زير نمونه‌گيري از درخت براي برآورد زي‌توده تاج و اجزاء مختلف آن

سياوش بختياروند بختياري[۱] و هرمز سهرابي[۲*]
[۱] دانش‌آموخته كارشناسي ارشد علوم جنگل، دانشگاه شهركرد، ايران
[۲] استاديار جنگل‌داري دانشكده منابع طبيعي و علوم دريايي، دانشگاه تربيت مدرس، ايران
(تاريخ دريافت: ٩٠/٥/٢ ، تاريخ تصويب: ٩١/١/٢٢)

چكيده

برآورد زي‌توده درختان با توجه به موضوع گرمايش زمين و تغيير اقليم از اهميت زيادی برخوردار است. از طرفي اندازه‌گيری زي‌توده، فعاليتي زمان‌بر و پر هزينه است. در اين شرايط روش‌های مختلف نمونه‌برداری از درخت ابداع گرديده است. از جمله اين روش‌ها، روش زير نمونه‌برداری است. در پژوهش حاضر كارايي اين روش براي برآورد زي‌توده كل و بخش‌هاي مختلف درخت در دو گونه كاج تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره ای (*Cupressus arizonica*) در جنگل‌كاري‌های اطراف فولاد مباركه بررسي شده است. بدين منظور از هر گونه ۵ پايه قطع و هر يك از اجزاء درخت تفكيك و توزين شد و زي‌توده واقعي كل و بخش‌هاي مختلف درخت به دست آمد. براي اجراي زير نمونه‌گيري، تاج درخت به سه بخش فوقاني، مياني و زيرين تقسيم، از هر بخش تعدادي شاخه به طور تصادفي انتخاب، و قطر بن هر يك ثبت شد. با تحليل رگرسيون غير خطي مدل‌هاي برآورد زي‌توده به دست آمد. نتايج نشان داد همه مدل‌ها با ۹۹/۹ درصد اطمينان معنی‌دار هستند. حداقل و حداكثر ضريب تبيين (R^2) اين مدل‌ها برای كاج به ترتيب برابر ۰/۸ و ۰/۹۲ و برای سرو نقره‌ای ۰/۹۱ و ۰/۹۶ به‌دست آمد. كمترين اريبی نسبی برآورد زي‌توده در گونه كاج مربوط به زي‌توده كل (۰/۷ درصد) و بيشترين اريبی نسبی مربوط به زي‌توده شاخه‌های اصلی (۱۵/۱ درصد) به دست آمد. برای گونه سرو نقره‌ای اين مقادير به ترتيب مربوط به شاخه‌های اصلی (۴/۹) و شاخه‌های كوچک (۲۹/۴) بود. بر اساس نتايج اين پژوهش، روش زير نمونه‌برداری، برای برآورد زي‌توده تاج درختان مناسب می‌باشد.

واژه‌هاي كليدي: زير نمونه‌برداری، زي‌توده تاج، كاج تهران، سرو نقره‌ای، تحليل رگرسيون، فولاد مباركه

* نويسنده مسئول: تلفن: ٠١٢٢-٦٢٥٣١٠١ فاكس: ٠١٢٢-٦٢٥٣٤٩٩ E-mail: hsohrabi@modares.ac.ir

مقدمه

برآورد زي‌توده و محتوی کربن درختان و سایر رستنی‌ها با توجه به اهمیت موضوع گرمایش زمین و تغییر اقلیم (Ebuy et al,. 2011) و نیز به عنوان شاخصی برای تشریح حاصلخیزی رویشگاه (Navar,. 2009) از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین برآورد کمی زي‌توده اندام‌های هوایي برای مشخص نمودن ذخایر کربن، ارزیابی آمار برداري‌های مربوط به سوخت‌های فسیلی، چگونگی و ساختار ذخیره مواد غذایي و پیش‌بینی رفتار آتش‌سوزی در جنگل ضروری است (Bilgili and Kucuk, 2009).

امروزه برآورد زي‌توده یکی از بخش‌های ضروری در بسیاری از پژوهش‌های مربوط به علوم جنگل است. چرا که به تدریج، مقدار زي‌توده به عنوان یك متغیر مهم (مانند موجودي حجمي یا درصد تاج پوشش) از توده‌هاي جنگلي مطرح مي‌گردد. اما "اندازه‌گیری" زي‌توده برخلاف "برآورد" زي‌توده، کاری بسیار مشکل و زمان بر است (Thomas et al., 2010). براي پرهیز از قطع تمامي درختان یك توده و یا تعداد بسیار زیادي درخت، استفاده از معادله‌هاي آلومتریک براي برآورد زي‌توده بر اساس متغیرهایي مانند قطر تنه، قطر تاج و مانند اینها توسعه یافته است (برای سوزنی برگان قطر، سطح مقطع و محیط برابر سینه درخت استفاده گسترده‌ای دارد) (Thomas et al., 2010).

