

تعیین مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری چند درختی در جنگلکاری گونه صنوبر دلتوئیدس

محبوبه فسحت*^۱، سید محسن حسینی^۲، اصغر فلاح^۳، محمد علی فخاری^۴

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۱

چکیده

کسب اطلاع دقیق کمی از توده‌های جنگلی جوان در اعمال مدیریت علمی و فنی و هدایت توده جنگلی به سمت جنگل پایا از ضروریات است. در جنگلکاری، واحد کار به جای سطح جنگل می‌تواند درخت باشد، و یا می‌توان از سطوح کوچکتر برای اندازه‌گیری در جنگلکاری استفاده نمود. از تکنیک‌های آماربرداری که مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش نمونه‌برداری فاصله‌ای چند درختی است که برای اندازه‌گیری مشخصه‌های کمی و کیفی بکار می‌رود. در این پژوهش روش‌های نمونه‌برداری (۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ درختی) در جنگلکاری با مساحت ۱۲ هکتار برای ارزیابی سه مشخصه تعداد در هکتار، سطح مقطع برابر سینه و حجم در هکتار بکار برده شد. در ابتدا آماربرداری صددرصد انجام گرفت و در نهایت شبکه‌ای به ابعاد ۵۰×۵۰ متر با تعداد ۴۸ قطعه نمونه برای انجام روش نمونه‌برداری چند درختی تهیه و پیاده گردید. نتایج آزمون آماری t نشان داد که میانگین برآورد شده از فرمول پرودان در روش‌های ۵، ۶ و ۷ درختی برای مشخصه سطح مقطع برابر سینه اختلاف معنی‌داری با آماربرداری صددرصد دارند، اما میانگین برآورد شده از سایر روش‌ها در مورد این مشخصه قابل قبول بودند. میانگین برآورد شده از فرمول پرودان در مورد مشخصه‌های تعداد در هکتار و حجم در هکتار، در تمامی روش‌های نمونه‌برداری چند درختی اختلاف معنی‌داری با آماربرداری صددرصد نداشتند. در نهایت با استفاده از شاخص $E\%^2 \times T$ روش نمونه‌برداری ۴ درختی برای نمونه‌برداری در توده‌های جنگلکاری با گونه صنوبر دلتوئیدس مناسب ارزیابی گردید.

کلمات کلیدی: روش نمونه‌برداری چند درختی، تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع در هکتار، حجم در هکتار، جنگلکاری، صنوبر دلتوئیدس

۱- دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، پردیس نور.

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، پردیس نور.

۳- استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران.

۴- کارشناس ارشد اداره منابع طبیعی شهرستان نور

*- نویسنده مسئول مقاله: mhfochat60@gmail.com

مقدمه

امروزه جنگل‌کاری با هدف تولید چوب از چنان جایگاهی برخوردار شده است که بسیاری از کشورهای جهان از جمله آمریکا، کانادا و نیوزلند به رغم داشتن جنگل‌های طبیعی بسیار وسیع در زمینه ایجاد جنگل‌های دست کاشت، فعالیت‌های قابل توجهی از خود نشان داده‌اند (Zobel & Tabert (1984) جنگل‌کاری‌ها امروزه از مهمترین منابع تأمین کننده چوب و از جمله عوامل کاهش دهنده روند تخریبی عرصه‌های طبیعی هستند. مدیران جنگل به منظور تصمیم‌گیری صحیح و مدیریت بهتر عملیات پرورشی در جنگل‌کاری‌ها، نیازمند اطلاعاتی درباره ویژگی‌های رویشگاه‌های جنگلی هستند (Harrington (1999). اطلاعات دقیق و به‌روز برای اهداف متعددی، مثل مدیریت جنگل، پایش سلامت، تنوع زیستی، اثر تغییرات آب و هوا و عوامل طبیعی مختلف مورد نیاز است (Holopainen (1998). این اطلاعات از آماربرداری یا نمونه‌برداری در عرصه جنگل‌کاری به دست می‌آید. هر چند که نتایج آماربرداری صددرصد، ممکن است مطلوب باشد، لکن، شواهد زیادی دال بر اینکه روش‌های نمونه‌برداری در بیشتر موارد ارجحیت دارند، وجود دارد. از جمله اینکه، در نمونه‌برداری از قسمتی از هزینه‌ها، صرفه جویی شده، که می‌توان آنرا برای سایر اهداف و در جایگاه‌های بهتر سرمایه‌گذاری نمود. از تکنیک‌های آماربرداری که اخیراً مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش نمونه‌برداری چند درختی^۱ است. این روش از دیر باز مطرح بوده و ابتدا توسط König (1835) عنوان شد. پرودان، در سال ۱۹۶۹ نمونه‌برداری ۶ درختی را پیشنهاد کرد (۱۳۸۸).

از این تکنیک به عنوان روش نمونه‌برداری در اکولوژی نیز نام برده شده است (Pielou ; Greg-Smith (1964) ; Sutherland (1998); (1977) و در حال حاضر در آماربرداری جنگل نیز استفاده می‌گردد.

(Kleinn & Vilčko (2006); Lynch & Rusydi (1999) مطالعات زیادی در مورد روش‌های نمونه‌برداری چند

