Archive of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۸
ص ۲۴۸-۲۳۷

DOI: 10.22059/jfwp.2019.291718.1028

مقایسهٔ روش آماربرداری صددرصد با روش‌های منظم تصادفی و منظم تصادفی کامل در یک جنگل شبیه‌سازی‌شده در جنگل‌های استان مازندران

سجاد بابایی[۱]، محمود بیات[۲*]، منوچهر نمیرانیان[۳]، سحر حیدری مستعلی[۴]، فاطمه احمدلو[۲]

۱. کارشناسی ارشد جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. استادیار پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳. استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران،کرج، ایران
۴. دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران،کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۹ ، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۹

چکیده

شرط اصلی هر گونه مدیریت و برنامه‌ریزی در جنگل، داشتن اطلاعات کمی و کیفی مناسب از ساختار آن است. به همین دلیل آماربرداری جنگل در برآورد وضعیت موجود و برنامه‌ریزی برای آینده بسیار مهم است. در این پژوهش به‌منظور مقایسهٔ روش منظم تصادفی (تصادفی- سیستماتیک) و روش منظم تصادفی برمبنای آماربرداری کامل در بخش گرازبن جنگل خیرود در شمال ایران، با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی الگوی مکانی درختان جنگلی شبیه‌سازی شد. سپس نقشهٔ الگوی پراکنش درختان جنگلی در محیط Arc GIS 10.3 تهیه شد. پس از آن، با استفاده از تابع بافر نمونه‌برداری براساس روش منظم تصادفی (تصادفی – سیستماتیک) انجام گرفت. در این پژوهش به‌منظور مقایسهٔ روش منظم تصادفی با آماربرداری صددرصد آزمون تی تک‌نمونه‌ای به‌کار گرفته شد. برای مقایسهٔ روش منظم تصادفی و روش منظم تصادفی کامل (روش پیشنهادشده) از آزمون تی جفتی استفاده شد. نتایج نشان داد که میان روش منظم تصادفی و روش آماربرداری کامل (صددرصد)، در برآورد میانگین قطری درختان توسکا، نمدار و راش اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما میان این دو روش در برآورد میانگین قطری درختان بلوط و ممرز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تی تک‌نمونه نشان داد که تنها میان درختان توسکا و نمدار در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، درحالی‌که میان درختان راش، بلوط و ممرز اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تی جفتی نشان داد که بین روش منظم تصادفی (تصادفی- سیستماتیک) و روش منظم تصادفی کامل در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. با توجه به نبود اختلاف معنی‌دار میان دو روش، روش منظم تصادفی کامل برآوردی بی‌اریب تولید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: اعداد تصادفی، بخش گرازبن، روش منظم تصادفی، روش منظم تصادفی کامل.

مقدمه

جنگل‌های هیرکانی با مساحت ۱/۸۵ میلیون هکتار از مهم‌ترین رویشگاه‌های کشور است [۱]. مدیریت و سرمایه‌گذاری در این مناطق اهمیت ویژه‌ای دارد. امروزه به‌منظور بهبود مدیریت منابع طبیعی از ابزارهای متعددی استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین ابزارهای رایج در سیستم مدیریت منابع طبیعی، سیستم اطلاعات جغرافیایی است [۲]. یکی از کاربردهای سیستم اطلاعات جغرافیایی، شبیه‌سازی

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۳۶۱۱۵۶۱
Email: Mbayat@rifr-ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

اکوسیستم‌های جنگلی است. مدل شبیه‌سازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی موجب ساده‌تر شدن الگوهای پیچیدهٔ طبیعت می‌شود. در شبیه‌سازی جنگل دربارهٔ پدیده‌هایی مانند گسترش آتش‌سوزی [۳]، لکه‌های گسستهٔ موجود در اکوسیستم [۴]، الگوهای پراکنش موجودات زنده [۵]، انتشار گونه‌های گیاهی متنوع و تأثیر انسان بر اکوسیستم بحث می‌شود [۶]. شبیه‌سازی ساختار جنگل با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و آماربرداری از منابع زمینی انجام‌پذیر است [۷]. آماربرداری صددرصد یعنی همهٔ درختان موجود در عرصهٔ جنگل با قطر برابرسینه‌ای بیش از حد شمارش اندازه‌گیری شوند. آماربرداری صددرصد در بعضی کشورها مثل فرانسه، سوئیس و اسلوونی در صورتی که بخواهند رویش جنگل را به‌طور غیرمستقیم و به روش کنترل محاسبه کنند، در آغاز هر دوره که طرح جنگلداری تهیه یا تجدید نظر می‌شود، انجام می‌گیرد. در اسلوونی به گفتهٔ پروفسور ملینچک[1] تا کنون سه دورهٔ آماربرداری صددرصد از کل جنگل‌ها به مساحتی بالغ بر یک میلیون هکتار انجام گرفته است [۸، ۹]. آماربرداری صددرصد در موارد زیر انجام می‌گیرد: اندازه‌گیری رویش جنگل به روش کنترل، اندازه‌گیری برای دستیابی به اهداف جنگل‌شناسی در جنگل‌های ناهمسال با توجه به هدف ساختاری تعیین‌شده، قبل از نشانه‌گذاری، با آماربرداری صددرصد در پارسل‌هایی که نشانه‌گذاری در آنها صورت می‌گیرد، پراکنش درختان در طبقات قطری ترسیم می‌شود. با بررسی این پراکنش، برای دستیابی به اهداف تعیین‌شده چه از نظر ترکیب گونه‌ها و چه از نظر موجودی در هکتار یا از نظر پراکنش درختان در طبقات قطری، نشانه‌گذاری انجام می‌گیرد. آماربرداری صددرصد در مواردی همچون اندازه‌گیری دقیق توده‌های جنگلی که به لحاظ ژنتیکی باارزش‌اند، اندازه‌گیری توده‌های جنگلی ناهمگن با مساحت کم، و یا آماربرداری صددرصد در کل جنگل‌های یک کشور به‌منظور بررسی روش‌های مختلف آماربرداری مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸]. در واقع آماربرداری از منابع زمینی به صورت‌های آماربرداری کامل (صددرصد) یا با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری (روش تصادفی کامل، روش منظم تصادفی، آماربرداری نواری، آماربرداری خوشه‌ای) اجرا می‌شود. اساس همهٔ محاسبات حجم نمونه، دقت آماربرداری و هزینهٔ آماربرداری است. برای شبیه‌سازی از منابع زمینی، از داده‌های استخراج‌شده از روش آماربرداری کامل (صددرصد) استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر، پژوهش‌های گسترده‌ای دربارهٔ آماربرداری کامل انجام گرفته است. میرزایی و همکاران (۲۰۱۴) [۱۰] و فلوریس و همکاران (۲۰۱۰) [۱۱] با استفاده از روش آماربرداری (صددرصد) به تحلیل و مقایسهٔ روش‌های آماربرداری مختلف پرداختند. هیری و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی پایش جنگل‌های راش سوئیس در دورهٔ زمانی چهل‌ساله پرداختند [۱۲]. امروزه از داده‌های آماربرداری کامل (صددرصد) در شبیه‌سازی ساختار جنگل استفاده می‌شود. اخوان و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی به بررسی الگوی مکانی درختان در طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخوردهٔ راش در کلاردشت پرداختند. نتایج این تحقیق، کاربرد آمار مکانی را در بررسی الگوی مکانی درختان نشان می‌دهد [۱۳]. مروی مهاجر و همکاران (۲۰۰۸) از شیوهٔ تک‌گزینی در سطح پارسل استفاده کردند که مستلزم آماربرداری صددرصد گونه‌های درختی است [۱۴]. از دیگر پژوهش‌هایی که در جنگل با استفاده از آماربرداری زمینی و GIS به شبیه‌سازی جنگل پرداختند می‌توان به تحقیق بیات و همکاران (۲۰۱۸) اشاره کرد که غنای گونه‌ای و تنوع زیستی را در سطح سیمای سرزمین در بخش گرازبن با روش نمونه‌برداری سیستماتیک تصادفی و GIS بررسی کردند [۱۵]. بیات و همکاران (۲۰۱۹) به مدل‌سازی رویش در جنگل با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل‌سازی با الگوریتم ژنتیک پرداختند و دریافتند که مدل‌سازی و شبیه‌سازی در برآورد رویش جنگل‌ها ابزاری مفید است و

