



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گزن

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۹

۴۷-۶۱

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2020.17275.1836

کارایی روش‌های نمونه‌برداری چند درختی در برآورد برخی مشخصه‌های کمی جنگل‌های زاگرس

*نسترن نظریانی^۱، اصغر فلاح^۲، حبیب‌الله رضانی موزیرجی^۳، حامد نقوی^۴ و حمید جلیوند^۵

^۱دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،

^۲استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،

^۳محقق دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی سوئد، اومئو، سوئد،

^۴استادیار گروه جنگلداری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران،

^۵استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: ویژگی‌های کمی و کیفی جنگل می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد تأثیر جنگل بر محیط‌زیست فراهم کند. کسب اطلاعات دقیق از عرصه‌های جنگلی با آماربرداری یا نمونه‌برداری میسر می‌شود. با وجود مطلوب بودن آماربرداری کامل ولی به دلیل صرفه‌جویی در بحث هزینه و زمان در بسیاری موارد روش‌های نمونه‌برداری ارجح است. یکی از روش‌های نمونه‌برداری روش چنددرختی است. در مطالعه حاضر عملکرد روش نمونه‌برداری سه تا ده درختی در برآورد مشخصه‌های تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابر سینه و تاج پوشش بررسی و نتایج آن با آماربرداری صد درصد مقایسه شد.

مواد و روش‌ها: بدین منظور ۳۰ قطعه نمونه یک هکتاری از جنگل‌های سامان عرفی اولادقباد در غرب استان لرستان انتخاب و اطلاعات مربوط به تمامی درختان درون این قطعات نمونه ثبت شد. بدین منظور مشخصه‌های درختان هر قطعه نمونه شامل نوع گونه و تاج پوشش هر درخت (دو قطر کوچک و بزرگ تاج) اندازه‌گیری و ثبت شد. در گام بعد با استفاده از شبیه‌سازی موقعیت درختان در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام به نمونه‌برداری با استفاده از روش چند درختی درون قطعات یک هکتاری گردید و زمان اجرای هر روش نیز به صورت مجزا یادداشت شد. به منظور بررسی الگوی مکانی درختان بلوط ایرانی نیز از تابع تک‌متغیره آماره آرینگ (*O-ring*) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج مقایسه مشخصه‌های تعداد درختان در هکتار و تاج پوشش بین روش‌های مختلف چنددرختی تفاوت معنی‌داری با آماربرداری صد درصد نشان نداد. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین سه مشخصه تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابر سینه و تاج پوشش هر درخت در روش‌های مختلف چنددرختی با آماربرداری صد درصد نزدیک‌ترین برآورد را به ترتیب روش‌های نه درختی، چهار درختی و پنج درختی نشان دادند. نتایج بررسی الگوی پراکنش گونه‌ها در منطقه نشان داد الگوی مکانی درختان به دلیل ایجاد جست‌گروه و پاجوش و تراکم بیش‌تر گونه‌های شاخه‌زاد نسبت به گونه‌های دانه‌زاد خوشه‌ای است. برای بررسی اشتباه نمونه‌برداری نیز بیش‌ترین دقت برای مشخصه‌های مذکور به ترتیب برای روش‌های سه (۹/۲۷)، چهار (۳/۶۵) و

* مسئول مکاتبه: nazariani69@yahoo.com

هفت درختی (۲/۶۷) به‌دست آمد. در نهایت با استفاده از شاخص $E\%^2 \times T$ سه مشخصه آزمون شد. نتایج نشان داد به‌ترتیب روش‌های سه، چهار و شش درختی با مقادیر (۱۴۱۳۹/۴۵)، (۲۳۹۳/۱۶) و (۱۶۷۸/۸۷) برای نمونه‌برداری در جنگل‌های منطقه مناسب است.

نتیجه‌گیری: هم‌چنین با توجه به مشخصه‌های سطح مقطع برابرسینه روش چهار درختی با توجه به این‌که کم‌ترین فاصله را با میانگین واقعی جامعه دارد و با توجه به شاخص $E\%^2 \times T$ نیز دارای کم‌ترین مقدار (۲۳۹۳/۱۶) است به‌عنوان روش مناسب نمونه‌برداری برای جنگل‌های سامان عرفی اولادقباد پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تاج پوشش، تعداد درخت در هکتار، جنگل‌های زاگرس، روش نمونه‌برداری چند درختی، سطح مقطع در هکتار

مقدمه

در پژوهش‌های مربوط به بوم‌شناسی و مدیریت جنگل اطلاع دقیق در مورد مشخصه‌های کمی و کیفی جنگل بسیار قابل‌توجه است. رویکردهای متفاوت و منابع مختلفی برای برآورد مشخصه‌های کمی جنگل با توجه به نقش مهم آن در تغییرات اقلیمی جهانی و پویایی بوم‌سازگان وجود دارد (۶). استفاده از یک مجموعه پایگاه داده‌ها که ترکیبی از اطلاعات نقشه‌ها و آماربرداری‌های جنگل باشد منتهی به ایجاد مجموعه‌ای از داده‌های مختلف جنگل با کارایی بیش‌تر و دسترسی آسان‌تر است (۱۳). این اطلاعات و داده‌ها با آماربرداری یا نمونه‌برداری در عرصه‌های جنگلی به‌دست می‌آید (۲۰). آماربرداری از جنگل به روش‌های مختلفی انجام می‌شود، برای جمع‌آوری اطلاعات می‌توان آماربرداری صد درصد انجام داد، اما این روش با وجود تأمین اطلاعات جامع به‌دلیل صرف هزینه و زمان بیش‌ازاندازه در مناطق وسیع صحیح نبوده، بنابراین معمولاً از روش‌های نمونه‌برداری استفاده می‌شود (۲۲). در آماربرداری جنگل روش‌های متنوعی برای طراحی قطعه‌نمونه به‌کار برده می‌شود که به‌طورکلی به دو دسته روش‌های قطعه‌نمونه با شعاع ثابت^۱ و متغیر^۲ یا

روش‌های بر اساس قطعه‌نمونه^۳ یا بدون قطعه‌نمونه تقسیم می‌شوند (۲۲). قطعه‌نمونه دایره‌ای با شعاع ثابت یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نمونه‌برداری است که هنوز هم در سراسر دنیا رایج است. برای به‌دست آوردن تراکم در قطعه‌نمونه با شعاع ثابت از شمارش ساده تعداد درخت در هر قطعه‌نمونه استفاده می‌شود. در بین روش‌های قطعه‌نمونه با شعاع متغیر می‌توان به روش نمونه‌برداری با مساحت‌های متغیر برای درختان با ابعاد مختلف یا گونه‌های متفاوت و روش نمونه‌برداری میزان احتمال به نسبت اندازه و روش‌های فاصله‌ای (روش چند درختی) اشاره کرد. روش‌های بدون قطعه‌نمونه در مقابل روش‌های با قطعه‌نمونه سریع‌ترند و نیازمندی‌های کم‌تری دارند. انگیزه اصلی توسعه این روش‌ها، برآورد تراکم بدون استفاده از قطعه‌نمونه است که باعث صرفه‌جویی در زمان شده و صحت برآورد را نیز افزایش می‌دهد. روش چند درختی شامل اندازه‌گیری مشخصه‌های هر چند درخت نزدیک به مرکز قطعه‌نمونه است. تعداد درخت در هر روش و هر قطعه‌نمونه ثابت است، اما مساحت قطعات نمونه با هم برابر نیست و به تراکم جنگل و الگوی پراکنش مکانی درختان بستگی دارد (۱۷). روش نمونه‌برداری چند درختی در شرایط

