بررسی تأثیر طبقه‌بندی جنگل و مقایسه دقّت برآوردکننده ها در روش نمونه‌برداری با مساحت متغیر خطی TRANSECT

علی علیزاده[۱*]، امیراسلام بنیاد[۲]، کامبیز طاهری[۳]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

ایمیل نویسنده مسئول: alializadeh۱۳۵۹@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۱۴۰۳/۰۱/۰۵ تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۰۳/۰۱

چکیده

برای برنامه‌ریزی به منظور افزایش کارآیی، سرعت عمل و کاهش هزینه‌های آماربرداری نیاز به بررسی و استفاده از روش‌های مختلف نمونه‌برداری با مساحت متغیر از جمله خطی یا ترانسکت است. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر طبقه‌بندی جنگل و مقایسه دقّت برآوردکننده ها در روش نمونه‌برداری با مساحت متغیر خطی(Transect)در جنگل‌های صفارود مازندران به مساحت ۱۷۶ هکتار انتخاب گردید. ابتدا با استفاده از روش آماربرداری صددرصد تمام درختان عرصه اندازه‌گیری، سپس روش خطی(Transect) طول خط نمونه ۳۰ متر در دو مرحله صورت گرفت. مرحله اوّل در عرصه به مساحت ۱۷۶ هکتار بدون طبقه‌بندی با ابعاد شبکه ۱۰۰x۱۰۰ متر اندازه‌گیری گردید. مرحله دوّم عرصه جنگل مورد بررسی با استفاده از روش طبقه‌بندی « نیمَن» به سه مونه از نظر موجودی حجمی شامل کمتر از ۲۰۰ متر مکعب، بین ۲۰۰- ۲۵۰ متر مکعب و بیشتر از ۲۵۰ مترمکعب در هکتار مونه‌بندی و بر اساس روش خطی(Transect) با استفاده از ابعاد شبکه جدید برای هر مونه صورت گرفت. در این مطالعه، اثر مونه‌بندی بر دقّت و زمان با استفاده از معیار ($E\%^{۲}\times T$) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی از نظر شاخص دقّت و هزینه نشان می‌دهد که با مونه‌بندی جنگل و اجرای نمونه-برداری خطی، میانگین برآورد شده مشخصه‌های مورد بررسی ۲۲/۸ درصد به میانگین واقعی نزدیک‌تر هستند و میزان اشتباه از معیار آماری کمتر شده است. از نتایج این بررسی نتیجه‌گیری می‌شود که برآورد مشخصه‌های جنگل مانند تعداد و حجم در هکتار با روش نمونه‌برداری با مساحت متغیر خطی (Transect) برای جنگل‌های ناهمگن و پر تراکم شمال ممکن است، اما به دلایل مختلفی مانند انبوهی و تراکم بالای درختان و تداخل تاج آنها نتایج نمونه‌برداری خطی مانند خط نمونه که مبنای آن برخورد تنه یا تصویر تاج درختان است با خطای نمونه‌برداری همراه می‌باشد و میانگین نتایج برآوردها با میزان واقعی آن فاصله دارد.

کلمات کلیدی

‘‘روش خطی یا ترانسکت’’، ‘‘ جنگل صفارود’’، ‘‘طبقه‌بندی نی من’’، ‘‘رامسر’’