1. Mlinsek

www.SID.ir

Archive of SID

می‌تواند رویش جنگل را با دقت زیاد پیش‌بینی و برآورد کند [۱۶]. بارانوسکی و همکاران (۲۰۱۶) از GIS و شبیه‌سازی ریاضی برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در جنگل استفاده کردند [۱۷]. آگر و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی، سطوح آتش‌سوزی‌های بزرگ گذشته در جنگل‌های ایالت اورگان آمریکا را با استفاده از مدل flammap شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که مدل یادشده توانست آتش‌سوزی را همانند آتش‌سوزی واقعی شبیه‌سازی کند [۱۸]. بیات و همکاران (۲۰۱۳) از مدل‌های رویشی برای بررسی و شبیه‌سازی روش‌های مختلف مدیریت جنگل استفاده کردند. تحلیل مدل و آنالیزهای این تحقیق دال بر عملی بودن و برتری روش مدیریت دانه‌زاد ناهمسال در حفظ پایداری جنگل و تولید چوب از نظر اقتصادی در مقایسه با روش‌های دیگر است [۱۹]. عقیده بر این است که مدیران جنگل برای آگاهی از فرایندهای طبیعی در جنگل، به چنین اطلاعاتی از توده‌های دست‌نخورده به‌عنوان یک کلید راهنما برای مدیریت بهتر جنگل‌ها احتیاج دارند تا همگام با طبیعت در دیگر توده‌های تحت مدیریت عمل کنند و به مدیریت پایدار اکوسیستم‌های طبیعی بپردازند. جهانی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از داده‌های آماربرداری صددرصد به شبیه‌سازی جنگل آموزشی بخش گرازبن پرداختند [۲۰]. پیشینهٔ پژوهش در مطالعات داخلی نشان‌دهندهٔ مطلوب بودن جنگل شبیه‌سازی‌شده است [۲۱]، بدین مفهوم که میان جنگل شبیه‌سازی‌شده و جنگل واقعی هیچ اختلاف معناداری وجود ندارد. با توجه به اینکه در این زمینه به مقایسهٔ روش‌های مختلف آماربرداری در جنگل توجه نشده، هدف این پژوهش مقایسهٔ روش منظم تصادفی و روش منظم تصادفی کامل برمبنای داده‌های آماربرداری زمینی (کامل) در جنگل شبیه‌سازی‌شدهٔ اکوسیستم‌های خزری است تا از این طریق، مقایسهٔ روش‌های مختلف آماربرداری و نمونه‌برداری ممکن شود؛ چراکه پایه و اساس هر گونه تحقیق و برنامه‌ریزی و برداشت اطلاعات از جنگل را روش مناسب آماربرداری و نمونه‌برداری از آن تعیین می‌کند و این موضوع، لزوم اجرای تحقیق حاضر را در بخشی از جنگل‌های خزری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین جنگل‌های کشور به‌خوبی نشان می‌دهد.