1- Fixed-radius plot sampling
2- Variable-radius plot sampling

3- Plot-based

به مقایسه روش‌های نمونه‌برداری چند درختی و فاصله منظم در برآورد سطح تاج پوشش جنگل‌های تاغ‌کاشان پرداختند. نتایج نشان داد میانگین سطح تاج پوشش در هکتار برآورد شده توسط روش‌های مختلف به غیر از روش فاصله منظم برای دومین فرد در سطح اطمینان ۹۵ درصد میانگین واقعی جامعه را در برمی‌گیرد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش در برآورد سطح تاج پوشش روش‌های پنج درختی و شش درختی و فاصله مشترک برای سومین فرد دارای دقت بود و در این میان روش شش درختی دارای بیش‌ترین دقت بود (۱۴). سالاروند شمسی و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی صحت روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین درخت (یک، دو، چهار، شش و هفت درختی) در جنگل‌های غرب ایران پرداختند. نتایج نشان داد که درصد اشتباه آماربرداری (دقت) برای برآورد میانگین مشخصه‌های سطح مقطع برابر سینه و سطح تاج پوشش در روش چهار درختی و برای برآورد مشخصه تعداد (جست‌گروه) در هکتار در روش دو درختی کم‌ترین مقدار را دارا بود. برای ارزیابی بهتر دو روش از مقایسه حاصل ضرب مجذور دقت در زمان کل آماربرداری $E^2 \times T$ استفاده کردند که در برآورد مشخصه‌های تعداد درختان در هکتار و درصد تاج پوشش این ضریب برای روش دو درختی کم‌تر بود و در برآورد مشخصه سطح مقطع برابر سینه در هکتار این ضریب برای روش چهار درختی کم‌تر به‌دست آمد (۱۹). نتایج بررسی روش‌های آماری قطعه‌نمونه دایره‌ای با مساحت ثابت و K -درخت در جنگل‌های زاگرس واقع در استان لرستان توسط رمضانی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که با افزایش تعداد درخت مقدار ارزیابی کاهش یافت. از بین روش‌های مورد بررسی برآوردکننده Moore's کم‌ترین مقدار ارزیابی و پس‌از آن به‌ترتیب برآوردگرهای

زمینی و پوشش گیاهی مختلف قابل کاربرد است. در این روش n درخت (معمولاً دو تا ۱۰ درخت) نزدیک به نقطه نمونه انتخاب (n تعداد درخت انتخاب شده است که در سرتاسر نمونه‌برداری بدون تغییر می‌ماند) و فاصله آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. از آنجایی که تعداد درخت‌هایی که برای هر نقطه نمونه شمرده می‌شوند ثابت هستند، قطعه‌نمونه خالی یا قطعه‌نمونه با تعداد درخت زیاد وجود ندارد (۶) که از نقاط قوت این روش است و باعث افزایش کارایی می‌شود. از طرف دیگر اندازه‌گیری فاصله افقی نقطه نمونه تا مرکز درخت n ام از نیازمندی‌های این روش است که باعث به‌دست آوردن اطلاعاتی در مورد الگوی پراکنش درختان می‌شود (۱۱). روش چند درختی نیز همانند دیگر روش‌های نمونه‌برداری برآوردی بیش‌تر از مقدار واقعی دارد و برای هر مشخصه مورد اندازه‌گیری اریب است. برآورد الگوی پراکنش از جمله تخمین‌گرهایی است که باعث کاهش ارزیابی روش‌های نمونه‌برداری است (۶). تاکنون در زمینه بررسی دقت و صحت روش‌های نمونه‌برداری چند درختی پژوهش‌های متعددی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. در این زمینه در داخل کشور می‌توان به پژوهش فصحت و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد. نتایج ایشان در تعیین مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری چند درختی در جنگل‌کاری گونه صنوبر دلتوئیدس در پارسل ۱۰۳ از سری سوردار و اتاشان شهرستان نور نشان داد که میانگین برآورد شده از فرمول پرودان در مورد مشخصه‌های تعداد درختان در هکتار و تاج پوشش در هکتار، در تمامی روش‌های نمونه‌برداری چند درختی اختلاف معنی‌داری با آماربرداری صد درصد نداشت. در نهایت با استفاده از شاخص $E^2 \times T$ روش نمونه‌برداری چهار درختی برای نمونه‌برداری در توده‌های جنگل‌کاری با گونه صنوبر دلتوئیدس را مناسب پیشنهاد دادند (۳). محقق‌ی و همکاران (۲۰۱۴)

دقت، زمان، هزینه‌ها و همچنین سهولت اجرا مناسب است (۱). سهرابی (۲۰۱۸) به تطابق طرح روش نمونه‌برداری چند درختی برای برآورد چگالی تنه در جنگل‌های زاگرس با یک رویکرد تجربی پرداخت. نمونه‌های استاندارد و اصلاح‌شده نمونه رویشی واقعی از درخت و جنگل شبیه‌سازی شده با الگوهای فضایی مختلف مورد آزمایش قرار داد. نتایج بررسی ایشان نشان داد که روش اصلاح‌شده نسبت به ترکیبات دیگر روش‌ها از نظر تعادل و کارایی نسبی برتر بود. با توجه به جنبه‌های آماری و عملی نمونه‌برداری برای تراکم درخت، روش اصلاح‌شده از استاندارد نسبی بهتری برخوردار بود (۲۱).

