

نتایج مقدماتی استفاده از روش نمونه برداری شاخسار تصادفی به منظور برآورد زی توده اندام‌های هوایی درختان دست کاشت توت و افاقیا در منطقه فولاد مبارکه

سیاوش بختیاروند^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 زی توده، کاربردهای تحقیقاتی و اجرایی بسیاری در علوم جنگل دارد. یکی از روشهای برآورد زی توده درخت، روش نمونه برداری شاخسار تصادفی (Randomized Branch Sampling) است. در تحقیق حاضر، این روش نمونه برداری معرفی و صحت برآورد زی توده با این روش برای ۵ اصله درخت از دو گونه توت (*Morus alba*) و افاقیا (*Robinia pseudoacacia*) به تفکیک زی توده تاج و کل در جنگل کاریهای فولاد مبارکه در منطقه نیمه خشک اصفهان بررسی شد. زی توده واقعی با وزن کردن کامل و زی توده برآوردی با روش نمونه برداری شاخسار تصادفی بدست آمد و با آزمون *t* جفتی مقایسه و اریبی و اریبی نسبی برآورد نیز محاسبه گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که اختلاف زی توده اندازه گیری شده و برآوردی برای کل درخت و تاج آن در هر دو گونه از نظر آماری معنی دار نیست. اریبی نسبی برآورد زی توده بین ۳/۳ تا ۷/۶ درصد بدست آمد. اگرچه تعداد ۵ نمونه برای معرفی یک روش، از لحاظ آماری کم به نظر می رسد و این مقاله نتایج مقدماتی روش نمونه برداری شاخسار تصادفی را ارائه می کند، اما براساس نتایج این تحقیق، این روش صحت بسیار خوبی برای برآورد زی توده درخت دارد.

واژه های کلیدی: نمونه برداری شاخسار تصادفی، زی توده اندام های هوایی، افاقیا، توت، فولاد مبارکه.

مقدمه

دقیق آنها بسیار ضروری به نظر می رسد (Peper & Mcpherson, 1998). دو روش اصلی برای برآورد زی توده اندام های هوایی در تک درختان شامل قطع کامل (Complete harvest method) و قطع جزئی (Partial harvest method) می باشند. روش قطع کامل، نسبت به روشهای قطع نسبی در برآورد زی توده دقتی به مراتب بیشتر دارد، اما مشکل بودن اجرای این روش، پرهزینه 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 می نماید (Good et al., 2001).

در دهه های اخیر، تغییرات آب و هوایی و تأثیری که افزایش غلظت دی اکسید کربن اتمسفر بر دمای کره زمین دارد به یکی از دغدغه های 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 زی توده اندام های هوایی (Above-ground biomass) و به ویژه زی توده تاج از مشخصه های کلیدی در محاسبه میزان ترسیب کربن در درختان به شمار می آیند، استفاده از روشهای غیرمخرب، به منظور برآورد

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، منطقه نیمه‌خشک فولاد مبارکه است که در ۵۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهر اصفهان بین عرض‌های جغرافیایی "۳۲°۱۳'۰۸" تا "۴۱°۱۷'۳۲" شمالی و طول‌های "۵۱°۲۳'۱۹" تا "۵۱°۲۷'۰۵" 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 به دلیل 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 افاقیا انجام شده که این توده‌ها همسال و بین ۱۷ تا ۱۸ سال سن دارند. از بین گونه‌های یادشده دو گونه توت و افاقیا 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 ویژگی‌هایی منحصر به‌خود است که در زیر تعریف می‌گردد. قابل توجه است که واژه‌های این روش

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).