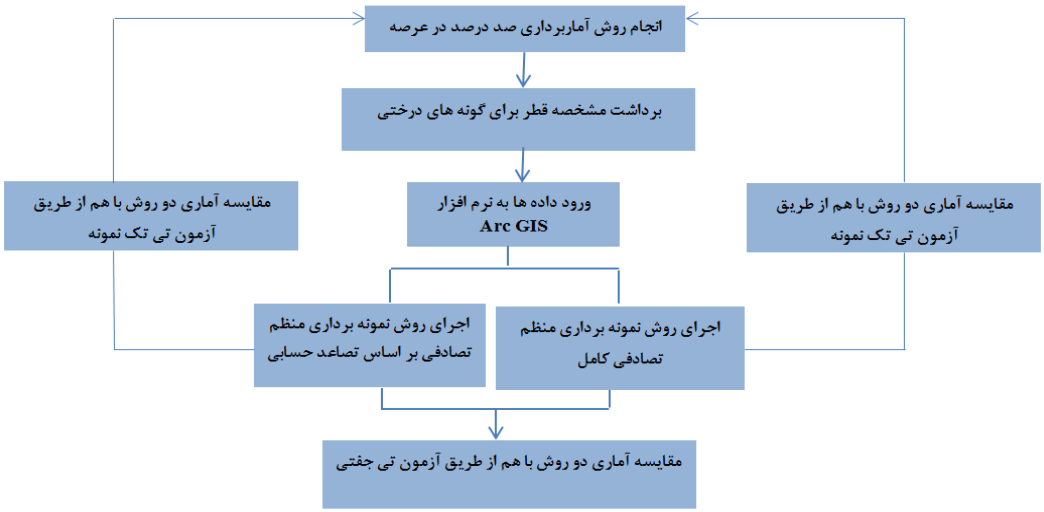
مواد و روش‌ها

در این پژوهش، روش منظم تصادفی و روش منظم تصادفی کامل برمبنای داده‌های آماربرداری زمینی (کامل) در جنگل شبیه‌سازی‌شدهٔ اکوسیستم‌های خزری بخش گرازبن واقع در جنگل آموزشی پژوهشی خیرود مقایسه شد (شکل ۱). در این بخش، در شرایط طبیعی جامعه‌های راش- ممرزستان (*Fagus- Carpinus*) دیده می‌شود، اما در وضعیت کنونی به‌دلیل دخالت بی‌رویهٔ انسان، فراوانی گونه‌های ممرز افزایش یافته و به تیپ ممرز- راش (*Fagus - Carpinus*) مبدل شده است [۲۱]. خلاصه‌ای از مراحل اجرای پژوهش در شکل ۲ آمده است.

شکل ۱. منطقهٔ تحقیق، بخش گرازبن جنگل خیرود

www.SID.ir

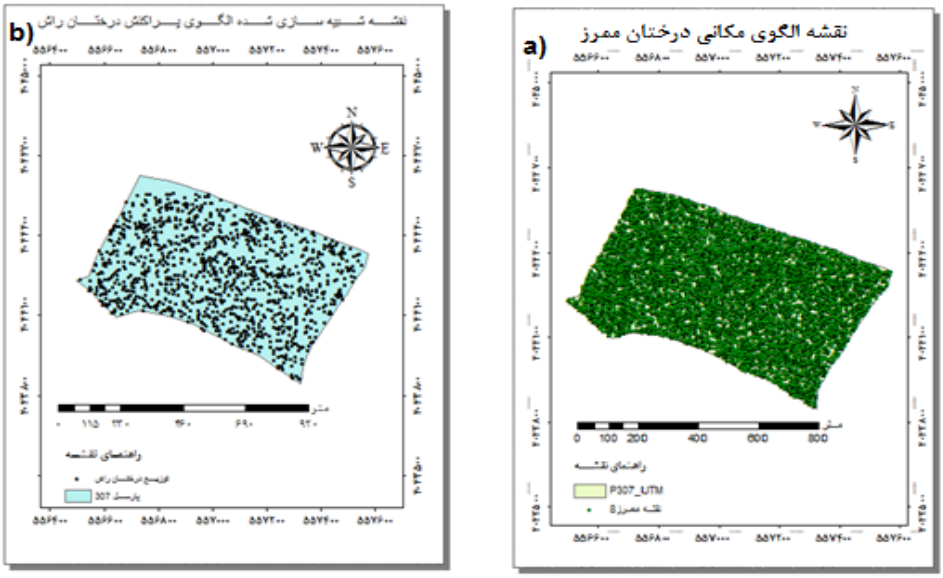
Archive of SID



شکل ۲. مراحل اجرای پژوهش

آماربرداری کامل (صددرصد)

داده‌های لازم، با استفاده از روش آماربرداری کامل در سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شد. در طول اجرا، ۱۵۴۴۸ درخت برداشت و قطر درختان تعیین شد. دامنهٔ طبقات قطری استفاده‌شده در خط‌کش دوبازو ۱ سانتی‌متر بود. در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS10.3 داده‌های آماربرداری کامل (صددرصد) شبیه‌سازی شد. بدین منظور که درختان موجود در عرصه با استفاده از جدول اعداد تصادفی به‌صورت تصادفی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پراکنده شدند. در این پژوهش، الگوی پراکنش گونه‌های راش، بلوط، نمدار و توسکا به‌صورت تصادفی شبیه‌سازی شد که فراوانی آن به‌ترتیب برای گونه‌های راش ۱۲۵۶، ممرز ۹۸۲۷، توسکا ۴۹۹، نمدار ۲۴۹ و بلوط ۲۱۳۷درخت بود (شکل ۳). در این پژوهش درختان به‌صورت تصادفی در عرصه پراکنده شدند و هر درخت با نماد دایره نشان داده شد و به‌منظور جلوگیری از نمایش همپوشانی درختان از حداقل اندازهٔ دایره استفاده شد.