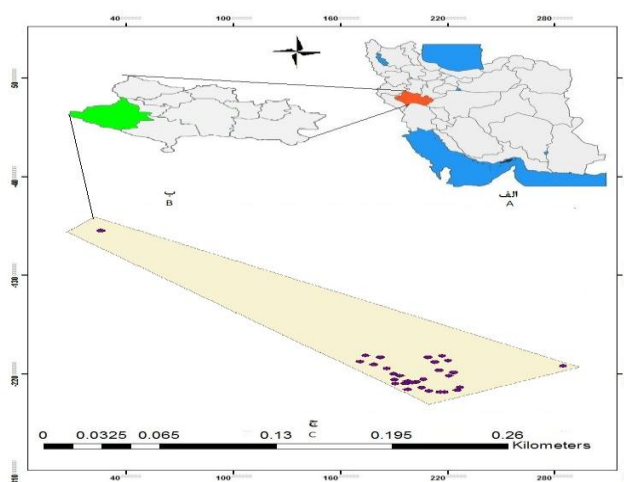
با توجه به این‌که بحث هزینه و زمان دو مؤلفه مهم در آماربرداری جنگل است بنابراین سعی بر این است با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری و صرف حداقل هزینه حداکثر دقت حاصل شود. بنابراین نظر به این‌که تاکنون عملکرد روش‌های نمونه‌برداری در جنگل‌های سامان عرفی اولادقیباد بررسی نشده است، در پژوهش پیش‌رو کارایی روش نمونه‌برداری چند درختی (۳ تا ۱۰ درختی) با استفاده از برآوردکننده پرودان و به‌کارگیری داده‌های زمینی و سپس شبیه‌سازی آن در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی بررسی و نتایج آن با آماربرداری صد درصد مقایسه شد. در این زمینه با توجه به این‌که روش چند درختی به دو عامل تعداد درختان در هکتار و الگوی پراکنش وابسته است و با توجه به شرایط جنگل‌های زاگرس که نسبت به جنگل‌هایی که این برآوردکننده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (جنگل‌های متراکم اروپایی)، دارای تعداد درخت در هکتار کم‌تری هستند (۱۱). در نهایت به‌نظر می‌رسد تعیین الگوی پراکنش در بررسی کارایی روش‌های چند درختی در جنگل‌های تنک ضروری است.

Prodan و Vilcko & Kleinn کم‌ترین ارزیابی را به‌دست دادند (۱۸). نتایج سالاروند شمسی و همکاران (۲۰۱۷) بررسی تأثیر مونه‌بندی جنگل بر دقت برآورد مشخصه‌های کمی درختان با روش نمونه‌برداری چند درختی در جنگل‌های دورود لرستان اشاره کرد که نشان دادند با اجرای مونه‌بندی در روش نمونه‌برداری چند درختی، میانگین برآورد شده مشخصه‌های بررسی‌شده به میانگین واقعی نزدیک‌تر شده است. هم‌چنین مونه‌بندی ناهمگنی موجود در منطقه پژوهش را برطرف کرده و موجب کاهش انحراف معیار و درصد ضریب تغییرات شده است. همین امر سبب افزایش دقت روش نمونه‌برداری چند درختی در جنگل‌های دورود لرستان شده است، بنابراین اجرای مونه‌بندی در روش چند درختی مثبت ارزیابی می‌شود (۲۰). در خارج از کشور نیز لینچ و روسیدی (۱۹۹۹) به بررسی روش نمونه‌برداری چند درختی (۳ تا ۱۰ درخت) در جنگل کاری تیک در اندونزی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که روش سه درختی برای برآورد تعداد درختان در هکتار و روش پنج درختی برای محاسبه تاج پوشش در هکتار مناسب بودند. در نهایت با توجه به زمان و هزینه، روش پنج درختی به‌عنوان مناسب‌ترین روش شناخته شد (۱۲). کیانی و همکاران (۲۰۱۳) به مقایسه روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در جنگل‌های تاغ استان یزد پرداختند. نتایج نشان داد برای برآورد سطح تاج‌پوشش در واحد سطح روش‌های چند درختی بهترین خروجی را دارد (۷). بورچ و سانچزمدور (۲۰۱۸) در مقایسه تجزیه و تحلیل برآوردگرهای سن درخت با استفاده از روش‌های چند درختی، قطعه‌نمونه با شعاع ثابت و شعاع متغیر در بخشی از جنگل‌های آریزونا شمالی بیان نمودند که برآوردگر با استفاده از روش نمونه‌برداری چند درختی برای درختان کاج موردبررسی، به‌دلیل بررسی هم‌زمان

مواد و روش‌ها

به منظور انجام پژوهش حاضر، بخشی از جنگل‌های زاگرس واقع در ۳۵ کیلومتری شمال شهرستان کوه‌دشت، به نام سامان عرفی اولادقباد انتخاب شد. این منطقه در محدوده جغرافیایی $33^{\circ} 41' 45''$ تا $33^{\circ} 42' 5''$ عرض شمالی و $47^{\circ} 28' 1''$ تا $47^{\circ} 28' 34''$ طول شرقی واقع شده است. اقلیم این منطقه از نوع نیمه‌خشک است. بافت خاک شنی-رسی دارای ساختمان مکعبی و از نفوذپذیری مناسبی برخوردار است. خاک‌های نواحی کوهستانی و دره‌ای شهرستان عمدتاً قهوه‌ای بلوطی‌رنگ پدوکان (خاک‌های قهوه‌ای) و خاک‌های دره‌ای می‌باشد و بیش‌تر از کانی‌های رسوبی بوده و در ایجاد آن‌ها عوامل آب‌وهوا و سنگ مادر نقش مؤثری داشته است محدودیت عمده در خاک‌های منطقه مورد مطالعه عمدتاً بیرون‌زدگی سنگی، شیب زیاد، عمق کم خاک و حساسیت به فرسایش آبی است. تخریب پوشش در سال‌های اخیر به علت چرای مفرط دام و اجرای غیراصولی

پروژه‌های عمرانی فرسایش آبی خاک را افزایش داده است (۲). جنگل‌های منطقه از نظر تقسیم‌بندی جهانی جزء جنگل‌های معتدله خزان‌کننده محسوب شده و از نظر تقسیم‌بندی کشوری جزء جنگل‌های نیمه‌خشک زاگرس محسوب می‌شود (۱۴). ساختار عمودی اغلب توده‌های جنگلی منطقه معمولاً یک آشکوبه بوده و منشأ زادآوری و فرم پرورشی گونه‌های درختان منطقه اغلب غیرجنسی و شاخه‌زاد است بلوط ایرانی (*Quercus persica* J.&Sp.)، کیکم زالزالک (*Acer monspessulanum* L. Boiss.)، گلابی وحشی (*Cerataegus meyeri* A. Pojark.)، بنه (*Pyrus glabra* Boiss.)، شن (*M. Lonicera nummulariifolia* J. & Sp.)، چنار (*Platanus orientalis* L.) و بید (*Salix* sp.) گونه‌های درختی را در منطقه تشکیل می‌دهد؛ اما بلوط ایرانی گونه غالب گیاهی در منطقه است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



(ج)

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (الف) روی نقشه ایران، (ب) روی نقشه لرستان و (ج) سامان عرفی اولادقباد.

Figure 1. Location of the studied area on a) the map of Iran, b) the map of Lorestan and c) Olad-Ghobad watershed.

