

تعیین مناسب‌ترین روش آماربرداری در جنگلداری شهری^۱

پریسا پناهی^۲ محمود زبیری^۳ سیدمحسن حسینی^۴ مجید مخدوم^۵

چکیده

یکی از مهمترین اطلاعات مورد نیاز در جنگلداری شهری، آگاهی از مساحت یا نسبت فضاهای سبز شهری است. امروزه در کشورهای مختلف دنیا از روش‌های مختلفی به منظور نیل به این هدف استفاده می‌گردد. در این تحقیق برای اولین بار در ایران از روش‌های مختلف آماربرداری شامل آماربرداری صددرصد با استفاده از نوارهای ۱۰ متری، نمونه‌برداری‌های تصادفی ساده، بلوکی تصادفی، منظم تصادفی، دو مرحله‌ای و نمونه‌برداری با شبکه نقطه‌چین و با استفاده از عکس‌های هوایی برای برآورد مساحت درختان حاشیه‌ای خیابان ولیعصر تهران به طول ۵۰۰۰ متر (۵۰۰ نوار ۱۰ متری در دو طرف خیابان) استفاده شد. در آماربرداری صددرصد که به عنوان مبنای مقایسه با سایر روش‌ها در نظر گرفته شد، با اندازه‌گیری گستره عرضی تاج درختان (که همان عرض نوارهای ۱۰ متری بود) مساحت نوارها محاسبه شد. در سایر روش‌ها نیز از بین نوارهای اندازه‌گیری شده، تعدادی انتخاب و با استفاده از فرمول‌های مربوطه، محاسبه‌ها صورت پذیرفت. با استفاده از آزمون کای اسکور نرمال بودن داده‌ها اثبات شده و از آزمون t برای تعیین معنی‌دار بودن اختلاف بین روش‌های مختلف نمونه‌برداری با آماربرداری صددرصد استفاده شد. در این مرحله تنها اختلاف روش بلوکی تصادفی (حالت اول) با آماربرداری صددرصد معنی‌دار بود، که از مقایسه‌ها حذف و برای تعیین روش آماربرداری بهینه مقدار $E^2\% \times T$ برای سایر روش‌های نمونه‌برداری محاسبه شد. در بین سایر روش‌های نمونه‌برداری کمترین مقدار $E^2\% \times T$ مربوط به روش نمونه‌برداری با شبکه نقطه‌چین (۲۳۰۶/۵۶) بود. علاوه بر این چون این روش نیاز به زمان و نیروی کار کمتری دارد، به عنوان مناسب‌ترین روش آماربرداری در جنگلداری شهری پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آماربرداری، نمونه‌برداری، شبکه نقطه‌چین، تصادفی ساده، بلوکی تصادفی، منظم تصادفی، نمونه‌برداری دو مرحله‌ای، جنگلداری شهری.

^۱ - تاریخ دریافت: ۸۰/۱۰/۳، تاریخ تصویب نهایی: ۸۱/۱۲/۵

^۲ - کارشناس ارشد جنگلداری

^۳ - استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۴ - استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

^۵ - استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

مقدمه

گیاهان و بویژه درختان از عناصر اصلی و مهم تشکیل‌دهنده شهرها محسوب می‌شوند. در حال حاضر در مقایسه با سایر سرمایه‌گذاری‌های شهری، طرح‌ریزی و مدیریت فضاهای سبز از حمایت‌های مالی کمتری برخوردار است، که دلیل آن می‌تواند نبودن اطلاعات لازم مربوط به ارزشمندی‌های چشمگیر جنگل‌های شهری باشد. براین اساس امروزه پژوهشگران سعی می‌نمایند تا از طریق ارائه کارکردهای پوشش‌های سبز بر محیط زیست شهری، توجه مناسبی به منظور صرف هزینه‌های کلان در جنگلداری شهری بیابند.

جنگلبانان شهری مسئولیت‌هایی دارند که با نگهداری و مدیریت پوشش‌های گیاهی شهری ارتباط دارد؛ اما مسئولیت عمده و اصلی آنها مراقبت از درختان خیابانی در هر شهر است. مدیریت جنگل‌های شهری با آماربرداری از آنها آغاز می‌شود. آماربرداری برای تعیین محل کاشت درختان، تعیین نیاز درختان، تعیین درختانی که باید ترمیم یا برداشته شوند، برآورد مساحتی از شهر که توسط درختان پوشیده شده و ... ضروری است.