از طرف دیگر بسیاري اوقات برآورد زي‌توده کل کافي نیست، بلکه لازم است که زي‌توده بخش‌هاي مختلف درخت به دست آید. مثلا زي‌توده بخش‌هاي مختلف تاج که شامل برگ‌ها، شاخه‌هاي کوچگ و شاخه‌هاي اصلي است. چنین فعالیتي مستلزم آن است که درخت به طور کامل قطع، به اجزای مختلف تفکیک و وزن هر جزء به صورت جداگانه محاسبه گردد (Snowdon et al,. 2002). گرچه ممکن است که وزن تنه درخت با اندازه‌گیری مستقیم حجم تنه و استفاده از جرم حجمی برآورد گردد (Good et al,. 2001) اما تصور نمایید که قرار باشد یك درخت متوسط قطع شود و تمامي برگ‌ها و شاخه‌هاي کوچك آن جدا شده و وزن گردد. در مورد تاج درخت با توجه به ناهمگن بودن اجزای تشکیل دهنده آن و عدم یک‌پارچگی این اجزاء این امر ممکن نیست.

برای برآورد زي‌توده تاج، روش‌های نمونه‌برداری متعددی معرفی و اجراء گردیده است. از جمله این روش‌ها روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی (Randomized branch sampling)، روش نمونه‌برداری قدری (Importance sampling) و زیر نمونه‌برداری (Sub sampling) است. روش زیر نمونه‌برداری که نوعی از روش نمونه‌برداری دو اشکوبه‌ای (Two Phase Sampling) است، در مواقعی که اندازه‌گیری مشخصه مورد نظر مشکل یا پرهزینه بوده، درعین حال مشخصه‌های دیگری که با مشخصه مورد نظر رابطه خوبی داشته و اندازه‌گیری آنها راحت تر و کم هزینه تر است، وجود داشته باشند، قابل توصیه است (Zobeiri, 2002). این روش که رگرسیون مبنا می‌باشد به شیوه‌های متعددی برای برآورد زي‌توده تاج بسیاری از گونه‌های درختی، خصوصا" گونه‌های سوزنی برگ به اجراء درآمده و نتایج مطلوبی به همراه داشته است. Grote (2002) با استفاده از این روش زي‌توده برگ و شاخه‌ها را برای دوگونه نوئل (*Picea abies*) و راش (*Fagus sylvatica*) برآورد نموده است. Peper and Pherson (1998) زي‌توده شاخ و برگ و قسمت های چوبی دو گونه توت وگیلاس را با روش‌های مختلف از جمله روش زیرنمونه برداري برآورد نموده و با مقادیر واقعی مقایسه کرده‌اند. (1979) Harrington زي‌توده اندام‌های هوایي درختان و درختچه‌ها را در بیشه‌زارهای استرالیا با این روش برآورد نموده است. در ایران تاکنون در زمینه روش‌های نمونه‌برداری برای برآورد زي‌توده تاج درخت مطالعه‌ای انجام نشده است. البته Adl (2007) براي برآورد زي‌توده برگ درختان بلوط ایراني و بنه، یك چهارم تا یك هشتم تاج درخت را انتخاب نمود

که گرچه این یك روش قطع نسبي است، اما نمونه برداري محسوب نمي‌گردد.

پژوهش‌هاي مربوط به زي‌توده اصولا" بر مبنای روش قطع کامل (Complete Harvest Method) انجام گردیده است. با توجه به اهمیتی که استفاده از روش‌های قطع نسبی (Partial Harvest Method)، در کاهش حجم عملیات قطع و تفکیك و توزین دارد، پژوهش حاضر براي دو گونه سوزنی برگ کاج تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) که هر دو سهم به‌سزایي در جنگل‌کاری‌های کشور دارند، طراحي گردید. هدف این پژوهش، بررسي صحت برآورد زي‌توده کل و اجزاء مختلف تاج درخت با استفاده از زیرنمونه‌گیري است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ای که مطالعه در آن انجام شده، منطقه نیمه خشک فولاد مبارکه است که در ۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان بین عرض‌های جغرافیايي" ۸ '۱۳ ° ۳۲ تا " ۱۷ '۴۱ °۳۲ شمالی و طول‌های " ۱۹ '۲۳ ° ۵۱ تا "۵ '۲۷ °۵۱ شرقی واقع شده است. اقلیم منطقه به روش آمبرژه، خشک و سرد و میانگین بارندگي سالانه ۱۵۰ میلیمتر است (.,Anonymous 1992).

این منطقه دارای جنگلکاري‌هایی به وسعت ۱۵۰۰ هکتار از گونه‌های پهن‌برگ همانند توت (*Morus alba*) ، اقاقیا (*Robinia pseudacacia*) وچند گونه پهن برگ دیگر و نیز سوزنی‌برگانی نظیر کاج تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره‌ای(*Cupressus arizonica*) است که به صورت توده‌های خالص و همسال کاشته شده‌اند. وسعت جنگل‌کاري‌ها با گونه کاج تهران حدود ۴۰۰ هکتار و با گونه سرو نقره ای حدود ۲۰۰ هکتار است.

روش نمونه‌برداري

علت استفاده از اصطلاح زیر نمونه‌گیري آن است که ابتدا به طور تصادفی تعدادی از درختان برای اندازه‌گیری زي‌توده تاج انتخاب مي‌شوند (نمونه). سپس از هر یك از درختاني که به عنوان نمونه انتخاب شده‌اند تعدادي شاخه به عنوان زیر نمونه انتخاب خواهد شد.