۱- مقدمه

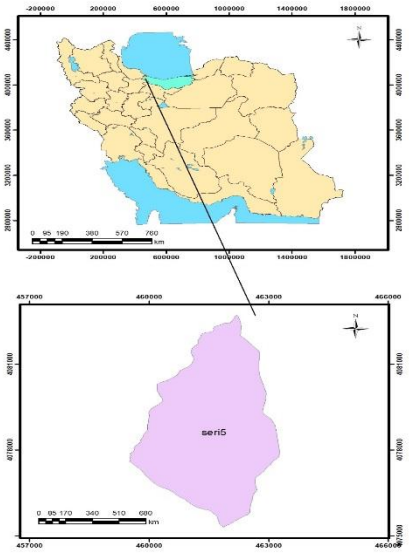
جنگل‌ها بیشترین تنوع زیستی زمینی را در خود جای داده‌اند که نزدیک به یک سوّم مساحت کل زمین را در بر می‌گیرد و علاوه بر حفظ تنوع زیستی، در تنظیم آب و هوا و حفظ خاک و آب، حیاتی می‌باشند. به منظور دستیابی به داده های با کیفیت از جنگل‌های طبیعی، ابزارهای مختلف و روش‌هایی که معمولاً در فهرست‌بندی جنگل‌ها استفاده می‌شوند باید به خوبی ترکیب شوند (Bellefontaine, ۲۰۰۲). برنامه‌ریزان و مدیران جنگل‌ها و منابع وابسته باید توانایی شناسایی روش‌های مناسب برای تولید داده‌های مورد نیاز را داشته باشند. اندازه گیری جنگل، به ویژه در جنگل های طبیعی، سخت و پیچیده است (Hitimana, ۲۰۱۹). استمرار نیاز به بهبود روش‌های آماربرداری موجب شده است تا در آماربرداری جنگل از روش‌هایی با حداقل اریبی و حداقل واریانس استفاده گردد (Eberhardt, ۱۹۷۸). آماربرداری صد درصد پرهزینه و وقت‌گیر است، ارزیابی جنگل‌های طبیعی اغلب به دلیل عدم وجود پروتکل‌های نمونه‌برداری با قابلیت اطمینان شناخته شده، محدود می‌شود (Hitimana, ۲۰۱۹). روش نمونه‌برداری خطی یکی از روش‌های تخصصی است که بوم‌شناسان می‌توانند از آن برای تخمین تراکم یا تعداد کل گیاهان در یک منطقه مورد مطالعه استفاده می‌کنند (ByJorge, ۲۰۱۵). پیدایش و اجرای روش‌های مختلف نمونه برداری با هدف بالابردن سرعت آماربرداری، کاهش زمان آماربرداری و در نتیجه پایین نگه داشتن هزینه اجرایی آن و رسیدن به دقتی مناسب است. نکته دیگری که بر دقّت نتایج روش‌های انتخابی نمونه برداری می‌تواند تأثیر داشته باشد چگونگی توزیع افراد در سطح جامعه است که از کدام یک از الگوهای تصادفی یا منظّم پیروی کند. نمونه برداری به دلیل اینکه به اندازه‌گیر امکان استفاده در سطوح وسیع، اندازه‌گیری تعداد مشخصه‌های بیشتر با دقت بیشتر(نسبت به آماربرداری صددرصد) و کنترل آماربرداری توأم با هزینه کمتر را می‌دهد در بسیاری از موارد نسبت به آماربرداری صددرصد ارجح است (نمیرانیان، ۱۳۸۵). نتیجه هر فرایند نمونه‌برداری همیشه یک مقدار متوسط برای یک پارامتر معین مثلاً سطح مقطع برابر سینه بر حسب متر مربع در هکتار و یا تعداد درختان در هکتار همراه با تغییرات مربوطه (انحراف معیار) است که می‌تواند به منطقه جنگلی نمونه‌برداری شده ارتقاء یابد (Mathias et al, ۲۰۲۳). در جنگل ناهمگن برای بالابردن دقّت نمونه‌برداری، می‌توان جنگل را از نظر موجودی طبقه‌بندی کرد (بنیاد، ۱۳۹۳). تخمین طبقه‌بندی شده یک تکنیک آماری است که می‌تواند واریانس برآوردها را بدون افزایش حجم نمونه کاهش دهد. برای اجرای تخمین طبقه‌بندی شده، هر قطعه نمونه باید به یک طبقه اختصاص داده شود و نسبت کل مساحت در هر طبقه بایستی مشخص شود. طبقه‌بندی یک ابزار آماری مهم برای کاهش واریانس است ، امّا بایستی بدون ارایه هرگونه انحراف اجرا شود (Tao Yu et al, ۲۰۲۳). طبقه‌بندی تکنیک مهمی برای کاهش واریانس در آماربرداری‌های جنگل است که موقعیت قطعات نمونه ثابت برای چندین دوره اندازه‌گیری حفظ می‌شود.(Yunming et al, ۲۰۱۱) در مطالعات خود با عنوان نمونه‌برداری طبقه‌ای برای انتخاب ویژگی‌های فضای فرعی در جنگل تصادفی با داده‌های با ابعاد زیاد در دو گروه عنوان کردند که الگوریتم‌های جنگل تصادفی معمولا از نمونه برداری تصادفی ساده در ساخت ویژگی‌های درخت تصمیم استفاده می‌کند و عملکرد بهتر الگوریتم‌های پیشرفته از جمله SVM و چهارنوع جنگل تصادفی را به همراه الگوریتم نزدیکترین همسایه مطرح نمودند. (Wallenius et al, ۲۰۱۱) در مطالعه خود با عنوان استفاده از نمونه‌برداری طبقه‌ای بر اساس خصوصیات از پیش تعیین شده نمونه‌ها در مطالعات میکروبیولوژیکی خاک، استراتژی جدیدی به منظور حفظ دقّت برآوردها در تخمین فعالیت آنزیم خاک بیان نمودند. (Lisa, ۲۰۰۲) در شمال شرق اورگن دو روش نمونه‌برداری خطی و نمونه‌برداری نواری را در برآورد تراکم، درصد تاج پوشش، طول و وزن گرده بینه ها در ۱۷تودهٔ سوزنی برگ مورد مقایسه قرار داد، نتایج ایشان نشان دادکه بین دو روش اختلاف معنی داری وجود ندارد. (Westfall et al, ۲۰۱۱) در تحقیقی اندازه مناسب برای قطعات نمونه و نیز سطح مناسب استراتا را در برآوردهای پس از طبقه بندی عنوان نمودند. همچنین بیان کردند برآورد میانگین‌ها در طیف وسیعی از حداقل اندازه های نمونه درون طبقات بدون اریبی بوده است ودر نتایج خود به تحلیل‌گران پیشنهاد کردند که نیازهای اندازه درون طبقات و کل اندازه قطعات مربوط به معیارهای آنها را متناسب با سطوح قابل قبول اریبی و تنوع تعیین کنند (Kissa et al, ۲۰۱۲). به مقایسه سه روش فاصله‌ای، ترانسکت و ترانسکت با عرض ثابت برای تعیین تراکم درختی در جنگل‌های تروپیکال، در پارک Bwindi اوگاندا پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که روش‌های فاصله‌ای حتی در شرایط سخت توپوگرافی، پوشش و عوارض زمین بهترین نتایج را ارائه می‌دهند. (Lutes, ۲۰۰۲) دقت روش خط-ترانسکت را با آزمون‌های t و رگرسیون OLS در کرت‌هایی با مساحت ثابت ۰/۲۵ هکتار مورد آزمایش قرار دادند و نشان داد که بین میانگین حجم تخمین زده شده توسط دو خط نمونه ۵۰ متری و حجم اندازه گیری شده در کرت-های سطح ثابت با استفاده از فرمول نیوتن، به جز در منطقه نمونه‌برداری معین، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (Mirzaii et al., ۲۰۱۲). دربررسی‌های خود با عنوان مقایسه روش‌های خط نمونه در برآورد مشخصه‌های کمّی جنگل نشان دادند که با درنظرگرفتن دقت و هزینه، روش خط نمونه با تعداد درخت ثابت، روش مناسب برای برآورد مشخصه‌های کمّی جنگل‌های منطقهٔ دالاب استان ایلام است. (فلاح ،۱۳۹۱) چهار روش نمونه‌برداری منظم تصادفی، خط نمونه، نواری و نمونه‌برداری با مونه‌بندی (استراتیفیکاسیون) را به منظور برآورد سطح تاج پوشش در جنگل‌های بلوط زاگرس مورد بررسی قرار دادند. حیدری(۱۳۸۵) روش‌های مختلف آماربرداری فاصله‌ای، خطی و قطعات دایره‌ای ۱۰آری رادر جنگل‌های منطقه سرخه دیزه کرمانشاه مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده نشان داد که روش دایره‌ای ۱۰آری هم برای برآورد تعداد در هکتار و هم برای برآورد درصد تاج پوشش مناسب‌ترین روش (با توجه به معیار دقت وهزینه) می‌باشد. در مطالعه‌ای که توسط(سالاروند، ۱۳۹۶) در مورد تأثیر مونه‌بندی جنگل بر دقّت مشخصه‌های کمّی درختان با روش نمونه‌برداری چنددرختی در جنگل‌های غرب ایران

انجام شد نشان داد که با اجرای مونه‌بندی در روش نمونه‌برداری چند-درختی، میانگین برآورد مشخصه‌های سطح مقطع برابر سینه و تعداد در هکتار به میانگین واقعی نزدیکتر است. آنجاییکه تاکنون در تحقیقات انجام گرفته در ایران به خصوص در شمال کشور، تأثیر روش مونه‌بندی جنگل بر روش‌های مختلف نمونه‌برداری با قطعات نمونه با مساحت متغیر بررسی نشده است. در این تحقیق سعی شد تا تأثیر طبقه‌بندی جنگل و مقایسه دقّت برآورد کننده‌ها با نمونه‌برداری با مساحت متغیر به روش ترانسکت (خطی) در جنگل‌های شمال ایران مورد ارزیابی قرار گیرد و ضمن بررسی قابلیّت امکان اجرای آن در منطقه مورد مطالعه، مشخص گردد آیا نتایج مونه‌بندی تأثیری در افزایش یا کاهش دقّت نمونه‌برداری دارد یا خیر؟ معنی‌دار بودن یا عدم اختلاف آن مورد آزمون قرار گیرد.