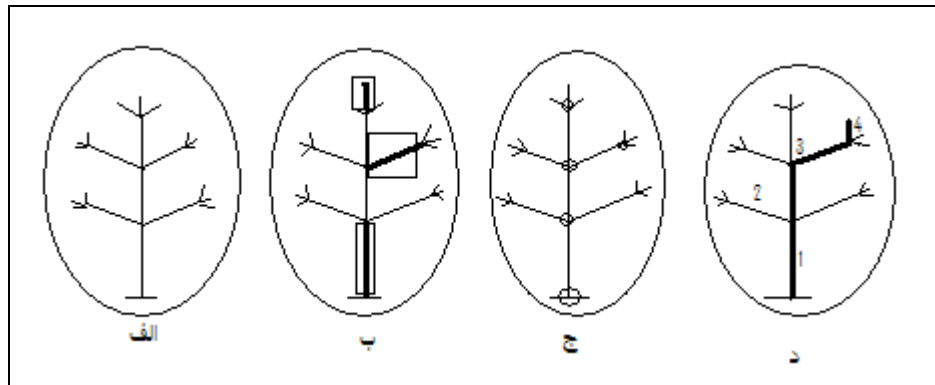
همچنین این روش و تلفیق آن با روش (IS) Importance Sampling در برآورد زی‌توده بخش چوبی (Woody biomass) و زی‌توده سرشاخه (شامل برگ و شاخه‌های با قطر کمتر از یک سانتی‌متر) بکار رفته است (Good et al., 2001). اما این روش تاکنون در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است. بنابراین هدف این تحقیق، معرفی روش نمونه‌برداری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

۳- گره (Node): قسمتی از شاخسار است که شاخه‌ها از آن منشعب می‌شوند (شکل ۱، ج).
۴- مسیر (Path): تعدادی از شاخه‌های متوالی متصل به هم به ترتیبی که در شکل نشان داده شده (۱، ۲، ۳، ۴) که در نمونه برداری شاخسار تصادفی انتخاب می‌شوند (شکل ۱، د).

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 به اختصار شاخه یا قطعه هم گفته می‌شود، بخشی از شاخسار است که بین دو گره متوالی قرار می‌گیرد (شکل ۱، ب)



شکل ۱- نمایش تعاریف واژه‌های نمونه برداری شاخسار تصادفی

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 $2/5$ (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 $2/5$ برای قطر (d) در روش RBS این است که احتمال انتخاب تخصیص یافته به شاخه b ام از تعداد B شاخه در یک گره برابر با $X_b / (X_1 + \dots + X_B)$ 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

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

$$Q_r = \prod_{k=1}^r q_k = q_1 \times q_2 \times \dots \times q_r \quad (1)$$

که در آن اندیس r نشان دهنده r امین مسیر و اندیس K نشان دهنده K امین 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. به عبارت 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 به همان نسبت مقدار Q^{-1} آن بزرگتر خواهد شد و چون مقدار زی توده برآوردی (\hat{Y}) از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$\hat{Y} = \sum_{r=1}^R B_r \times Q_r^{-1} \quad (2)$$

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

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

شاخه (I)، توان n ام این متغیرها (d^n یا I^n) یا ضرب آنها ($I^n \times d^n$) و یا ... دارد. خلاصه باید دید میزان ویژگی موردنظر با کدام یک همبستگی بیشتری دارد. در مورد زی توده، $d^{2.5}$ 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. به عبارت 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 شاخه سوم

$$q_3 = \frac{d_3^{2/5}}{d_1^{2/5} + d_2^{2/5} + d_3^{2/5}}$$

خواهد بود. مجموع q ها در

هر گره باید برابر یک باشد (Snowdon et al., 2002).

در مرحله بعد یک عدد تصادفی بین صفر و یک به وسیله 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 به عنوان 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:

انتخاب شد. در عین حال زی توده کل و زی توده 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 به منظور مقایسه زی توده اندازه‌گیری شده و برآوردی به تفکیک 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 ۴ و ۵ بدست آمد.

$$Bias = \sum \frac{P_i - O_i}{n} \quad (۴)$$

$$Bias_r(\%) = 100 \times \frac{Bias}{\bar{O}} \quad (۵)$$

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

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

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

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

روش قطع و نحوه تحلیل داده‌ها

به منظور بررسی صحت نمونه‌برداری شاخسار تصادفی، دو گونه پهن‌برگ کاشته شده در جنگلهای کارخانه فولاد مبارکه در منطقه نیمه‌خشک اصفهان شامل افاقیا (*Robinia pseudoacacia*) و توت (*Morus alba*) انتخاب شدند. تعداد ۵ اصله درخت به صورت تصادفی از هر گونه انتخاب و قطع شدند. پس از قطع با استفاده از نمونه‌برداری شاخسار تصادفی زی توده کل و تاج برآورد گردید. تعداد ۳ مسیر در نمونه‌برداری شاخسار تصادفی