در ارتباط با آماربرداری درختان خیابانی مطالعه‌های متعددی تاکنون صورت گرفته است. در آمریکا برای مطالعه ساختار و ترکیب درختان خیابانی در سه شهر بزرگ روچستر، سیراکوز و نیویورک از روش نمونه‌برداری استفاده شد (والنتین و همکاران، ۱۹۷۸). در این مطالعه بیش از ۷۰۰۰ درخت با روش نمونه‌برداری سیستماتیک در ۲۰۵ خیابان انتخاب و ۲۴ صفت کمی و ۸ فاکتور محیطی فیزیکی بر روی آنها اندازه‌گیری شد. ساک استدر و جرالدر سال ۱۹۷۹ یک روش آماربرداری برای درختان با عنوان "روش جمع‌آوری اطلاعات در مورد درختان شهری و سازماندهی آنها به شکل اطلاعات قابل استفاده" ارائه دادند. چان و کارت رایت (۱۹۷۹) آماربرداری درختان خیابانی را برای تعیین سلامتی درختان و مقدار هجوم گیاه نیمه انگل داراوش در شهر ساکرامنتو کالیفرنیا به کار بردند. میلر و سیلوستر از یک روش آماربرداری برای تعیین مکان درختان نارون آمریکایی در سه ناحیه مختلف شهر ویسکانسین

استفاده کردند و با استفاده از نتایج به دست آمده گونه‌های جایگزینی برای تعدادی از پایه‌های نارون پیشنهاد دادند. باست (۱۹۷۸) با آماربرداری درختان خیابانی در آن آربورمیشیگان نتایج قابل توجهی در مورد ریشه‌های سطحی و ارزیابی عملکرد گونه‌ها و کولتیوارها به دست آورد.

استفاده از شبکه نقطه‌چین و عکس‌های هوایی برای تعیین درصد تاج‌پوشش کل و پراکنش تاج‌پوشش درختان، اولین بار توسط انجمن جنگلبانان فلوریدا پیشنهاد و به مرحله اجرا درآمد.

در این تحقیق برای اولین بار روش‌های مختلف آماربرداری برای برآورد مساحت درختان خیابانی به کار گرفته شدند و هدف دستیابی به یک روش بهینه آماربرداری برای برآورد مساحت و در نتیجه نسبت فضای سبز شهری درختان خیابانی است تا با صرف هزینه و زمان مطلوب، نتایج مورد قبولی به دست آید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل فضای سبز دو طرف خیابان ولیعصر از میدان تجریش به سمت میدان ونک (به طول تقریبی ۵۰۰۰ متر با احتساب خیابان‌های فرعی) است، که در محدوده شهرداری منطقه یک تهران قرار دارد. درخت منحصر یا عمده منطقه، گونه چنار (*Platanus orientalis*) است که تاریخ کاشت آن به سال ۱۳۰۴ برمی‌گردد. درختان چنار دو طرف خیابان ولیعصر همسال بوده و با فاصله بسیار کمی از یکدیگر کاشته شده‌اند، به طوری که در اغلب موارد فاصله بین درختان از چند سانتی‌متر تجاوز نمی‌کند. این درختان در طول این مدت طولانی از تنک‌کردن محروم بوده‌اند. نتیجه این غفلت آن شده که درختان به دلیل دسترسی به نور بیشتر در جهت طولی رشد کرده‌اند و در ضمن از حالت عمودی خارج و به جهت‌های دیگر متمایل شده‌اند. روش‌های مختلف آماربرداری که برای برآورد مساحت فضای سبز ذکر شده به کار گرفته شدند و نحوه اجرای آنها عبارتند از:

متری آغاز شد. تعداد کل نوارهای برداشته شده در دو طرف خیابان ولیعصر و خیابان‌های فرعی شهید فلاحی (زعفرانیه) و طاهری، ۵۰۰ نوار بود که با توجه به طول ۱۰ متری نوارها، در کل ۵۰۰۰ متر اندازه‌گیری نحوه کار به این صورت بود که در فواصل ۱۰ متری، گستره عرضی تاج‌درختان (گستره تاج در جهت عمود بر خیابان که همان عرض نوارهای ۱۰ متری است) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه مساحت هر نوار ۱۰ متری، میانگین عرض ابتدا و انتهای نوار به دست آمده و در طول نوار ضرب شد (نحوه ثبت اندازه‌گیری‌ها و محاسبه مساحت به طور نمونه در جدول ۱ آمده است). در نهایت میانگین، انحراف معیار و مساحت کل تاج درختان محاسبه شد.

آماربرداری صددرصد در نوارهای ۱۰ متری
 آماربرداری صددرصد برای نیل به اهداف مختلفی صورت می‌گیرد. یکی از این موارد بررسی روش‌های مختلف نمونه‌برداری است. برای انجام چنین بررسی‌هایی ابتدا جامعه موردنظر با روش آماربرداری صددرصد آماربرداری می‌شود، تا با مقایسه نتیجه‌های به دست آمده از روش‌های نمونه‌برداری مختلف و مقادیر واقعی (آماربرداری صددرصد) آن روش‌ها مورد ارزیابی قرار گیرند. در این تحقیق از روش آماربرداری صددرصد به عنوان مبنایی برای مقایسه روش‌های مختلف نمونه‌برداری در برآورد مساحت فضای سبز حاشیه‌ای استفاده شد. پس از خیابان گردش اولیه، کار آماربرداری درختان خیابانی با اندازه‌گیری نوارهای ۱۰

