فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۹ شمارهٔ ٤، صفحهٔ ۵۷۱-۵٦۲، (۱۳۹۰)

نتایج مقدماتی استفاده از روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی به‌منظور برآورد زی‌توده اندام‌های هوایی درختان دست‌کاشت توت و اقاقیا در منطقه فولاد مبارکه

سیاوش بختیاروند بختیاری[۱] و هرمز سهرابی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد.
۲*- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس. پست الکترونیک: hsohrabi@modares.ac.ir
تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۲۸

چکیده

امروزه برآورد زی‌توده، کاربردهای تحقیقاتی و اجرایی بسیاری در علوم جنگل دارد. یکی از روشهای برآورد زی‌توده درخت، روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی (Randomized Branch Sampling) است. در تحقیق حاضر، این روش نمونه‌برداری معرفی و صحت برآورد زی‌توده با این روش برای ۵ اصله درخت از دو گونه توت (*Morus alba*) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) به‌تفکیک زی‌توده تاج و کل در جنگل‌کاریهای فولاد مبارکه در منطقه نیمه‌خشک اصفهان بررسی شد. زی‌توده واقعی با وزن کردن کامل و زی‌توده برآوردی با روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی بدست‌آمد و با آزمون t جفتی مقایسه و اریبی و اریبی نسبی برآورد نیز محاسبه گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که اختلاف زی‌توده اندازه‌گیری شده و برآوردی برای کل درخت و تاج آن در هر دو گونه از نظر آماری معنی‌دار نیست. اریبی نسبی برآورد زی‌توده بین ۳/۳ تا ۷/٦ درصد بدست آمد. اگرچه تعداد ۵ نمونه برای معرفی یک روش، از لحاظ آماری کم به‌نظر می‌رسد و این مقاله نتایج مقدماتی روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی را ارائه می‌کند، اما براساس نتایج این تحقیق، این روش صحت بسیار خوبی برای برآورد زی‌توده درخت دارد.

واژه‌های کلیدی: نمونه‌برداری شاخسار تصادفی، زی‌توده اندام‌های هوایی، اقاقیا، توت، فولاد مبارکه.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، تغییرات آب و هوایی و تأثیری که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر بر دمای کره زمین دارد به یکی از دغدغه‌های مهم بشر تبدیل شده است. با توجه به نقش درختان در ترسیب کربن اتمسفر، ارائه روشهایی برای برآورد دقیق این ذخایر کربن الزامیست. از آن جا که زی‌توده اندام‌های هوایی (Above-ground biomass) و به‌ویژه زی‌توده تاج از مشخصه‌های کلیدی در محاسبه میزان ترسیب کربن در درختان به‌شمار می‌آیند، استفاده از روشهای غیرمخرب، به‌منظور برآورد دقیق آنها بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد (Peper & Mcpherson, 1998). دو روش اصلی برای برآورد زی‌توده اندام‌های هوایی در تک‌درختان شامل قطع کامل (Complete harvest method) و قطع جزیی (Partial harvest method) می‌باشند. روش قطع کامل، نسبت به‌روشهای قطع نسبی در برآورد زی‌توده دقتی به‌مراتب بیشتر دارد، اما مشکل بودن اجرای این روش، پُرهزینه بودن، نیاز آن به نیروی انسانی و تجهیزات زیاد و از همه مهمتر، مخرب بودن آن از جمله دلایلی است که روشهای قطع نسبی را ارجح می‌نماید (Good *et al.*, 2001).

Archive of SID

www.SID.ir

یکی از روشهایی که در این طبقه‌بندی در گروه دوم قرار می‌گیرد، روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی (Randomized Branch Sampling; RBS) است. این روش نخستین بار توسط Jessen (1995) معرفی گردید. وی از این روش در برآورد تعداد میوه درختان باغی استفاده نمود، اما این روش علاوه بر مورد یادشده، شیوه‌ای کارآمد در برآورد بسیاری از ویژگی‌های درختان و سایر گیاهانی است که دارای ساختار شاخساری هستند. از این روش تاکنون در برآورد تعداد برگ درختان (Valentine & Hilton, 1977)، وزن خشک مواد چوبی در اندام‌های هوایی (Valentine *et al*., 1984) و مواردی دیگر همچون برآورد جمعیت تخم یا لارو حشرات استفاده شده است (Gregoire *et al*., 1995).