به صورت صد درصد اندازه‌گیری شد. در آماربرداری صد درصد، تمام درختان عرصه یا توده جنگلی به صورت کامل اندازه‌گیری شد (۲۲). مشخصه‌های

آماربرداری صد درصد: به منظور مقایسه نتایج روش‌های نمونه‌برداری چند درختی با مقدار واقعی، ۳۰ قطعه نمونه یک هکتاری با ابعاد 100×100 متر

که در آن‌ها، rm شعاع قطعه‌نمونه i به متر، d_i فاصله درخت n ام تا مرکز قطعه‌نمونه i بر حسب متر، d_{ni} قطر برابرسینه درخت n ام در قطعه‌نمونه i بر حسب متر، F_i مساحت قطعه‌نمونه i بر حسب مترمربع برای تمام جنگل آماربرداری‌شده، d_i قطر برابرسینه بر حسب متر، n_j تعداد درختان در هکتار، m تعداد قطعه‌نمونه، n تعداد درخت در هر قطعه‌نمونه، A_i مساحت قطعه‌نمونه n درختی i ام به هکتار، rm فاصله از مرکز پلات تا میانه درخت n ام، CD_{1ij} و CD_{2ij} دو قطر بزرگ و کوچک تاج درختان (i) در خط‌نمونه (j) بر حسب متر $CC_j\%$ ، درصد تاج پوشش درختان در هر روش، \bar{a}_j^2 فاصله متوسط بین درختان، $S_{\bar{x}_t}$ اشتباه معیار و k روش N درختی.

به‌منظور بررسی داده‌ها از نظر نرمالیت از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و با توجه به نرمال نبودن داده‌ها، به‌منظور مقایسه تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابرسینه و تاج پوشش روش‌های چند درختی مختلف از آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس استفاده شد.

روش محاسبه زمان آماربرداری: لزوم بررسی و مطالعه هزینه در بحث آماربرداری ضروری است. از آن‌جایی‌که هزینه‌های مربوط به آماربرداری با زمانی که برای آماربرداری صرف می‌شود رابطه مستقیم دارد، بنابراین در بررسی‌ها به‌جای هزینه آماربرداری از زمان لازم برای آماربرداری استفاده شده است (۴). زمان لازم برای اندازه‌گیری هر روش شامل اندازه‌گیری مشخصه‌های موردنظر درختان در هر حالت روش نمونه‌برداری چنددرختی و زمان حرکت از یک قطعه‌نمونه به قطعه‌نمونه بعدی است و کل زمان صرف‌شده جهت نمونه‌برداری از مجموع زمان‌های اندازه‌گیری مشخصات درختان و پیمودن فاصله بین مراکز قطعات در هر حالت به‌دست آمد.

درختان هر قطعه‌نمونه شامل نوع گونه و تاج پوشش هر درخت (بدین‌منظور دو قطر کوچک و بزرگ تاج اندازه‌گیری شد) اندازه‌گیری و ثبت شد.

روش نمونه‌برداری چنددرختی: به‌منظور اجرای روش نمونه‌برداری چند درختی با توجه به مساحت جنگل و نقشه منطقه در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 در مرکز هر قطعه‌نمونه یک هکتاری اقدام به پیاده کردن روش‌های نمونه‌برداری چنددرختی گردید. در روش چند درختی، مرکز قطعات نمونه در عرصه جنگل بازیابی شد. شعاع قطعه‌نمونه، فاصله تا درخت n ام در نظر گرفته شد. به‌منظور برآورد شعاع قطعه‌نمونه (رابطه ۱)، مساحت قطعه‌نمونه (رابطه ۲)، سطح مقطع برابرسینه در هکتار (رابطه ۳)، تعداد در هکتار (رابطه ۴)، متوسط تاج درختان (رابطه ۵)، درصد تاج پوشش درختان (رابطه ۶)، میانگین درصد تاج پوشش برای کل توده جنگلی (رابطه ۷) و اشتباه نمونه‌برداری (رابطه ۸) از رابطه‌های فوق‌الذکر استفاده شد (۸، ۱۷ و ۲۱).

$$rm = \sqrt{\frac{1}{2}(d_i^2 + d_{ni}^2)} \quad (1)$$

$$F_i = rm^2 \times \pi \quad (2)$$

$$G/ha = \frac{10000}{\pi r_6^2} \frac{\pi}{4} (\sum_{i=1}^5 d_i^2 + \frac{1}{2} d_6^2) \quad (3)$$

$$N/ha = \frac{10000}{\pi r_6^2} 5.5 \quad (4)$$

$$A_i = \frac{\pi \times r_n^2}{10000} \quad (5)$$

$$CA_j = \frac{\frac{\pi}{4} \times \sum (CD_{1ij} \times CD_{2ij})}{n} \quad (6)$$

$$CC_j\% = \frac{\bar{CA} \times 100}{\bar{a}_j^2} \quad (7)$$

$$\overline{CC}\% = \frac{\sum CC_j\%}{n} \quad (8)$$

$$E\% = S_{\bar{x}_t} \times t \quad (9)$$

نتایج و بحث

پس از بررسی داده‌ها از نظر نرمالیت با آزمون کولموگروف-اسمیرنف مشخص شد داده‌ها نرمال نیست. به‌منظور مقایسه تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابرسینه و تاج پوشش روش‌های چند درختی مختلف از آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس استفاده شد. جدول ۱ تفاوت معنی‌داری بین سطح مقطع برابرسینه حاصل از روش‌های مختلف چند درختی در سطح اطمینان ۹۹ درصد را نشان می‌دهد.

الگوی پراکنش مکانی: برآورد تراکم از تمامی روش‌های فاصله‌ای به‌شدت تحت‌تأثیر الگوی پراکنش مکانی است. اگر گیاهان و حیوانات الگوی پراکنش تصادفی داشته باشند برآورد تراکم یک حالت نارایب خواهد داشت و اگر الگوی پراکنش کپه‌ای باشد، برآورد تراکم حالت آریبی خواهد داشت (۹ و ۱۰). به‌منظور بررسی الگوی مکانی درختان بلوط ایرانی از تابع تک‌متغیره آماره آرینگ (*O-ring*) استفاده شد.

جدول ۱- نتایج آزمون کروسکال والیس برای متغیرهای تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابرسینه و تاج پوشش.

Table 1. Results of Kruskal Wallis test for number of trees per hectare, basal area and canopy cover.

تعداد درختان در هکتار Number of trees per hectare	تاج پوشش (مترمربع در هکتار) Canopy cover (m ² per ha)	سطح مقطع برابرسینه (مترمربع در هکتار) Basal area at DBH (m ² per ha)	آماره‌های آزمون (a),(b) Test statistics (a),(b)
600	888	29.839	کای اسکوئر Chi-Square
7	7	7	درجه آزادی Df
0.99	0.99	0.00	حدود معنی‌داری Asymp. Sig.

