یک از طرح‌ها دست‌کم پنج بار در عرصه اجرا شد. در هر یک از طرح‌ها ریزقطعه نمونه اول ثابت بود و ریزقطعه نمونه‌های دیگر در طرح‌های مختلف به شرح شکل ۲ قرار گرفتند. در شکل ۳ برای نمونه طرح مربعی با توجه به اندازه‌ها و فواصل مذکور آورده شده است.

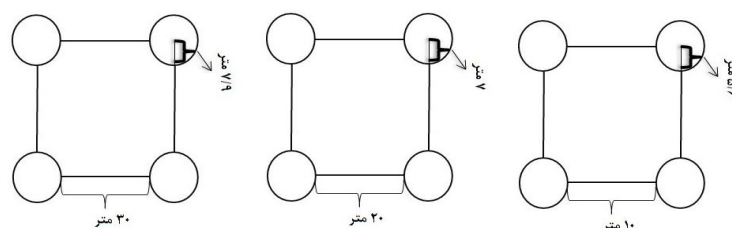
تعیین شده در حاشیه ضلع جنوب غربی با استفاده از رابطه فاصله و آزمون و در نهایت از طریق روابط مثلثاتی به مختصات دکارتی $[x, y]$ تبدیل شد (Miao et al., 2014). سپس مشخصاتی مانند نوع گونه، دو قطر عمود بر هم تاج درختان و موقعیت مرکز قطعه نمونه‌ها نیز در فرم‌های آماربرداری ثبت شد.

نمونه‌برداری خوشه‌ای

برای یافتن طرح خوشه‌ای مناسب برای جنگل‌های تحت بررسی، برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار Matlab 2014 صورت گرفت. برای این کار ابتدا طرح‌های مختلف خوشه‌ای شامل طرح‌های یک تا شش (شکل ۲) تهیه شد. شش طرح یادشده در قالب ۲۷ حالت شامل سه شعاع دایره (ریزقطعه نمونه) $5/6$ ، 7 و $7/9$ متر، سه فاصله بین مرکز ریزقطعه نمونه 10 ، 20 و 30 متر



شکل ۲- طرح‌های مختلف روش نمونه‌برداری خوشه‌ای



روش تحلیل

و دقت^۳ از شاخص $E\% \times T$ استفاده شد (شایان ذکر است که هرچه حاصل این شاخص کمتر باشد روش نمونه برداری مناسب تر است).

مشخصه های بررسی شده برای محاسبه در این روش شامل میانگین (رابطه ۱)، انحراف معیار (رابطه ۲)، اشتباه معیار (رابطه ۳) و درصد خطای آماری (رابطه ۴) از رابطه زیر تعیین می شود (Bonyad, 2015).

$$\bar{X}_{CE} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}}{n \times m} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$S_{XCE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\sum_{j=1}^{n_j} X_{ij})^2 - 2 \times \bar{X}_{CE} \times \sum_{i=1}^m [\sum_{j=1}^{n_j} X_{ij}] \times n_j + \bar{X}_{CE}^2 \times \sum_{j=1}^m n_j^2}{n(m-1)}} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$S_{\bar{X}_{CE}} = \sqrt{\frac{S_{XCE}}{n \times m}} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$E\% = \frac{S_{\bar{X}_{CE}} \times 100}{\bar{X}_{CE}} \quad \text{رابطه ۴}$$

مشخصات درختان موجود در ریزقطعه نمونه طرح های مختلف به دست آمد و برای طرح های مختلف نیز تکرار شد. افزون بر این زمان حرکت از یک ریزقطعه نمونه به ریزقطعه نمونه بعدی و کل زمان صرف شده برای نمونه برداری از خوشه ها محاسبه شد.

نتایج

نتایج آماربرداری کامل قطعات یک هکتاری در جدول ۱ نشان داد که میانگین مشخصه تعداد در هکتار برابر با ۵۱/۳۳ اصله و میانگین مشخصه درصد تاج پوشش برابر با (۱۱/۷۱ درصد) در هر هکتار است.