جدول ۱- نمونه جدول ثبت اندازه‌گیری‌ها

شماره نوار	عرض ابتدای نوار (m)	عرض انتهای نوار (m)	مساحت (m ²)
۱	۱۳/۴	۹/۴	۱۱۴
۲	۹/۴	۱۱/۷	۱۰۵/۵
۳	۱۱/۷	۱۰/۲	۱۰۹/۵

در حالت دوم ۵۰۰ نوار به ۱۰۰ بلوک ۵ تایی تقسیم شد و سپس از بین کل بلوک‌ها، ۱۰ بلوک به طور تصادفی انتخاب و تمامی نوارهای بلوک‌های انتخابی اندازه‌گیری شدند. شماره بلوک‌های انتخاب شده عبارتند از: ۸۶-۸۱-۷۵-۶۴-۶۱-۴۴-۳۱-۱۶-۶-۵.

نمونه‌برداری منظم تصادفی

برای اجرای این روش یک عدد به صورت تصادفی بین ۱ تا ۵۰۰ انتخاب و مساحت آن نوار محاسبه شد. سپس به صورت منظم ۱۰ نوار را طی کرده، نوار یازدهم اندازه‌گیری شد. در نهایت تعداد ۵۰ نوار انتخاب گردید که شماره آنها عبارت است از:

۳-۱۳-۲۳-۳۳-۴۳-۵۳-۶۳-۷۳-۸۳-۹۳-...-۴۹۳

نمونه‌برداری دو مرحله‌ای

در این روش ۵۰۰ نوار ۱۰ متری به ۱۰ بلوک یا قسمت ($M=10$) ۵۰ تایی تقسیم شد به طوری که از نوار ۱ الی نوار ۵۰ در بلوک ۱، از نوار ۵۱ الی نوار ۱۰۰ در بلوک ۲ و... قرار گرفتند. سپس از بین ۱۰ بلوک موجود تعداد ۵ بلوک

نمونه‌برداری تصادفی ساده

برای اجرای این روش از بین ۵۰۰ نوار، تعداد ۵۰ نوار به طور کاملاً تصادفی انتخاب شد و محاسبه‌های بر مبنای آنها انجام گرفت. شماره نوارهای انتخاب شده عبارتند از:

۴۰۵-۲۷۷-۱۹-۹۷-۹۸-۷۶-۱۶۲-۳۳۷-۶۶-۴۹-۸۰-۴۱۸-۳۷۶-۲-۷۹-۵۳-۲۵-۴۲۱-۷-۳۹۳-۳۳۲-۳۹۰-۲۰۰-۱۸۲-۱۳۱-۳۲۹-۵۸-۳۱۰-۲۸۰-۴۱۱-۴۵۳-۲۱۵-۳۸۷-۳۶۲-۳۳۳-۵۱-۱۰۸-۱۱۷-۲۲۳-۳۹-۴۲۴-۴۲۸-۳۱۲-۱۴۸-۱۴۲-۷۰-۸۹-۴۴-۳۵۲-۴۷۱.

نمونه‌برداری بلوکی تصادفی

این روش به دو صورت اجرا گردید:

در حالت اول ۵۰۰ نوار به ۵۰ بلوک ۱۰ تایی تقسیم شدند به طوری که از نوار ۱ تا نوار ۱۰ در بلوک ۱، از نوار ۱ تا نوار ۲۰ در بلوک ۲ و... قرار گرفتند سپس از بین آنها ۵ بلوک به طور تصادفی انتخاب شد و تمامی نوارهای موجود در آنها اندازه‌گیری شد. شماره بلوک‌هایی که به صورت تصادفی انتخاب شدند عبارتند از: ۳-۲۴-۲۳-۱۷-۱۲.

$$S_{pi} = \pm \sqrt{\frac{Pi(1-Pi)}{N}}$$

در نتیجه اشتباه معیار معادل 0.004863 به دست آمد و درصد اشتباه معیار $10/1$ درصد گردید.

با توجه به اینکه درصد اشتباه معیار به دست آمده بیش از 10% بود و برای اینکه اشتباه آماربرداری کاهش یابد و به 5 درصد برسد و دقت محاسبه‌ها بالا رود از فرمول زیر استفاده کرده و تعداد نقطه‌ای که باید شمارش شود محاسبه شد (۱):