۲- روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

منطقه مورد مطالعه جزو سری پنج طرح جنگل‌داری صفارود در حوضه شماره ۳۰ رامسر قرار دارد که توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران- نوشهر مدیریت می‌شود. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا بین ۳۵۰ تا ۲۳۰۰ متر می‌باشد. محدوده منطقه بین عرض‌های شمالی "۲۵'۴۹°۳۶ , "۲۷'۵۳°۳۶ و طول-های شرقی "۴۶ '۲۲ °۵۰ , "۱۹ '۳۵ °۵۰ قرار دارد. مساحت منطقه مورد مطالعه ۱۷۶ هکتار است. براساس بررسی انجام شده، جنگل-های حوضه صفارود از ارتفاع ۴۶۰ متری تا ۱۳۳۰ متری دارای اقلیم مرطوب سرد، محدوده ارتفاعی ۱۹۰۰- ۱۳۳۱ متری دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد است. میانگین مقدار بارندگی در این ناحیه ۱۰۸۷/۹ میلی‌متر در سال و میانگین درجه حرارت سالیانه برابر ۱۱ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. با توجه به مشخص بودن میزان بارندگی ماهیانه و درجه حرارت متوسط ماهیانه و ترسیم منحنی آمبروترمیک، یک دوره خشکی یک ماهه مرداد در حوضه وجود دارد(Zobeiri et al., ۱۹۹۸).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

- **آماربرداری صد در صد**

در تحقیق حاضر به منظور تأثیر مونه‌بندی و مقایسه روش‌نمونه-برداری با مقدار واقعی، محدوده‌ای به مساحت ۱۷۶ هکتار عرصه که از حدّ شمارش (قطر برابر سینه بیش از ۷.۵ سانتی‌متر) عبور کرده بودند اندازه‌گیری گردید. برای جلوگیری از اشتباهات و اجرای آسان‌تر آماربرداری صد درصد، منطقه جنگلی مشخص شده به قطعات مربعی شکل به ابعاد ۵۰×۵۰ متر تبدیل و تعداد ۷۰۴ قطعه نمونه در عرصه پیاده شد. سپس هرکدام از این قطعات جداگانه اندازه‌گیری گردید. برای محاسبه پارامترهای میانگین واقعی، انحراف معیار، درصد ضریب تغییرات در آماربرداری صد درصد برای تک درختان به ترتیب از رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ استفاده شد (Bonyad, ۲۰۱٤). همچنین برای محاسبه مشخصه تعداد در هکتار و حجم در هکتار به ترتیب از رابطه‌های ۴ و ۵ استفاده شد(Zobeiri, ۲۰۰۲).

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} Xi}{N} \qquad (1)$$

$$\delta_{X=}\sqrt{\frac{\sum Xi^2 \; - \frac{(\sum Xi)^2}{N}}{N}} \qquad (2)$$

$$CV\% = \frac{\delta x}{\mu} \times 100 \qquad (3)$$

$$\bar{N} = \frac{\sum nt}{S} \quad (4)$$

$$\bar{V} = \frac{\sum vt}{S} \quad (5)$$

μ : میانگین واقعی جامعه، X_i : مشخصه یا پارامتر مورد اندازه-گیری که ممکن است قطر در اتفاع برابر سینه، ارتفاع هر درخت در توده جنگلی، سطح مقطع در ارتفاع برابر سینه یا موجودی سرپا در واحد سطح یا در یک سطح مشخص باشد که در مطالعه حاضر منظور قطر در ارتفاع برابر سینه، سطح مقطع در ارتفاع برابر سینه و موجودی سرپا می‌باشد، N : تعداد افراد جامعه یا داده‌ها، δ_x : انحراف از معیار یا

جذر واریانس و CV% : درصد ضریب تغییرات متغیر مورد اندازه‌گیری.

$\sum nt$ = مجموع کل تعداد درختان جنگل

$\sum vt$ = مجموع کل حجم درختان جنگل

$\bar{N}$= میانگین تعداد درختان در هکتار

$\bar{V}$= میانگین حجم درختان در هکتار

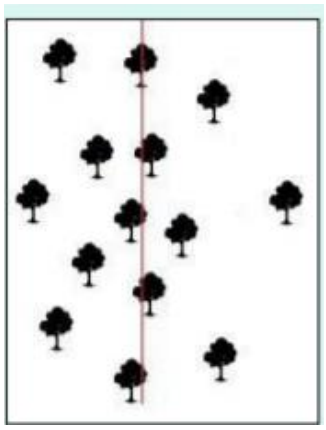
S= مساحت جنگل

- **روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت**

روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت در آماربرداری جنگل کاربردهای متفاوتی دارد و محاسبات آماری با استفاده از این روش نمونه‌برداری در قسمت‌های مختلف و برای اهداف گوناگون متفاوت است. روش خط نمونه به دو روش طول ثابت و تعداد درخت ثابت انجام می‌شود. از آنجاییکه در مطالعه حاضر از طریق نمونه‌برداری طول ثابت ۳۰ متر می‌باشد بنابراین طول خط نمونه در تمام نمونه‌ها مشخص و ثابت است در واقع تعداد درخت از خط نمونه به خط نمونه دیگر فرق می‌کند. طول مناسب برای خط نمونه با جنگل‌گردشی و برداشت اولیه مشخص می-شود. ابعاد شبکه نیز با توجه به سطح توده مورد نمونه‌برداری شدت نمونه‌برداری حجم نمونه و هزینه مشخص می‌شود.

- **روش کار**

پس از مشخص کردن نقطه شروع، یک خط یا مسیر با استفاده از قطب نما در جهت زاویه مشخص شده برای آن مسیر حرکت کرده و هر درختی که بخشی از تنه یا تاج آن، خط ترانسکت را قطع کرد به عنوان درخت نمونه یادداشت می‌شود و فاصله مرکز هر درخت از درخت بعدی و همچنین متناسب با بررسی‌های کمی یا کیفی سایر مشخصات مد نظر اندازه‌گیری می‌گردد. در شکل ۲ روش نمونه‌برداری خط نمونه با طول ثابت نشان داده شده است.