درختی (که نوعی از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای می‌باشند) در آلمان انجام گرفته است که این مطالعات بیشتر در ارتباط با برآورد تعداد درختان در هکتار بوده است (Trommer (1969); Thiry & Ehrlenspiel Stoffels (1955) (1969); Nagel (1975); Scho-pfer (1969); Prodan (1968);). سلطانی (۱۳۸۶) برای رفع مشکل کمتر برآورد کردن این روش نسبت به مقدار واقعی (اریب کمتر برآورد کردن^۲)، روش نمونه‌برداری چند درختی را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد محاسبات به روش میانگین وزنی و فرضیه دوم (شعاع قطعه نمونه برابر با فاصله مرکز قطعه نمونه تا درخت ششم، به اضافه تمام قطر درخت ششم بر حسب متر) برای برآورد سطح مقطع در هکتار و میانگین اصلاح شده و فرضیه سوم (شعاع قطعه نمونه برابر با فاصله مرکز قطعه نمونه تا درخت ششم به اضافه قطر درخت ششم به اضافه نصف فاصله بین درخت ششم و هفتم بر حسب متر) برای برآورد تعداد در هکتار مناسب‌تر هستند. علی‌نژاد (۱۳۸۷) در پژوهشی به مقایسه روش‌های نمونه‌برداری با قطعه نمونه مساحت ثابت دایره‌ای شکل، با قطعه نمونه با مساحت متغیر شش درختی و اندازه‌گیری فاصله بین سه، چهار و پنج درخت نزدیک به مرکز قطعه نمونه پرداخت و به این نتیجه رسید که روش پرودان، پنج درختی و روش دایره‌ای ده آری به ترتیب دارای بیشترین کارایی می‌باشند. (Prodan (1968) نمونه‌برداری شش درختی را در ده قطعه نمونه در جنگل‌های همسال و جوان اجرا کرد و متوسط سطح مقطع برابر سینه در توده جنگلی را محاسبه نمود. محاسبات نشان داد که سطح مقطع برابر سینه کمتر از آماربرداری صددرصد برآورد می‌شود. Thiry (1969) & Ehrlenspiel در یک توده جنگلی تعداد ۱۰۰ قطعه نمونه ۶ درختی را اندازه‌گیری کرد. نتایج نشان داد که سطح مقطع برابر سینه در هکتار به مقدار ۱/۲۹ متر مربع (۶/۴۵٪) و تعداد درختان در هکتار به تعداد ۲۹ اصله (۶/۳٪) کمتر از آماربرداری صددرصد برآورد گردیده است. (Zobeiry (1978) در شمال ایران در توده ۶۰ هکتاری که آماربرداری صددرصد شده بود، تعداد ۶۰ قطعه نمونه ۶، ۷،

زمان و هزینه، روش ۵ درختی به عنوان مناسبترین روش شناخته شد.

(Kleinn & Vilčko (2006) فاصله تا $n-1$ امین درخت و فاصله بین درخت n و درخت $n+1$ اندازه‌گیری شد. این روش محاسبه نسبت به روش قطعه نمونه با مساحت ثابت و قطعه نمونه اندازه‌گیری شده با رلاسکوپ در مورد تعداد در هکتار و متوسط سطح مقطع برابر سینه، دارای اریب بیشتری بود اما در مقایسه با روش پرودان، این روش اریب کمتری داشت. (Staupendahl (2008 عنوان کرد که روش نمونه‌برداری شش درختی هم از نظر هزینه و هم از نظر کاربرد آن در عرصه به صرفه و آسان است. اگر توزیع مکانی درختان تصادفی نباشد برآورد تعداد در هکتار و سطح مقطع برابر سینه دارای اریب است. روشی که پیشنهاد شده است، اریبی تعداد در هکتار را با استفاده از یک فاکتور متغیر تصحیح می‌کند. برای کاهش میزان اریبی سطح مقطع برابر سینه و بهبود آن، و همچنین متعادل سازی داده‌های جمع‌آوری شده، استفاده از این روش پیشنهاد می‌شود.

در جنگل‌کاری‌ها، با توجه به همسال بودن آنها و پراکنش منظم در عرصه جنگل، نمونه‌برداری برای مساحت‌های کمتر از ۵۰ هکتار نیز، جواب می‌دهد زیبری (۱۳۸۸). اما به طور مشخص به روش خاصی اشاره نشده است. با این توضیح در مساحت‌های کم در جنگل‌کاری‌ها، می‌توان از روش نمونه‌برداری چند درختی استفاده نمود. همچنین این روش نمونه‌برداری نسبت به روش نمونه‌برداری با مساحت ثابت، آسانتر و هزینه آن کمتر است (Hall, (1991; Lessard et al, (1994; Lessard et al, (2002; Sheill et al.(2003), Picard et al, (2005); Lynch & Rusydi, (2008). از آنجا که (Staupendahl, (1999 روش نمونه‌برداری چند درختی را با استفاده از فرمول پرودان، در جنگل‌کاری‌ها مناسب ارزیابی کردند، بنابراین تحقیق حاضر در جنگل‌کاری مورد نظر انجام گرفت. در این تحقیق، هدف بررسی روش نمونه‌برداری چند درختی (۳ تا ۱۰ درخت) با استفاده از برآورد کننده پرودان در توده‌های جنگل‌کاری صنوبر دلتونیدس و مقایسه آن با آماربرداری صددرصد می‌باشد.

۸ و ۹ درختی، اندازه‌گیری گردید. نتایج به دست آمده از روش نمونه‌برداری چند درختی، تعداد در هکتار و سطح مقطع برابر سینه در هکتار را نسبت به آماربرداری صددرصد کمتر نشان داد. (Jonsson et al (1992 در مطالعه‌ای به شبیه‌سازی روش نمونه‌برداری چند درختی پرداختند و آنرا با برآوردهای حاصل از قطعات نمونه با شعاع ثابت ۱۰ متر مقایسه نمودند. تعداد درختان در هکتار، سطح مقطع برابر سینه در هکتار و حجم درختان در هکتار در توده‌هایی با الگوی مکانی یکنواخت، کمتر، و در توده‌هایی با الگوی خوشه‌ای و توزیع تصادفی، بیشتر از مقدار واقعی برآورد شده است. (Lessard et al (1994 آنها نمونه‌برداری فاصله‌ای چند درختی را با نمونه‌برداری با مساحت ثابت و نمونه‌برداری با مساحت متغیر در سه روش ۳،۵ و ۷ درختی در سه توده پهن برگ شمالی، جنگلهای دست کاشت کاج قرمز و توده‌های پهن برگ آمیخته با الگوی خوشه‌ای مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش نمونه‌برداری ۳ درختی دارای کمترین میزان می‌باشد.

(Lessard et al (1995 روش نمونه‌برداری چند درختی را با روش نمونه‌برداری قطعه نمونه با مساحت ثابت و نمونه‌برداری نقطه‌ای مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در توده‌هایی با الگوی مکانی یکنواخت در جنگل‌کاری کاج قرمز، میانگین سطح مقطع برابر سینه ۴/۵٪ کمتر از مقدار واقعی (صددرصد) و تعداد درختان در هکتار به میزان ۴/۴-۱/۴٪ بیشتر از میزان واقعی برآورد شده است. میانگین سطح مقطع برابر سینه در توده‌هایی با پراکنش خوشه‌ای و پراکنش تقریباً تصادفی بین ۱۰٪-۲٪ بیشتر از میانگین واقعی برآورد شده است.