در تحقیقی، چهار روش برای برآورد زی‌توده اندام‌های هوایی و سرشاخه‌ها در دو گونه توت و گیلاس مورد ارزیابی قرار گرفت که سه روش آن روابط رگرسیونی و روش دیگر نمونه‌برداری شاخسار تصادفی بود. از این میان تنها روش اخیر به‌دلیل عدم اختلاف معنی‌دار بین مقادیر واقعی و برآوردی، در برآورد زی‌توده اندام‌های هوایی مناسب تشخیص داده شد (Peper & Mcpherson, 1998).

همچنین این روش و تلفیق آن با روش (IS) Importance Sampling در برآورد زی‌توده بخش چوبی (Woody biomass) و زی‌توده سرشاخه (شامل برگ و شاخه‌های با قطر کمتر از یک سانتی‌متر) بکار رفته است (Good *et al*., 2001). اما این روش تاکنون در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است. بنابراین هدف این تحقیق، معرفی روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی و بررسی صحت آن برای برآورد زی‌توده اندامهای هوایی درخت است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، منطقه نیمه‌خشک فولاد مبارکه است که در ۵۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهر اصفهان بین عرض‌های جغرافیایی "۰۸ '۱۳ °۳۲ تا "۴۱ '۱۷ °۳۲ شمالی و طول‌های "۱۹ '۲۳ °۵۱ تا "۰۵ '۲۷ °۵۱ شرقی واقع شده است.

با توجه به این که منطقه موردنظر، منطقه‌ای با آب و هوای نیمه‌خشک بوده و معرف بخش وسیعی از شرایط اقلیمی ایران است و نیز به‌دلیل مجاورت با منطقه صنعتی و نقشی که صنایع به‌عنوان منبع آزادسازی دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای گلخانه‌ای دارند و در طرف مقابل نقشی که جنگل‌کاریهای اطراف آنها با تولید بیوماس در ترسیب کربن ایفا می‌نمایند، سبب شد تا منطقه یادشده به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردد.

اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه، خشک و سرد و میانگین بارندگی سالانه آن ۱۵۰ میلی‌متر است (بی‌نام، ۱۳۷۱). در این منطقه جنگل‌کاریهایی در محدوده اطراف کارخانه، به‌صورت توده‌های خالص با گونه‌های مختلف مانند کاج تهران، سرو نقره‌ای، توت و اقاقیا انجام شده که این توده‌ها همسال و بین ۱۷ تا ۱۸ سال سن دارند. از بین گونه‌های یادشده دو گونه توت و اقاقیا در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفتند.

نمونه‌برداری شاخسار تصادفی

نمونه‌برداری شاخسار تصادفی که به‌اختصار RBS نامیده می‌شود، شکل ویژه‌ای از نمونه‌برداری احتمالی چندمرحله‌ای (Multistage Probability Sampling) است. این روش در عین حال نوعی" احتمال به‌نسبت اندازه" یا Probability Proportional to size نیز می‌باشد. این روش دارای واژگانی منحصر به‌خود است که در زیر تعریف می‌گردد. قابل توجه است که واژه‌های این روش

Archive of SID

www.SID.ir

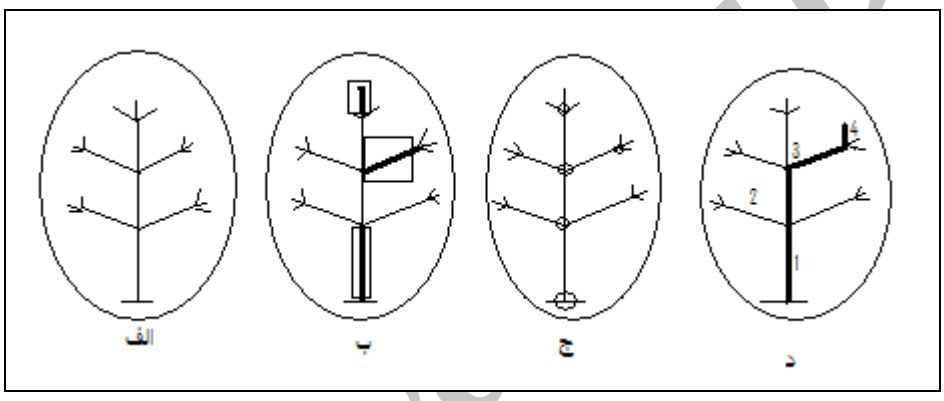
با معادل همین واژه‌ها در تعاریف جنگل‌شناسی تفاوت دارد.