شکل۲- روش نمونه‌برداری خط نمونه با طول ثابت

- **محاسبات آماری**

فاصله متوسط بین درختان در هر خط نمونه از رابطهٔ(۶)بدست می‌آید:

$$\bar{a}_j = \frac{a_{1j} + a_{2j} + Ia_{kj}}{k} \quad (۶)$$

$\bar{a}_j$= فاصله متوسط بین درختان در خط نمونه j

a_{1j} تا a_{kj} فاصله متوسط بین درختان در خط نمونه j

K = تعداد فواصل بین درختان

تعداد درختان در هکتار برای هر خط نمونه و میانگین تعداد درختان در هکتار برای کل توده جنگلی نیز از رابطهٔ ۷و ۸ محاسبه می‌شود:

$$n_j = \frac{10000}{a^{2j}} \quad (۷)$$

$$\bar{N}_t = \frac{\sum_{i=1}^{n} n_j}{n} \quad (۸)$$

n_j = تعداد درختان در هکتار برای خط نمونه j

$\bar{a}_j$ = فاصله متوسط بین درختان در خط نمونه j

$\bar{N}_t$ = تعداد درختان در هکتار برای کل توده

n =تعدادکل خط نمونه‌های اندازه‌گیری شده

در جنگل ناهمگن برای بالابردن دقّت نمونه‌برداری، می‌توان جنگل را از نظر موجودی طبقه‌بندی کرد. در مطالعه حاضر منطقه جنگلی به سه طبقه از نظر موجودی شامل کمتر از ۲۰۰ متر مکعب، بین ۲۰۰- ۲۵۰ متر مکعب و بیشتر از ۲۵۰ متر مکعب در هکتار اختصاص یافت. در روش نمونه‌برداری با مونه‌بندی محاسبه تعداد قطعات نمونه لازم برای رسیدن به دقّت مورد نظر به چهار روش تخصیص مساوی، روش تخصیص متناسب یا تقسیم به نسبت مساحت، روش نیمن با هزینه ثابت و روش ایده آل (بهینه) انجام می‌گیرد که در مطالعه حاضر از روش تخصیص نیمن (Neyman allocation method) استفاده شد. در این روش علاوه بر مساحت، همگنی طبقه‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود. همگنی و ناهمگنی طبقه‌ها با پارامتر واریانس آنها (S_h^2) مشخص و هزینه نمونه‌برداری در تمام طبقات ثابت فرض می‌شود. تعداد نمونه کل n، تعداد در هر طبقه، میانگین و خطای معیار به ترتیب از رابطه‌های۱۱، ۱۲، ۱۳ و۱۴ محاسبه می گردند.

(۱۱)

$$n = \frac{\sum_{i=1}^{L}(N_h S_h)^2}{N^2 D^2 + \sum_{i=1}^{L} N_h S_h^2}$$

(۱۲)

$$n_{h.} = \frac{N_{h.} S_h}{\sum_{h=1}^{L} N_{h.} S_h} \cdot n$$

(۱۳)

$$\bar{Y}_T = \frac{N_1}{N}\bar{Y}_{1+} \frac{N_2}{N}\bar{Y}_{2+\ldots+} \frac{N_L}{N}\bar{Y}_L$$

(۱۴)

$$S\bar{Y}_T = \sqrt{(\frac{N_1}{N})^2 S^2\bar{Y}_1 + (\frac{N_2}{N})^2 S^2\bar{Y}_2 + (\frac{N_3}{N})^2 S^2\bar{Y}_3}$$

تعداد طبقه‌ها با حرف L ، تعداد کل نمونه‌ها در طبقه h ام با حرف N_h ، واریانس نمونه‌ای در طبقه h ام با حرف S_h ، شماره طبقات با حرف h که از ا تا L تغییر می‌کند، شماره نمونه در داخل هر طبقه با حرف i و تعداد کل افراد جامعه با حرف N نشان داده می‌شوند. به منظور مقایسه دقّت برآوردکننده‌های آماری، جمع‌آوری داده به سه روش صورت گرفت. در روش اوّل، برای محاسبه پارامترهای واقعی جمعیّت مورد مطالعه، در محدوده‌ای به مساحت ۱۷۶ هکتار آماربرداری صد درصد انجام شد. در روش دوّم، با نمونه‌برداری به روش خطی (TRANSECT) با استفاده از روش منظّم – تصادفی و بدون طبقه-بندی و با شبکه نمونه‌برداری به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر صورت گرفت. در روش سوّم، انجام نمونه‌برداری به روش خطی (TRANSECT)با طبقه‌بندی جنگل با تخصیص نیمن (Neyman allocation method) صورت گرفت و مساحت و انحراف معیار اولیّه در هر طبقه محاسبه گردید. در مطالعه حاضر علاوه بر مقایسه دقّت برآوردکننده‌های آماری، مطالعات زمانی نیز صورت گرفت. به منظور انجام محاسبات مربوط به مطالعات زمانی، از مقدار شاخص $(E\%^2 \times T)$ استفاده شد. زمان کل (T_i) از رابطه $Ti=(n_i \times ta_i)+(n_i \times tb_i)$ به دست می‌آید که در آن T_i زمان کلّ آماربرداری روش i، n_i تعداد قطعات نمونه روش i، ta_i میانگین زمان لازم برای اندازه‌گیری درختان هر قطعه نمونه در روش i و tbi میانگین زمان حرکت از یک قطعه نمونه به قطعه نمونه بعدی (مجاور) در روش i است (Alijanpour, ۲۰۰٤). برای تعیین دقّت روش نمونه‌برداری نیز از رابطه $E = t \times S_{\bar{x}}$ استفاده می‌شود. که در آن E دقّت نمونه‌برداری، t ضریبی است که به تعداد نمونه و سطح احتمال معیّن(در این مطالعه ۹۵ درصد) از جدول t- student استخراج می‌شود و $S_{\bar{x}}$ اشتباه معیاراست. همچنین درصد اشتباه آماری نیز از رابطه $E\% = \frac{E}{\bar{x}} \times 100$ بدست می‌آید که E دقّت نمونه-برداری و $\bar{x}$ مشخصه مورد اندازه‌گیری می‌باشد. در این بررسی، برای تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده از نرم افزارهای Excel ۲۰۱۰ و Spss ۱٦ استفاده شد و به کمک هرکدام از رابطه‌های مربوط به هر روش، مشخصه‌های تعداد در هکتار، سطح مقطع برابر سینه و حجم در هکتار به دست آمد. همچنین به منظور بررسی معنی-داری اختلاف بین روش‌های نمونه‌برداری با روش آماربرداری صددرصد آزمون t تک نمونه‌ای انجام شد.

۳- نتایج

نتایج آماربرداری صد درصد نشان داد که پارامتر میانگین واقعی مشخصه تعداد در هکتار برابر با ۱۷۷/۹۳ اصله، میانگین واقعی مشخصه سطح مقطع برابر سینه ۲۱/۵۴ مترمربع و میانگین واقعی حجم در هکتار به میزان ۲۷۲/۵۵ متر مکعب می‌باشد. سایر پارامترهای واقعی شامل انحراف معیار، و درصد

ضریب تغییرات برای متغیرهای مورد اندازه‌گیری نیز در جدول ۱ نشان داده شد.

جدول ۱ – نتایج آماربرداری صد درصد در بر آورد مشخصه های بررسی شده

مشخصه	میانگین	انحراف معیار	درصد ضریب تغییرات
تعداد درخت در هکتار به اصله	۱۷۷.۹۳	۷۵.۲۳	۴۲.۲۸
سطح مقطع برابر سینه در هکتار به مترمربع	۲۱.۵۴	۱۱.۱۱	۵۱.۵۸
حجم در هکتار به مترمکعب	۲۷۲.۵۵	۱۳۵.۳۵	۴۹.۶۶

محاسبه حجم نمونه و تخصیص آن به طبقات مختلف

پارامترهای آماری در هر طبقه شامل، تعداد نمونه در هر طبقه، میانگین، انحراف معیار واشتباه معیار در جدول۲ نشان داده شده است. نتایج محاسبه حجم نمونه و اختصاص آن به هرکدام از طبقات مختلف با استفاده از روش تخصیص نیمن (Neyman) مشخص شد.