(Lynch & Rusydi (1999 به بررسی روش نمونه‌برداری چند درختی (۳ تا ۱۰ درخت) در جنگل‌کاری تیک در اندونزی پرداختند و بدین نتیجه رسیدند که روش ۳ درختی برای برآورد تعداد در هکتار و روش ۵ درختی برای محاسبه حجم در هکتار مناسب بودند. در نهایت با توجه به

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد نظر در پارسل ۱۰۳ از سری سوردار و اتاشان واقع در ۱۰ کیلومتری شهرستان نور به طرف چمستان در استان مازندران واقع شده است. جنگل کاری مورد نظر در عرض جغرافیایی ۲۷°-۳۶° شمالی و طول جغرافیایی ۵۵° - ۵۱° شرقی قرار دارد.

این منطقه در سال ۱۳۶۲ با گونه‌های صنوبر *Populus deltoides* Marsh، افرا *Acer cappadocicum*، تدا *P. taeda* کریپتومریا *Cryptomeria japonica* و زربین *Cupressus sempervirens* جنگلکاری گردیده است. فاصله کاشت در این جنگلکاری ۲/۵ × ۲/۵ متر بوده و بدون شیب و جهت غالب جغرافیایی می‌باشد (بی نام، ۱۳۸۵).

روش تحقیق

قبل از اجرای روش‌های آماربرداری، ابتدا نقشه منطقه با سامانه موقعیت یاب جهانی برداشت گردید. سپس با توجه به نقشه، عرصه آماربرداری ۱۲ هکتار بر روی زمین مشخص و پیرامون آن با استفاده از رنگ محصور گردید. در مرحله بعد برای مقایسه نتایج حاصل از روش‌های چند درختی با مقدار واقعی، ابتدا در منطقه جنگلکاری مشخص شده آماربرداری صددرصد انجام گرفت. در آماربرداری صددرصد ویژگی‌های تمام درختان موجود در عرصه یک جنگل مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند (زبیری، ۱۳۸۶). مشخصه مورد بررسی در این مطالعه سطح رویه زمینی بوده که با اندازه‌گیری قطر درختان به دست آمد.

محاسبات آماربرداری صددرصد

در آماربرداری صددرصد (زبیری، ۱۳۸۶) میانگین واقعی مشخصه مورد نظر (Xi) از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\mu_x = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

رابطه (۱)

که در آن:

μ_x = میانگین واقعی جامعه، x_i = مشخصه یا پارامتر مورد اندازه‌گیری، N = تعداد افراد جامعه یا داده‌ها می‌باشد. مشخصه زمان آماربرداری به منظور محاسبه هزینه‌یابی در روش آماربرداری صددرصد به صورت جداگانه یادداشت گردید.

روش نمونه‌برداری چند درختی

به منظور اجرای روش نمونه‌برداری چند درختی ابتدا با توجه به مساحت جنگل در نرم افزار ArcGis 9.2 شبکه‌ای با ابعاد ۵۰×۵۰ متر طراحی و با توجه به مقیاس نقشه به طور تصادفی بر روی آن قرار داده شد که بدین طریق ۴۸ قطعه نمونه در منطقه مورد مطالعه قرار گرفت. فاصله بین قطعات نمونه ۵۰ متر انتخاب شد تا به میزان فاصله بین قطعات نمونه در تحقیق (Prodan (1968) که این فاصله را ۳۰ متر در نظر گرفته بود نزدیک باشد. وی برای هر هکتار تعداد ۶-۴ قطعه نمونه را مناسب دانست. پس از یافتن مرکز قطعه نمونه بر روی زمین، ابتدا برای هر روش به عنوان مثال پنج درختی، درخت مورد نظر از مرکز قطعه نمونه مشخص گردیده (درخت پنجم)، قطر در ارتفاع برابر سینه آن در جهت شعاعی نسبت به مرکز قطعه نمونه اندازه‌گیری شده، و سپس قطر مابقی درختان (درخت اول تا چهارم) اندازه‌گیری شدند. برای تمامی روش‌های ۳ تا ۱۰ درختی این رویه انجام شد و زمان اجرای هر روش نیز به صورت مجزا یادداشت گردید. زمان پیمایش بین قطعات نمونه نیز برای تجزیه و تحلیل برداشت گردید.

محاسبات:

در روش نمونه‌برداری چند درختی، شعاع قطعه نمونه برابر است با فاصله مرکز پلات تا درخت n ام بعلاوه نصف قطر درخت n ام. بدین ترتیب شعاع قطعه نمونه از رابطه (۲) بدست می‌آید.

رابطه (۲)

$$R_i = a_{ni} + \frac{1}{2} d_{ni}$$

که در آن: G_p : سطح مقطع برابر سینه در هکتار، S_{in} :
سطح مقطع برابر سینه درخت n ام
همچنین حجم درختان به متر مکعب در هکتار با استفاده
از برآورد کننده پرودان از رابطه (۶) به دست می‌آید.
رابطه (۶)

$$V_p = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left[\frac{\sum_{j=1}^{n-1} V_{ij} + 0.5V_{in}}{A_i} \right]$$

در این بررسی ابتدا تمام اطلاعات جمع آوری شده در
فرم‌های آماربرداری وارد رایانه گردید و سپس با استفاده از
نرم افزارهای Excel 2007 و Spss 17 و رابطه‌های مربوط
به هر روش، مشخصه‌های تعداد در هکتار، سطح مقطع برابر
سینه و حجم در هکتار به دست آمد. در ابتدا نرمال بودن
داده‌ها، با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنف^۱ مورد
آزمون قرار گرفت.