$$N = \frac{t^2 \times (1 - Pi)}{Pi(0.01 \times E\%)^2}$$

که در این فرمول N تعداد نقاط لازم برای تمام منطقه، Pi نسبت فضای سبز در منطقه، E حدود اعتماد، $E\%$ حدود اعتماد به احتمال 95% که از قبل مشخص می‌شود و مقدار t که بستگی به تعداد نمونه یا نقطه‌ای که می‌باید شمارش شود داشته و معمولاً با توجه به اینکه تعداد نمونه کم نیست مقدار آن را $1/96$ در فرمول قرار می‌دهند. براین اساس تعداد نقطه‌ای که باید شمارش شود 31733 نقطه به دست آمد که این تعداد 32000 نقطه در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه تعداد عکس‌های هوایی که منطقه را می‌پوشاند 2 قطعه بود، تعداد نقاط برای سطح موثر متوسط هر عکس 16000 گردید ($32000 \div 2 = 16000$). از این رو شبکه نقطه‌چین جدیدی طراحی شد که فاصله نقاط آن از یکدیگر $1/25$ میلی‌متر بود. در نتیجه تعداد کل نقاط شمارش شده 31992 نقطه گردید که تقریباً برابر با تعداد محاسبه شده بود و تعداد نقاطی که بر روی تاج درختان قرار گرفتند نیز 1143 عدد شمارش شد. با توجه به این اعداد نسبت فضای سبز منطقه 0.36% و درصد آن $3/6$ درصد به دست آمد. درصد اشتباه معیار به دست آمده نیز $2/89$ گردید. در نتیجه درصد اشتباه آماربرداری ($E\%$) $5/6$ درصد محاسبه شد که دقت قابل قبولی می‌باشد. اگر درصد اشتباه آماربرداری نسبت به کل منطقه محاسبه شود مقدار آن 0.2% می‌گردد ($5/6 \times 3/6$) یعنی درصد فضای سبز حاشیه خیابان در کل منطقه بین $3/8\%$ و $3/4\%$ می‌باشد. نظر به اینکه مساحت کل منطقه مورد مطالعه 176

($m=5$) به طور تصادفی انتخاب شدند که شماره آنها عبارتند از: $2-3-5-6-8$.

در نهایت در هر بلوک تعداد 10 نوار به طور تصادفی انتخاب شد و محاسبات بر مبنای آنها صورت گرفت.

نمونه‌برداری با شبکه نقطه‌چین

برای اجرای این روش از عکس‌های هوایی که در آخرین عکسبرداری هوایی از شهر تهران در سال 1374 شمسی با مقیاس $1:6000$ تهیه شده بود استفاده شد. تعداد عکس‌هایی که منطقه مورد مطالعه را می‌پوشاند 2 قطعه بود. ابتدا محدوده منطقه مورد مطالعه بر روی آنها ترسیم شد و با استفاده از شبکه نقطه‌چین با فاصله نقاط 4 میلی‌متر از یکدیگر، نسبت فضای سبز حاشیه‌ای برآورد شد. پس از برآورد اشتباه معیار و حدود اعتماد مساحت نسبی به دست آمده، شبکه جدیدی طراحی شد تا درصد اشتباه نمونه‌برداری کاهش یابد. مراحل کار به صورت زیر بود:

پس از اینکه محدوده مورد مطالعه روی عکس‌های هوایی مشخص شد، شبکه نقطه‌چین با فواصل نقاط چهار میلی‌متری را بر روی عکس قرار داده به طوری که مرکز شبکه نقطه‌چین روی مرکز عکس قرار گیرد و سپس به کمک دید استریوسکوپ توسط استریوسکوپ آینه‌دار، یک جفت عکس مورد نظر تفسیر شد و کلیه نقاطی که روی تاج درختان حاشیه‌ای خیابان قرار گرفتند و تعداد کل نقاطی که بر روی منطقه قرار گرفتند شمارش شد. براساس این شمارش تعداد کل نقاط تفسیر شده 1932 نقطه در روی دو عکس هوایی و تعداد نقاطی که بر روی تاج درختان قرار گرفتند 93 نقطه شمارش شد. سپس با استفاده از فرمول‌های $P = n/N$ و $P\% = (n/N) \times 100$ محاسبه شد. در این فرمول‌ها P نسبت فضای سبز در منطقه و $P\%$ درصد فضای سبز در منطقه، n تعداد نقاط قرار گرفته بر روی تاج درختان و N تعداد کل نقاط تفسیر شده برای تمام منطقه می‌باشد. پس از عددگذاری نسبت فضای سبز در منطقه 0.48% و درصد آن $4/8$ به دست آمد. برای محاسبه یا برآورد اشتباه معیار مساحت نسبی از فرمول زیر استفاده گردید:

۶/۸۶۸ هکتار و ۵/۹۸۶ هکتار می‌باشد که همان ۳/۸ درصد و ۳/۴ درصد کل منطقه است.

نتایج

نتایج آماری به دست آمده از روش‌های مختلف در جدول ۲ خلاصه شده است.

هکتار می‌باشد با توجه به محاسبه‌های انجام گرفته مساحت تاج درختان حاشیه خیابان برابر است با: $۶/۳۳۶ \times ۱۰۰ = ۶۳۳۶$ (به احتمال ۹۵٪) در مقدار اشتباه آماربرداری (به احتمال ۹۵٪) در صورتی که نسبت به مساحت فضای سبز در نظر گرفته شود برحسب هکتار برابر است با: $۰/۳۵ = ۶/۳۳۶ \times ۵/۶$ (به احتمال ۹۵٪) و اگر نسبت به مساحت کل منطقه در نظر گرفته شود برابر است با $۰/۳۵ = ۱۰۰ \times (۱۷۶ \times ۰/۲)$ یعنی مساحت تاج درختان خیابانی در تمام منطقه و به احتمال ۹۵٪ بین