جدول ۱- نحوه اجرای محاسبات مسیر اول در نمونه برداری 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	۵/۲۲
گره دوم							
شاخه ۱	۸/۶	۲۱۶/۸۹	۲۱۶/۸۹	۰/۳۸۸۳			
شاخه ۲	۲/۶	۱۰/۹	۲۲۷/۷۹	۰/۰۱۹۵			
شاخه ۳	۷/۵	۱۵۴/۰۵	۳۸۱/۸۴	۰/۲۷۵۸			
شاخه ۴	۵/۸	۸۱/۰۱	۴۶۲/۸۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۶/۸۹	۳/۶۵
شاخه ۵	۶/۲	۹۵/۷۱	۵۵۸/۵۶	۰/۱۷۱۴			
عدد تصادفی	۰/۶۹۲		۳۸۶/۵۲۳				
گره سوم							
شاخه ۱	۵/۳	۶۴/۶۴	۶۴/۶۴	۰/۸۶۷۵	۰/۱۲۵۸	۷/۹۵	۰/۲
شاخه ۲	۲/۵	۹/۸۸	۷۴/۵۵	۰/۱۳۲۵			
عدد تصادفی	۰/۰۴۵		۳/۳۵				
گره چهارم							
شاخه ۱	۴/۳	۳۸/۳۴	۳۸/۳۴	۰/۷۱۱	۰/۰۸۹۴	۱۱/۱۸	۰/۸۴
شاخه ۲	۳/۰	۱۵/۵۸	۵۳/۹۲	۰/۲۸۹			
عدد تصادفی	۰/۶۲		۳۳/۴۳				
گره پنجم							
شاخه ۱	۱/۹	۴/۹۷	۴/۹۷	۰/۱۸۳۷			
شاخه ۲	۳/۲	۱۸/۳۱	۲۳/۲۸	۰/۶۷۶۹	۰/۰۲۴۶	۴۰/۶۵	۰/۷۴
شاخه ۳	۱/۷	۳/۷۷	۲۷/۰۵	۰/۱۳۹۴			
عدد تصادفی	۰/۷۱۶		۱۹/۳۶				
گره ششم							
شاخه ۱	۱/۲	۱/۵۷	۱/۵۷	۰/۱۵			
شاخه ۲	۲/۴	۸/۹	۱۰/۴۷	۰/۸۵	۰/۰۵۱۴۶	۱۹/۴۳	۰/۳۴
عدد تصادفی	۰/۲۲۳		۲/۳۳				
گره هفتم							
شاخه ۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۰/۱۵۲۴			
شاخه ۲	۱/۴	۲/۳۱۹	۳/۳۱۹	۰/۳۵۳۵	۰/۰۱۸۲	۵۴/۹	۰/۲۴
شاخه ۳	۱/۶	۳/۲۴	۶/۵۶	۰/۴۹۴۱			
عدد تصادفی	۰/۳۰۶		۲/۰۰۷				

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

نتایج

نرمال بودن توزیع داده‌ها در هر یک از متغیرهای مورد بررسی داشت (مقدار p و آماره $k-s$ برای زی‌توده کل و تاج توت به ترتیب: $p = ۰/۹۷$ ، $k = ۰/۴۹$ و $p = ۰/۸۹$ ،