نتایج

نتایج نشان داد که داده‌ها نرمال بوده و در تمامی روش‌ها
از پراکنش مناسبی برای هر سه مشخصه مورد بررسی
برخوردار بوده است. سپس با استفاده از آزمون t با یک
مقدار ثابت، سه مشخصه مورد بررسی، آزمون گردید. تعداد
کل درختان آماربرداری شده در آماربرداری صددرصد
۸۷۱۷ اصله درخت بود. سطح مقطع برابر سینه در هکتار
۲۸/۶۷ متر مربع، تعداد در هکتار ۷۲۶ اصله در هکتار و
میانگین حجم درختان در هکتار نیز برابر با ۳۲۴/۷۶ متر
مکعب در هکتار به دست آمد. همانطور که در جدول ۱
نشان داده شده با توجه به مقدار p-value (احتمال) محاسبه
شده از این آزمون در مورد مشخصه سطح مقطع برابر سینه
روش‌های ۵، ۶ و ۷ درختی اختلاف معنی داری با
آماربرداری صددرصد دارند، اما روش‌های ۳، ۴، ۸ و ۹ و
درختی با آماربرداری صددرصد اختلاف معنی داری نداشتند.
در مورد دو مشخصه تعداد در هکتار و حجم در هکتار،
تمامی روش‌های نمونه‌برداری چند درختی مورد بررسی،

که در آن R_i : شعاع قطعه نمونه i به متر، a_{ni} : فاصله
درخت n ام تا مرکز قطعه نمونه i برحسب متر، d_{mi} : قطر
برابر سینه درخت n ام در قطعه نمونه i برحسب متر.
در مرحله بعد، برای محاسبه تعداد در هکتار، سطح
مقطع برابر سینه و حجم در هکتار با توجه به اینکه منطقه
مورد مطالعه جنگلکاری بوده و با فرض اینکه از الگوی
مکانی یکنواخت پیروی می‌کند، از برآورد کننده پرودان
استفاده شد.

(Lynch & Rusydi (1999) نیز بیان کردند که در
جنگلکاری برآورد کننده پرودان نتایج بهتری را ارائه داده
است. با این توضیح، برای محاسبه تعداد در هکتار با
استفاده از برآورد کننده پرودان از رابطه (۳) استفاده گردید.
رابطه (۳)

$$T_p = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{(n-0.5)}{A_i}$$

که در آن T_p : تعداد درختان در هکتار، m : تعداد قطعه
نمونه، n : تعداد درخت در هر قطعه نمونه
که A_i (مساحت قطعه نمونه n درختی i ام به هکتار) در
فرمول بالا از رابطه (۴) به دست می‌آید.
رابطه (۴)

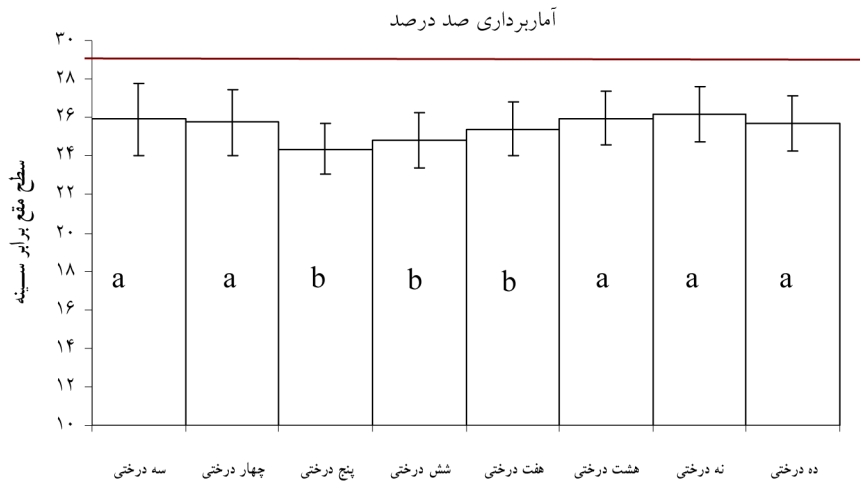
$$A_i = \frac{\pi \times r_n^2}{10000}$$

که در آن r_n : فاصله از مرکز پلات تا میانه درخت n
ام، A_i : مساحت قطعه نمونه n درختی i ام
همینطور سطح مقطع برابر سینه در هکتار با استفاده از
برآورد کننده پرودان از رابطه (۵) به دست می‌آید.
رابطه (۵)

$$G_p = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left[\frac{\sum_{j=1}^{n-1} g_{ij} + 0.5g_{in}}{A_i} \right]$$

اختلاف معنی‌داری با آمار برداری صد درصد نداشته و میانگین بدست آمده از آنها قابل قبول بوده است. از بین روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی در مورد برآورد سطح مقطع برابر سینه، روش ۵ درختی با میزان ۱۰/۶۹٪ به لحاظ دقت، مناسبترین و روش ۳ درختی با

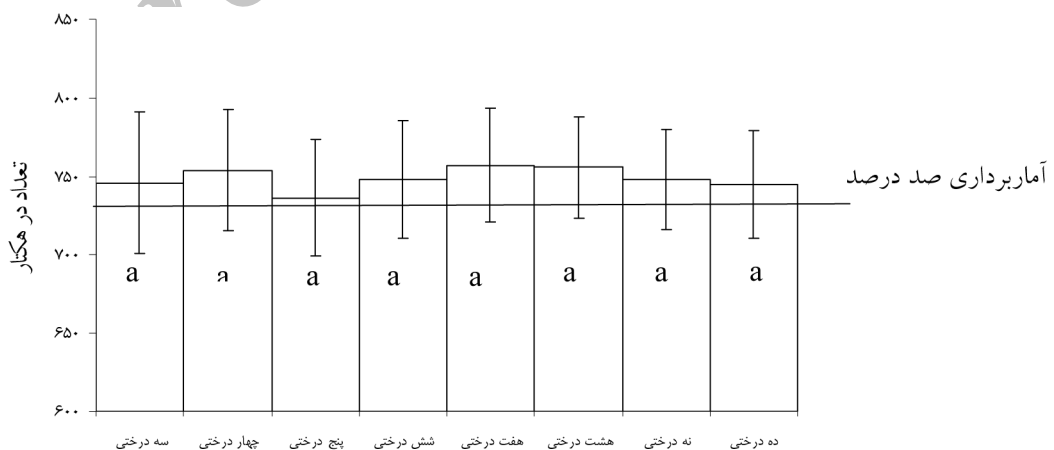
کم دقت‌ترین روش نمونه‌برداری چند درختی بوده است. همچنین میانگین سطح مقطع برابر سینه در تمامی روش‌های نمونه‌برداری چند درختی، کمتر از میزان واقعی (آماربرداری صد درصد) برآورد شده است (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین سطح مقطع برابر سینه روش‌های مختلف نمونه‌برداری چند درختی با آماربرداری صد درصد
 a: اختلاف معنی‌دار با آماربرداری صد درصد ندارد.
 b: اختلاف معنی‌دار با آماربرداری صد درصد دارد.