جدول ۲- نتایج به دست آمده از روش‌های مختلف آماربرداری درختان خیابانی

شبکه نقطه چین	دومرحله‌ای	منظم تصادفی	بلوکی تصادفی (دوم)	بلوکی تصادفی (اول)	تصادفی ساده	آماربرداری صد در صد	
۶/۳۳۶	۶/۳۰۱	۶/۳۴	۶/۳۶۷	۶/۱۷۴	۶/۱۶	۶/۴۹	مساحت کل (ha)
-	۱۲۶/۰۳	۱۲۷/۲۱	۱۲۷/۳۴	۱۲۳/۴۹	۱۲۳/۲	۱۳۰/۰۵۹	میانگین مساحت نوارها (m ²)
-	-	۲۴/۳۷۳	۳۰/۳۶	۱۸/۷۸۶	۲۷/۲۲	۲۷/۴۰۳	انحراف از معیار (m ²)
۰/۰۰۱۰۴۱۵	۶/۱۳۶	۳/۴۴	۴/۲۹۳	۲/۶۵۶	۳/۸۴	-	اشتباه معیار (m ²)
۲/۸۹٪	۴/۸۶٪	۲/۷۱٪	۳/۳۶٪	۲/۱۵٪	۳/۱۱۶٪	-	درصد اشتباه معیار
۵/۶۴٪	۱۳/۵۱٪	۵/۴۴٪	۶/۷۷٪	۴/۳۲۳٪	۶/۳۶۷٪	-	درصد اشتباه آماربرداری به احتمال ۹۵٪

۴۰۰۰۰ ریال، در کل روزانه ۱۴۰۰۰۰ ریال) فرد ثانیه

به صورت زیر محاسبه شد:

$$\text{فرد ثانیه سراسری به ریال } ۲/۰۸۳ = (۸ \times ۳۶۰۰) \div ۶۰۰۰۰$$

$$\text{فرد ثانیه یک تکنسین به ریال } ۱/۳۸ = (۸ \times ۳۶۰۰) \div ۴۰۰۰۰$$

$$\text{فرد ثانیه دو تکنسین به ریال } ۲/۷۷ = ۱/۳۸ \times ۲$$

$$\text{فرد ثانیه کل اکیپ به ریال } ۴/۸۶ = ۲/۰۸۳ + ۲/۷۷$$

با توجه به اینکه مدت زمان اندازه‌گیری یک نوار معادل ۲۳۰ ثانیه می‌باشد در نتیجه:

$$\text{هزینه برداشت هر نوار به ریال } ۱۱۱۷/۸ = ۲۳۰ \times ۴/۸۶$$

$$\text{کل هزینه آماربرداری به ریال } ۵۵۸۹۰۰ = ۱۱۱۷/۸ \times ۵۰۰$$

در روش نمونه‌برداری تصادفی ساده زمان برداشت ۵۰ نوار، ۱۱۵۰۰ ثانیه (۲۳۰ × ۵۰)، زمان لازم برای انتخاب نوارها ۳۰۰ ثانیه، مدت زمان لازم برای پیدا کردن نوارها بر روی زمین ۶۷۵۰ ثانیه (از آنجایی که برای پیدا کردن ۵۰

مطالعات زمانی و هزینه‌یابی

پس از انجام آنالیزهای آماری و مشخص شدن دقت روش‌های مختلف، از نظر هزینه و زمان برداشت نیز روش‌های فوق بررسی شدند تا بتوان در نهایت روش بهینه آماربرداری را معرفی نمود.

در آماربرداری صددرصد، زمان کل صرف شده برای انجام اندازه‌گیری‌های لازم برای ۵۰۰ نوار ۴ روز بود که با احتساب ۸ ساعت کار روزانه، در کل ۳۲ ساعت می‌شود. (برابر ۱۵۲۰۰ ثانیه). بنابراین مدت زمانی که صرف اندازه‌گیری یک نوار شد برابر ۲۳۰ ثانیه $(۳۶۰۰ \times ۳۲) / ۵۰۰$ می‌باشد. با احتساب هزینه‌های پرسنلی (یک نفر سراسری روزانه ۶۰۰۰۰ ریال، دو نفر تکنسین هر کدام روزانه

معمول و طراحی شبکه جدیدی ۷۲۰۰ ثانیه و زمان صرف شده برای روی هم‌گذاری شبکه جدید و عکس و شمارش نقاط ۱۸۰۰ ثانیه گردید. در نتیجه زمان کل صرف شده به ۹۶۰۰ ثانیه رسید. چون در این روش کار فقط توسط یک نفر تکنسین انجام می‌گیرد در نتیجه زمان کل صرف شده برابر همان ۹۶۰۰ ثانیه می‌باشد. با توجه به اینکه هزینه خرید دو عکس ۲۴۰۰۰ ریال، هزینه تهیه شبکه جدید ۸۰۰۰ ریال و هزینه پرسنلی ۴۰۰۰۰ ریال بود، کل هزینه صرف شده ۷۲۰۰۰ ریال گردید.