براي بررسي اهداف این مطالعه، از هر گونه ۵ پایه درختي انتخاب گردید. براي انتخاب درختان ابتدا آماربرداري اولیه انجام شد و بر اساس پراکنش درختان در طبقات قطري، ۵ طبقه سه سانتیمتري تشکیل و در هر طبقه یك پایه به صورت تصادفي انتخاب گردید و قطع شد. قطر بن تمامی شاخه‌های درخت (قطر شاخه در فاصله ۳ سانتیمتري تنه) در دو جهت عمود بر هم اندازه گیري شد (Snowdan *et al.*, 2002). سپس تاج درخت به سه بخش زیرین، میانی و فوقاني تقسیم گردید و با توجه به پراکنش قطری شاخه‌هاي تاج درخت، از هر بخش سه شاخه به صورت تصادفی انتخاب و قطع شد. شاخه‌های قطع شده به اجزای مختلف (شامل برگ، شاخه‌های کوچک و شاخه‌های بزرگ یا اصلی) تفکیک گردید و وزن شد.

در مرحله بعد تمامی شاخه‌های درختان فوق قطع شده و وزن اجزای مختلف آنها شامل برگ، شاخه‌های کوچک وشاخه‌های بزرگ به تفکیک با ترازوی دیجیتال (با دقت ۱۰گرم) اندازه‌گیري گردید (این مرحله برای تعیین زي‌توده کل تاج به روش قطع کامل انجام شد). دلیل تفکیک اجزای مختلف، تفاوت در میزان رطوبت و محتوی کربن این اجزاء می باشد (Snowdon et al,. 2002). سپس از هر کدام از این قسمت‌ها نمونه‌های کوچکی به وزن تقریبی ۱۰۰ گرم (برای تعیین وزن خشک) تهیه، وزن دقیق آن بلافاصله با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) اندازه‌گیری و به آزمایشگاه انتقال یافت. نمونه‌ها در آون و در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از مشخص شدن وزن خشک نمونه‌ها، وزن خشک اجزای

مختلف از فرمول زير محاسبه گرديد (Snowdan *et al.*, 2002):

$$WDc = \frac{WFc \times WDs}{WFs} \qquad (۱)$$

كه در آن:

WDc وزن خشك هر جزء از درخت، WFc وزن تر هر جزء از درخت، WDs وزن خشك هر نمونه و WFs وزن تر هر كدام از نمونه‌ها است. به عبارتي، با به دست آوردن نسبت وزن خشك به وزن تر نمونه، اگر اين نسبت در وزن تر اندام ضرب شود، كل وزن خشك اندام به دست خواهد آمد.

روش تحليل داده‌ها

براي برآورد زي‌توده كل و بخش‌هاي مختلف هر يك از شاخه‌ها، از معادلات آلومتريك استفاده خواهد شد. معادله مورد استفاده معادله تواني با فرمول:

$$\hat{Y}_i = a x_i^{\,b} \qquad (۲)$$

كه در آن $\hat{Y}_i$ زي‌توده و x_i مقدار متغير مستقل فرد آماري iام است (فرد آماري مي‌تواند درخت يا شاخه و متغير مستقل مي‌تواند قطر شاخه، قطر برابر سينه يا ارتفاع درخت باشد) و a و b ضرايب رگرسيون هستند (Snowdan *et al.*, 2002; Acka and Laar, 2007; West, 2009).

پس از محاسبه معادله آلومتريك، با قرار دادن قطر بن هر يك از شاخه‌ها در معادله، زي‌توده كل و بخش‌هاي مختلف هر شاخه به دست مي‌آيد. با به دست آمدن جمع زي‌توده كل شاخه‌هاي يك درخت، زي‌توده تاج و بخش‌هاي مختلف آن براي درخت محاسبه خواهد شد. تحليل رگرسيون در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام شد.

براي مقايسه مقدار برآوردي زي‌توده با مقدار واقعي آن براي هر يك از درختان، از معيارهاي اريبي ($Bias$) و اريبي نسبي برآورد ($Bias_r$) استفاده خواهد شد (Jayaraman, 1999).

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^{n} \theta_i - \hat{\theta}_i}{n} \qquad (۳)$$

$$Bias_r = \frac{Bias}{\bar{\theta}} \times 100 \qquad (۴)$$

كه در آن $Bias$ اريبي، $Bias_r$ اريبي نسبي به درصد، θ_i زي‌توده فرد iام، $\hat{\theta}_i$ زي‌توده برآوردي فرد iام و $\bar{\theta}$ ميانگين زي‌توده واقعي است.