۱- شاخسار (Branch): به کل سیستم ساقه اطلاق می‌گردد که از یک جوانه منفرد (جانبی یا انتهایی) توسعه یافته باشد. این سیستم می‌تواند کل یک درخت یا شاخه‌ای از آن باشد (شکل ۱، الف).

۲- قطعه شاخه (Branch segment): که به‌اختصار شاخه یا قطعه هم گفته می‌شود، بخشی از شاخسار است که بین دو گره متوالی قرار می‌گیرد (شکل ۱، ب)

۳- گره (Node): قسمتی از شاخسار است که شاخه‌ها از آن منشعب می‌شوند (شکل ۱، ج).

٤- مسیر (Path): تعدادی از شاخه‌های متوالی متصل به‌هم به‌ترتیبی که در شکل نشان داده شده (۱،۲،۳،٤) که در نمونه‌برداری شاخسار تصادفی انتخاب می‌شوند (شکل ۱، د).



شکل ۱- نمایش تعاریف واژه‌های نمونه‌برداری شاخسار تصادفی

با توجه به این که هدف در این تحقیق، برآورد زی‌توده کل و تاج درخت است، در اجرای این روش برای برآورد زی‌توده کل، ابتدا کل درخت به‌عنوان یک سیستم شاخساری فرض شده و سپس گره‌ها مشخص شدند.

اولین گره بن درخت است و از آن جا که درختان مورد بررسی معمولاً تک‌تنه هستند، این گره تنها دارای یک شاخه است، بنابراین احتمال انتخاب آن برابر یک می‌باشد که این احتمال را با q نشان داده و از آن به‌عنوان احتمال شرطی (Conditional probability) یاد می‌شود.

این احتمال چنین محاسبه می‌شود که در هر گره، نخست قطر بن تمام شاخه‌ها اندازه‌گیری (ابتدا قطورترین شاخه و سپس بقیه شاخه‌ها در جهت عقربه‌های ساعت اندازه‌گیری می‌شوند) و در ستونی یادداشت می‌گردد (جدول ۱). سپس عدد هر قطر را به توان ۲/۵ (Good *et al*., 2001; Snowdon *et al*., 2002) رسانده و در ستونی دیگر مقابل ستون قبلی ثبت و مقدار تجمعی اعداد این ستون در ستونی دیگر مقابل همین ستون یادداشت می‌شود (Snowdon *et al*., 2002).

دلیل انتخاب توان ۲/۵ برای قطر (d) در روش RBS این است که احتمال انتخاب تخصیص یافته به شاخه bام از تعداد B شاخه در یک گره برابر با $X_b / (X_1 + ... X_B)$ می‌باشد که X_b معرف میزان و مقدار ویژگی مورد اندازه‌گیری روی سیستم شاخساره‌ای است. مقدار این ویژگی بستگی به متغیرهایی مانند قطر شاخه (d)، طول

Archive of SID

www.SID.ir

شاخه (l)، توان nام این متغیرها (d^n یا l^n) یا ضرب آنها ($l^n \times d^n$) و یا ... دارد. خلاصه باید دید میزان ویژگی موردنظر با کدام یک همبستگی بیشتری دارد. در مورد زی‌توده، $d^{2.5}$ همبستگی بیشتری نسبت به d و سایر متغیرهای دیگر دارد (Valentine, 2002).

برای هر شاخه مقدار q از تقسیم قطر به توان ۲/۵ بر عدد آخر ستون که جمع تجمعی اعداد است بدست می‌آید. به‌عبارت دیگر احتمال انتخاب هر شاخه متناسب با قطر آن خواهد بود، مثلاً اگر سه شاخه در یک گره وجود داشته باشد و این شاخه‌ها را ۱، ۲ و ۳ بنامیم، $q_1 = \frac{d_1^{2/5}}{d_1^{2/5}+d_2^{2/5}+d_3^{2/5}}$ احتمال انتخاب شاخه اول، $q_2 = \frac{d_2^{2/5}}{d_1^{2/5}+d_2^{2/5}+d_3^{2/5}}$ شاخه دوم و $q_3 = \frac{d_3^{2/5}}{d_1^{2/5}+d_2^{2/5}+d_3^{2/5}}$ شاخه سوم خواهد بود. مجموع qها در هر گره باید برابر یک باشد (Snowdon *et al.*, 2002).