جدول ۱- نتایج مشخصه های آماری در آماربرداری صد درصد

مشخصه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (درصد)
تعداد در هکتار (اصله)	۵۱/۳۳	۱/۷۱	۳/۳۲
تاج پوشش (درصد)	۱۱/۷۱	۰/۷۰	۵/۹۱

نیستند. از این رو به منظور مقایسه طرح های مختلف نمونه برداری خوشه ای برای مشخصه های بررسی شده از آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس استفاده شد که بر این اساس مشخص شد اختلاف معنی داری در

توزیع داده ها و تعیین نرمال بودن آنها با آزمون کولموگوروف- اسمیرنوف^۱ انجام گرفت. میزان اریبی^۲ نتایج به دست آمده از روش نمونه برداری خوشه ای براساس رابطه $100 \times [\text{واقعیت} / (\text{واقعیت} - \text{برآورد})]$ به دست آمد (South wood & Henderson, 2000). برای بررسی روش نمونه برداری خوشه ای از نظر هزینه

i نمایه برای هر عضو، j نمایه برای هر خوشه، X_{ij} : مقدار هر عضو در خوشه، n : تعداد اعضای هر خوشه، m : تعداد خوشه ها، \bar{X}_{CE} : میانگین کل، $S_{\bar{X}_{CE}}$: اشتباه معیار کل و $E\%$: درصد خطای آماری کل.

روش محاسبه زمان

برای محاسبه زمان نمونه برداری طرح های مختلف نمونه برداری خوشه ای به کار برده شده در پژوهش حاضر ابتدا زمان صرف شده برای اجرای طرح های مختلف نمونه برداری خوشه ای با توجه به اندازه ریزقطعه نمونه ها و فواصل بین ریزقطعه نمونه ها در عرصه اندازه گیری شد. سپس زمان اندازه گیری

نتایج بررسی داده ها از نظر نرمالیت با آزمون کولموگوروف- اسمیرنوف نشان داد که داده ها نرمال

1. Kolmogorov-Smirnov test
2. Bias
3. Precision

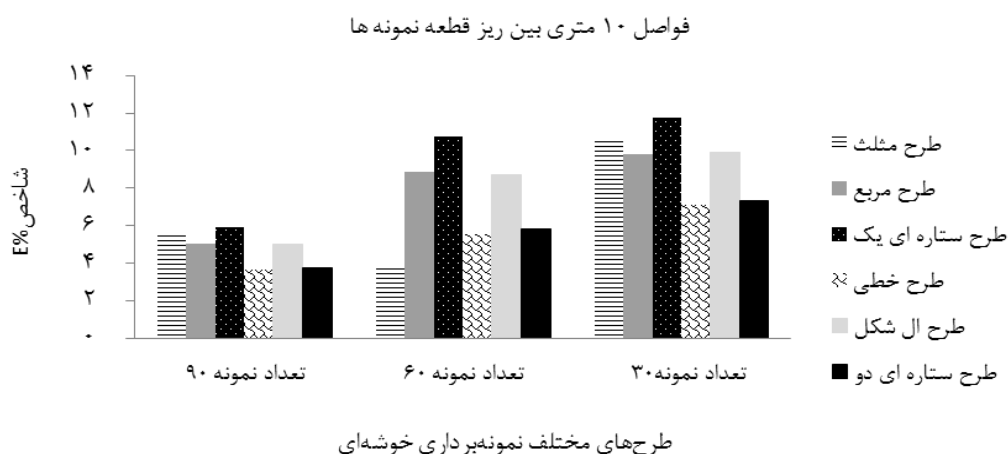
نمونه‌برداری خوشه‌ای برای مشخصه تعداد درختان در هکتار با فواصل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متری بین ریزقطعه نمونه‌ها بررسی شد. براساس تعداد نمونه بررسی شده در این پژوهش (تعداد نمونه (خوشه) ۳۰، ۶۰ و ۹۰) و برای همه فواصل (۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر) مشخص شد که به جز فاصله ۱۰ متری و تعداد نمونه (خوشه) ۶۰ که طرح مثلی دارای کمترین مقدار درصد اشتباه نمونه‌برداری بود، در بقیه حالت‌ها اشتباه نمونه‌برداری برای طرح خطی نسبت به طرح‌های دیگر دارای کمترین درصد خطا (بیشترین دقت) است.