جدول۲ - مشخصات آماری طبقات جنگل

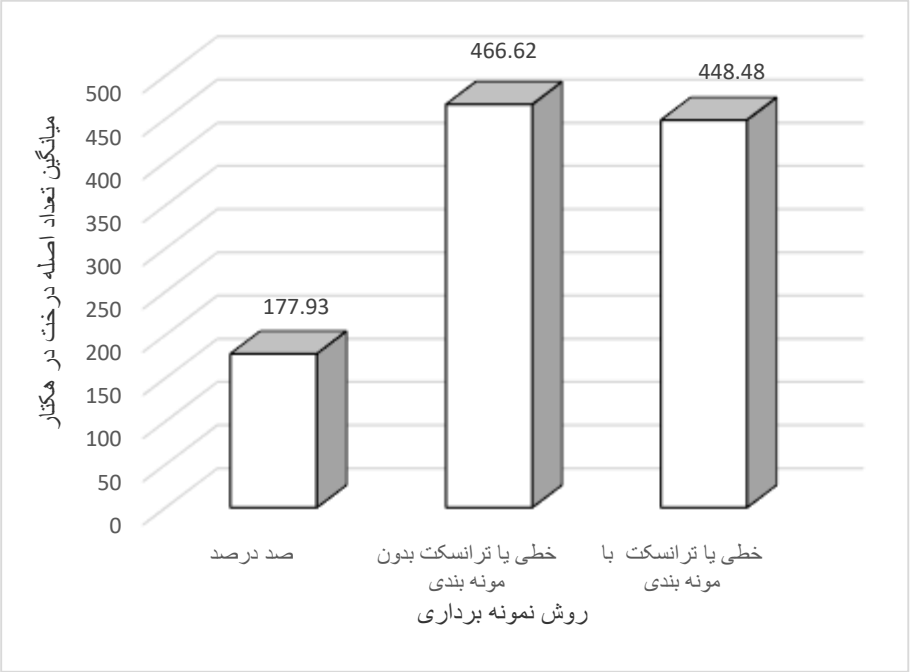
ابعاد شبکه به متر	دامنه موجودی هر طبقه به متر مکعب در هکتار	تعدادنمونه اختصاص یافته	انحراف معیارطبقه	مساحت به هکتار	طبقه‌ها
۱۰۰*۲۰۰	$U1 \leq 200$	۳۰	۱۲.۵	۵۷	I
۱۰۰*۱۲۰	$U_2 = ۲۰۰-۲۵۰$	۴۸	۲۲	۵۲.۸	II
۷۰*۱۰۰	$U3 \geq 250$	۹۸	۳۵	۶۷	III

روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت

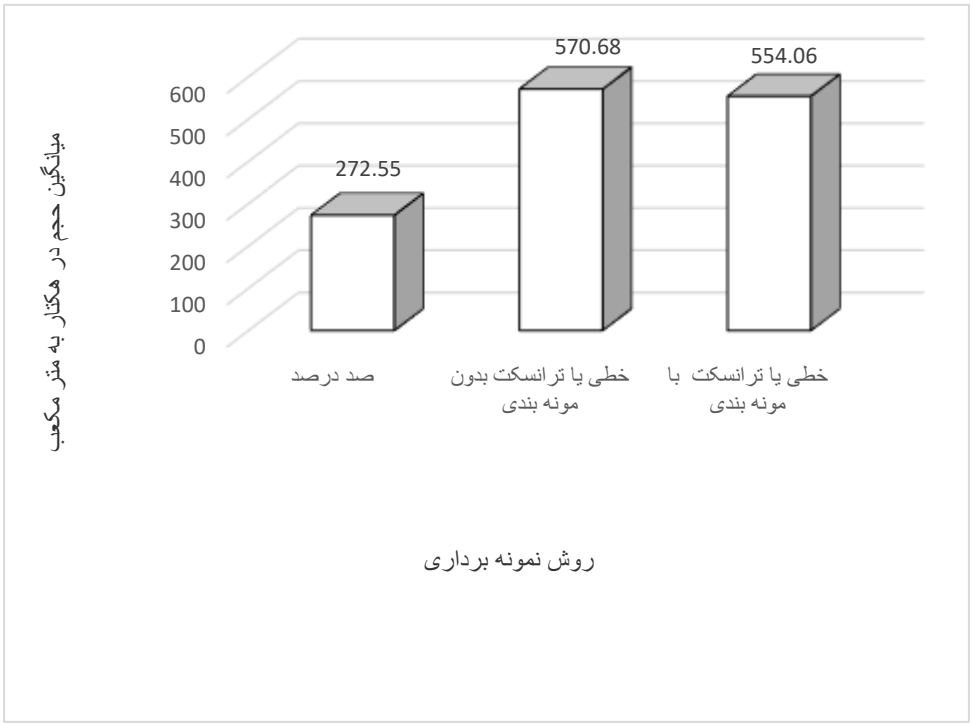
نتایج مشخصه‌های آماری مورد اندازه‌گیری در روش نمونه‌برداری خطی (ترانسکت) با مونه‌بندی و بدون مونه‌بندی در جدول ۳ و شکل‌های ۳، ۴ و ۵ ارائه شده است.

جدول۳ – نتایج روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت (Transect) بدون مونه‌بندی و با مونه‌بندی

مشخصه	میانگین	اشتباه معیار	درصد اشتباه آماری
تعداد درخت در هکتار به اصله بدون مونه بندی	۴۶۶.۶۲	۴۱.۲۹	۱۸.۵۴
تعداد درخت در هکتار به اصله با مونه بندی	۴۴۸.۴۸	۳۵.۶۲	۱۵.۱۷
سطح مقطع برابر سینه در هکتار به متر مربع بدون مونه بندی	۲۳.۹۴	۱.۴۶	۱۴.۰۴
سطح مقطع برابر سینه در هکتار به متر مربع با مونه بندی	۲۵.۰۸	۱.۴۴	۱۲.۹۰
حجم در هکتار به متر مکعب بدون مونه بندی	۵۷۰.۶۸	۳۱.۸۷	۱۱.۵۸
حجم در هکتار به متر مکعب با مونه بندی	۵۵۴.۰۶	۲۴.۷۵	۸.۶۲



شکل۳ – نمودار میانگین تعداد در هکتار در روش صد در صد و نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت بامونه‌بندی و بدون مونه‌بندی



شکل ۴- نمودار مقایسه میانگین حجم در هکتار به متر مکعب در روش نمونه‌برداری ترانسکت با مونه‌بندی و بدون مونه‌بندی

شکل ۵- نمودار مقایسه میانگین سطح مقطع برابر سینه در هکتار به متر مربع در هکتار در روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت بامونه‌بندی و بدون مونه‌بندی

میانگین متغیرهای محاسبه شده با استفاده از روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت بدون طبقه‌بندی جنگل و میانگین واقعی با استفاده از آزمون t تک‌نمونه‌ای در نرم افزار spss مورد آزمون قرار گرفت که نتایج نشان می‌دهد، تعداد درخت در هکتار و حجم در هکتار جنگل مورد بررسی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند، ولی برای متغیر سطح مقطع برابر سینه در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری مشاهده نشد(جدول ۴).