شکل ۳. نحوهٔ پراکنش درختان a) درختان ممرز و b) درختان راش در جنگل شبیه‌سازی‌شده در محیط Arc GIS

www.SID.ir

Archive of SID

شبیه‌سازی جنگل به روش منظم تصادفی براساس تصاعد حسابی

در این پژوهش به‌منظور بررسی مشخصهٔ قطری درختان از روش منظم تصادفی استفاده شد. در روش منظم تصادفی ابتدا یک نقطه به‌صورت تصادفی در منطقه پیاده شده و سپس در شبکه‌ای با ابعاد طولی و عرضی مشخص دیگر مرکز قطعات نمونه مشخص می‌شوند. همچنین به‌منظور تشریح روش منظم تصادفی از تصاعد حسابی استفاده شد و با توجه به اینکه در این روش هر شبکه از مجموعه‌ای ترانسکت طولی و عرضی تشکیل شده است، ترانسکت‌های طولی در محور عرض‌ها شماره‌گذاری شد. مبدأ شماره‌گذاری مبدأ سیستم مختصات دکارتی بود (صفر)، سپس با استفاده از جملهٔ عمومی تصاعد حسابی، اولین مبدأ حرکت هر کدام از ترانسکت‌ها مکان‌یابی شد. اولین مرکز قطعه نمونه به‌عنوان اولین جملهٔ تصاعد حسابی در نظر گرفته شد. سپس آخرین قطعه نمونه به‌عنوان آخرین جملهٔ عمومی دنباله فرض شد و با استفاده از قانون عمومی جملهٔ دنباله، دیگر قطعات نمونه تعیین مکان شد. در پژوهش حاضر، به‌منظور اجرای روش منظم تصادفی براساس تصاعد حسابی (روش پیشنهادشده) همانند روش منظم تصادفی با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS شبکه‌ای به ابعاد ۱۴۰×۱۰۰ متر طراحی شد. قانون عمومی دنبالهٔ آن در محورهای طولی و عرضی در رابطه‌های ۱ و ۲ ذکر شد. نحوهٔ محاسبهٔ روش منظم حسابی با استفاده از تصاعد حسابی در محیط Arc GIS در شکل ۴ آمده است.

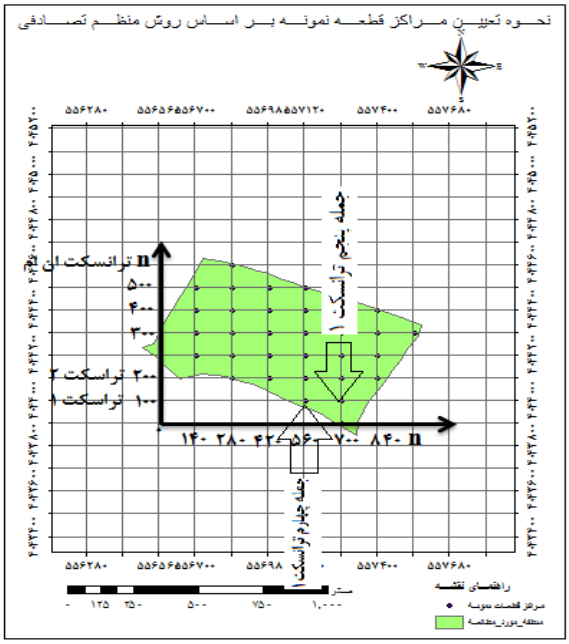
$$a_x = a_1 + (n-1)d \qquad (1)$$

a_x: مرکز قطعه نمونه، a_1: جملهٔ اول تصاعد حسابی، (n-1)d: قدر نسبت تصاعد حسابی که همان طول شبکه است.

$$a_y = a_1 + (n-1)d \qquad (2)$$

a_y: ترانسکت n ام، a_1 : ترانسکت اول، (n-1): جملهٔ n-1ام تصاعد حسابی، d: قدر نسبت تصاعد حسابی که همان عرض شبکه است.

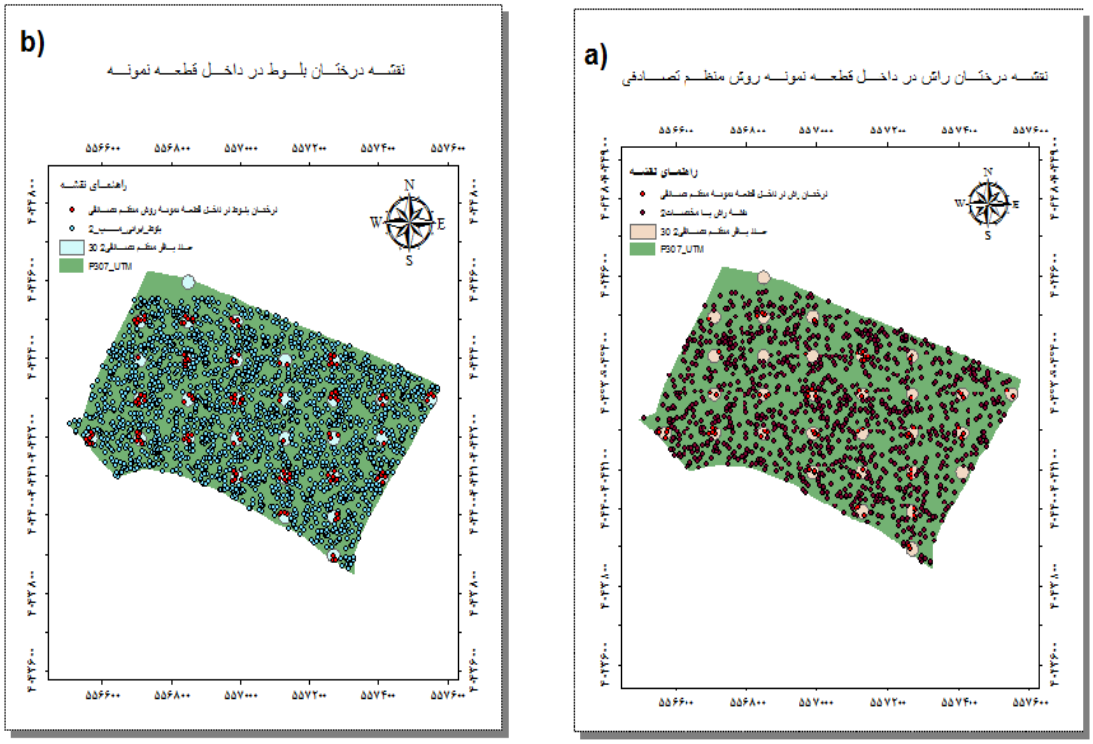
سپس به‌منظور برآورد مشخصهٔ قطر درختان در ارتفاع برابرسینه از تابع بافر با شعاع ۱۷/۸۴ متر استفاده شد (شکل ۵).