سطح ۰/۰۵ درصد بین طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای وجود ندارد (جدول ۲).

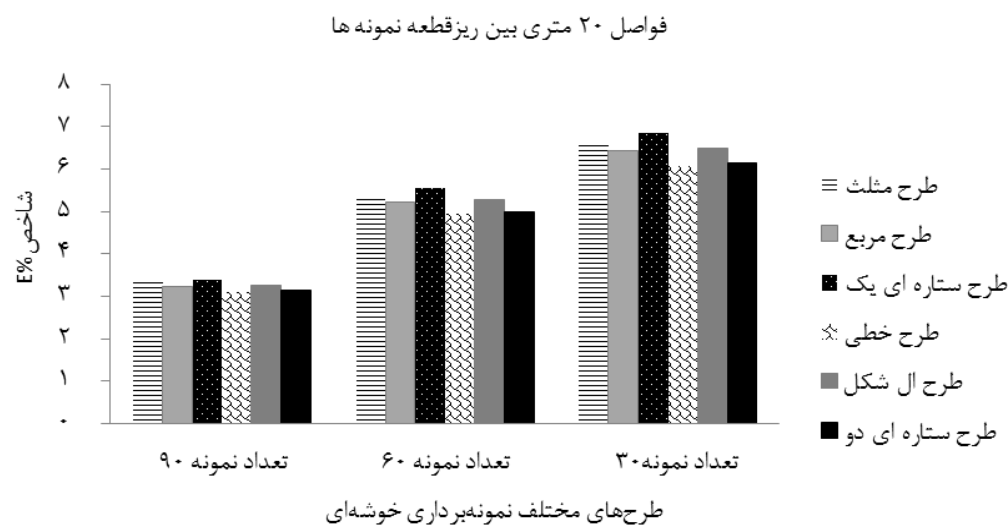
جدول ۲- نتایج آزمون کروسکال والیس برای متغیرهای تعداد در هکتار و تاج پوشش

آماره‌های آزمون	طرح‌های نمونه‌برداری خوشه‌ای
کای اسکوئر	۳/۵۷۸
درجه آزادی	۵
sig.	۰/۶۱۲

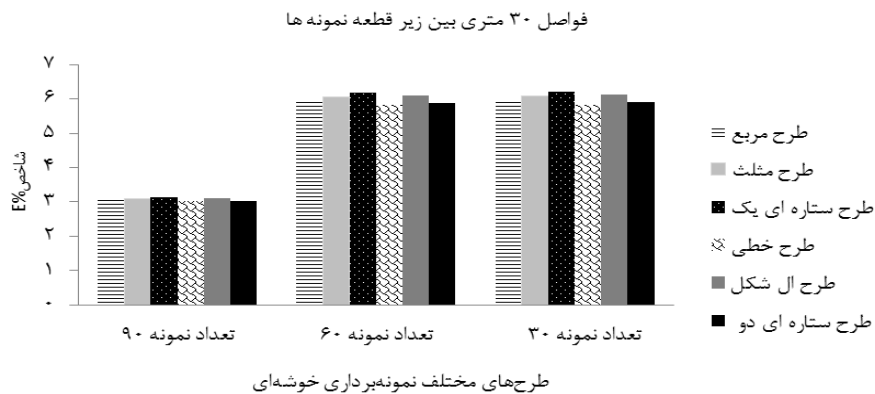
مقایسه فواصل مناسب بین قطعات نمونه در یک خوشه در شکل‌های ۴ تا ۶ ارتباط بین طرح‌های مختلف



شکل ۴- ارتباط بین طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای با فواصل ۱۰ متری بین ریزقطعه نمونه‌ها



شکل ۵- ارتباط بین طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای با فواصل ۲۰ متری بین ریزقطعه نمونه‌ها



شکل ۶- ارتباط بین طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای با فواصل ۳۰ متری بین ریزقطعه نمونه‌ها

برآورد شاخص $E\%^2 \times T$ در برآورد مشخصه تاج پوشش برای طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای

نتایج برآورد شاخص $E\%^2 \times T$ برای مشخصه تاج پوشش براساس حداکثر فاصله بین مراکز ریزقطعه نمونه‌ها (۳۰ متر) نشان داد که مقدار این شاخص برای طرح خطی کمترین مقدار (۲۳۴۷) و برای طرح ال شکل بیشترین مقدار (۳۶۴۱) را دارد (شکل ۷).