نتايج

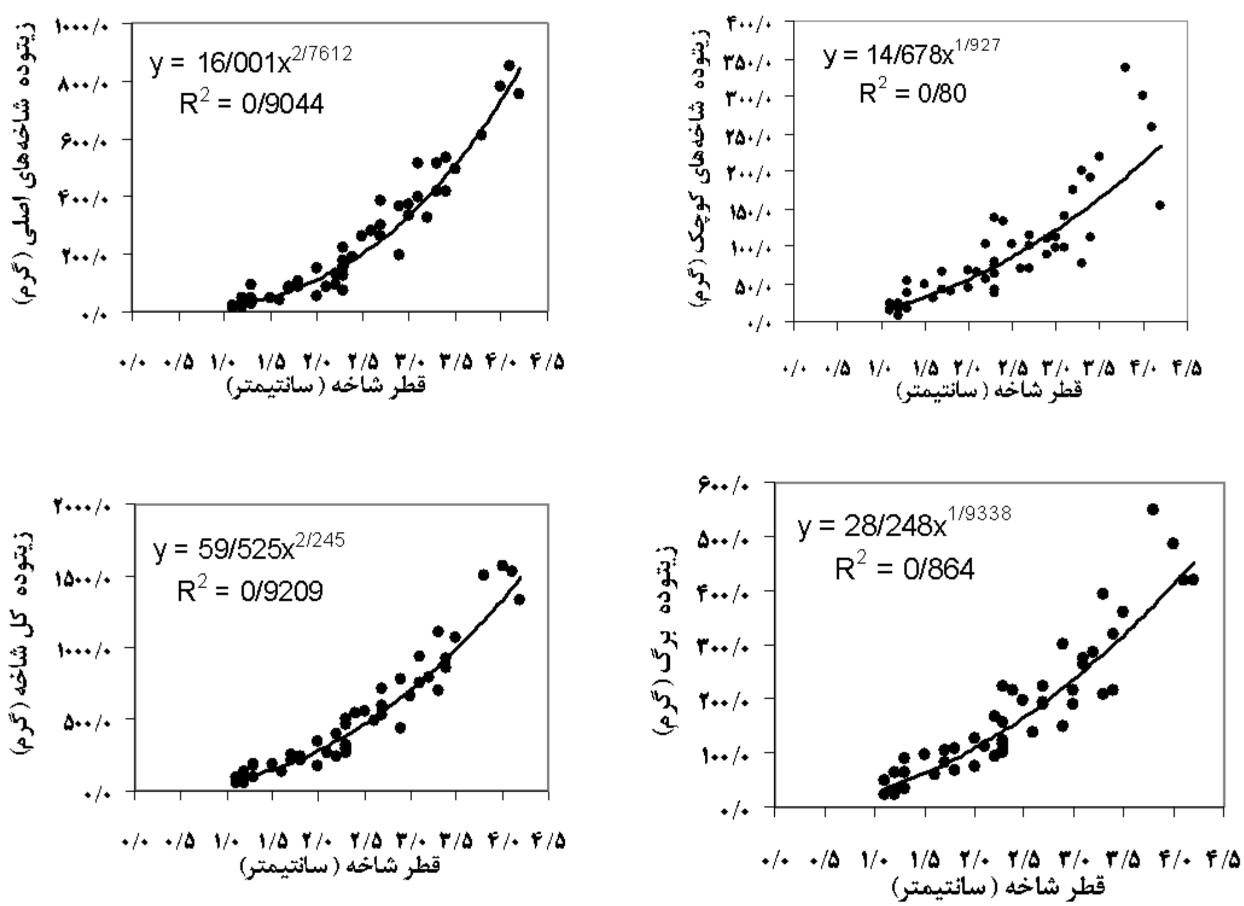
برآورد زي‌توده اجزاء و كل تاج درختان كاج

با استفاده از تحليل رگرسيون تك متغيره، منحني‌هاي تواني براي برآورد هر يك از متغيرهاي مورد نظر برازش داده شد. نتايج حاكي از آن است كه كل مدل‌ها با ۹۹/۹ درصد اطمينان معني‌دار هستند. ضريب تعيين اين مدل‌ها حداقل ۰/۸ براي برآورد زي‌توده شاخه‌هاي كوچك و حداكثر ۰/۹۲ براي برآورد زي‌توده كل شاخه به دست آمد (جدول ۱). ابر نقاط و منحني برازش يافته براي هر يك از مدل‌ها در شكل ۱ ارائه گرديده است.

جدول ١- تحليل رگرسيون براي برآورد زي‌توده شاخه‌هاي كوچك، شاخه‌هاي اصلي، برگ و كل شاخه بر اساس قطر شاخه درختان كاج

متغير	$R^۲$	آماره F	معادله
شاخه‌هاي كوچك	٠/٨٠	١٧٧/٩ (***)	$Y = ١٤/٦٧٨\ x^{١/٩٢٧}$
برگ	٠/٨٦	٢٨٥/٩ (***)	$Y = ٢٨/٢٤٨\ x^{١/٩٣٣٨}$
شاخه‌هاي اصلي	٠/٩٠	٤٢٥/٩ (***)	$Y = ١٦/٠٠١\ x^{٢/٧٦١٢}$
كل	٠/٩٢	٥٢٤/٠ (***)	$Y = ٥٩/٥٢٥\ x^{٢/٢٤٥}$

Y زي‌توده به گرم، X مقادير قطر شاخه به سانتيمتر، $R^۲$ ضريب تبيين، F آماره‌ي تحليل واريانس مدل، و ***، **، * و *ns* به ترتيب معني داري در سطح ٠/٠٠١، ٠/٠١، ٠/٠٥ خطا و عدم معني‌داري