درختان در هکتار، سطح مقطع برابرسینه و تاج پوشش در هکتار نشان می‌دهد.

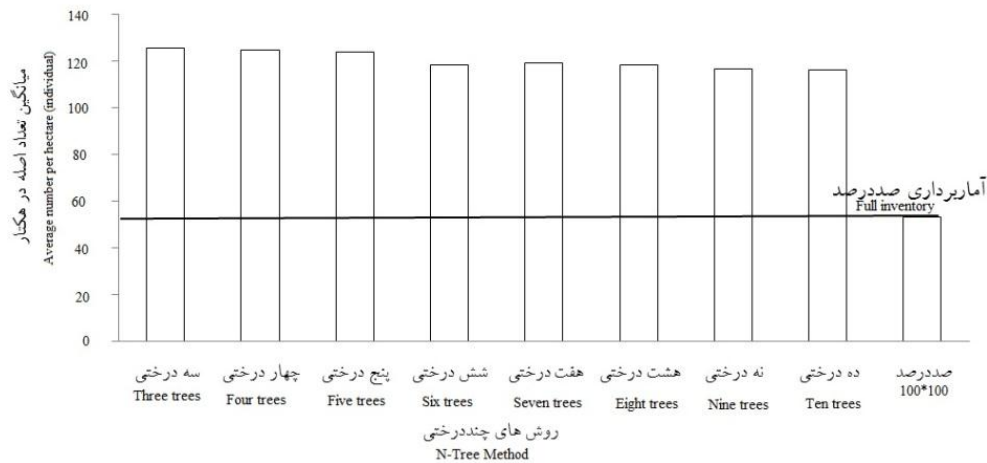
جدول ۲ نتایج پارامترهای آماری حاصل از آماربرداری صد درصد را برای مشخصه‌های تعداد

جدول ۲- نتایج پارامترهای آماری حاصل از آماربرداری صد درصد در برآورد مشخصه‌های تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابرسینه و تاج پوشش.

Table 2. Results of statistical parameters derived from full inventory in estimating the number of trees per hectare, basal area at breast height and canopy cover.

میانگین تاج پوشش در هکتار (مترمربع) Average canopy cover per hectare (m ²)	میانگین تعداد درختان در هکتار Average of number of trees per hectare	سطح مقطع برابرسینه (مترمربع در هکتار) Basal area at breast height (m ² per ha)	تعداد کل درختان Total number of trees	مشخصه Characteristics
5.29	51	0.02	1540	آماربرداری صد درصد Full inventory

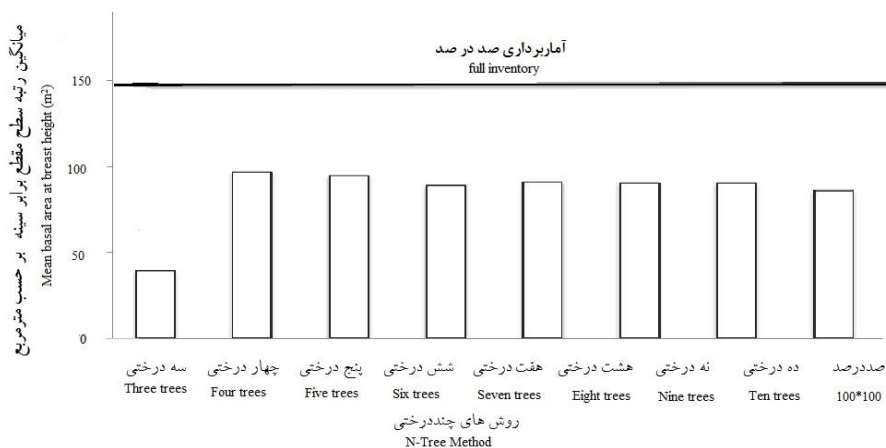
در مورد مقایسه میانگین مشخصه تعداد درختان در هکتار روش‌های نمونه‌برداری چند درختی با آماربرداری صد درصد (شکل ۲) مشخص است که در تمامی روش‌ها، میانگین تعداد درختان در هکتار بیش‌تر از میزان واقعی (آماربرداری صد درصد) (۵۱/۳۳) برآورد شده است. روش نمونه‌برداری نه درختی (۱۱۶/۹۳) نزدیک‌ترین برآورد را در مورد مشخصه تعداد درختان در هکتار داشته است.



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد درختان در هکتار روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی با آماربرداری صد درصد.

Figure 2. Comparison of the average number of trees per hectare of different multi-tree sampling methods with a full inventory.

مقایسه میانگین سطح مقطع برابر سینه در همه روش‌های نمونه‌برداری چند درختی کم‌تر از میزان آماربرداری صد درصد به‌دست آمد. همان‌طور که در شکل ۳ آورده شده، روش نمونه‌برداری چهاردرختی بیش‌ترین (۱۳۷/۷) و روش سه درختی (۵۵/۶۳) کم‌ترین اختلاف را نشان می‌دهد.

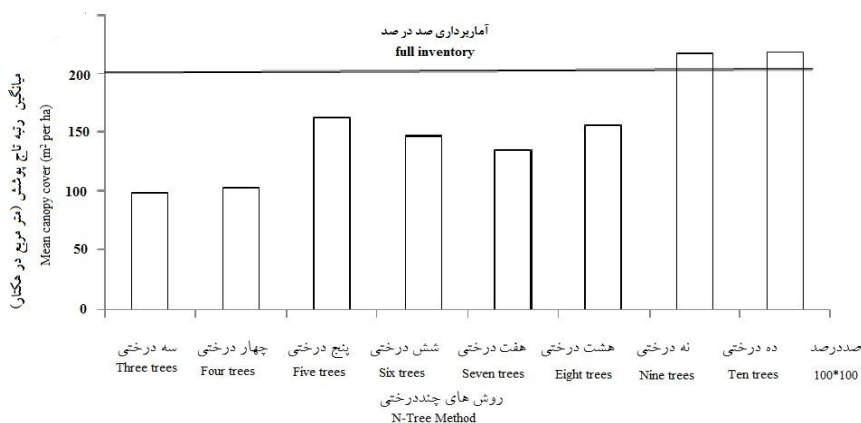


شکل ۳- مقایسه میانگین سطح مقطع برابر سینه روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی با آماربرداری صد درصد.

Figure 3. Comparison of the mean basal area at breast height of different n-tree sampling methods with a full inventory.

میانگین تاج پوشش آماربرداری صد درصد شد. از بین روش‌های موردبررسی روش پنج درختی کم‌ترین (۱۲۱/۲۷) اختلاف و روش سه درختی بیش‌ترین (۱۱۴/۷۸) اختلاف را با آماربرداری صد درصد دارد.