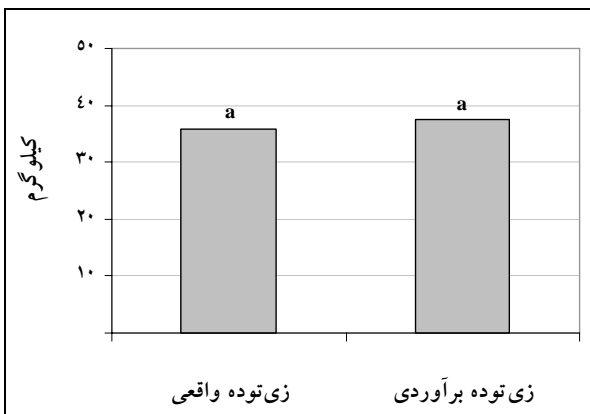
بررسی تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرونوف ($\alpha > ۰/۲$)، حکایت از

به کمک آزمون t جفتی، حکایت از عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار ($\alpha=0/05$) برای هر یک از گونه‌ها داشت (جدول ۲ و شکل ۲).

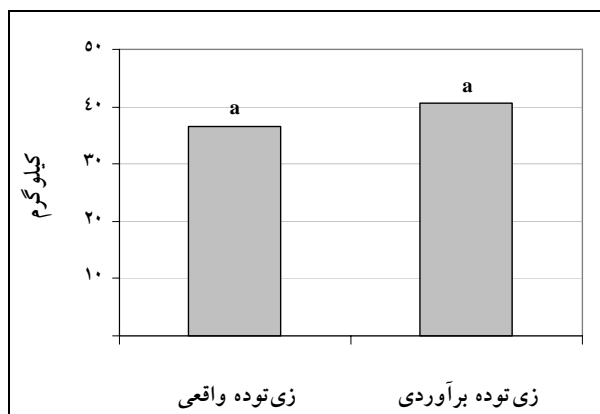
و $k = 0/58$ و برای افاقیا به ترتیب: $p = 0/86$ ، $k = 0/60$ و $p = 0/88$ ، $k = 0/59$. نتیجه مقایسه مقدار برآوردی با مقدار واقعی زی توده برای زی توده کل و تاج درخت



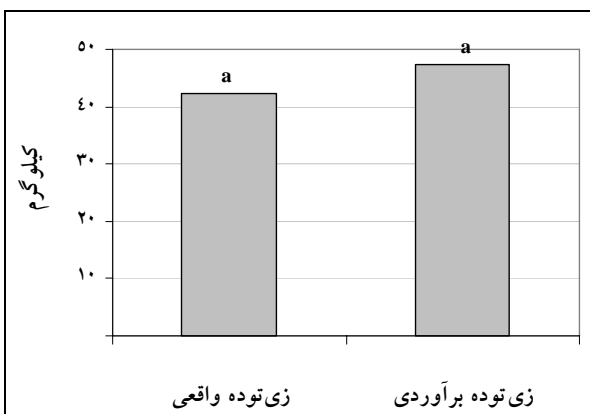
ب) زی توده تاج توت



الف) زی توده کل توت



د) زی توده تاج افاقیا



ج) زی توده کل افاقیا

شکل ۲- مقایسه مقدار واقعی با برآوردی زی توده با استفاده از نمونه‌برداری شاخسار تصادفی برای تاج و کل درخت در گونه‌های افاقیا و توت (در هر یک از شکلهای وجود حروف یکسان نشان می‌دهد که اختلاف آماری معنی‌داری ($\alpha=0/05$) بین مقدار واقعی و برآورد شده وجود ندارد)

جدول ۲- مقایسه مقدار واقعی با مقدار برآوردی زی توده با استفاده از نمونه‌برداری

شاخسار تصادفی برای تاج و کل درخت در گونه‌های افاقیا و توت

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

ns. معنی‌دار نیست

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 اقاچیا، 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 اقاچیا 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 ۵ 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.

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

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

گونه	اریبی	درصد اریبی نسبی
کل اقاچیا	۳/۲	۷/۶
تاج اقاچیا	۲/۲	۶/۱
کل توت	۱/۵	۴/۲
تاج توت	۰/۸	۳/۳

بحث

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نمونه‌برداری شاخسار تصادفی برای برآورد زی‌توده درخت روش نارایی 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 جزئی 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

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.

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

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

S. Bakhtiarvand Bakhtiari¹ 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.