شکل ۴. نحوهٔ محاسبهٔ روش منظم حسابی با استفاده از تصاعد حسابی در محیط Arc GIS

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. نحوهٔ اندازه‌گیری درختان a) درختان راش و b) درختان بلوط در داخل قطعات نمونهٔ منظم تصادفی با استفاده از تابع بافر در محیط Arc GIS

شبیه‌سازی جنگل با استفاده از روش منظم تصادفی کامل

در ادامه، از روش منظم تصادفی کامل استفاده شد که تفاوت این روش با روش منظم تصادفی (سیستماتیک-تصادفی) این است که تماماً براساس اصل اعداد تصادفی بودن انتخاب می‌شوند. در این روش پس از تعیین تعداد کل قطعات نمونه آماربرداری‌شده در جامعهٔ محدود، تعداد قطعات نمونه بر اساس رابطه‌های ۳ و ۴ در محورهای طولی و عرضی منطقهٔ تحقیق تعیین می‌شود. در این روش اگر قطعات نمونه در محور عرض‌ها به قطعات نمونه در محور طول‌ها تقسیم شود عددی نزدیک به نسبت (۱/۶۱۸) به‌دست می‌آید. شایان ذکر است که این نسبت عدد ۱/۶۱۸ است که از تقسیم طول مستطیل طلایی به عرض مستطیل طلایی به‌دست می‌آید.

$$n_x = \frac{\sqrt{N} * 1.618 + \sqrt{N} * 44.5\%}{1.618} \qquad (۳)$$

n_x: تعداد قطعات نمونه در محور طول‌ها؛ N: تعداد کل قطعات نمونه.

$$n_Y = \frac{N}{n_x} \qquad (۴)$$

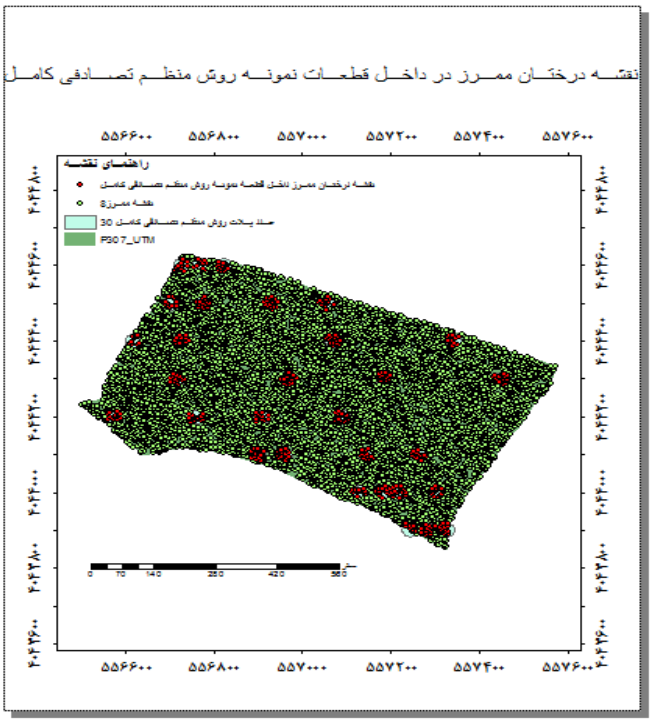
n_y: تعداد قطعات نمونه در محور عرض‌ها؛ N: تعداد کل قطعات نمونه.

تصاعد تصادفی

در این روش همانند روش منظم تصادفی قطعات نمونه در محور عرض‌ها به‌طور سیستماتیک با فواصل مشخص انتخاب شده و مرکز قطعات نمونه در محور طول‌ها به‌صورت تصادفی و با استفاده از جدول اعداد تصادفی تعیین می‌شود. در این پژوهش به‌منظور تعیین فواصل بین قطعات نمونه در محور عرض‌ها از نسبت طول محور عرض‌ها به تعداد قطعات نمونه در محور عرض‌ها استفاده شد که این کار همانند مرحلهٔ قبل، در محیط نرم‌افزار ARC GIS و با کمک تابع بافر انجام گرفت (شکل ۶).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. نحوهٔ اندازه‌گیری درختان در داخل قطعات نمونهٔ منظم تصادفی کامل با استفاده از تابع بافر در محیط Arc GIS

تجزیه‌وتحلیل آماری

از آزمون تی تک‌نمونه‌ای برای مقایسهٔ روش‌های منظم تصادفی و آماربرداری صددرصد و روش منظم تصادفی کامل با روش آماربرداری صددرصد استفاده شد. برای مقایسهٔ روش‌های منظم تصادفی و منظم تصادفی کامل در جنگل شبیه‌سازی‌شده در محیط نرم‌افزار نیز از آزمون تی جفتی استفاده شد. در این آزمون‌های آماری، آماره‌ای به نام t وجود دارد که مبنای تصمیم‌گیری در مورد وجود یا نبود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مورد مقایسه است.

نتایج و بحث

شبیه‌سازی ابزاری مفید در مدیریت جنگل است که کاربردهای مختلفی دارد، به‌ویژه زمانی که عملیات جنگل‌شناسی به دلایلی مانند محدودیت‌های فیزیکی، قانونی و ... امکان‌پذیر نیست [۲۰]. نتایج آماربرداری کامل نشان داد که جامعهٔ درختان راش، بیشترین میانگین قطری و درختان شیردار، کمترین میانگین قطری را دارند (جدول ۱).

نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای نیز نشان داد که میان روش منظم تصادفی و آماربرداری کامل در برآورد میانگین قطری درختان توسکا و نمدار اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این نتایج همسو با نتایج پژوهش جهانی و همکاران (۲۰۱۲) است که بیان کردند بین روش آماربرداری صددرصد در عرصه و روش تصادفی در جنگل شبیه‌سازی‌شده در بررسی قطر درختان اختلاف معنی‌دار وجود ندارد [۲۰]. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از روش منظم تصادفی (جدول ۲) و روش منظم تصادفی کامل (جدول ۳) نیز نشان داد که روش منظم تصادفی، روشی مناسب در برآورد مشخصهٔ قطری درختان گونه‌های نمدار و توسکا و گونه‌های کمیاب و نادر است [۵].

در این پژوهش برای مقایسهٔ قطر درختان در روش منظم تصادفی و روش منظم تصادفی کامل از آزمون تی جفتی استفاده شد. نتایج آزمون تی جفتی نشان داد که دو روش منظم تصادفی و منظم تصادفی کامل در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. نتایج مربوط به میانگین آماربرداری کامل

نام گونه	میانگین قطر (سانتی‌متر)	واریانس (سانتی‌متر)	انحراف معیار (سانتی‌متر)	ضریب تغییرات (بدون واحد)
راش	۵۴/۹۱۸	۸۳۷/۵۶۱	۲۸/۹۴۰	۵۲/۶۹۷
بلوط	۲۶/۱۱۷	۲۷۷/۸۹۰	۱۶/۶۷	۸۲/۶۳
ممرز	۲۶/۰۳	۶۵/۳۲۹	۱۸/۱۵۵	۶۹/۷۴۷
توسکا	۴۰/۸۶۴	۷۹/۵۲۷	۸/۹۱۷	۶۰/۴۶۳
شیردار	۲۲/۶۲۷	۷۹/۵۲۷	۸/۹۱۷	۶۰/۴۶۳
نمدار	۲۶/۰۳۸	۲۳۱/۸۰۵	۱۵/۲۲۵	۵۸/۴۷۲

جدول ۲. نتایج نمونه‌برداری با استفاده از روش منظم تصادفی

نام گونه	میانگین قطر (سانتی‌متر)	واریانس (سانتی‌متر)	انحراف معیار (سانتی‌متر)	درصد ضریب تغییرات
راش	۴۲/۳۷	۱۰۹۰/۷۲۶	۳۳/۰۲۶	٪۷۸/۰۶۳
بلوط	۲۱/۶	۴۴/۱۱۵	۱۲/۰۰	٪۵۵/۵۷
ممرز	۲۲/۵۹	۴۳۳/۶۵۶	۲۰/۸۲۴	٪۹۲/۱۸۴
توسکا	۴۰/۷۴	۳۴۶/۸۱۴	۱۸/۶۲۲	٪۴۵/۷۱۱
نمدار	۲۷/۱۴۲	۲۲۶/۴۲۸	۱۵/۰۴۷	٪۵۵/۴۴۰

جدول ۳. نتایج تجزیه‌وتحلیل قطر درختان با استفاده از روش منظم تصادفی کامل

اسم گونه	میانگین قطر	واریانس	انحراف معیار	درصد ضریب تغییرات (٪)
راش	۳۹/۸۱۴	۱۱۵۴/۰۲۸	۳۳/۹۷۰	۸۵/۳۲۴
بلوط	۲۰/۳۷۵	۱۷۴/۴۳۸	۱۳/۲۰۷	۶۴/۸۲۲
ممرز	۲۲/۵۹۶	۴۳۲/۸۹۷	۲۰/۸۰۶	۹۲/۰۷۷
توسکا	۳۹/۴۲	۴۸۶/۶۵	۲۲/۰۶۰	۵۵/۹۶۱
نمدار	۲۳/۵۰	۱۹۴/۷۲۲	۱۳/۹۵۴	۵۹/۳۷۹

جدول ۴. نتایج مربوط به داده‌های قطری درختان دو روش منظم تصادفی و روش منظم تصادفی کامل

مقایسهٔ دو روش	نتایج آزمون تی جفتی					
	میانگین	سطح اطمینان ٪۹۵		میانگین خطا از معیار	انحراف معیار	درجهٔ آزادی	Sig
		سطح بالا	سطح پایین				
منظم تصادفی – منظم تصادفی کامل	-۱/۷۳	-۰/۱۴۹	-۳/۴۵۴	۶/۱۹۴	۱/۳۸۵	۲۹	۰/۰۴۹*

جدول ۵. نتایج مقایسهٔ روش منظم تصادفی با آماربرداری کامل (صددرصد) براساس آزمون تی تک‌نمونه

اسم گونه	قطر به‌دست‌آمده در روش منظم تصادفی	قطر به‌دست‌آمده در روش آماربرداری کامل	درجهٔ آزادی	عدد تی	نتیجهٔ معنی‌داری
راش	۴۲/۳۰۷	۵۴/۹۱	۹۱	-۳/۶۶	**
ممرز	۲۲/۵۹	۲۶/۰۳	۶۵۰	-۴/۲۱۱	-
بلوط	۲۱/۶	۲۶/۱۷	۱۴۶	۳/۴۵۸	-
توسکا	۴۰/۷۴	۴۰/۸۶	۲۶	۰-/۰۳۳	*
نمدار	۲۷/۱۴۲	۲۶/۰۳۸	۱۰	۰/۲۴۳	*

** سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * سطح اطمینان ۹۵ درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

دو روش منظم تصادفی با روش آماربرداری کامل نیز مقایسه شدند. نتایج مقایسهٔ روش منظم تصادفی با روش آماربرداری کامل براساس آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد که میان قطر درختان توسکا و نمدار در هر دو روش منظم تصادفی و روش آماربرداری کامل اختلاف معناداری وجود ندارد. نتایج آزمون تی تک‌نمونه نیز نشان داد که میان قطر درختان ممرز و بلوط اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵).

نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای نیز نشان داد که میان قطر درختان توسکا و نمدار در روش منظم تصادفی کامل و روش آماربرداری کامل اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. نتایج این تحقیق، از نظر کارایی روش منظم تصادفی کامل در برآورد گونه‌های کمیاب با پژوهش گزارش‌شده برابری می‌کند (جدول ۶). نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای برای گونه‌های ممرز و بلوط نشان داد که میان روش منظم تصادفی با آماربرداری کامل اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۶. نتایج مقایسهٔ روش منظم تصادفی کامل با آماربرداری کامل (صددرصد) براساس آزمون تک‌نمونه‌ای

اسم گونه	قطر به‌دست‌آمده در روش منظم تصادفی کامل	قطر به‌دست‌آمده در روش آماربرداری کامل	درجهٔ آزادی	عدد تی	داری نتیجهٔ معنی
راش	۳۹/۸۱۴	۵۴/۹۱	۸۱	-۳/۶۶	**
ممرز	۲۲/۵۹۶	۲۶/۰۳	۶۴۹	-۴/۲۱۱	-
بلوط	۲۰/۳۷۵.	۲۶/۱۷	۱۲۰	۳/۴۵۸	-
توسکا	۳۹/۴۲	۴۰/۸۶	۲۵	۰-/۰۳۳	*
نمدار	۲۳/۵۰	۲۶/۰۳۸	۱۰	۰/۲۴۳	*

** سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * سطح اطمینان ۹۵ درصد.

در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای دربارهٔ مقایسهٔ روش‌های مختلف آماری انجام گرفته است [۱۰، ۱۱]. انعطاف‌پذیری کمِ روش منظم تصادفی نسبت به روش تصادفی کامل سبب اختلاف معنی‌دار این روش نسبت به روش‌های دیگر آماری می‌شود. با توجه به اینکه دو روش اختلاف معنی‌داری ندارند، نتایج این پژوهش داد که روش منظم تصادفی کامل، در برآورد قطر درختان، برآوردی بی‌اریب تولید می‌کند. در بیشتر موارد، یک روش نمونه‌برداری که متناسب با نوع جنگل و هماهنگ با اهداف مدیریت جنگل انتخاب و به‌درستی تجزیه‌وتحلیل شود، به‌مراتب مفیدتر و قابل قبول‌تر از آماربرداری صددرصد است؛ اما بدیهی است که در روش‌های آماربرداری مبتنی بر نمونه‌برداری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز شیوهٔ تک‌گزینی در سطح پارسل حاصل نمی‌شود. افزون‌بر این بنا بر اهمیت گونه‌های نادر و درختان قطور در برنامه‌ریزی جنگل‌شناسی و تنوع گونه‌ای، اجرای آماربرداری صددرصد با توجه به هزینهٔ زیاد آن، توجیهی قابل قبول دارد. پایش دقیق تغییرات توده‌های جنگلی از جمله تغییر حجم توده، تعداد و درصد گونه‌ها در طبقات قطری، ارزیابی غنای گونه‌های درختی، کمک به نشانه‌گذاری برای رسیدن به اهداف تعیین‌شده و پراکنش بهینهٔ درختان در طبقات قطری از امتیازات مهم این روش آماربرداری است [۱۴].

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با کمک جنگل شبیه‌سازی‌شده، روش‌های مختلف آماربرداری و نمونه‌برداری مقایسه شدند. شرط اصلی هر گونه مدیریت و برنامه‌ریزی در جنگل، داشتن اطلاعات کمی و کیفی مناسب از ساختار آن است. به همین دلیل آماربرداری جنگل در برآورد وضعیت موجود و برنامه‌ریزی برای آینده، اهمیت زیاد دارد. ازآنجا که آماربرداری جنگل همیشه با صرف هزینه و زمان همراه

www.SID.ir

Archive of SID

است، در طول زمان با هدف کاهش مدت آماربرداری و هزینه و نیز افزایش دقت آماربرداری، روش‌های زیادی تاکنون ارائه شده است. در واقع، چون ارزیابی دقیق جامعهٔ جنگلی نیازمند اتخاذ روش‌های نمونه‌برداری اصولی است، به‌طور کلی، به‌کارگیری روش‌های یکسان برای همهٔ مناطق جنگلی کشور بدون مقایسهٔ دقت، صحت، هزینه و هدف بین روش‌های مختلف، منطقی نیست و باید روش‌های مختلف در این جنگل‌ها بررسی شوند تا روش مناسب از نظر دقت و هزینه انتخاب شود. در کل می‌توان گفت همان‌گونه که نتایج پژوهش‌های مشابه نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین جنگل شبیه‌سازی‌شده و جنگل حقیقی از نظر آماری وجود ندارد و در نتیجه جنگل شبیه‌سازی‌شده به‌عنوان روشی نو و مناسب، امکان مقایسهٔ روش‌های گوناگون آماربرداری و حتی ابعاد و شکل قطعات نمونه را در جنگل فراهم می‌آورد و برای مدیریت مؤثرتر جنگل کاربرد خوبی دارد و با اجرای آن تصمیمات مدیریتی در جنگل را می‌توان با اطمینان بیشتری اجرا کرد. با توجه به نیاز این روش به پایگاه داده‌های بسیار بزرگ، بهتر است در مقیاس مطالعاتی بزرگ‌تر مثلاً در سطح بخش جنگل انجام گیرد و همهٔ درختان، دارای آزیموت در سطح قطعه نمونه نسبت به مرکز قطعه نمونه باشند.

References

[1]. Bayat, M., Ghorbanpour, M., Zare, R., Jaafari, A., and Thai Pham, B. (2019). Application of artificial neural networks for predicting tree survival and mortality in the Hyrcanian forest of Iran. Computers and Electronics in Agriculture, 164: 1-7.

[2]. Goodchild, M.F. (2004). GIS science, geography, form, and process. Annals of the Association of American Geographers, 94(4): 709-714.

[3]. Yassemi, S., Dragicevi, S., and Schmidt, M. (2008). Design and implementation of an integrated GIS-based cellular automata model to characterize forest fire behavior. Ecological Modelling, 210: 71-84.

[4]. Bone, C., Dragicevi, S., and Roberts, A. (2006). A fuzzy-constrained cellular automata model of forest insect infestations. Ecological Modelling, 192: 107–125.