در مرحله بعد یک عدد تصادفی بین صفر و یک به‌وسیله ماشین حساب و یا هر وسیله دیگری تولید و آخرین عدد ستون تجمعی در آن ضرب می‌شود. عدد حاصل با اعداد ستون تجمعی مقایسه می‌گردد و از میان اعدادی که بزرگتر از این عدد هستند، نزدیکترین عدد به آن انتخاب می‌شود. سپس این عدد متعلق به هر کدام از شاخه‌ها که باشد، آن شاخه قطع گردیده و وزن تر (Fresh mass) آن اندازه‌گیری می‌شود (Snowdon *et al.*, 2002).

این مراحل برای کلیه گره‌ها و شاخه‌های انتخابی انجام می‌شود و عددی که به‌عنوان q برای هر شاخه بدست می‌آید، در ستونی دیگر مقابل ستون‌های یادشده در سطرهای بالا ثبت می‌شود (جدول ۱).

در مرحله بعد مقدار Q برای هر شاخه از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$Q_r = \prod_{K=1}^{r} q_k = q_1 \times q_2 \times \ldots \times q_r \qquad (۱)$$

که در آن اندیس r نشان دهنده rامین مسیر و اندیس K نشان دهنده Kامین قطعه شاخه است. محاسبه Q برای بدست آوردن عامل تورم (inflation factor) است که آن را با Q^{-1} نشان می‌دهند و عبارت از معکوس Q است. از این عدد برای جبران نقشی که احتمالات در انتخاب شاخه‌ها دارد استفاده می‌شود. به‌عبارت دیگر هرچه شاخه دارای قطر کمتری باشد، مقدار q برای این شاخه عدد کوچکتری خواهد بود و در نتیجه مقدار Q آن هم کوچکتر خواهد شد، ولی به‌همان نسبت مقدار Q^{-1} آن بزرگتر خواهد شد و چون مقدار زی‌توده برآوردی ($\hat{Y}$) از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$\hat{Y} = \sum_{r=1}^{R} B_r \times Q_r^{-1} \qquad (۲)$$

Q^{-1} نقش احتمالات را در برآورد دقیق بیوماس کل درخت تعدیل می‌کند. به‌عبارت دیگر چون احتمال انتخاب به‌نسبت اندازه (Probability Proportional to Size) می‌باشد، به‌عنوان مثال اگر احتمال انتخاب شاخه‌ای در یک گره برابر با نیم باشد، به این معنی است که ۵۰ درصد کل زی‌توده گره را شامل می‌شود، با ضرب این ضریب (Q^{-1}) که معکوس نیم یا همان ۲ می‌باشد در واقع کل زی‌توده را در محاسبه وارد نموده‌ایم.

در رابطه ۲، $\hat{Y}$ زی‌توده برآوردی، B_r زی‌توده اندازه‌گیری شده در شاخه rام و Q_r^{-1} عامل تورم شاخه rام است. اگر هر درخت که به‌عنوان یک سیستم شاخساری در نظر گرفته شده را جامعه‌ای از "مسیرها" فرض نماییم، زی‌توده برآوردی هر مسیر انتخابی از رابطه ۳ بدست خواهد آمد و در صورتی که تعداد مسیرها (m)

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتر از یک باشد، این رابطه برآورد کننده ناریب زی‌توده کل شاخه مورد مطالعه (r) خواهد بود:

$$\hat{Y}_r = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\hat{Y}_{ri} \qquad (۳)$$

نحوه اجرای محاسبات برای یکی از درختان در جدول ۱ آمده است.

روش قطع و نحوه تحلیل داده‌ها

به‌منظور بررسی صحت نمونه‌برداری شاخسار تصادفی، دو گونه پهن‌برگ کاشته شده در جنگلهای کارخانه فولاد مبارکه در منطقه نیمه‌خشک اصفهان شامل اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) و توت (*Morus alba*) انتخاب شدند. تعداد ۵ اصله درخت به‌صورت تصادفی از هر گونه انتخاب و قطع شدند. پس از قطع با استفاده از نمونه‌برداری شاخسار تصادفی زی‌توده کل و تاج برآورد گردید. تعداد ۳ مسیر در نمونه‌برداری شاخسار تصادفی انتخاب شد. در عین حال زی‌توده کل و زی‌توده تاج با ترازوی رقومی و با دقت ۱۰ گرم وزن شد.

ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف – اسمیرونوف بررسی شد. سپس به‌منظور مقایسه زی‌توده اندازه‌گیری شده و برآوردی به‌تفکیک کل و تاج از آزمون t جفتی استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام گردید. اریبی (bias) و اریبی نسبی برآورد با استفاده از روابط ٤ و ٥ بدست آمد.

$$Bias = \sum \frac{P_i - O_i}{n} \qquad (٤)$$

$$Bias_r(\%) = 100 \times \frac{Bias}{\overline{O}} \qquad (٥)$$

که در آن $Bias$ اریبی، $Bias_r(\%)$ اریبی نسبی، O_i و P_i مقدار واقعی و برآوردی مشاهده iام، n تعداد مشاهدات و $\overline{O}$ میانگین مشاهدات است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- نحوه اجرای محاسبات مسیر اول در نمونه‌برداری شاخسار تصادفی برای یکی از درختان توت

شماره گره	d_{cm}	$d^{2/5}$	تجمعی	q	Q	Q^{-1}	b_{kg}
گره اول							
شاخه ۱	**۲۰**	**۱۷۸۸/۸۵**	**۱۷۸۸/۸۵**	۱	۱	۱	٥/۲۲
گره دوم							
شاخه ۱	۸/٦	۲۱٦/۸۹	۲۱٦/۸۹	۰/۳۸۸۳			
شاخه ۲	۲/٦	۱۰/۹	۲۲۷/۷۹	۰/۰۱۹٥			
شاخه ۳	۷/٥	۱٥٤/۰٥	۳۸۱/۸٤	۰/۲۷٥۸			
شاخه ٤	**٥/۸**	**۸۱/۰۱**	**٤٦۲/۸٥**	**۰/۱٤٥**	**۰/۱٤٥**	**٦/۸۹**	**۳/٦٥**
شاخه ٥	٦/۲	۹٥/۷۱	٥٥۸/٥٦	۰/۱۷۱٤			
عدد تصادفی	۰/٦۹۲		۳۸٦/٥۲۳				
گره سوم							
شاخه ۱	**٥/۳**	**٦٤/٦٤**	**٦٤/٦٤**	**۰/۸٦۷٥**	**۰/۱۲٥۸**	**۷/۹٥**	**۰/۲**
شاخه ۲	۲/٥	۹/۸۸	۷٤/٥٥	۰/۱۳۲٥			
عدد تصادفی	۰/۰٤٥		۳/۳٥				
گره چهارم							
شاخه ۱	**٤/۳**	**۳۸/۳٤**	**۳۸/۳٤**	**۰/۷۱۱**	**۰/۰۸۹٤**	**۱۱/۱۸**	**۰/۸٤**
شاخه ۲	۳/۰	۱٥/٥۸	٥۳/۹۲	۰/۲۸۹			
عدد تصادفی	۰/٦۲		۳۳/٤۳				
گره پنجم							
شاخه ۱	۱/۹	٤/۹۷	٤/۹۷	۰/۱۸۳۷			
شاخه ۲	**۳/۲**	**۱۸/۳۱**	**۲۳/۲۸**	**۰/٦۷٦۹**	**۰/۰۲٤٦**	**٤۰/٦٥**	**۰/۷٤**
شاخه ۳	۱/۷	۳/۷۷	۲۷/۰٥	۰/۱۳۹٤			
عدد تصادفی	۰/۷۱٦		۱۹/۳٦				
گره ششم							
شاخه ۱	۱/۲	۱/٥۷	۱/٥۷	۰/۱٥			
شاخه ۲	**۲/٤**	**۸/۹**	**۱۰/٤۷**	**۰/۸٥**	**۰/۰٥۱٤٦**	**۱۹/٤۳**	**۰/۳٤**
عدد تصادفی	۰/۲۲۳		۲/۳۳				
گره هفتم							
شاخه ۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۰/۱٥۲٤			
شاخه ۲	**۱/٤**	**۲/۳۱۹**	**۳/۳۱۹**	**۰/۳٥۳٥**	**۰/۰۱۸۲**	**٥٤/۹**	**۰/۲٤**
شاخه ۳	۱/٦	۳/۲٤	٦/٥٦	۰/٤۹٤۱			
عدد تصادفی	۰/۳۰٦		۲/۰۰۷				