برآورد شاخص $E\%^2 \times T$ برای مشخصه تعداد درختان در هکتار برای طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای

براساس نتایج برآورد شاخص $E\%^2 \times T$ برای مشخصه تعداد درختان در هکتار در منطقه پژوهش برای فاصله ۳۰ متری، طرح ستاره‌ای دو کمترین مقدار (۷۱۹/۲۱) و طرح ستاره‌ای یک (۲۱۳۵/۲۷) بیشترین مقدار را داشت.

جدول ۳- نتایج برآورد شاخص $E\%^2 \times T$ برای مشخصه تعداد درختان در هکتار برای طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای

طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای	زمان کل آماربرداری (دقیقه)	اشتباه نمونه‌برداری	$E\%^2 \times T$ شاخص
مربع	۱۷/۳۳	۶/۶۷	۷۷۰/۹۹
مثلث	۲۱/۳۱	۷/۹۱	۱۳۳۳/۳۳
ستاره‌ای یک	۲۳/۸۶	۹/۴۶	۲۱۳۵/۲۷
خطی	۳۰/۱۶	۵/۴۳	۸۸۹/۲۶
ال شکل	۲۳/۶۶	۷/۸۷	۱۴۶۵/۴۳
ستاره‌ای دو	۲۲/۵۳	۵/۶۵	۷۱۹/۲۱



شکل ۷- نتایج مقایسه شاخص $E\%^2 \times T$ در برآورد مشخصه تاج پوشش برای طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای

برآورد اریبی برای طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای در جدول ۴ نتایج برآورد اریبی روش‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای آورده شده است. میزان اریبی برای مشخصه تعداد در هکتار طرح ستاره‌ای دو دارای

کمترین مقدار (۱۸/۸۳) و به عبارتی بیشترین صحت است. برای مشخصه تاج پوشش نیز کمترین مقدار اریبی برآورد شده مربوط به طرح ستاره‌ای دو (۱/۵۴-) است.

جدول ۴- نتایج برآورد اریبی روش‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای

مشخصه	طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای	میانگین برآورد شده	میانگین واقعی	اریبی (درصد)
تعداد درختان در هکتار (اصلی)	مربع	۶۷/۰۰		۳۰/۵۳
	مثلث	۷۷/۰۰		۵۰/۰۱
	ستاره‌ای یک	۷۸/۰۰		۵۱/۹۶
	خطی	۶۲/۰۰	۵۱/۳۳	۲۰/۷۹
	ال شکل	۹۶/۰۰		۸۷/۰۲
	ستاره‌ای دو	۶۱/۰۰		۱۸/۸۳
تاج پوشش (متر در هکتار)	مربع	۱۶۶۱		۴۱/۸۶
	مثلث	۱۶۰۷		۳۷/۲۳
	ستاره‌ای یک	۱۶۸۴	۱۱۷۱	۴۳/۸۲
	خطی	۲۰۸۶		۷۸/۱۴
	ال شکل	۲۰۱۶		۷۲/۱۶
	ستاره‌ای دو	۱۱۵۳		-۱/۵۴

بحث

عرفی اولادقباد برای برآورد مشخصه‌های تراکم (تعداد در هکتار) و تاج پوشش با توجه به بیشترین دقت و کمترین هزینه انجام گرفت.

بررسی نتایج به دست آمده از نمونه‌برداری خوشه‌ای با طرح‌های مختلف در برآورد تعداد درختان در هکتار و سطح تاج پوشش نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌داری بین آنها بود. این موضوع همسو با یافته Moradi Imam Qaisi et al. (2017) است.