در مورد مقایسه میانگین تعداد در هکتار روش‌های نمونه‌برداری چند درختی با آماربرداری صد درصد (شکل ۲) مشخص است که در تمامی روش‌ها، میانگین تعداد در

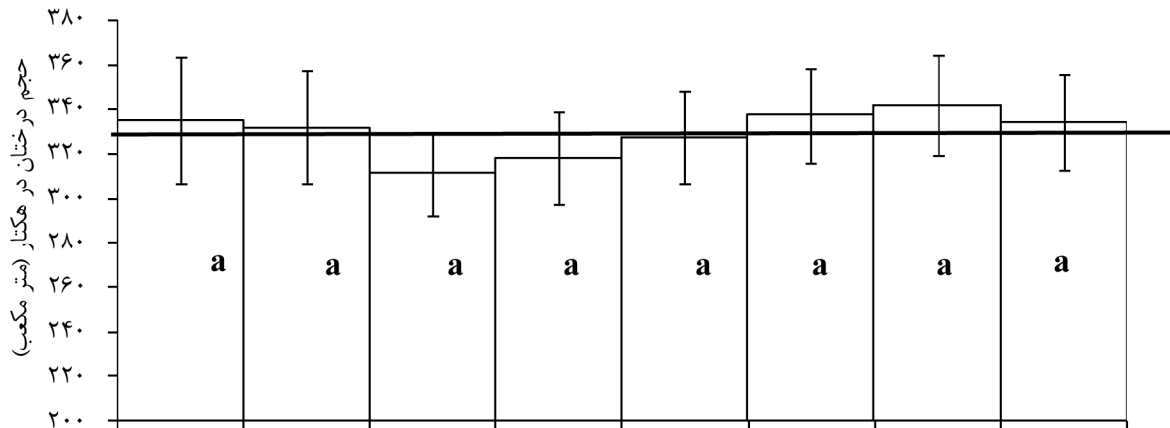
هکتار بیشتر از میزان واقعی (آماربرداری صد درصد) برآورد شده است. روش نمونه‌برداری ۵ درختی نزدیکترین برآورد را در مورد مشخصه تعداد در هکتار داشته است.



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد در هکتار روش‌های نمونه‌برداری چند درختی
 a: اختلاف معنی‌دار با آماربرداری صد درصد ندارد.
 b: اختلاف معنی‌دار با آماربرداری صد درصد دارد.

تمامی روش‌های نمونه‌برداری چند درختی در مورد برآورد مشخصه حجم در هکتار با آماربرداری صددرصد اختلاف معنی‌داری ندارند. در روش نمونه‌برداری پنج و شش درختی، میانگین برآورد شده در مورد مشخصه حجم در هکتار، کمتر از آماربرداری صددرصد (۳۲۴/۷۶ متر مکعب در هکتار) است.

تمامی روش‌های نمونه‌برداری چند درختی در مورد برآورد مشخصه حجم در هکتار با آماربرداری صددرصد اختلاف معنی‌داری ندارند. در روش نمونه‌برداری پنج و شش درختی، میانگین برآورد شده در مورد مشخصه حجم در هکتار، کمتر از آماربرداری صددرصد (۳۲۴/۷۶ متر مکعب در هکتار) است.



شکل ۳- مقایسه میانگین حجم در هکتار روش‌های نمونه‌برداری چند درختی

a: اختلاف معنی‌دار با آماربرداری صددرصد ندارد.

b: اختلاف معنی‌دار با آماربرداری صددرصد دارد.

جدول ۱- نتایج روش‌های نمونه‌برداری چند درختی

روش‌های نمونه‌برداری چند درختی	میانگین سطح مقطع برابر سینه در هکتار	اشتباه معیار	احتمال	دقت سطح مقطع برابر (درصد)	میانگین تعداد درختان در هکتار	اشتباه معیار	احتمال	دقت تعداد در هکتار (درصد)	میانگین حجم درختان در هکتار	اشتباه معیار	احتمال	دقت حجم درختان در هکتار (درصد)
۳	۲۵/۹	۳۳۴/۳۴	۰/۱۵۸ ^a	۱۴/۶۲	۷۴۶	۴۵/۳۱	۰/۶۷۵ ^a	۲۰/۹۵	۳۳۵/۰۳	۲۷/۹۸	۰/۷۱۳ ^a	۱۶/۸۱
۴	۲۵/۶۷	۱/۶۹	۰/۱۰۱ ^a	۱۳/۲۸	۷۵۴	۳۸/۷	۰/۴۸۳ ^a	۱۰/۳۳	۳۳۱/۸۶	۲۵/۲۲	۰/۷۷۷ ^a	۱۵/۳
۵	۲۴/۳۷	۱/۲۹	۰/۰۰۲ ^b	۱۰/۶۹	۷۳۷	۳۷/۴۱	۰/۷۹۴ ^a	۱۰/۲۲	۳۱۱/۳۲	۱۸/۴	۰/۴۷۲ ^a	۱۱/۸۹
۶	۲۴/۸۲	۱/۴۱	۰/۰۱۱ ^b	۱۱/۵۰	۷۴۸	۳۷/۰۱	۰/۵۶۴ ^a	۹/۹۵	۳۱۸/۴	۲۰/۳۷	۰/۷۶ ^a	۱۲/۸۸
۷	۲۵/۹۳	۱/۳۹	۰/۰۲۶ ^b	۱۱/۰۹	۷۵۷	۳۶/۳۲	۰/۴۰۳ ^a	۹/۶۵	۳۲۷/۴۱	۲۰/۴۶	۰/۸۹۴ ^a	۱۲/۵۸
۸	۲۵/۹۷	۱/۴۲	۰/۰۶۶ ^a	۱۰/۸	۷۵۶	۳۱/۸۴	۰/۳۶۴ ^a	۸/۴۷	۳۳۷/۵۳	۲۰/۹۵	۰/۵۴۳ ^a	۱۲/۵
۹	۲۶/۱۷	۱/۵۰	۰/۱۰۷ ^a	۱۱/۳۱	۷۴۹	۳۱/۹	۰/۴۹۸ ^a	۸/۵۷	۳۴۱/۸۲	۲۲/۰۵	۰/۴۴۱ ^a	۱۲/۹۸
۱۰	۲۵/۷۷	۱/۴۴	۰/۰۵۱ ^a	۱۱/۳۴	۷۴۵	۳۴/۴۶	۰/۵۹۵ ^a	۹/۳	۳۳۴/۳۴	۲۱/۳۶	۰/۶۵۳ ^a	۱۲/۸۶