در هر یک از گره‌ها، اعداد شاخه انتخاب شده پررنگ‌تر نشان داده شده است

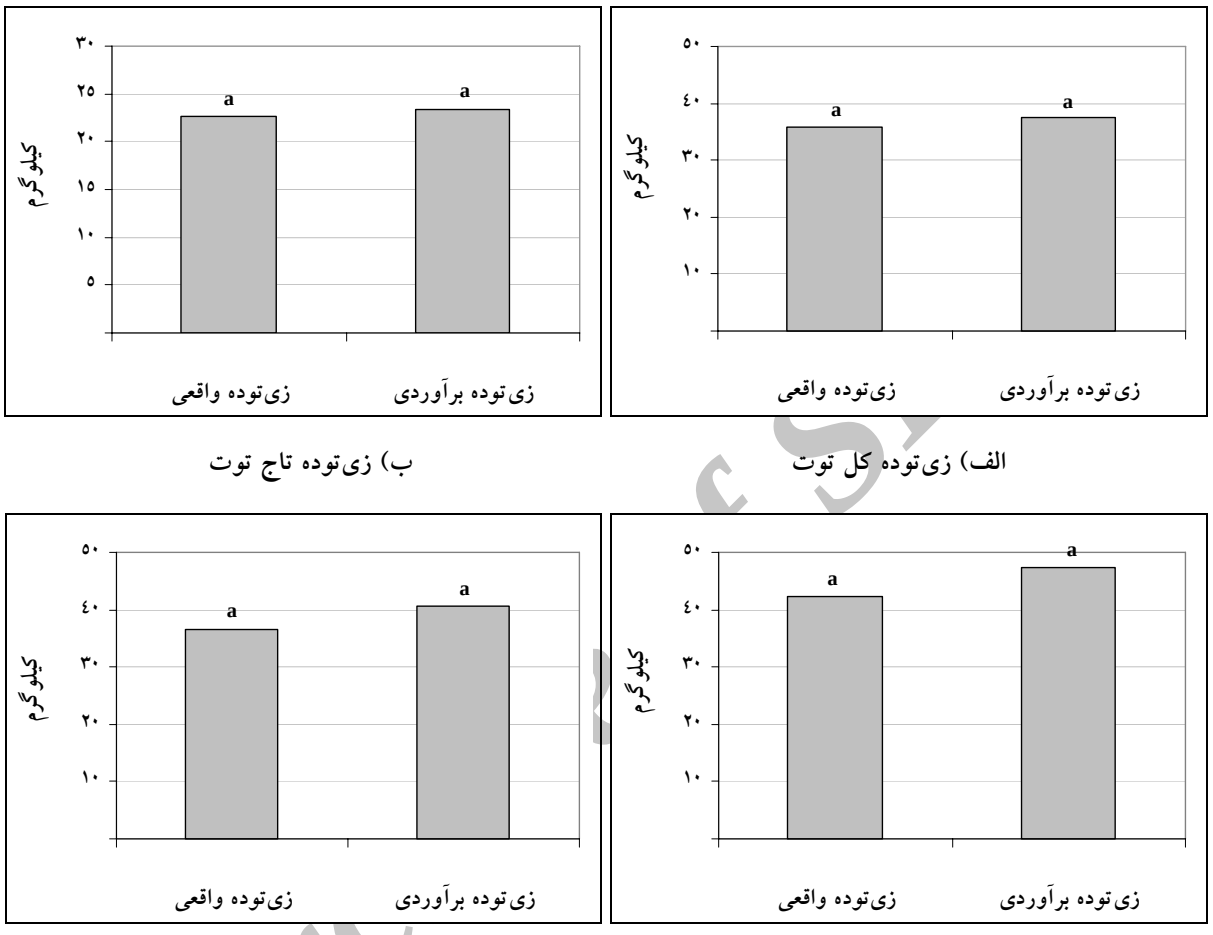
نتایج

بررسی تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف – اسمیرونوف (α>۰/۲)، حکایت از نرمال بودن توزیع داده‌ها در هر یک از متغیرهای مورد بررسی داشت (مقدار p و آماره k-s برای زی‌توده کل و تاج توت به‌ترتیب: p = ۰/۹۷، k = ۰/٤۹ و p = ۰/۸۹،

Archive of SID

www.SID.ir

k = ۰/۵۸ و برای اقاقیا به‌ترتیب: p = ۰/۸۶، k = ۰/۶۰ و p = ۰/۸۸، k = ۰/۵۹). نتیجه مقایسه مقدار برآوردی با مقدار واقعی زی‌توده برای زی‌توده کل و تاج درخت به‌کمک آزمون t جفتی، حکایت از عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار (α=۰/۰۵) برای هر یک از گونه‌ها داشت (جدول ۲ و شکل ۲).