[5]. Bennett, D.A., and Tang, W. (2006). Modelling adaptive, spatially aware, and mobile agents: elk migration in Yellowstone. Geographical Information Science, 20: 1039-1066.

[6]. Anwar, S.M., Jeanneret, C.A., Parrott, L., and Marceau, D.J. (2007). Conceptualization and implementation of a multi-agent model to simulate whale-watching tours in the St. Lawrence Estuary in Quebec, Canada. Environmental Modelling and Software, 22: 1775–1787.

[7]. Bourque, C. P. A., Bayat, M., and Zhang, C. (2019). An assessment of height–diameter growth variation in an unmanaged *Fagus orientalis* dominated forest. European Journal of Forest Research, 138, 607–621.

[8]. Zobeiri, M. (2008). Forest Biometry. University of Tehran Press. 407p

[9]. Marvie-Mohadjer, M.R. (2012). Silviculture. University of Tehran Press. 400p.

[10]. Mirzaei, M., Bonyad, A., Bijarpas, M., and Golmohamadi, F. (2014). Easy and quick survey method to estimate quantitative characteristics in the thin forests. Forest and Environmental Science, 31(312): 2288-9752.

[11]. Floris, A., Clementel, F., Farruggia, Cl., and Scrinzi, Gi. (2010). Forest volume estimate based on LiDAR data: a study for the Paneveggio Forest (NE Alpine area, Italy). Remote Sensing, 42 (3): 15-32.

[12]. Heiri, C., Wolf, A., Rohrer, L., and Bugmann, H. (2009). Forty years of natural dynamics in Swiss beech forests: structure, composition, and the influence of former management. Ecological Applications, 19:1920–1934.

[13]. Akhavan, R., Sagheb Talebi, Kh., and Hassani, M. (2010). Investigation of spatial patterns of trees during evolutionary stages of forest in intact beech (*Fagus orientalis lipsky*) in Kalardasht. Journal of Forest and Poplar, 18 (2): 322-326.

www.SID.ir

Archive of SID

[14]. Marvie-Mohadjer, M., Zobeiri M., Etemad,V., Jourgholami., M. (2008). Performing of the single selection method at compartment level and necessity for full inventory of tree species (Case study: Gorazbon District in Kheyroud Forest, North of Iran). Journal of Natural Resources, 61(4): 889-908.

[15]. Bayat, M., Heydari, S., and Bourque, Ch. (2018). Application of Symbolic regression and Geographic Information System in Kheyroud watershed to provide spatial models that affect the surface of the landscape. Journal of Environmental Study 44 (3): 411-424.

[16]. Bayat, M., Thanh Noi, P., Zare, R. and Tien Bui, D. (2019). A semi-empirical approach based on genetic programming for the study of biophysical controls on diameter-growth of *Fagus orientalis* in northern Iran. Remote Sensing, 11(14):1680.

[17]. Baranovskiy, N., Barakhnin, V., and Yankovich, E. (2016). GIS-technology and mathematical simulation as tools for lightning-caused forest fire danger prediction. Mathematical and Information Technology, 118: 2-15.

[18]. Ager, A., Valliant, N. M., and Preisler, H.K. (2012). Analyzing wildlife exposure and source –sink relationships on a fire prone forest landscape. Forest ecology and management, 267: 271-283.

[19]. Bayat, M., Pukkala, T., Namiranian, M., and Zobeiri, M. (2013). Productivity and optimal management of the uneven-aged hardwood forests of Hyrcania. European Journal of Forest Research. 132(5-6): 851-864.

[20]. Jahani, A., Feghhi, J., and Zobeiri, M. (2012). Forest simulation for the study of forest statistics (case study: Gorazbon district in Kheyroud forest). Journal of Forest and Wood Products, 65 (2): 157-147.

[21]. Bayat, M., Namiranian, M., Zobeiri, M., and Pukkala, T. (2014). Growth models using to simulate and investigate different forest management methods (case study: Gorazbon district in Kheyroud forest, north of Iran). Journal of Forest and Wood Products, 67 (4): 612-595.

www.SID.ir

Archive of SID

A comparative study of the full inventory method with regular random and complete regular random methods in a simulated forest in the Mazandaran province

S. Babaei; M. Sc. Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

M. Bayat*; Assist. Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran

M. Namiranian; Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

S. Heidari Masteali; Ph.D. Student of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

F. Ahmadloo; Assist. Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran

(Received: 31 October 2019, Accepted: 20 November 2019)

ABSTRACT

The main pre-request of the forest management and planning program is the availability of quantitative and qualitative data from forest structure. Therefore, the forest inventory plays a vital role in the estimation of the current status and future planning. In this study, spatial pattern of trees in Gorazbon section of Kheyroud forest in northern Iran was simulated to compare the random systematic sampling and complete random systematic sampling method based on the full calipering method. By using the Arc GIS software, the spatial pattern of forest trees was simulated. Buffer function was used to calculate the random systematic sampling and complete random systematic sampling method based on the full calipering method. In order to compare random systematic sampling with full calipering single-sample, a t-test was used. The results showed that there was no significant difference between random systematic sampling and full calipering method to estimate the average diameter of *Alnus*, *Fagus orientalis*, and *Tilia begonifolia*. However, there was a significant difference between two methods in the estimation of average diameter of *Carpinus orientalis* and *Quercus persica*. The results of T-test revealed that there is no significant difference between *Alnus* and *Tilia begonifolia* but significant difference was observed between the trees of the *Fagus orientalis*, *Carpinus orientalis*, and *Quercus persica*. In addition, paired t-test was used to compare the random systematic sampling and complete random systematic sampling method. Results showed that there is no significant difference between random systematic sampling and complete random systematic sampling method.

Keywords: Gorazbon Section, complete random systematic sampling method, random systematic sampling.

* Corresponding Author, Email: mbayat@rifr-ac.ir, Tel: +989183611561

www.SID.ir