جدول ۲- زمان کل آماربرداری چند درختی (برحسب دقیقه) و نتایج شاخص $E\%^2 \times T$

روش‌های مختلف نمونه‌برداری	آماربرداری صددرصد	روش سه درختی	روش چهار درختی	روش پنج درختی	روش شش درختی	روش هفت درختی	روش هشت درختی	روش نه درختی	روش ده درختی
زمان کل آماربرداری	۱۰۶۴	۱۵۱/۹۴	۱۷۷/۲۸	۲۱۰/۲۳	۲۴۲/۰۹	۲۸۲/۹۹	۳۲۱/۰۹	۳۶۰/۰۳	۳۹۶/۶۲
شاخص $E\%^2 \times T$ سطح مقطع برابر سینه	-----	۳۲۴۶۸	۳۱۲۶۵	۲۴۰۲۱	۳۲۰۰۵	۳۴۷۹۳	۳۷۴۴۱	۴۶۰۵۰	۵۱۰۰۴
شاخص $E\%^2 \times T$ تعداد در هکتار	-----	۲۲۷۲۶	۱۸۹۱۷	۲۱۹۵۵	۲۴۰۰۷	۲۶۳۴۴	۲۳۰۸۳	۲۶۵۰۲	۳۴۲۷۶
شاخص $E\%^2 \times T$ حجم در هکتار	-----	۴۲۹۲۳	۴۱۴۹۹	۲۹۷۱۶	۴۰۱۴۶	۴۴۷۷۱	۵۰۱۵۶	۶۰۶۵۳	۶۵۵۹۳

روش محاسبه زمان آماربرداری

یکی از مبانی تصمیم‌گیری در مورد روش بهینه در آماربرداری جنگل در نظر گرفتن عامل هزینه به عنوان یک عامل تاثیرگذار خواهد بود. مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری، روشی است که کمترین میزان هزینه را داشته در حالی که دارای بیشترین دقت آماربرداری باشد. در جدول ۲، میزان کل زمان انجام روش‌های نمونه‌برداری چند درختی و زمان آماربرداری صددرصد نشان داده شده است. همچنین مشخصه $E\% \times T$ (حاصل ضرب زمان کل آماربرداری در مجذور درصد اشتباه آماربرداری) برای هر مشخصه مورد بررسی جداگانه محاسبه شده است. به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی در مورد مشخصه سطح مقطع برابر سینه می‌توان بیان نمود که در بین روش‌های نمونه‌برداری چند درختی، روش پنج درختی دارای کمترین میزان از نظر شاخص $(E\%)^2 \times T$ می‌باشد. ولی از آنجا که روش نمونه‌برداری پنج درختی دارای اختلاف معنی‌داری با آماربرداری صددرصد می‌باشد، از انتخاب حذف و روش نمونه‌برداری ۴ درختی به عنوان مناسب‌ترین روش چند درختی برای برآورد مشخصه سطح مقطع برابر سینه در هکتار انتخاب می‌گردد. در مورد مشخصه تعداد درختان در هکتار می‌توان بیان نمود که در بین روش‌های نمونه‌برداری چند درختی روش ۴ درختی دارای کمترین میزان از نظر شاخص $(E\%)^2 \times T$ می‌باشد. بنابراین روش نمونه‌برداری ۴ درختی به عنوان مناسب‌ترین روش چند درختی برای برآورد مشخصه تعداد درختان در هکتار انتخاب می‌گردد. در مورد مشخصه حجم در هکتار نیز، روش ۵ درختی دارای کمترین میزان از نظر شاخص $(E\%)^2 \times T$ می‌باشد. بنابراین روش نمونه‌برداری ۵ درختی به عنوان مناسب‌ترین روش چند درختی برای برآورد مشخصه حجم در هکتار انتخاب می‌گردد.

بحث

در این تحقیق، روش‌های نمونه‌برداری چند درختی برای برآورد سه مشخصه اصلی در جنگلکاری‌ها (سطح مقطع برابر سینه، تعداد در هکتار و حجم در هکتار) در توده ۱۲ هکتاری ۲۵ ساله جنگلکاری شده سوردار و اتاشان واقع در استان مازندران با آماربرداری صددرصد، مقایسه گردید. در این بررسی میانگین برآورد شده در مورد مشخصه سطح مقطع برابر سینه کمتر (شکل ۱) و مشخصه تعداد در هکتار بیشتر از میزان واقعی برآورد شده است. بطور کلی، کلیه روش‌های نمونه‌برداری چند درختی مشکل اریبی دارند.

این مطلب را (Zobeiry, Thiry & Ehrlenspiel (1969); Lessard et al., (1995); Jonsson et al., (1992); (1978 Klein & Vilčko (2006); Lynch & Rusydi (1999); (2008) Staupendahl; سلطانی (۱۳۸۶) نیز متذکر شده‌اند. در تحقیق حاضر در توده جنگلکاری شده با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری چند درختی، سطح مقطع برابر سینه در هکتار $۱۳/۴ - ۸/۷$ کمتر برآورد شده است. Prodan (1968) Thiry & Ehrlenspiel (1969); Zobeiry, (1978); Jonsson et al., (1992) (1995); Lessard et al., بیان کردند که دلیل این امر ممکن است الگوی مکانی درختان توده باشد، در توده‌های با الگوی تصادفی و خوشه‌ای میانگین واقعی حدود $۱۳/۳ - ۳/۵$ بیشتر برآورد می‌شود، در حالی که جنگلکاری‌های یکنواخت حدود ۴% کمتر برآورد می‌شود. همچنین مشخصه تعداد درختان در هکتار نیز به مقدار $۴/۳ - ۱/۴$ بیشتر از آماربرداری صددرصد (میانگین واقعی) برآورد شده است Payandeh & EK (1986); Zobeiry (1997) al., (1992); Lessard et al., (1995), Lynch & Rusydi (1999) Jonsson et (1999) میزان مشخصه مذکور را در عرصه‌هایی با الگوی پراکنش یکنواخت، کمتر از میزان واقعی برآورد کرده‌اند. مشخصه حجم در هکتار نیز، به میزان $۵/۳ - ۰/۸$ بیشتر از میانگین واقعی جامعه برآورد شده است. گرچه در روش‌های نمونه‌برداری ۵ و ۶ درختی، این مشخصه کمتر از آماربرداری صددرصد برآورد شده است.