جدول۴ – آزمون میانگین روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت بدون طبقه بندی جنگل با میانگین واقعی

مشخصه	میانگین نمونه برداری	میانگین واقعی	معنی داری
تعداد در هکتار	۴۶۶.۶۲	۱۷۷.۹۳	۰.۰۰۰ *
سطح مقطع در هکتار	۲۳.۹۴	۲۱.۵۴	۰.۷۲۹ ns
حجم در هکتار	۵۷۰.۶۸	۲۷۲.۵۵	۰.۰۰۱*

میانگین متغیرهای محاسبه شده با استفاده از روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت با طبقه‌بندی جنگل و میانگین واقعی، با استفاده از آزمون t تک نمونه‌ای در نرم افزار spss مورد آزمون قرار گرفت که نتایج نشان می‌دهد متغیر تعداد درخت در هکتار، سطح مقطع برابر سینه و حجم در هکتار جنگل مورد بررسی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. همچنین نتایج طبقه‌بندی جنگل نشان می‌دهد که مقدار کمی متغیرهای محاسبه شده با طبقه‌بندی به مقدار واقعی نزدیک‌تر هستند(جدول ۵).

جدول۵ – آزمون میانگین روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت بعد از مونه بندی

مشخصه	میانگین نمونه برداری	میانگین واقعی	معنی داری
تعداد در هکتار	۴۴۸.۴۸	۱۷۷.۹۳	۰.۰۱۲ *
سطح مقطع در هکتار	۲۵.۰۸	۲۱.۵۴	۰.۰۲۲ *
حجم در هکتار	۵۵۴.۰۶	۲۷۲.۵۵	۰.۰۳۲ *

*: اختلاف بین میانگین برآورد شده با میانگین واقعی به احتمال ۹۵ % معنی داراست.

ns: اختلاف بین میانگین برآورد شده با میانگین واقعی به احتمال ۹۵ % معنی دار نیست.

یکی از اهداف نمونه‌برداری در جنگل، از جمله روش نمونه‌برداری خطی یا ترانسکت اثر دقّت و بعد زمانی است. در بررسی حاضر نیز اثر مونه‌بندی بر دقّت و زمان با استفاده از معیار ($E\%^2 \times T$) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مطالعه نشان داد که اثر مونه‌بندی با روش مربوطه در جنگل مثبت بوده و در نمونه‌برداری‌های جنگل، اثرات مفید دارد (جدول ۶).

جدول۶- مقایسه معیار($E\%^2 \times T$) در برآورد مشخصه های مورد مطالعه در روش خطی(Transect)

$(E\%)^2 \times T$	زمان کل	مجذور دقت نمونه برداری	روش	مشخصه
۸۹۳۷.۰۲	۲۶	۱۸.۵۴	بدون مونه بندی	تعداد درخت در هکتار
۶۹۰۳.۸۶	۳۰	۱۵.۱۷	با مونه بندی	

روش‌های نمونه‌برداری متعددی برای کسب اطلاعات از جنگل وجود دارد که در بیشتر آن‌ها از قطعات نمونه با مساحت ثابت و یا متغیر استفاده می‌شود. پژوهشگران به دنبال روشی هستند که بتواند با هزینه مناسب، توام با دقت کافی باشد که یکی از روش‌های نمونه‌برداری برای کسب اطلاعات از جنگل‌ها نمونه-برداری خطی است. نمونه‌برداری از جنگل‌ها به منظور تعیین مشخصه‌های کمّی جنگل در شمال ایران، اغلب در سازمان‌های اجرایی از طریق روش‌های نمونه‌برداری با استفاده از قطعات نمونه ثابت ۱۰ آری صورت می‌گیرد و از سایر روش‌ها بخصوص از نمونه‌برداری خطی کمتر استفاده شده است. آماربرداری با قطعات نمونه دارای مساحت ثابت دارای این اشکال است که در قسمت‌های متراکم و جوان توده‌های همسال، درختان بیش از تعداد لازم اندازه‌گیری می‌شوند و در قسمت‌های تنک و مسن توده‌های همسال، تعداد درختان کمتری مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند. در صورتی‌که درختان مسن یا قطور سهم عمده‌ای را در موجودی سرپای جنگل دارا می‌باشند. در جنگل‌های ناهمسال نیز، تعداد درختان کم‌قطر بیشتری نسبت به درختان قطورتر اندازه‌گیری می‌شوند. در حقیقت به جای آنکه درختان به نسبت اهمیّت، سهم یا ابعادشان در توده جنگلی مورد اندازه‌گیری قرار گیرند، با در نظر گرفتن تراکمشان در توده جنگلی اندازه گیری می‌شوند برای رفع این اشکال می‌توان از روش‌های مختلف دیگر نمونه‌برداری استفاده نمود که یکی از آنها، روش خطی می‌باشد که در مطالعه حاضر از این روش استفاده شد. نتایج مقایسه آزمون آماری بین روش آماربرداری صد درصد و نمونه‌برداری خطی (Transect) بدون طبقه‌بندی و با اجرای مونه‌بندی درسطح ۱۷۶ هکتار در طرح جنگل‌داری صفارود در حوضه شماره ۳۰ رامسر نشان داد در سطح ۰.۰۵ درصد برای مشخصه‌های تعداد در هکتار و حجم در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود دارد ولی برای مشخصه سطح مقطع برابر سینه اختلاف معنی دار نیست. به عبارتی، نتایج بررسی نمونه‌برداری خطی بدون طبقه-بندی نشان می‌دهد که میانگین مشخصه تعداد در هکتار به میزان ۴۶۶.۶۲ اصله و میانگین حجم در هکتار به مقدار ۵۷۰.۶۸ مترمکعب بوده که این میزان بیشتر از آماربرداری صددرصد برآورد گردیده است که این نتایج در خصوص مشخصه تعداد در هکتار با مطالعات میرزایی و همکاران (۱۳۹۳)و حیدری و همکاران(۱۳۸۵) و اسحاق نیموری(۱۳۸۳) همخوانی دارد. زیرا که آنان نیز میزان مشخصه تعداد در هکتار را بیشتر از میزان واقعی برآورد نمودند ولی در خصوص محاسبه مشخصه سطح مقطع برابر سینه در هکتار به متر مربع اختلاف در نتایج مشاهده شد زیرا که در مطالعه حاضر میزان مشخصه سطح مقطع برابر سینه نیز بیشتر از میزان واقعی بدست آمد در حالیکه نتایج در مطالعات ذکر شده کمتر از میزان آماربرداری صد درصد است که دلیل مغایرت در نتایج را شاید بتوان به تفاوت در نوع منطقه تحقیق(مطالعات مقایسه شده در غرب صورت گرفته است)، تراکم و وضعیت توپوگرافی اشاره نمود. در خصوص برآورد مشخصه حجم در هکتار نیز مانند دو مشخصه تعداد و سطح مقطع برابر سینه محاسبه نتایج بیش از میزان واقعی بدست آمد. با اجرای مونه‌بندی در روش نمونه‌برداری خطی، اگرچه میزان اشتباه آماری کاهش یافته است و میانگین برآورد شده مشخصه-های مورد بررسی نیز به میانگین واقعی نزدیک‌تر شده است اما همچنان اختلاف نتایج با میزان واقعی معنی دار است. به عبارت دیگر ۳.۳۷ درصدی کاهش اشتباه آماربرداری پس از مونه-بندی برای مشخصه تعداد در هکتار به میزان ۳.۳۷ درصد تعداد در هکتار و کاهش میزان ۱.۱۴ درصد اشتباه آماربرداری و همچنین کاهش میزان ۲.۹۶ درصد کاهش اشتباه آماری برای مشخصه حجم در هکتار نتوانسته است میزان محاسبات را در محدوده میانگین واقعی قرار دهد. همچنین نتایج بررسی شاخص دقّت و هزینه $(E\%^{2}\times T)$نشان داد که اشتباه و خطای آماری مشخصه‌های اندازه‌گیری در جنگل سرپا با روش نمونه‌برداری خطی همراه با مونه‌بندی نسبت به روش نمونه‌برداری بدون مونه‌بندی کمتر است. نتایج این بررسی نشان داد که شاخص $(E\%^{2}\times T)$ بدون مونه‌بندی و همراه با مونه‌بندی برای مشخصه تعداد اصله درخت در هکتار به ترتیب ۸۹۳۷/۰۲ و ۶۹۰۳/۸۶ محاسبه شد. نسبت مونه بندی جنگل به بدون مونه بندی $\emptyset = \frac{6903.86}{8937.02} = 0.772$ است. نتایج بر اساس معیار دقّت و هزینه نشان می‌دهد که مونه‌بندی جنگل واجرای نمونه‌برداری خطی (Transect)، ۲۲/۸ درصد به میانگین واقعی نزدیکتر می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