با توجه به تعداد نمونه و فاصله مورد بررسی مشخص شد که اشتباه نمونه‌برداری برای طرح خطی نسبت به دیگر طرح‌ها دارای کمترین مقدار (بیشترین دقت) است. براساس بررسی Yim et al. (2015) از دیدگاه کاملاً آماری، شکل‌های باز مانند خطی و ال شکل به دلیل گسترش فضایی بیشتر و فاصله متوسط بیشتر بین ریزقطعه نمونه‌ها که به طور متوسط به همبستگی درون خوشه‌ای کمتری منجر می‌شوند برترند. براساس نظر ایشان، این بدان معناست که احتمالاً در محیط‌های طبیعی، همبستگی

به منظور مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی اصولی در هر زمینه، به ویژه جنگل، جمع‌آوری اطلاعات کمی و کیفی مناسب ضرورت دارد. روش‌های مختلف نمونه‌برداری از راه‌های دسترسی به این اطلاعات است (Naghavi et al., 2009). بخشی از اطلاعات لازم برای مدیریت جنگل با آماربرداری از ویژگی‌های کمی و کیفی درختان جمع‌آوری می‌شود. بنابراین هدف اصلی آماربرداری از جنگل دستیابی به برآوردی دقیق و صحیح از میانگین ویژگی‌های زیست‌سنجی مورد نظر در مدیریت است، مانند تعداد درختان در هکتار و درصد تاج پوشش که در مدیریت ناحیه رویشی زاگرس نیز اهمیت دارند (Sheikholeslami et al., 2017). با توجه به مسئله اریبی در همه روش‌های نمونه‌برداری داده‌های به دست آمده از این روش باید دارای دقت و صحت کافی باشد. از این رو پژوهش حاضر با هدف به کارگیری طرح‌های مختلف نمونه‌برداری خوشه‌ای، تعیین فاصله و اندازه قطعه نمونه مناسب در سامان

پژوهشی مقدار اریبی کمتر از $\pm 10\%$ درصد و برای کارهای اجرایی مقدار اریبی $\pm 25\%$ مناسب است (South wood & Henderson, 2000). از این رو در خصوص مشخصه تعداد در هکتار طرح ستاره‌ای دو برای کارهای پژوهش توصیه نمی‌شود، اما در مقابل برای کارهای اجرایی می‌تواند مؤثر باشد. برای مشخصه تاج‌پوشش نیز با توجه به نتیجه حاصل طرح ستاره‌ای دو برای هر دو بخش اجرا و پژوهش کارایی لازم را برای منطقه تحت بررسی نشان داد.

نتیجه‌گیری

در نهایت با در نظر گرفتن نتایج می‌توان اذعان داشت که برای منطقه بررسی شده در این پژوهش طرح‌های ستاره‌ای دو و خطی از نظر صحت و شاخص $E\% \times T$ طرح‌های بهینه‌ای برای برآورد مشخصه‌های کمی جنگل هستند. از این رو در این زمینه پیشنهاد می‌شود که اجرای این طرح‌ها در محیط نرم‌افزارهای دیگر و با تعداد و اندازه قطعه نمونه، تعداد و اندازه ریزقطعه نمونه‌های دیگر نیز بررسی شود تا در صورت نتایج بهتر به مرحله اجرایی برسد.

بین ریزقطعه نمونه‌ها نسبت به ساختار جنگل و شرایط چشم‌انداز حساس تر از شکل و اندازه آنهاست. (Kleinn (1994) نیز در تحقیق خود نشان داد که در طرح خطی نسبت به دیگر طرح‌ها، میزان واریانس کاهش می‌یابد.