Payandeh & EK (1986); Jonsson et al (1992); Lynch & Rusydi (1999) میزان مشخصه حجم در هکتار

در هکتار، روش نمونه‌برداری ۵ درختی، دارای کمترین میزان شاخص مذکور بوده است. اما از آنجا که روش ۵ درختی در مورد مشخصه سطح مقطع برابر سینه اختلاف معنی‌داری با آماربرداری صددرصد داشته، و میانگین برآورد شده از آماربرداری صددرصد را در بر نمی‌گیرد، لذا روش ۴ درختی که در رتبه بعدی در مورد این مشخصه قرار دارد، به عنوان روش مناسب انتخاب می‌شود. بطور کلی روش نمونه‌برداری ۴ درختی در برآورد سه مشخصه سطح مقطع برابر سینه، تعداد در هکتار و حجم در هکتار در جنگلکاری‌های صنوبر دلتوئیدس مناسب شناخته شد. این نتیجه‌گیری با نتایج Lynch & Rusydi, (1999) که روش ۵ درختی را به عنوان روش مناسب برای دو مشخصه تعداد در هکتار و حجم مناسب دانستند، نزدیک است.

منابع

- اسحاق نیموری، ج.، زبیری، م.، سبحانی، ه. و پورشفیغ 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، ۵ (۴): ۳۸۳-۲۹۶.
- بی نام، (۱۳۸۵) تجدید نظر طرح جنگلداری سوردار و اتاشان، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۵۰ صفحه.
- زبیری، محمود، ۱۳۸۶. آماربرداری در جنگل (اندازه‌گیری درخت و جنگل). انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ صفحه.
- زبیری، محمود، ۱۳۸۸. زیست سنجی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۵۶۱، ۴۱۱ صفحه.
- سلطانی، آ.، زبیری، م. و نمیرانیان، م.، ۱۳۸۶. بهینه‌سازی روش نمونه‌برداری شش درختی پرودان. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰ (۴): ۱۳۰۷-۱۲۹۱.
- علی‌نژاد، م.، ۱۳۸۷. مقایسه روش‌های نمونه‌برداری با قطعه نمونه مساحت ثابت دایره‌ای شکل با قطعه نمونه مساحت متغیر شش درختی و اندازه‌گیری فاصله بین سه، چهار و پنج درخت نزدیک به مرکز قطعه نمونه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۵۳ صفحه.
- فسحت، م.، ۱۳۸۸. مطالعه تغییرات الگوی پراکنش مکانی جنگلکاری‌های انجام شده با گونه صنوبر دلتوئیدس پس از

را در توده‌های با الگوی پراکنش یکنواخت (جنگلکاری) کمتر از مقدار واقعی برآورد کرده‌اند. دلیل تفاوت نتیجه به دست آمده از تحقیق حاضر با نتایجی که در دیگر جنگلکاری‌ها ذکر گردید را می‌توان در چگونگی الگوی پراکنش درختان در توده مورد بررسی عنوان نمود. همچنین دلیل دیگری که می‌توان بیان نمود، قرار گرفتن درختان قطور در مرز عرصه مورد بررسی می‌باشد. از آنجا که این درختان قطور در تعدادی از قطعات نمونه واقع شده‌اند در نتیجه باعث افزایش واریانس در بین قطعات نمونه شده و در نتیجه حجم درختان در روش ۵ و ۶ درختی، کمتر از سایر روش‌های نمونه‌برداری چند درختی به دست آمده است.

Lynch & Rusydi (1999) معتقد بودند که برآورد کننده پرودان برای توزیع‌های مکانی یکنواخت مناسب است. علت تفاوت نتایج به دست آمده از مطالعات عنوان شده با تحقیق حاضر را می‌توان در الگوی پراکنش درختان در این عرصه بیان نمود. عرصه مورد بررسی با توجه به قرار گرفتن در بین دو روستای مجاور از دخل و تصرف دور نمانده همچنین دخالت پرورشی در این توده انجام نشده است فسحت (۱۳۸۸). علاوه بر این، عواملی مانند قاچاق چوب، وجود دام و بادافتادگی درختان باعث شده است که توده مورد بررسی، الگوی یکنواخت خود را در زمان کاشت تا حدودی از دست داده و به سمت کپه‌ای شدن برود. این مسئله باعث آریبی در برآورد سه مشخصه مورد بررسی شده است. به منظور ارزیابی بهتر دو روش آماربرداری از شاخص $E\% \times T$ استفاده شد. در بین روش‌های مختلف نمونه‌برداری هرچه میزان عددی این شاخص کمتر باشد، می‌توان آن روش را به عنوان مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری شناخت اسحاق نیموری و همکاران (۱۳۸۲)، Husch et al (1983), Loetsch & Haller, (1964). با توجه به نتایج جدول ۲، برای برآورد سطح مقطع برابر سینه در هکتار، روش نمونه‌برداری ۵ درختی کمترین مقدار شاخص را دارا بوده و روش ۴ درختی کمترین مقدار را در برآورد تعداد در هکتار، دارا است. همچنین در مورد مشخصه حجم