الف) زی‌توده کل توت

ب) زی‌توده تاج توت

ج) زی‌توده کل اقاقیا

د) زی‌توده تاج اقاقیا

شکل ۲- مقایسه مقدار واقعی با برآوردی زی‌توده با استفاده از نمونه‌برداری شاخسار تصادفی برای تاج و کل درخت در گونه‌های اقاقیا و توت (در هر یک از شکلها وجود حروف یکسان نشان می‌دهد که اختلاف آماری معنی‌داری (α=۰/۰۵) بین مقدار واقعی و برآورد شده وجود ندارد)

جدول ۲- مقایسه مقدار واقعی با مقدار برآوردی زی‌توده با استفاده از نمونه‌برداری شاخسار تصادفی برای تاج و کل درخت در گونه‌های اقاقیا و توت

گونه		زی‌توده واقعی	زی‌توده برآوردی	معنی‌داری
اقاقیا	کل	۴۲/۲۸	۴۵/۴۹	۰/۰۸ ns
	تاج	۳۶/۵۷	۳۸/۷۹	۰/۱۸ ns
توت	کل	۳۵/۹	۳۷/۳۹	۰/۳۴ ns
	تاج	۲۲/۵۸	۲۳/۳۶	۰/۶۴ ns

ns: معنی‌دار نیست

www.SID.ir

بررسی اریبی و اریبی نسبی برآورد زی‌توده به‌روش شاخسار تصادفی برای کل درخت و تاج آن برای دو گونه توت و اقاقیا در جدول ۳ آمده است. نتایج حکایت از وجود مقدار جزیی اریبی دارد. البته در همه موارد نیز علامت اریبی مثبت (بیش برآورد؛ Overestimate) است.

جدول ۳- نتیجه بررسی اریبی و اریبی نسبی برآورد زی‌توده به‌روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی

گونه		اریبی	درصد اریبی نسبی
اقاقیا	کل	۳/۲	۷/٦
	تاج	۲/۲	٦/۱
توت	کل	۱/٥	٤/۲
	تاج	۰/۸	۳/۳

بحث

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نمونه‌برداری شاخسار تصادفی برای برآورد زی‌توده درخت روش نااریبی است. نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر، با نتایجی که در تحقیق Peper & Mcpherson (1998) بدست آمده، مطابقت دارد.

گرچه مقدار اریبی بسیار کم بود، اما همین مقدار نیز در همه موارد مثبت بود. به‌عبارتی می‌توان گفت که این روش به‌طور جزیی بیش برآورد (Overestimate) است. نتایج بدست آمده در تحقیق Good *et al.* (2001) حکایت از وجود اریبی مثبت در برآورد زی‌توده برگ و سرشاخه‌ها داشت، اما در برآورد زی‌توده بخش چوبی (Woody biomass) اریبی منفی بود که با توجه به این که بخش عمده زی‌توده برآوردی در تحقیق حاضر نیز زی‌توده چوبی می‌باشد، نتایج بدست آمده در این تحقیق را تأیید می‌نماید.

Jorge & Saborowski (2005) در تحقیقی، دو روش اجرای RBS یعنی با و بدون جایگذاری در مرحله اول را مقایسه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که اریبی در روش دوم کمتر از روش اول است. بنابراین می‌توان اریبی کمتر در برآورد زی‌توده تاج نسبت به زی‌توده کل در تحقیق حاضر را با نتایج بدست آمده در تحقیق یادشده توجیه نمود، زیرا در تحقیق حاضر برای اجرای روش RBS در برآورد زی‌توده کل، اولین قطعه شاخه که همان تنه درخت است، در مسیرهای بعدی برای محاسبه زی‌توده جایگذاری گردید، در حالی‌که روش برآورد زی‌توده تاج بدون جایگذاری بوده است.