در شکل ۴ میانگین تاج پوشش برآورد شده برای روش‌های مختلف چند درختی و آماربرداری صد درصد آورده شده است. میانگین تاج پوشش برآورد شده در تمامی روش‌ها به‌جز روش نه و ده درختی کم‌تر از



شکل ۴- مقایسه میانگین تاج پوشش روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی با آماربرداری صد درصد.

Figure 4. Comparison of the mean canopy cover level of different n-tree sampling methods with a full inventory.

درصد) و بیش‌ترین دقت و روش نمونه‌برداری ده درختی دارای کم‌ترین دقت (۱۳/۹۴ درصد) است.

بر اساس جدول ۳، روش سه درختی از لحاظ اشتباه نمونه‌برداری نسبت به دیگر روش‌های نمونه‌برداری سه درختی دارای مقدار کم‌تر (۹/۲۷)

جدول ۳- نتایج محاسبات آماری روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی در برآورد تعداد درختان در هکتار.

Table 3. Statistical results of different n-tree sampling methods in estimating the number of trees per hectare.

روش‌های نمونه‌برداری چند درختی N-tree sampling methods	میانگین تعداد درختان در هکتار Mean number of trees per hectare	انحراف معیار تعداد درختان در هکتار Standard deviation of number of trees per hectare	اشتباه معیار تعداد درختان در هکتار Standard error of number of trees per hectare	اشتباه نمونه‌برداری تعداد درختان در هکتار (درصد) Inventory error of number of trees per hectare (percent)
سه درختی Three trees	3140.84	8331.76	148.66	9.27
چهار درختی Four trees	2847.50	9443.87	176.67	12.18
پنج درختی Five trees	1454.65	3761.10	98.61	13.28
شش درختی Six trees	1166.44	2410.97	70.59	11.86
هفت درختی Seven trees	1337.06	2581.40	70.59	10.34
هشت درختی Eight trees	1289.82	2856.38	79.53	12.08
نه درختی Nine trees	1194.88	2861.84	82.79	13.58
ده درختی Ten trees	969.84	2149.02	69.00	13.94

نتایج در برآورد روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی برای متغیر سطح مقطع برابر سینه نشان داد روش چهار درختی با میزان اشتباه نمونه‌برداری (۳/۶۵ درصد) دارای بیش‌ترین دقت و روش سه درختی با میزان اشتباه نمونه‌برداری (۸/۲۱ درصد) دارای کم‌ترین دقت است (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج محاسبات آماری روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی در برآورد سطح مقطع برابر سینه.

Table 4. Statistical results of different n-tree sampling methods in estimating the basal area.

روش‌های نمونه‌برداری چند درختی N-tree sampling methods	میانگین سطح مقطع برابر سینه در هکتار (مترمربع) Mean basal area per hectare (m ²)	انحراف معیار سطح مقطع برابر سینه Standard deviation of the basal area	اشتباه معیار سطح مقطع برابر سینه Standard error of the basal area	اشتباه نمونه‌برداری سطح مقطع برابر سینه (درصد) Inventory error of the basal area (Percent)
سه درختی Three trees	2.34	0.93	0.09	8.21
چهار درختی Four trees	5.77	1.18	0.11	3.65
پنج درختی Five trees	1.88	0.54	0.04	4.56
شش درختی Six trees	1.49	0.49	0.04	4.75
هفت درختی Seven trees	1.97	0.60	0.04	4.14
هشت درختی Eight trees	2.34	0.77	0.05	4.16
نه درختی Nine trees	1.50	0.48	0.03	3.79
ده درختی Ten trees	1.40	0.48	0.03	3.90

در جدول ۵ نتایج حاصل از محاسبات آماری روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی در برآورد تاج پوشش درختان نشان می‌دهد که روش هفت درختی با (۲/۶۸ درصد) دارای بیش‌ترین دقت و روش سه درختی با (۴/۵۷ درصد) دارای کم‌ترین دقت است.

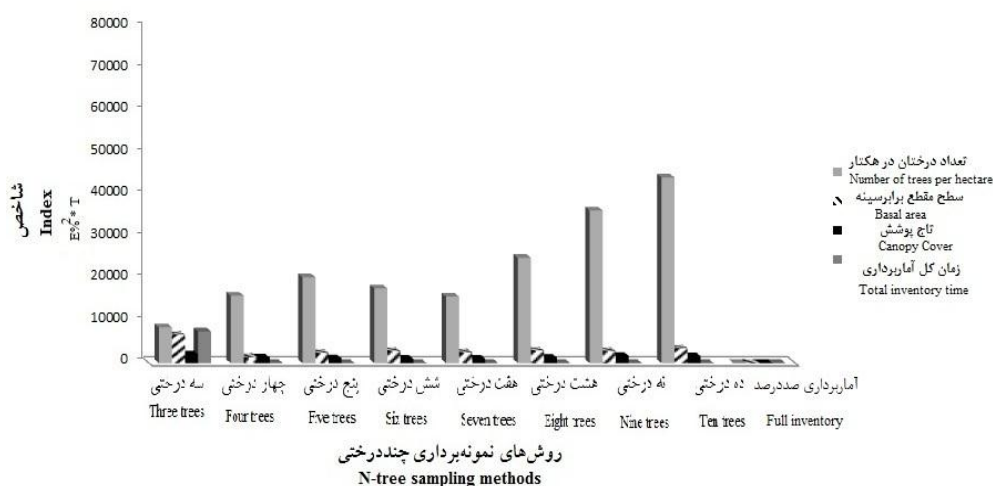
جدول ۵- نتایج محاسبات آماری روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی در برآورد تاج پوشش.

Table 5. Statistical results of different n-tree sampling methods in estimating the canopy cover.

اشتباه نمونه‌برداری تاج پوشش (درصد) Inventory error of the canopy cover (Percent)	اشتباه معیار تاج پوشش Standard error of the canopy cover	انحراف معیار تاج پوشش Standard deviation of the canopy cover	میانگین تاج پوشش در هکتار (مترمربع) Mean canopy cover per hectare (m ²)	روش‌های نمونه‌برداری چنددرختی N-tree sampling methods
4.57	0.18	0.41	5.11	سه درختی Three trees
3.47	0.12	0.27	5.11	چهار درختی Four trees
3.09	0.09	0.20	5.25	پنج درختی Five trees
2.83	0.08	0.19	5.20	شش درختی Six trees
2.67	0.07	0.17	5.18	هفت درختی Seven trees
2.75	0.07	0.16	5.21	هشت درختی Eight trees
2.93	0.07	0.17	5.33	نه درختی Nine trees
2.70	0.08	0.18	5.33	ده درختی Ten trees

برای روش‌های سه درختی (۱۴۱۳۹/۴۵)، چهار درختی (۲۳۹۳/۱۶) و شش درختی (۱۶۷۸/۸۷) کم‌ترین مقدار به‌دست آمد.