- inventory estimation of basal area per acre. In simplicity versus efficiency and for forest, snow and landscape Research (WSL/FNP), Birmensdorf, and the Swiss federal institute of Technology (ETH), section of forest inventory and planning. Zurich. 81 – 90.
- Lessard, V.C, Drummer, T.D. and Reed, D., 2002. Precision of density estimates from fixed-radius plots compared to n-tree distance sampling. Forest science. Vol. 48(1). 6pp.
 - Loetsch, F. and Haller, K.E. 1964. Forest inventory. Verlagsgesellschaft münchen Basel Wien, volume 1. Munich.
 - Lynch, T.B., Rusydi, R. 1999. Distance Sampling for Forest Inventory in Indonesian Teak Plantation. Forest Ecology and Management. Vol. 113. 6pp.
 - Nagel, D. 1975. Die 6-Baum-Stichprobe als EDV-Verfahren zur Vorratsberechnung. Allgemeine Forstzeitschrift. Vol. 339(30). (In German).
 - Payandeh, B., EK, and A. R., 1986. Distance methods and Density Estimators. Canadian Journal of Forest Reserch. Vol. 16. Pp: 918-924.
 - Picard, N., Kouyate, A.M., and Dessard, H. 2005. Tree density estimations using a distance method in Mali Savanna. Forest Science. Vol, 51. No, 1. Pp: 7 – 18.
 - Pielou, E.c., 1977. Mathematical Ecology. John Wiley & Sons, New York. 385pp.
 - Prodan, M., 1968. punktstichprobe fuer die forsteinrichtung. forst u. Holzwirt. 23. Jahrgang, Heft Nr 11.
 - Schoepfer, W., 1969a. Die 6-Baum-Stichprobe in der Forsteinrichtung. Teil 1 (6-tree sampling for forest management planning, part 1). Allgemeine Forst Zeitung 25, 533–536.
 - Sheil D, Ducey MJ, Sidiyasa K, Samsedin I., 2003. A new type of sample unit for the efficient assessment of diverse tree communities in complex forest landscapes. J Trop For Sci 15:117–135.
 - Staupendahl, K. 2008. The modified six-tree-sample - A suitable method for forest stand assessment. Allgemeine Forest-und Jagdzeitung. Vol. 179(2). 12 pp.
 - Stoffels, A. 1955. Die Genauigkeit der Bestimmung der Stammzahl pro Hektar durch Messung von Stammabständen (The accuracy of estimation of number of stems per hectare with distance measurements). Forstwiss. Centralbl. Vol. 74. 7pp.
- ۲۵ سال با استفاده از روش‌های فاصله‌ای و مبتنی بر قطعه نمونه. سمینار کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۷۵ صفحه.
- Greg-Smith, P. 1964. Quantitative plant ecology, 2nd Ed., Butterworth and Co. (Publishers) Ltd., Sevenoaks, Kent, U.K.
 - Hall, J.B., 1991. Multiple-nearest-tree sampling in an ecological survey of Afromontane catchments forests. For Ecol Manage 42:245–266.
 - Harrington, A.C. 1999. A method of site quality evaluation for Red Alder, United Department of Agriculture. 19 pp.
 - Holopainen, M. 1998. Forest habitat mapping by means of digitized aerial photographs and multi spectral airborne measurements, Publications of the Department of Forest Resource Management, University of Helsinki, 48 pp.
 - Husch, B.C.I, Miller & T.W beers. 1983. Forest Mensuration, Reprint edition. Wiley, New York. 402 P.
 - Jonsson, B., Holm, S. And Kallur, H., 1992. A Forest Inventory Method based on density-adapted circular plot size. Scand. J. For. Res. 7: 405-421. (Erratum. Scand. J For. Res. 7 : 575).
 - Kleinn, C., Vilčko, F. 2006. A New Empirical Approach for Estimation in k-tree Sampling. Forest Ecology and Management. 237. 12pp.
 - König, G., 1835. Die Forstmathematik mit Anweisung zur Forstvermessung, Holzschätzung und Waldwertrechnung, nebst Hülftafeln für Forstschätzer. Ghotha, in Commission der Becker schen Buchhandlung, 436pp (Annex).
 - Lessard, V., Reed, D.D., Monkevich, N., 1994. Comparing n-tree distance sampling with point and plot sampling in northern Michigan forest types. North. J. Appl. For. 11(1), 12 - 16.
 - Lessard, V.C, Reed, D., and Drummer, T.D., 1995. N-tree distance point sampling in forest
 - Sutherland, W.J. (Ed.). 1998. Ecological census Techniques. A handbook. Cambridge University Press.
 - Thiry. Ko. and P., Ehrlenspiel. 1969 . L 6-Baum Stichprobe fuer die Forstienrichtung. AFJZ, 140p.
 - Trommer, R. 1969. Stichproben theoretische Gesichtspunkte bei der Schätzung von Stammzahl und Grundfläche mit Hilfe von

- Stammabstandverfahren. Archiv für Forstwesen 18, 1073-1077. (In German).
- Zobeiry, M., 1978. Tree Sampling in Natural Forest of Northern Iran, Forestry chronicle. Vol, 54. No, 3. Pp: 171-172.
- Zobel, B. and J, Tabert. 1984. Applied Forest Tree Improvement: John Willey and Sons Inc, USA. 200 PP.

Archive of SID

Research Journal of
Forest Science and Engineering

Vol. 1, No. 3, Autumn 2011

Determination of suitable N-tree sampling method in *Populus delteoides* plantations

M. Foshat^{*1}, S. M. Hosseini², A. Fallah³, M. A. Fakhari⁴

Abstract:

Precise quantitative information of the young forest stands is necessary in their scientific and technical management and direction of the forest stands toward sustainability. In plantations, the working unit can be a single tree rather than the area, or the smaller areas of sampling can be used for measurement. N-tree sampling method is one of the distance techniques used for measuring the quantitative and qualitative characteristics in forest stands. In this study N-tree sampling methods (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10) were assessed to measure number, basal area and volume per hectare in a 12-ha plantation in the north of Iran. At first the plantation was fully callipered. Then a 50×50 m grid was determined for N-tree sampling method application. The result of t-test showed that mean in basal area per hectare estimated by Prodan's estimator, in 5, 6 and 7 trees had significant difference with 100% inventory, but means estimation of these characteristics from other methods was acceptable. Estimating means in the number per hectare and volume in hectare by Prodan's estimator did not have any significant difference with 100% inventory in the all of N-tree sampling methods. At last, using $E\%^2 \times T$ index, the 4 tree distance sampling method was suitable for sampling in *populos delteoides* plantations.

Keywords: N-tree sampling method, Number of trees per hectare, Basal area per hectare, volume per hectare, Plantation, *Populus delteoides*.

1- M.Sc. Graduate, Faculty of natural Resources, University of Tarbiat Modares, Iran

2- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Iran

3- Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Mazandaran, Iran

4- M.Sc. of Natural Resources office, Nour province, Iran

*Corresponding author: mhfoshat60@gmail.com