شكل ١- ابر نقاط و منحني رگرسيوني برآورد زي‌توده اجزاء مختلف و كل شاخه درختان كاج

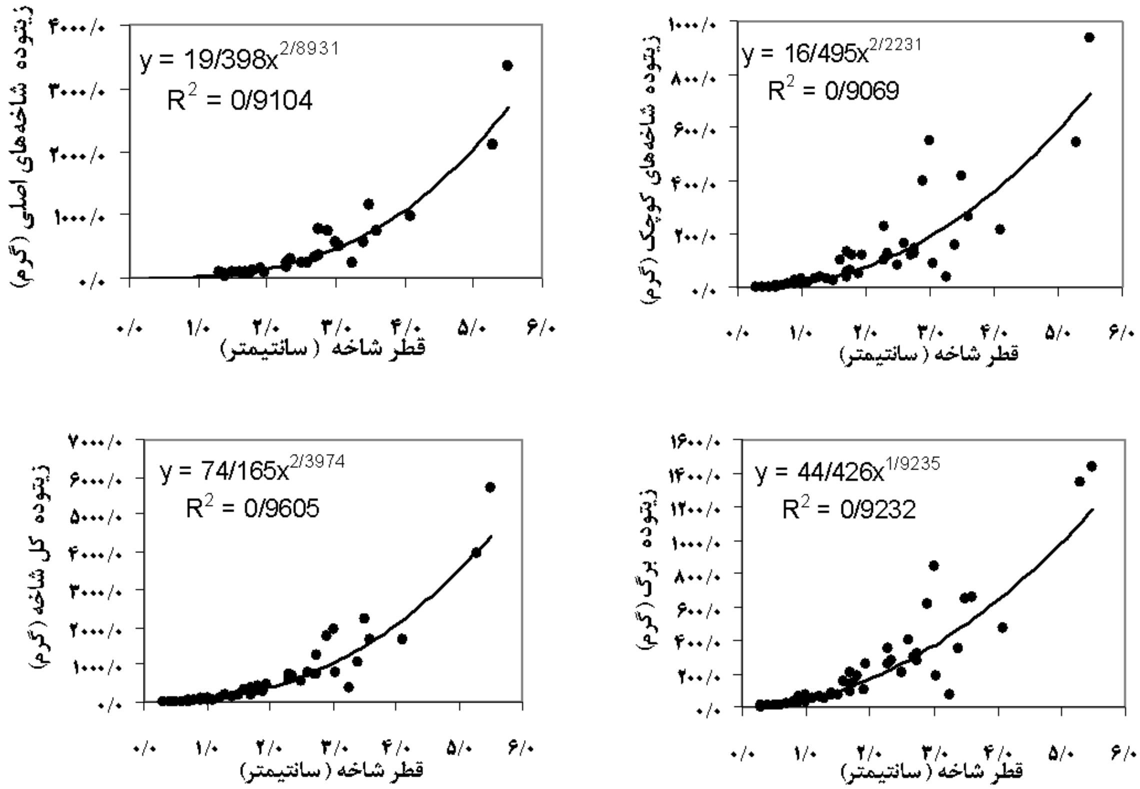
برآورد زي‌توده اجزاء و كل تاج درختان سرو

نتايج برازش منحني‌هاي تواني براي هر يك از متغيرهاي مورد نظر در جدول ٢ آمده است. چنانكه ملاحظه مي‌گردد، نتيجه تحليل واريانس مدل‌ها نشان مي‌دهد كه تمامي مدل‌هاي مورد بررسي با ٩٩/٩ درصد اطمينان معني‌دار هستند. همچنين بيشترين ضريب تعيين مربوط به مدل برآورد زي‌توده كل شاخه و كمترين آن‌ها مربوط به مدل برآورد زي‌توده شاخه‌هاي كوچك و اصلي است. ابر نقاط و منحني برازش يافته هر يك از مدل‌ها در شكل ٢ آمده است.

جدول ٢- تحليل رگرسيون براي برآورد زي‌توده شاخه‌هاي كوچك، شاخه‌هاي اصلي، برگ و كل شاخه بر اساس قطر شاخه درختان سرو

متغير	R^2	آماره F	معادله
شاخه‌هاي كوچك	۰/۹۱	۴۹۶/۶ (***)	$Y = ١٦/٤٩٥\, x^{٢/٢٢٣١}$
برگ	۰/۹۲	۶۱۳/۱ (***)	$Y = ٤٤/٤٢٦\, x^{١/٩٢٣٥}$
شاخه‌هاي اصلي	۰/۹۱	۲۹۴/۸ (***)	$Y = ١٩/٣٩٨\, x^{٢/٨٩٣١}$
كل	۰/۹٦	۱۲۴۰/۶ (***)	$Y = ٧۴/١٦٥\, x^{٢/٣٩٧٤}$

Y زي‌توده به گرم، X مقادير قطر شاخه به سانتيمتر، R^2 ضريب تبيين، F آماره‌ي تحليل واريانس مدل، و ***، **، * و *ns* به ترتيب معني داري در سطح ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۰۵ خطا و عدم معني‌داري