با توجه به یکسان بودن روش اجرای نمونه‌برداری برای دو گونه توت و اقاقیا، اختلاف موجود در اریبی و اریبی‌نسبی را می‌توان احتمالاً به معماری درخت (architecture) در این گونه‌ها نسبت داد. زیرا در درخت توت، اغلب هر گره شامل دو شاخه و به‌ندرت بیشتر از دو شاخه است، در حالی‌که در درخت اقاقیا هر گره شامل چندین شاخه (اغلب بیشتر از سه شاخه) می‌باشد که به‌نظر می‌رسد تعداد زیاد شاخه در هر گره سبب افزایش اریبی در برآورد زی‌توده می‌شود. از این رو پیشنهاد می‌شود که نقش معماری درخت در گونه‌های متفاوت در میزان اریبی روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی، در تحقیقات آینده بررسی گردد. در پایان با توجه به این که تعداد ٥ نمونه را از لحاظ آماری نمی‌توان برای ارائه یک روش کافی دانست، برای اطمینان بیشتر از صحت نتایج لازم است که این روش با تعداد بیشتری درخت مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

از مهندس محمدرضا بابایی مسئول واحد فضای سبز شرکت فولاد مبارکه به‌دلیل فراهم نمودن شرایط لازم برای تحقیق و مهندس مجتبی قربانی به‌سبب مساعدت بی‌دریغ در مراحل انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از داوران محترم مقاله به‌علت اصلاحات متعدد و به‌ویژه اصلاح عنوان تشکر می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

- بی‌نام، ۱۳۷۱. طرح جامع و تفصیلی لنداسکیپ مجتمع فولاد مبارکه. شرکت فولاد مبارکه اصفهان، ۲۲۷ صفحه.
- Gregoire, T., Valentine, H. and Furnival, G., 1995. Sampling methods to estimate foliage and other characteristics of individual trees. Ecology, 76: 1181-1194.
- Good, N., Paterson, M., Brack, C. and Mengersen, K., 2001. Estimating tree component biomass using variable probability sampling methods. Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics, 6: 258-267.
- Jessen, R.J., 1955. Determining the fruit count on a tree by randomized branch sampling. Biometrics, 11: 99-109.
- Jorge, C. and Saborowski, J., 2005. Comparison of randomized branch sampling with and without replacement at the first stage. Silva Fennica, 39 (2): 201-216.
- Peper, P. and Mcpherson, G., 1998. Comparison of four foliar and woody biomass estimation methods applied to open-grown deciduous trees. Journal of arboriculture, 24: 191-200.
- Snowdon, P., Raison, J. and Eamus, D., 2002. Protocol for sampling tree and stand biomass. Australian Greenhouse Office Publication, 67 p.
- Valentine, H., 2002. Randomized branch sampling. Encyclopedia of environmetrics, Vol. 3, John Wiley and sons publication, 1896 p.
- Valentine, H. and Hilton, S., 1977. Sampling Oak foliage by the randomized-branch method. Canadian Journal of Forest Research, 7: 295-298.
- Valentine, H., Tritton, M. and Furnival, G., 1984. Subsampling trees for biomass, volume or mineral content. Forest Science, 30: 673-681.

Archive of SID

www.SID.ir

Preliminary results of estimating above- ground biomass using Randomized Branch Sampling method for planted Mulberry and Black Locust in Mobarakeh Steel region

S. Bakhtiarvand Bakhtiari [1] and H. Sohrabi [2*]

1- M.Sc. Student of Forest Science, Faculty of Natural Resource and Earth Science, University of Shahrekord, Iran.
2*- Corresponding author, Assistant Prof., Faculty of Natural Resource and Marine Science, Tarbiat Modares University, Iran.
E-mail: hsohrabi@modares.ac.ir
Received: 23.11.2010 *Accepted: 18.05.2011*

Abstract

Estimation of biomass has many applications in forestry practices and researches. Randomized Branch Sampling (RBS) is one of the methods, which is used for estimating tree biomass. In this research, RBS method was introduced and the accuracy of biomass estimation was tested for total and crown biomass of 5 trees in the plantations of two species including Mulberry (*Morus alba*) and Black Locust (*Robinia pseudoacacia*). The plantations are located in Mobarake Steel Complex area in the semi-arid regions of Esfahan province in Iran. Actual biomass was measured by weighting all tree components and estimated biomass was calculated by RBS method. Actual and estimated biomass was compared by paired t –test. Results showed that there is no significant difference between crown and total amount of actual and estimated biomass for both species. Relative bias varied between 3.3 to 7.6 percent. Although results of this research by cutting 5 trees seem to be Preliminary, this research showed that RBS method can be considered as an accurate method for estimating tree biomass.

Key words: Randomized Branch Sampling, above- ground biomass, Mulberry, Black Locust, Mobarake Steel Complex.

Archive of SID

www.SID.ir