آزمون نرمال بودن داده‌های حاصل از آماربرداری صد درصد ابتدا مساحت‌های به دست آمده از نوارهای ۱۰ متری در طبقه‌های ۱۵ متر مربعی قرار گرفت و فراوانی هر کدام از طبقه‌های تعیین شد (جدول ۳). چون تعداد نمونه‌ها بیش از ۴۰ و فراوانی مطلق در طبقه‌ها کمتر از ۲ نبود، برای بررسی نرمال بودن توزیع از آزمون کای اسکوار استفاده شد. مقدار χ^2 از فرمول زیر محاسبه گردید (۴):

$$X^2 = \sum [(E_i - B_i)^2 / E_i]$$

که در آن E_i فراوانی مورد انتظار در هر طبقه و B_i فراوانی مشاهده شده در هر طبقه می‌باشد. درجه آزادی برای این آزمون از رابطه $Y = K - 3$ محاسبه می‌گردد. در این رابطه K تعداد طبقات است.

چون در محاسبه‌ها علاوه بر مجموع کل داده‌ها، میانگین و انحراف از معیار نیز دخالت دارند درجه آزادی $(K - 3)$ می‌باشد. مقدار χ^2 محاسباتی مساوی ۱۳/۰۱۶ به دست آمد. با توجه به مقدار χ^2 جدول در سطح ۵٪ و با درجه آزادی ۸ (۱۵/۵۱)، چون χ^2 محاسبه شده کمتر از χ^2 جدول می‌باشد به احتمال ۹۵٪ داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند.

نوار انتخاب شده می‌بایست ۴۵۰ نوار دیگر طی می‌شد لذا این زمان معادل $450 \times 15 = 6750$ ثانیه شد. ۱۵ ثانیه زمان مورد نیاز برای طی کردن یک نوار برای رسیدن به نوار بعدی است) و زمان هدر رفته ۱۸۰۰ ثانیه بود که در کل زمان نمونه‌برداری معادل ۲۰۳۵۰ ثانیه می‌شود. در نتیجه:

کل هزینه نمونه‌برداری به ریال $4/86 \times 20350 = 98901$ ریال (حالت اول)، مدت زمان لازم در روش بلوکی تصادفی (حالت اول)، مدت زمان لازم برای بلوک‌بندی و انتخاب بلوک‌ها ۹۰۰ ثانیه، مدت زمان لازم برای پیدا کردن بلوک‌ها، مدت زمان برداشت ۵۰ نوار و زمان هدر رفته نیز مشابه روش تصادفی ساده بود. در نتیجه زمان کل نمونه‌برداری ۲۰۹۵۰ ثانیه و کل هزینه نمونه‌برداری به ریال معادل ۱۰۱۸۱۷ گردید.

در روش بلوکی تصادفی (حالت دوم) فقط مدت زمان لازم برای بلوک‌بندی و انتخاب بلوک‌ها افزایش یافت و ۱۰۸۰ ثانیه شد و سایر موارد ثابت بود. در نتیجه زمان کل نمونه‌برداری ۲۱۱۳۰ ثانیه و کل هزینه نمونه‌برداری معادل ۱۰۲۶۹۱۸ ریال شد.

در روش منظم تصادفی مدت زمان لازم برای طراحی شبکه و تعیین قطعات نمونه برداشتی معادل ۲۴۰ ثانیه و سایر هزینه‌های زمانی نیز مشابه روش‌های قبلی بود. در نتیجه زمان کل نمونه‌برداری ۲۰۲۹۰ ثانیه و کل هزینه نمونه‌برداری ۹۸۶۰۹/۴ ریال به دست آمد.

در روش دوم مرحله‌ای نیز مدت زمان لازم برای بلوک‌بندی و انتخاب نوارها ۱۵۰۰ ثانیه و سایر موارد مشابه روش‌های قبلی بود لذا زمان کل نمونه‌برداری به ۲۱۵۵۰ و هزینه کل ۱۰۴۷۳۳ ریال گردید.

در مورد روش شبکه نقطه‌چین مدت زمان لازم برای روی هم‌گذاری شبکه معمول و عکس و شمارش نقاط ۶۰۰ ثانیه، زمان لازم برای محاسبه درصد اشتباه معیار شبکه

جدول ۳- فراوانی کلاسه‌های مساحت کل خط نمونه‌های اندازه‌گیری شده

فراوانی مورد انتظار	فراوانی مشاهده شده	کلاسه‌های مساحت (m^2)	فراوانی مورد انتظار	فراوانی مشاهده شده	کلاسه‌های مساحت (m^2)
۷۸/۰۸	۹	۵۵-۶۹/۹	۵/۲۳	۷۲	۱۴۵-۱۵۹/۹
۴۳	۱۲	۷۰-۸۴/۹	۱۷/۳۵	۴۵	۱۶۰-۱۷۴/۹
۱۷/۵	۴۲	۸۵-۹۹/۹	۴۲/۶۹	۱۶	۱۷۵-۱۸۹/۹
۵/۲۸	۸۴	۱۰۰-۱۱۴/۹	۷۷/۸۱	۴	۱۹۰-۲۰۴/۹
۱/۱۸	۱۱۱	۱۱۵-۱۲۹/۹	۱۰۵/۱۲	۴	۲۰۵-۲۱۹/۹
	۱۰۱	۱۳۰-۱۴۴/۹	۱۰۵/۲۴		