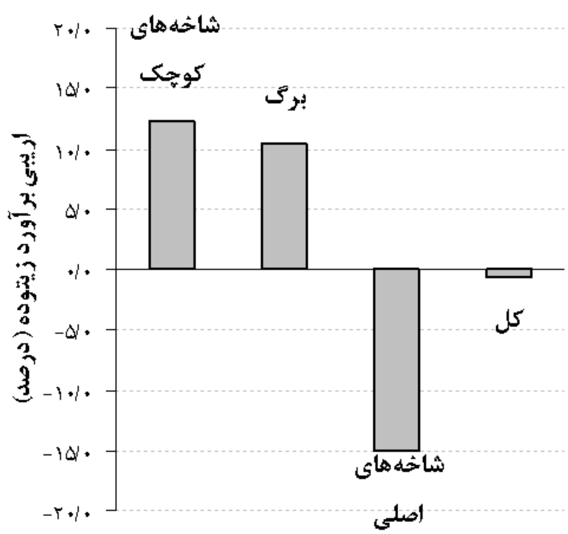


شکل ۲- ابر نقاط و منحني رگرسيوني برآورد زي‌توده اجزاء مختلف و کل شاخه درختان سرو

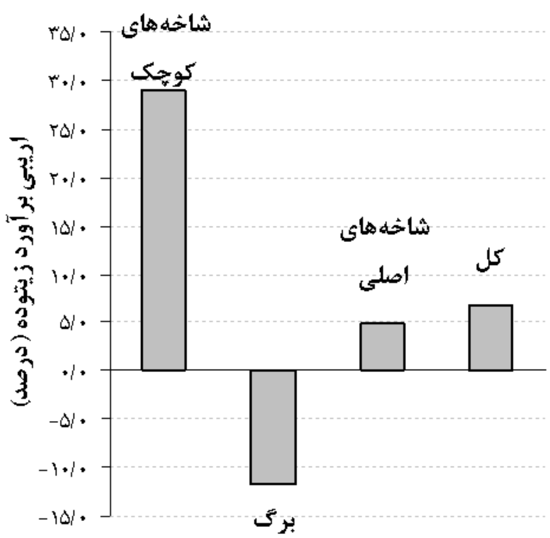
اريبي نسبي برآورد زي‌توده درخت

بررسي اريبي نسبي برآورد زي‌توده اجزا مختلف تاج درختان کاج در شکل ۳ آمده است. بيشترين اريبي مربوط به برآورد زي‌توده شاخه‌هاي اصلي است (۱۵/۱- درصد). مقدار اين اريبي منفي است که نشان دهنده برآورد بيشتر از واقعيت است. اريبي برآورد زي‌توده شاخه‌هاي کوچك و برگ به ترتيب ۱۲/۳ و ۱۰/۴ درصد است که هر دو نيز مثبت هستند. اما اريبي برآورد زي‌توده کل بسيار ناچيز (۰/۷-) است.

شکل ۴ اريبي نسبي برآورد بخش‌هاي مختلف تاج درختان سرو نشان مي‌دهد که بيشترين اريبي مربوط به برآورد زي‌توده شاخه‌هاي کوچك (۲۹/۴) است. اريبي نسبي برآورد زي‌توده برگ و شاخه‌هاي اصلي به ترتيب ۱۱/۸- و ۴/۹ است. اريبی نسبی برآورد زي‌توده کل برابر ۶/۸ است.



شکل ۳- اريبي نسبي برآورد زي‌توده تاج درختان کاج



شکل ۴- اريبي نسبي برآورد زي‌توده تاج درختان سرو

بحث و نتيجه‌گيري

اصولا در معادله‌هاي رگرسيون براى برآورد زي‌توده، قطر شاخه به عنوان متغير مستقل استفاده می‌شود و روابط قوی ميان قطر شاخه و زي‌توده آن مورد انتظار است. علت انتخاب پارامتر قطر به عنوان متغير مستقل دلايل تجربی دارد؛ از جمله اينکه اندازه‌گيری آن، نسبت به ارتفاع ساده‌تر و سريع‌تر انجام می‌شود، همچنين پژوهش‌ها نشان داده‌اند که وارد کردن يک متغير ثانويه مثل ارتفاع، در معادله به عنوان متغير مستقل، نتوانسته است تغييرات بيشتری از متغير وابسته را تبيين نمايد (Verwijst and Telerius, 1999).

نتايج به دست آمده در پژوهش حاضر حاکی از وجود روابط قوی بين متغير قطر شاخه و ميزان زي‌توده، به‌ويژه زي‌توده کل است. در اکثر پژوهش‌هايي که تاکنون انجام شده بين قطر شاخه و زي‌توده کل روابط قوی بدست آمده است. براي مثال" در پژوهشي که Verwijst (1999) and Telenius در جنگل‌های شاخه‌زاد بيد و توسکا در آپسالای سوئد انجام داده‌اند، قطر بن جست‌ها را در مقابل وزن خشک بدست آمده از آنها قرار داده و معادله رگرسيون

توانی حاصل را تحلیل نموده‌اند. ضریب تبیین در این معادله برای توسکا ۰/۹۸۶ و برای بید ۰/۹۹۴ بدست آمده است. این موارد نشان می‌دهد که متغیر قطر شاخه برای برآورد زي‌توده کل و به تبع آن کربن کل اندام های هوايي درخت، متغیر مناسبی است.