نتایج برآورد شاخص $E\%^2 \times T$ برای منطقه موردبررسی برای سه مشخصه تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابرسینه و تاج پوشش به‌ترتیب



شکل ۵- مطالعات زمانی آماربرداری صد درصد و روش‌های نمونه‌برداری چند درختی (بر حسب دقیقه) و نتایج شاخص $E\%^2 \times T$.
Figure 5. Time studies of full inventory and n-tree sampling methods (in minutes) and $E\%^2 \times T$ results.

بین روش‌های مختلف از لحاظ تعداد درختان در هکتار به دست نیاوردند (۱۹). درحالی‌که برای مشخصه سطح مقطع برابرسینه تفاوت معنی‌داری بین روش‌های مختلف به دست آمد که با نتایج فصحت و همکاران (۲۰۱۱) و سالاروند شمسی و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد (۳ و ۱۹). نتایج مقایسه میانگین تعداد درختان در هکتار روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی بیش‌تر از آماربرداری صد درصد به دست آمد، در مقابل برای دو مشخصه سطح مقطع برابرسینه و تاج پوشش در هکتار کم‌تر از آماربرداری صد درصد به دست آمد لازم به ذکر است که برای مشخصه تاج پوشش در هکتار میانگین روش نه و ده درختی بیش‌تر از آماربرداری صد درصد به دست آمد. نتایج مقایسه میانگین تعداد درختان در هکتار نشان داد روش چهار درختی روشی مناسب برای جنگل‌های منطقه است که با نتایج سالاروند شمسی و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد (۱۹). در بررسی دقت روش‌های مختلف چند درختی با استفاده از معیار اشتباه نمونه‌برداری برای مشخصه‌های تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابرسینه و تاج پوشش در هکتار به ترتیب برای روش‌های سه، چهار و هفت درختی برای جنگل‌های موردبررسی مناسب ارزیابی شد. در رابطه با نتیجه تاج پوشش در هکتار دلیل می‌تواند تعداد بیش‌تر درختان مورداندازه‌گیری در این روش باشد، محقق و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه‌ای در جنگل‌های تاغ کاشان به این نتیجه رسیدند (۱۴). علاوه بر دلیل فوق، عواملی مانند قاقاق چوب، وجود دام در عرصه و آفت‌زدگی نظریانی و همکاران (۲۰۱۷) موجب شده است که توده، الگوی یکنواخت را به‌مرور زمان از دست داده و به سمت کپه‌ای شدن پیش برود. این مسأله باعث اریبی در برآورد سه مشخصه موردبررسی شده است (۱۵).

در پژوهش حاضر، به مقایسه آماربرداری صد درصد و روش‌های نمونه‌برداری چند درختی برای برآورد سه مشخصه تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابرسینه و تاج پوشش در هکتار درختان سامان عرفی اولادقباد شهرستان کوه‌دشت در ۳۰ قطعه نمونه یک هکتاری پرداخته شد. مشخصه تعداد درختان در هکتار گویای مقدار تراکم و انبوهی توده در منطقه موردبررسی است که به‌طورمعمول انتظار می‌رود در روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی (سه تا ده درختی) با افزایش تعداد درختان در قطعات نمونه، میانگین برآورد شده به میانگین واقعی نزدیک شود، در صورتی‌که ناهمگنی در منطقه پژوهش که می‌تواند به دلیل نبود پراکنش مناسب و یکنواخت نمونه‌ها و شرایط توپوگرافی در قطعات نمونه باشد، موجب شده که با افزایش تعداد درختان اشتباه نمونه‌برداری نیز افزایش یابد. با توجه به این‌که پیش‌تر در ضرورت پژوهش عنوان شد هدف سنجش عملکرد روش-نمونه‌برداری است که با صرف کم‌ترین هزینه، بیش‌ترین دقت را به دست دهد، بنابراین نظر به مؤثر بودن الگوی پراکنش گیاهان در تعیین روش صحیح برآورد تراکم جوامع گیاهی (۱۰) نتایج بررسی الگوی پراکنش گونه‌ها در منطقه نشان داد الگوی مکانی درختان به دلیل ایجاد جست‌گروه و پاجوش و تراکم بیش‌تر گونه‌های شاخه‌زاد نسبت به گونه‌های دانه‌زاد خوشه‌ای است. در مقایسه تعداد درختان در هکتار و تاج پوشش روش‌های مختلف چند درختی تفاوت معنی‌داری بین روش‌ها مشاهده نشد که این نتیجه با نتایج پژوهش فصحت و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد (۳). سالاروند شمسی و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی فصحت روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین درخت (یک، دو، چهار، شش و هفت درختی) در جنگل‌های غرب ایران اختلاف معنی‌داری

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مشخصه‌های سطح مقطع برابر سینه، روش چهار درختی با توجه به این‌که کم‌ترین فاصله را با میانگین واقعی جامعه دارد و با توجه به این‌که شاخص $E\%^2 \times T$ نیز دارای کم‌ترین مقدار (۲۳۹۳/۱۶) است، به‌عنوان روش مناسب نمونه‌برداری برای جنگل‌های سامان عرفی اولادقباد پیشنهاد می‌شود. هم‌چنین با توجه به مسأله اریبی، در تمام روش‌های نمونه‌برداری نسبت به آماربرداری صد درصد و برآورد بیش‌تر از مقدار واقعی این روش‌ها پیشنهاد می‌شود در صورت امکان، با اجرای دیگر روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای و مقایسه آن‌ها با نتیجه مطالعه حاضر به نتایج بهتری برای مرتفع نمودن مشکلات اریبی کمک کرد تا روشی که از نظر دو عامل دقت و هزینه مناسب است به‌دست آید.

در نهایت به‌منظور ارزیابی بهتر دو روش آماربرداری از شاخص $E\%^2 \times T$ استفاده شد. در بین روش‌های مختلف نمونه‌برداری هرچه میزان عددی این شاخص کم‌تر باشد، آن روش به‌عنوان روش مناسب نمونه‌برداری انتخاب می‌شود (۵). با توجه به نتایج شکل ۲، برای برآورد تعداد درختان در هکتار روش نمونه‌برداری سه درختی دارای کم‌ترین مقدار شاخص $E\%^2 \times T$ است که با نتایج لینچ و روسیدی (۱۹۹۹) مطابقت دارد (۱۲) و روش چهار درختی کم‌ترین مقدار را در برآورد سطح مقطع برابر سینه است که این نتیجه با نتیجه فصحت و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد (۳). هم‌چنین در مورد مشخصه تاج پوشش در هکتار، روش نمونه‌برداری چهار درختی دارای کم‌ترین میزان شاخص مذکور است.