نتایج برآورد شاخص $E\% \times T$ برای مشخصه تعداد درختان در هکتار نشان داد که برای طرح ستاره‌ای دو کمترین مقدار به دست آمد. نتیجه شاخص مذکور برای مشخصه تاج‌پوشش متفاوت بود. این شاخص برای طرح ال‌شکل بیشترین مقدار (۳۶۴۱) و برای طرح خطی کمترین مقدار (۲۳۴۷) را نشان داد. فواصل برای بررسی شاخص مذکور با هدف بررسی تغییرات برای هر دو مشخصه ۳۰ متر (بیشترین فاصله بررسی شده در این پژوهش) در نظر گرفته شد. میزان اریبی برای مشخصه‌های تعداد در هکتار و تاج‌پوشش با مقادیر به ترتیب (۱۸/۸۳) و (۱/۵۴-) نشان داد که برای هر دو مشخصه، طرح ستاره‌ای دو دارای کمترین مقدار (بیشترین صحت) است. با توجه به اینکه مقدار اریبی کمتر، نشان‌دهنده نزدیکی مقدار برآورد شده به مقدار واقعی است، برای کارهای

References

- Amini, M., Amini, R., Sagheb Talebi, K.h., & Khornkeh, S. (2016). Estimation of tree number and structure determination of forest stands in two clustering and random ordering methods. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(4), 719-731.
- Aune-Lundberg, L., & Strand, G.H. (2014). Comparison of variance estimation methods for use with two-dimensional systematic sampling of land use/land covers data. *Environmental modelling & software*, 61, 87-97.
- Bonyad, A. A. (2015). *Forest sampling methods*. Guilan University Press, Rasht, Iran, 403 p.
- Burkhardt, H.E., & Gregoire, T.G. (1994). *Forest biometrics*. Handbook of Statistics, 12, pp.377-407.
- Eshagh Nimvari, J., Zobeyri, M., Sobhani, H., & Pourshafi Zanganeh, H. (2003). A Comparison of Randomized -Systematic Sampling with Circule shape Plot and Transect Method, Based on Precision and Cost in West Oak Forest. *Iranian Journal of Natural Resources*, 56 (4), 383-395.
- Esmaeeli, Z., Pilehvar, B.A. Kaboodi, B., & Mirazadi, Z. (2017). The Appropriate Sampling Method for Estimating Density and Crown Canopy of Declined Oak Stands in Dinarkooh Protected Forest, Abdanan, Ilam. *Ecology of Iranian Forests*, 5(10), 53-60.
- Fehrmann, L. (2013). Wiki on forest monitoring. <http://wiki.awf.forst.uni-goettingen.de/wiki>, visited October 2013.
- Fereidoni, S., Soleimani, N., & Derikvand, B. (2005). *National Report on Providing Vegetation Map of Lorestan Province*. Natural Resources Office of Lorestan Province. 57 p.