\bar{X} : میانگین به دست آمده از روش نمونه برداری مورد نظر؛

$$\hat{t} = \frac{d}{S_d}$$

μ : میانگین واقعی به دست آمده از روش صد درصد؛

$$d = |\bar{X} - \mu|$$

S_d : اشتباه معیار روش نمونه برداری مورد نظر؛

برای مقایسه روش شبکه نقطه چین با آمار برداری صد درصد نیز از فرمول های زیر استفاده گردید تا t محاسباتی به دست آید:

$$\hat{t} = \frac{d}{S_d}$$

$$d = |\Pi - P|$$

Π : درصد واقعی به دست آمده از آمار برداری صد درصد؛

P : درصد به دست آمده از شبکه نقطه چین؛

$$S_d^2 = \frac{\Pi(1-\Pi)}{n}$$

n : تعداد نقاط شبکه؛

نتایج محاسبه های انجام شده در جدول شماره ۴ قید گردیده است.

با توجه به محاسبه های انجام شده فقط در مقایسه روش بلوکی تصادفی (حالت اول) با آمار برداری صد درصد مقدار t محاسبه هایی بیشتر از t جدول شد، لذا اختلاف بین این دو روش در سطح ۰/۰۵ معنی دار می باشد. بنابراین این روش از مقایسات حذف شد.

آزمون نرمال بودن داده های حاصل از روش های مختلف نمونه برداری و آزمون معنی دار بودن روش های مختلف نمونه برداری

چون تعداد نمونه ها در هر کدام از روش های نمونه برداری حدود ۴۰ بود، لذا برای بررسی نرمال بودن داده های حاصل از روش های مختلف نمونه برداری از آزمون کولموگراف - اسمیرنوف استفاده شد (۴).

مقادیر 2-tailed برای روش های آمار برداری مورد استفاده شامل نمونه برداری تصادفی ساده، بلوکی تصادفی (حالت اول)، بلوکی تصادفی (حالت دوم)، منظم تصادفی و دو مرحله ای به ترتیب ۰/۶۲۵، ۰/۹۲۳، ۰/۷۳۸، ۰/۹۰۷ و ۰/۶۵۵ به دست آمد. چون همگی این مقادیر بیش از ۰/۰۵ هستند در نتیجه همه داده ها نرمال می باشند. برای تعیین معنی دار بودن اختلاف بین روش های مختلف نمونه برداری و آمار برداری صد درصد از آزمون t استفاده شد. از جمله موارد استفاده آزمون t مقایسه یک نسبت فرضی (Π_0) با نسبتی است که از نمونه به دست آمده (P) و نیز مقایسه یک عدد فرضی (μ) با میانگین جامعه نمونه (\bar{X}). برای آزمون بین روش شبکه نقطه چین با آمار برداری صد درصد از حالت اول و فرمول های مربوطه استفاده و برای مقایسه سایر روش ها با آمار برداری صد درصد از حالت دوم استفاده شد.

فرمول های لازم برای مقایسه روش های مختلف نمونه برداری (به جز شبکه نقطه چین) با آمار برداری صد درصد به صورت زیر است:

جدول ۴- نتایج آزمون t برای مقایسه روش های مختلف نمونه برداری با آمار برداری صد درصد

روش آمار برداری	t محاسباتی	t جدول
نمونه برداری تصادفی ساده با آمار برداری صد درصد	۱/۷۸	۲/۰۱۰
نمونه برداری بلوکی تصادفی (حالت اول) با آمار برداری صد درصد	۲/۴۷	۲/۰۱۰
نمونه برداری بلوکی تصادفی (حالت دوم) با آمار برداری صد درصد	۰/۶۳	۲/۰۱۰
نمونه برداری منظم تصادفی با آمار برداری صد درصد	۰/۸۲	۲/۰۱۰
نمونه برداری دو مرحله ای با آمار برداری صد درصد	۰/۶۵	۲/۰۱۰
شبکه نقطه چین با آمار برداری صد درصد	۰/۸۹	۱/۹۶

بحث و نتیجه‌گیری

برای اینکه بتوان روش بهینه آماربرداری در جنگلداری شهری را تعیین کرد، باید مقدار $E^2\% \times T$ برای تمام روش‌های باقی‌مانده محاسبه شود. T (کل هزینه آماربرداری به هزارریال) و $E\%$ (درصد اشتباه آماربرداری به احتمال ۹۵ احتمال) می‌باشد (جدول ۵). با توجه به اینکه روشی که مقدار $E^2\% \times T$ آن کمترین باشد، بهترین روش است لذا نمونه‌برداری با شبکه نقطه‌چین بهترین

روش می‌باشد. هزینه زمانی، ریالی و استهلاک نیروی کاری در روش شبکه نقطه‌چین به مراتب کمتر از سایر روش‌ها است علاوه بر این در این روش امکان دسترسی به باغ‌های خصوصی و درختان داخل منازل مسکونی نیز وجود دارد. در نتیجه با در نظر گرفتن تمامی مزایای فوق شبکه نقطه‌چین به عنوان مناسب‌ترین روش آماربرداری در جنگلداری شهری پیشنهاد می‌شود.