از نتایج این بررسی نتیجه‌گیری می‌شود که اگر چه برآورد مشخصه‌های جنگل مانند تعداد و حجم در هکتار از طریق اجرای روش‌های نمونه-برداری با مساحت متغیر مانند نمونه‌برداری خطی (Transect) برای جنگل‌های ناهمگن و پر تراکم شمال ممکن است، اما به دلایل مختلفی مانند انبوهی و تراکم بالای درختان و تداخل تاج آنها نتایج نمونه‌برداری خطی مانند خط نمونه که مبنای آن برخورد تنه یا تصویر تاج درختان است با خطای نمونه‌برداری همراه می‌باشد و میانگین نتایج برآوردها با میزان واقعی آن فاصله دارد.

منابع

- اسحاق نیموری، ج.، سبحانی، ا.، پورشفیع زنگنه، ه.، ۱۳۸۲. مقایسه روش آماربرداری سیستماتیک تصادفی با قطعات نمونه دایره‌ای و روش ترانسکت از نظر دقت و هزینه در جنگل‌های بلوط غرب، مجله منابع طبیعی ایران سال ۴، شماره ۵، ص ۲۹۶-۳۸۳.
- بنیاد، ا.، ۱۳۹۳. روشهای نمونه‌برداری در جنگل، انتشارات دانشگاه گیلان. ۴۰۳ ص.
- سالاروند شمسی، ح.، بنیاد، ع.ع.، پوربابایی، ح.، ۱۳۹۶. تأثیر لایه‌بندی جنگل‌ها بر برآورد دقیق ویژگی‌های کمی درختان با استفاده از روش نمونه‌گیری از درخت N در جنگل‌های غرب ایران (مطالعه موردی: استان درود لرستان). جنگل و فرآورده های چوبی سال ۷۰، شماره ۳، ص ۴۷۸-۴۶۹.
– فلاح، ا. زبیری، م. رحیمی پور، ا. نقوی، ح.، ۱۳۹۱. بررسی چهار روش نمونه برداری به منظور برآورد سطح تاج پوشش درجنگل‌های بلوط زاگرس (مطالعه موردی جنگل‌های مهریان شهرستان یاسوج)، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، سال ۲۰، شماره ۲، ص ۲۰۳-۱۹۴.
– میرزایی، م. بنیاد، ا. پوربابایی، ح.، ۱۳۹۳. عنوان مقایسه روش‌های خط نمونه در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل. مجله منابع طبیعی ایران، سال ۲۰، شماره ۶۷، ص ۶۱-۷۲.
- نمیرانیان، م.، ۱۳۸۵. اندازه‌گیری درخت و زیست‌سنجی جنگل، انتشارات دانشگاه تهران. ۵۷۴ ص .
- Bellefontaine R, et al. ۲۰۰۲. Trees outside forests: Towards better awareness, FAO Conservation guide ۳۵.
- ByJorge N., *et al. 2015*. Line Transect Sampling Book Introduction to Ecological Sampling Edition, Vol. ۱, P. ٤٧-٦١.
- Hitimana, J, et al. ۲۰۱۹. Evaluation Efficiency of Sampling Schemes In Tropical Natural Forest, Reiew and simulation experience from kenya, Vol. ۱۵, P. ۱–۱۵.
- Jianyang, Liu., et al. ۲۰۲۳. Estimation of Forest Stock Volume Combining Airborne LiDAR Sampling Approaches with Multi-Sensor Imagery, *Forests*, Vol, ١٤, P. *24-53*.
- Kissa,D., et al. ۲۰۲۳. Visual detection based distance sampling offers efficient density estimation for distinctive low abundance tropical forest tree species in complex terrain Forest Ecology and Management, Vol. ٢٦٣, P. ١١٤–١٢١.
- L. L. Eberhardt . ۱۹۷۸.Transect Methods for Population Studies The Journal of Wildlife Management, Vol. ٤٢, P. ١-٣١.
- Lutes, D. ۲۰۰۲. Assessment of the line transect method: an examination of the spatial patterns of down and standing dead wood, Vol. ١٣, P. ٦٦٥–٦٧٥.
- Madalcho, A. B., et al. ۲۰۲۲. Woody species diversity and regeneration status of Sub-Alpine forest of Mount Adama exclosure site, Northwestern highlands of Ethiopia, Trees, Forests and People ٨ (٢٠٢٢) ١٠٠٢٢٤.
- Marshall, P., et al. ۲۰۰۰. Using line intersect sampling for coarse woody debris. Forest Research Technical Report, Vancouver Forest Region, TR ۰۰۳, Ecology. Nanaimo, B.C.: Ministry of Forests, Vol. ٣, P. ١-٣٤.
- Tao, Y., et al. ۲۰۲۳. China's larch stock volume estimation using Sentinel-۲ and LiDAR data, Geo-Spatial Information Science, vol. ٢٦, P. ٣٩٢-٤٠٥.
- Wallenius, K., et al.۲۰۱۱. Using stratified sampling based on pre characterization of samples in soil microbiological studies, Applied Soil Ecology, Vol. ٥١, P. ١١١–١١٣.
- ..Ye, Y., et al. ۲۰۱۳. Stratified sampling for feature subspace selection in random forests for high dimensional data, Pattern Recognition, Vol.٤٦, P. ٧٨٧–٧٦٩.