منابع

- Burch, B.D., and Sánchez Meador, A.J. 2018. Comparison of forest age estimators using k-tree, fixed-radius, and variable-radius plot sampling. *Canadian J. of Forest Research*. 48: 8. 942-951.
- Fereidoni, S., Soleimani, N., and Derikvand, B. 2005. National report on providing vegetation map of lorestan province, natural resources office of lorestan province. 57p. (In Persian)
- Foshat, M., Hosseini, S.M., Fallah, A., and Fakhari, M.A. 2011. Determination of suitable N-tree sampling method in *Populus deltooides* plantations. *Forest Science and Engineering*. 1: 3. 65-76. (In Persian)
- Heidari, R.H., Zobeiri, M., Namiranian, M., and Sobhani, H. 2009. Comparison of circular plot and transect sampling methods in the Zagros Oak forest (Case study: educational and research forest Razi university, Kermanshah province). *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 17: 3. 359-368. (In Persian)
- Husch, B.C., Miller, I., and beers, T.W. 1983. *Forest mensuration*. Reprint edition. Wiley, New York, 402p.
- Indu Indirabai, M.V., Harindranathan, N., Jaishankar, R., and Nidamanuri, N.R.R. 2019. Optical remote sensing for biophysical characterisation in forests: a review. *International J. of Applied Engineering Research*. 14: 2. 344-354.
- Kiani, B., Fallah, A., Tabari, M., Hosseini, S.M., and Parizi, M.H. 2013. A comparison of distance sampling methods in *Saxaul (Haloxylon ammodendron (C.A. Mey Bunge) shrub-lands*. *J. of Ecology*. 61: 2. 207-219. (In Persian)
- Kleinn, C., and Vilčko, F. 2006. A new empirical approach for estimation in k-tree sampling. *Forest Ecology and Management*. 237: 1-3. 522-533.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins, New York, 653p.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd ed., Addison-Wesley Educational and P. Pub. Inc: California. 620p.

11. Lessard, V.C., Drummer, T.D., and Reed, D.D. 2002. Precision of density estimates from fixed radius plots compared to n-tree distance sampling. *Forest Science*. 48: 1. 1-6.
12. Lynch, T.B., and Rusydi, R. 1999. Distance sampling for forest inventory in Indonesian teak plantation. *Forest Ecology and Management*. 113: 2-3. 215-221.
13. Mahdavi, A. 2012. Physical design of north forest inventories database based on Entity – relationship data model. *J. of Conservation and Utilization of Natural Resources*. 1: 2. 85-104. (In Persian)
14. Mohagheghi, M., Azarnosh, M.R., and Sheykholeslami, A. 2014. Comparison of multi-tree sampling methods and regular intervals estimation of canopy cover. Second National Student Conference on Forest Sciences, University of Tehran. May 7 and 8, 2018. 8p.
15. Nazariani, N., Fallah, A., Lotfalian, M., and Imani Rastabi, M. 2017. Forest dwellers livelihood dependence on forest resources (Case study: Namjoo watershed of Kouhdasht County). *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 25: 1. 95-105. (In Persian)
16. Nouraldini, A., and 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. (In Persian)
17. Prodan, M. 1968. Punktstichprobe für die forsteinrichtung. *Forst. Und Holzwirt*. 23: 11. 225-226.
18. Ramezani, H., Grafström, A., Naghavi, H., Fallah, A., Shataee, Sh., and Soosani, J. 2016. Evaluation of K-tree distance and fixed-sized plot sampling in Zagros forests of western Iran. *J. of Agricultural Science and Technology*. 18: 155-170. (In Persian)
19. Salarvand Shamsi, H. 2015. A study of accuracy of sampling methods of the nearest tree in Hey west of Iran (Case study: Dorood of Lorestan), Master's thesis, University of Guilan, Faculty of Natural Resources. 95p. (In Persian)
20. Salarvand Shamsi, H., Bonyad, A.A., and Pourbabae, H. 2017. The effect of forest stratification on precision estimation of quantitative features of trees by using N-tree sampling method in the forests of West Iran (Case Study: Dorood Lorestan province). *Forest and Wood Products*. 70: 3. 469-478. (In Persian)
21. Sohrabi, H. 2018. Adaptive k-tree sample plot for the estimation of stem density: An empirical approach. *J. of Forest Science*. 64: 1. 17-24.
22. Zobeiri, M. 2007. *Forest Biometrics*. Tehran Univ. Press. 405p. (In Persian)



The Effectiveness of n-tree sampling methods in estimating some quantitative characteristics of Zagros forests

*N. Nazariani¹, A. Fallah², H. Ramezani Moziraji³, H. Naghavi⁴ and H. Jalilvand⁵

¹Ph.D. Student of Forest Management, Faculty of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Sari, Sari, Iran,

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

³Researcher, Swedish University of Agriculture and Natural Resources, Umeå, Sweden,

⁴Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, Iran,

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

Received: 10.21.2019; Accepted: 01.18.2020

Abstract

Background and Objectives: Quantitative and qualitative characteristics of forests can provide valuable information on the impact of forests on the environment. Although it is desirable to have complete censuses, sampling methods are preferred in many cases to save time and cost. One of the sampling methods is the n-tree method. In the present study, the performance of 3 to 10 tree sampling methods was evaluated in estimating the number of trees per hectare, basal area and canopy cover and its results were compared to full inventory.

Materials and Methods: For this purpose, 30 sample plots with the area of one hectare in forests of watershed Olad-Ghobad in west of Lorestan province were selected and data of all trees within these plots including species name and canopy cover (major radius and minor radius) were recorded. In the next step, using tree simulation in Geographic Information System (GIS) environment, sampling was done using n-tree method within one hectare plots and the time spent for each method was recorded. To investigate the spatial distribution pattern of oak trees one-variable function of O-ring statistic was used.

Results: Results of comparing the number of trees per hectare and canopy cover showed no significant difference between different n-tree methods with full inventory. Also, the results of comparing the mean of three characteristics including number of trees per hectare, basal area and canopy cover of each tree in different n-tree methods with full inventory showed the nearest estimation is in nine-tree, four-tree and five-tree methods, respectively. The results showed that the spatial pattern of the trees in the study site is in the form of cluster which is due to the coppice nature of most trees. To assess sampling error the most precision for aforementioned characteristics was obtained for the three (9.27), four (3.65) and seven (2.67) tree methods, respectively. Finally, the three characteristics were tested using $E\%^2 \times T$ index. The results showed that three (14139.45), four (2393.16) and six (1678.87) tree methods, respectively, are suitable for sampling in the region's forests.

Conclusion: Also according to the characteristics of the basal area at breast height, the four tree method, due to having the smallest distance with the real mean of the community, also having the lowest value (2393.16) according to the $E\%^2 \times T$ index, is recommended as an appropriate sampling method for forests of watershed Olad-Ghobad.

Keywords: Basal area per hectare, Canopy cover, N-tree sampling method, Number of trees per hectare, Zagros forests

*Corresponding author: nazariani69@yahoo.com