علت کم بودن اریبي نسبي برآورد زي‌توده کل شاخه در مقایسه با زماني که زي‌توده اجزاء برآورد مي‌گردد آن است که مقدار اریبي برآورد اجزاء مختلف، علائم (منفي و مثبت) متفاوتي دارد و به طور سرجمع این خطا کاسته مي‌گردد. به عبارتي بیش برآوردي در شاخه اصلي با برآورد کمتر از واقعیت برگ‌ها و شاخه‌هاي فرعي جبران مي‌شود. تفاوت مقدار خطا براي سرشاخه و برگ تا حدودي به دلیل طبیعت پویای سرشاخه‌هاست، به این معنی که تغییرات فصلی، آب و مواد غذايي قابل دسترس و رقابت نوری (در میان شاخه‌های یک درخت و نیز با شاخه‌های سایر درختان) در نگهداشت زي‌توده سرشاخه و برگ موثر هستند، مثلا" سایه و فقر مواد غذايي در قسمت پايين تاج باعث ریزش بیشتر برگ‌ها در این قسمت و پایین آمدن میزان زي‌توده برگ می‌گردد که به همین دلیل مونه‌بندی (Stratification) تاج توصیه می‌گردد.

هرچند برای زي‌توده برگ و شاخه‌های کوچک روابط به دست آمده به قوت این روابط برای زي‌توده کل نیست، اما در مقایسه با پژوهش‌هاي انجام شده دیگر، روابط به دست آمده در بررسي حاضر، هم (R^2) بالاتری دارند و هم در تمام موارد مدل‌های ارائه شده معني‌دار هستند (در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ =α). دلیل این امر احتمالا" این است که در این پژوهش تاج درخت قبل از قطع شاخه‌ها مونه بندی شده که باعث کاهش تغییرات در زي‌توده شاخه می گردد.

در مطالعه ای که Grote (2002) برای برآورد زي‌توده شاخه و سرشاخه سوزنی‌برگان و پهن‌برگان انجام داده است، دو مدل خطی و غیرخطی (نمايي) ارائه گردیده که در مورد گونه سوزنی‌برگ (*Spruce*) برای برآورد زي‌توده شاخه و سرشاخه در مدل خطی، (R^2) به دست آمده به ترتیب برابر با ۰/۷۷ و ۰/۷۴ بود و این مدل تنها برای برآورد سرشاخه معنی‌دار بود (۰/۰۱ =α). در مدل غیرخطی نیز (R^2) به دست آمده به ترتیب برابر با ۰/۸۲ و ۰/۹ و هر دو مدل معنی‌دار بود. وی تغییرات در (R^2) به دست آمده در مدل‌های مختلف و تفاوت در الگوهای ارائه شده برای دوگونه مختلف (راش و نوئل) را به تغییرات تراکم شاخه و اینکه با افزایش اندازه شاخه تراکم کاهش می‌یابد نسبت داده است.

Czapowskyi et al (1985) معادله‌هاي زي‌توده اجزای مختلف درخت نرادسیاه (Black Spruce) را مورد مطالعه قرار دادند. آنها این معادلات را برای برگ، شاخه، چوب تنه، پوست تنه، ریشه وکنده، اندام‌های روی زمینی و کل درخت به دست آوردند. بیشترین (R^2) به دست آمده مربوط به زي‌توده کل درخت (۹۸%) بود و برای معادلات برگ و شاخه (R^2) به ترتیب برابر ۰/۳۲ و ۰/۶۲ بدست آمد. در همه موارد، متغیر مستقل، قطر برابر سینه بوده است. آنها تفاوت در ضرایب تبیین به دست آمده را به دلیل درهم تنیدگی تاج پوشش توده و به تبع آن درجه بالای تغییرات در اجزای تاج درخت (شاخه و برگ) دانسته‌اند که در مرحله نمونه‌برداری از درخت مورد توجه قرار نگرفته است.

Harrington (1979) در مطالعه‌ای که برای برآورد زي‌توده اندام‌های هوايي درختان و درختچه‌ها در بیشه زارهای اکالیپتوس استرالیا انجام داده، همبستگی بالايي بین میزان ماده خشک (Dry matter) برگ و چوب و قطر شاخه‌های گونه‌ای اکالیپتوس به دست آورده و نتیجه‌گیری نموده که قطر شاخه، یک متغیر مناسب برای برآورد زي‌توده برگ و چوب است اما برای سرشاخه‌ها متغیر مناسبی نیست. اریبی نسبی زیاد در برآورد شاخه‌های کوچک سرو نقره‌ای و تا حدودی کاج در تحقیق ما، مطابق با نتایج پژوهش مذکور است.

Peper and pherson (1998) در برآورد مقادیر زي‌توده چوبی و غیر چوبی (سرشاخه) از چهار روش نمونه‌برداری (1- Harris equations for predicting biomass 2- Sampling method 3- Sub sampling method for foliar and woody biomass 4- Surrogated method for estimating foliar biomass) استفاده کردند و مقادیر برآوردی را با مقادیر واقعی زي‌توده مقایسه نمودند. از چهار روش مورد بررسي، تنها روش زیر نمونه‌برداري با مقادیر واقعی اختلاف نداشت و در بقیه روش‌ها اختلاف با مقادیر واقعی معنی‌دار بود.