جدول ۵- مقایسه دقت و هزینه روش‌های مختلف آماربرداری

روش آماربرداری	صد درصد	تصادفی ساده	بلوکی تصادفی (حالت دوم)	منظم تصادفی	دومرحله‌ای	شبکه نقطه‌چین
اشتباه آماربرداری (E)	-	۷/۷۲	۸/۶۳	۶/۹۳	۱۷/۰۳	۰/۰۰۲۰۴
کل هزینه آماربرداری (T)	۵۵۸/۹	۹۸/۹	۱۰۲/۷	۹۸/۶	۱۰۴/۷	۷۲
$E\%$	-	۶/۲۶۷	۶/۱۷۷	۵/۴۴۴	۱۳/۵۱۵	۵/۶۶
$E^2\% \times T$	-	۳۸۸۴/۳	۴۷۰۷	۲۹۲۲/۲	۱۹۱۲۴	۲۳۰۶/۵۶

تشکر و قدردانی

در پایان لازم است از آقای مهندس پورهاشمی، خانم مهندس اسلامی، خانم مهندس حاتمی، خانم مهندس

هراتی و خانم مهندس تبریزی که در انجام فعالیت‌های زمینی و دفتری این پژوهش ما را یاری دادند تقدیر و تشکر شود.

منابع

- ۱-زبیری محمود، ۱۳۷۹. آماربرداری در جنگل، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۴۰۱.
- ۲-زبیری محمود، ۱۳۸۱. بیومتری (زیست‌سنجی) جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۴۱۱.
- ۳-زبیری محمود و احمد دالکی، ۱۳۷۹. اصول تفسیر عکس‌های هوایی، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۲۰.
- ۴-منصورفر کریم، ۱۳۷۱. روش‌های آماری، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۵۲.
- ۵-نهرلی داود، ۱۳۷۶. جنگلداری شهری، مجله جنگل و مرتع (۳۳): ص ۶۰-۶۲.
- 6-Gieger, J.R. 1977. A sampling technique to inventory the urban forest. Urban Forestry Workshop. Stevens Point; College of Natural Resources., University of Wisconsin., pp. 50-62.
- 7-Miller, R. W., 1997. (2nd Ed.). Urban forestry-planning and managing urban green spaces. New Jersey, Prentice Hall, U.S.A.
- 8-Mohai, P., Smith, L., Valentine, F., Stiteler, W. Elias, T. and Westfall, R., 1978. Structure of urban street tree population and sampling designs for estimating their parameters. pp. 28-43 in metro. 1 Proc. First Conf. of the Metropolitan Tree Improvement Alliance.
- 9-Sacksteder, C.J. and Gerhold, H. D., 1979. A guide to urban tree inventory systems, Pennsylvania State University, School of Forest Resources, Research Paper No. 43, 52 pp.
- 10-Valentine, F. A., Westfall, R.D. and Manion, P.D., 1978. Street tree assessment by a survey sampling procedure. Journal of Arboriculture, 4(3): 49-57.

Determination of Appropriate Inventory Method in Urban Forestry

P. Panahi¹

M. Zobeiri²

S.M. Hoseini³

M. Makhdoum⁴

Abstract

One of the most important information in urban forestry is the knowledge of their areas. Nowadays, for this purpose, different methods are used in different countries. In this research, the first one carried out in Iran, different sampling methods including 100% inventory with 10-meters strips, simple random sampling, randomized block sampling, systematic random sampling, two stage sampling and dot grid sampling using the aerial photographs, were used to obtain the areas covered by street trees. The study area was Valiasr Avenue in Tehran (right and left side of 5000 meters of the avenue with 500 transects). The largest length of tree's crown (Which is the same as strip's width that were at the beginning point of any strip or the nearest) were measured by 100% inventory (the comparison base for other methods). Strip's areas were calculated using the largest crown length for each method 50 strips were selected and the measurements were carried out and analyzed. Normality of data were tested by χ^2 -test and t-test was used to determine the difference only block random sampling had difference between each different sampling had difference, there for $T \times E^2\%$ value was calculated for other methods. Results showed that dot grid sampling is the best inventory method in urban forestry.

Keywords: Inventory, Sampling, Dot grid, simple random, Block random, Systematic random, Two stage sampling, urban forestry.

¹ - MSc Graduate, Tarbiat Modarres University

² - Professor, Univ. of Tehran

³ -Asst. Prof., Tarbiat Modarres University

⁴ - Professor, Univ. of Tehran