- Grafström, A., Zhao, X., Nylander, M., & Petersson, H. (2017). A new sampling strategy for forest inventories applied to the temporary clusters of the Swedish national forest inventory. *Canadian Journal of Forest Research*, 47(9), 1161-1167.
- Kleinn, C. (1994). Comparison of the performance of line sampling to other forms of cluster sampling. *Forest ecology and management*, 68(2-3), 365-373.
- Korhonen, K.T., & Maltamo, M. (1991). The evaluation of forest inventory designs using correlation functions. *Silva Fennica*, 25(2), 77-83.
- Miao, N., Liu, L., Yu, H., Shi, Z., Moermond, T., & Liu, Y. (2014). Spatial analysis of remnant tree effects in a secondary *Abies-Betula* forest on the eastern edge of the Qinghai-Tibetan Plateau, China. *Forest Ecology and Management*, 313, 104-111.
- Moradi Imam Qaisi, A., Bonyad, A. A., & Hassanzad Navroodi, A. (2017). Evaluation of the accuracy of cluster sampling and regularization sampling methods in estimating quantitative characteristics of Ardel Protected Forests. *Forest Resource Planning*, 1(2), 1-10.
- Moreno-Sanchez, R., Carver, D.P., Torres-Rojo, J.M., & Anthamatten, P. (2021). Assessment of the classification accuracy of the Globeland30 Forest class for the temperate and tropical forests of Mexico. *Applied Geomatics*, 13(2), 147-163.
- Naghavi, H. (2015). Application of Quickbird Satellite Images in Estimation of Canopy Level of Zagros Forests (Case Study: Ghaleh Khorramabad Area), PhD Thesis, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agriculture and Natural Resources, Sari, Iran, 120 p.
- Naghavi, H., Fallah, A., Jalilvand, H., & Soosani, J. (2009). Determination of the most appropriate transect length for estimation of quantitative characteristics in Zagros forests. *Iranian Journal of Forest*, 1(3), 229-238.
- Nouraldini, A., & Pourshakouri, F. (2011). Classification of forest canopy on aerial photos using histological analysis (Case study: Lorestan Tawforest Forest). *Remote Sensing and GIS Iran*, 3 (4), 46-33.
- Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T., & Yazdian, F. (2005). *Forests of Iran*. Published by Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, 56p
- Salehi, A., & Taheri Sarteshnizi, M.J. (2014). Comparison of accuracy assessment of canopy cover density using a device similar to Cajanus tube and line intersect sampling in a Persian oak stand. *Iranian Journal of Forest*, 6(3), 309-320.
- Salmani, A., Poursaeed, A.R., Bayramzadeh, V., & Eshraghi Samani, R. (2021). Explaining the criteria and indicators of sustainable management of forests in Zagros basin from the point of view of forest specialists and experts. *Iranian Journal of Forest*, 13(1), 43-58.
- Sheikholeslami, N., Erfani Fred, S., Fallah, Y., Shamsi, S., Masoudi, R.M., & Khosravi, A. (2017). The Effect of Spatial Patterns of Trees on the Efficiency of Distance and Sampling Sampling Methods in Zagros Firms. *Iranian Forest Journal, Iranian Forestry Association*, 9, 101-117.
- South wood, T.R.E., & Henderson, P.A. (2000). *Ecological Methods*. Blackwell science. <http://www.blackwell science.com/south wood>, 575pp.
- Yim, J.S., Shin, M.Y., Son, Y., & Kleinn, C. (2015). Cluster plot optimization for a large area forest resource inventory in Korea. *Forest Science and Technology*, 11, 139-146.
- Zobeiri, M. (2007). *Forest Biometrics*. TehranUniv. Press, 405 p.



Research Article

**Assessing the Optimum Cluster Sampling Plan for Estimating the Quantitative Characteristics of Zagros Forests
(Case study: watershed Olad Ghobad forests)**

N. Nazariani^{1*}, A. Fallah², H. Ramezani³, H. Naghavi⁴, and H. Jalilvand⁵

¹ Ph.D. of Forestry., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, I. R. Iran

² Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

³ Researcher., Dept. of Forestry, Faculty of Economics, Sweden University of Agriculture and Natural Resources, Umeau, Sweden

⁴ Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Lorestan, Khoramabad, Iran.

⁵ Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(Received: 06 April 2021; Accepted: 07 September 2021)

Abstract

Protection and conservation of forests require access to information and awareness of structural features such as number per hectare and canopy cover of trees. This study aimed to select the optimal cluster sampling design in estimating the quantitative characteristics of the forest according to the three measures including accuracy, precision, and time required for the sampling. For this purpose, 30 hectares of watershed Olad Ghobad forests in the west of Lorestan province were selected. The Cartesian coordinates of all the trees in them were determined. In Matlab2014 software environment, the position of all trees was simulated. Then different cluster sampling designs (triangular, square, star 1, linear, L-shaped, star 2) were defined in the research by taking into account the number of samples (30, 60, and 90) and three distances (10, 20, and 30 meters). These processes repeated 10,000 times. The results showed that there was no significant difference between the estimated mean of different designs of cluster sampling methods of the study area. Based on the number of samples and the distance studied, it was found that sampling error for linear design has the highest accuracy compared to other designs. The results of estimating the $E\%^2 \times T$ index for the characteristic number of trees per hectare and canopy cover showed the lowest values for the square (770.99) and linear (2347) designs, respectively. The results of accuracy estimation for both mentioned characteristics of Star 2 Design showed the lowest values (18.83) and (-5.54), respectively. The results of accuracy estimation for both mentioned characteristics of Star 2 Design showed the lowest values (18.83) and (-5.54), respectively.

Keywords: Canopy Cover, Cost, $E\%^2 \times T$ Index, Forest Inventory, Number per hectare, Precision.