Investigating the effect of forest classification and comparing the accuracy of estimators in the linear variable area sampling method of TRANSECT

A. Alizadeh*[۱], A.E. Bonyad[۲], K. Taheri[۳]

۱*- Corresponding author, Ph.D. student of forest management, Faculty of Natural Resources, Guilan University, Rasht, Someh sara, I.R. Iran.

۲- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Guilan University, Rasht, Someh Sara, I.R. Iran.

۳- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Guilan University, Rasht, Someh sara, I.R. Iran.

Abstract

To plan in order to increase the efficiency, speed of action and reduce the cost of statistics, it is necessary to examine and use different sampling methods with variable area such as linear or transect. This study was chosen in order to investigate the effect of forest classification and compare the accuracy of estimators in the transect sampling method in Safaroud forests of Mazandaran with an area of ۱۷۶ hectares. First, using the statistical method of ۱۰۰٪ of all the trees in the field, then the linear method (Transect, the length of the sample line was ۳۰ meters) was done in two stages. The first stage was in an area of ۱۷۶ hectares without classification with a grid size of ۱۰۰x۱۰۰. meter was measured. The second stage of the forest area under investigation using the "Neyman" classification method into three categories in terms of volume inventory including less than ۲۰۰ cubic meters, between ۲۰۰-۲۵۰ cubic meters and more than ۲۵۰ cubic meters per hectare and according to the classification method A linear (transect) was made using the new grid dimensions for each stratum. In this study, the effect of segmentation on accuracy and time was investigated using the criterion ($E\%^{۲}\times T$). The results of this study in terms of the accuracy and cost index show that by segmenting the forest and implementing linear sampling, the estimated average of the investigated characteristics is ۲۲,۸٪ closer to the real average and the error rate is higher than the standard. Statistics have decreased. From the results of this study, it is concluded that the estimation of forest characteristics such as the number and volume per hectare is possible with the sampling method with linear variable area (Transect) for heterogeneous and dense forests in the north. However, due to various reasons such as the bushiness and density of trees and the interference of their crowns, the results of linear sampling, such as the sample line, which is based on the collision of the trunks or the image of the crowns of the trees, is associated with sampling error, and the average of the estimation results is with the actual amount of that distance has it.

Introduction

The continuous need to improve statistical methods has led to the use of methods with minimum bias and minimum variance in forest statistics. to plan in order to increase the efficiency, speed of action and reduce the cost of statistics, it is necessary to examine and use different sampling methods with variable area such as linear or transect. This method is one of the specialized methods that ecologists can use to estimate the density or the total number of plants in a studied area. In the heterogeneous forest, to increase the accuracy of sampling, the forest can be classified in terms of stock. Classified estimation is a statistical technique that can reduce the variance of estimates without increasing the sample size.

Methodology

This study was chosen in order to investigate the effect of forest classification and compare the accuracy of estimators in the transect sampling method in Safaroud forests of Mazandaran with an area of ۱۷۶ hectares. The selected arenas were measured and recorded using the statistical method of ۱۰۰٪ of all the trees in the areas (counting limit, diameter equal to chest more than seven and a half centimeters). In order to avoid mistakes and make it easier to perform ۱۰۰٪ statistics, the studied area was divided into square pieces with dimensions of ۵۰x۵۰ meters and ۷۰۴ plotes were placed in the

field. Then the trees in each of these parts were measured separately. The linear transect method was carried out in two stages with a sample line length of ۳۰ meters. The first stage was measured in an unclassified area of ۱۷٦ hectares with a grid size of ۱۰۰x۱۰۰ meters. The second stage of the forest area under investigation using the method of "Neyman" classification into three categories in terms of volume inventory including less than ۲۰۰ cubic meters, between ۲۰۰-۲۵۰ cubic meters and more than ۲۵۰ cubic meters per hectare and based on The linear transect method was performed using the new grid dimensions for each stratum. In this study, the effect of segmentation on accuracy and time was investigated using the criterion ($E\%^{۲}\times T$). For this purpose, the time required to unload the sample plotes for the necessary measurements inside the sample plot and the time required to travel the distance between the adjacent sample plotes were also calculated and recorded using a stopwatch. In the present study, in addition to comparing the accuracy of statistical estimators, time studies were also conducted. In order to perform calculations related to time studies, the index value ($E\%^{۲}\times T$) was used. The effect of segmentation on accuracy and time was investigated using the criterion ($E\%^{۲}\times T$).

Conclusion

The results of the comparison of the statistical test between ۱۰۰٪ statistical methods and Transect linear sampling without classification and with the implementation of classification showed that there is a significant difference at the level of ۰,۰۵٪.With the implementation of stratification in the linear sampling method, the amount of statistical error has decreased and the estimated average of the examined characteristics has become closer to the real average. But the difference between the results and the actual amount is still significant. In other words, the reduction of statistical errors after classification for the characteristic of number per hectare by ۳,۳۷٪ and the reduction of ۱,۱٤٪ of statistical errors for the characteristic of cross-section width and ۲,۹٦٪ reduction of statistical errors for the characteristic of volume per hectare has not been able to improve the calculation results. put in the range of the real average. The results of this study in terms of the accuracy and cost index show that by segmenting the forest and implementing linear sampling, the estimated average of the investigated characteristics is ۲۲,۸٪ closer to the real average and the error rate is higher than the standard. Statistics have decreased. From the results of this study, it is concluded that the estimation of forest characteristics such as the number and volume per hectare is possible with the sampling method with linear variable area (Transect) for heterogeneous and dense forests in the north. However, due to various reasons such as the bushiness and density of trees and the interference of their crowns, the results of linear sampling, such as the sample line, which is based on the collision of the trunks or the image of the crowns of the trees, is associated with sampling error, and the average of the estimation results is with the actual amount of that distance. has it.

Keywords

Neyman stratification; transect method; Ramsar; Safaroud forest