در مجموع با توجه به مواردی که بیان گردید می‌توان نتیجه گرفت که علت تفاوت در اریبی برآورد زي‌توده در دو گونه مورد مطالعه یعنی کاج تهران و سرو نقره‌ای تا حدود زیادی به ساختار(architecture) و چگونگی آرایش شاخساره‌ای این دو گونه مربوط می‌گردد که هدف از این مطالعه بررسی این تفاوت‌ها نبوده و پیشنهاد می‌گردد در مطالعه‌ای جداگانه این موارد مورد بررسی قرار گیرد.

References

- Adl, H.R. 2007. Estimation of leaf biomass and leaf area index of two major species in Yasuj forests, Iranian Journal of Forest and Poplar Research Vol. 15(4). 417-426.
- Anonymous, 1992. Comprehensive and detailed plan for landscape of Mobarake Steel Complex, Industrial Report, 53-55.
- Bilgili, E. and Kucuk, O. 2009. Estimating Above-Ground Fuel Biomass in Young Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten). Energy & Fuels. Vol.23. 1797-1800.
- Czapowskyi, M.M. Robison, D.J. Briggs, R.D. and White, E.H. 1985. Component biomass equations for Black spruce in Mine. United state department of agriculture prees, 1-11.
- Ebuy, J. Lokombe, J. P. Ponette, Q. Sonwa, D. and Picard, N. 2011. Allometric equations for predicting aboveground biomass of three tree species. Journal of Tropical Forest Science. Vol. 23(2). 125-132.
- Good, N. M. Paterson, M. Brack, C. and Mengersen, K. 2001. Estimating tree component biomass using variable probability sampling methods. Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics.Vol. 6(2). 258-267
- Grote, R. 2002. Foliage and Branch Biomass Estimation of Coniferous and Deciduous Tree Species. Silva Fennica. Vol. 36(4) 779-788.
- Harrington, G. 1979. Estimation of above-ground Biomass of Trees and Shrubs in a Eucalyptus populnea F.Muell. Woodland by Regression of Mass on Trunk Diameter and Plant Height. Australian Journal of Botany. Vol.27(2).135-143.
- Jayaraman, K. 1999. A Statistical Manual For Forestry Research, Food and agricultural organization of the united nations regional office for Asia and the pacific Bangkok, 234pp.
- McGinnis, T.W. Shook, C.D. and keeley, L.E. 2010. Estimating Aboveground Biomass for Broadleaf Woody plants and Young Conifers in Sierra Nevada, California Forest. West.J.Appi. For Vol.25(4).203-209.
- Navar, J. 2009. Allometric equations for tree species and carbonstorage for forest of northwestern Mixico. Forest Ecology and Mangement. Vol. 257. 427-434.
- Peper, P.J and McPherson, E.G. 1998. Comparision of four foliar and woody biomass estimation methods applied to open- grown deciduous trees. Journal of Arboriculture. Vol. 24(4). 191-200.
- Snowdon, P. Raison, J. and Eamus, D. 2002. Protocol for sampling tree and stand biomass. Australian Greenhouse Office Publication, 67 pp.
- Verwijst, T. and Telenius, B. 1999. Biomass estimation procedures in short rotation forestry. Forest Ecology and Management. Vol. 121. 137-146.
- Zobieri, M. 2002. Forest Biometry 1th ED, Tehran University Press, 412pp

Sub Sampling for Estimating Biomass of tree Crown and its Components

Siavash Bakhtiarvand Bakhtiari[1], Hormoz Sohrabi[2]
[1] M.Sc. Graduated, Faculty of Natural resource and Earth Science, University of Shahrekord, I.R. Iran
[2] Assistant Prof., Faculty of Natural resource and Earth Science, Tarbiat Modares University, I.R. Iran
(Received: 24 July 2012, Accepted: 10 April 2012)

Abstract

Considering the global warming and climate change topics, biomass estimation of trees has great importance in theory and application. Measurement of biomass is a costly and time consuming operation And to reduce these difficulties, a large numbers of sampling methods were innovated. One of these methods is the “subsampling”. In this research, accuracy of this sampling method for estimating biomass of total and different tree components of two planted coniferous species; Eldar pine (*Pinus eldarica*) and Arizona cypress (*Cupressus arizonica*) were examined in *Mobarake* Steel factory. Five sample trees from each species were felled down and each component of trees were separated and weighted. Therefore, actual biomass of different tree components was obtained. To test subsampling method, tree crown was divided to three parts, upper, lower and medial part and from each part, a number of branches were selected randomly and base diameter of every branch was recorded. Using nonlinear regression analysis, models of estimating biomass were obtained. The results showed that, all models were significant at 99.9% confidence level. The minimum and maximum coefficients of determination (r^2) of these models were 0.8 and 0.92 for pine and 0.91 and 0.96 for arizona cypress respectively. The least and the most relative bias for pine belongs to estimation of total biomass (0.7%) and main branches (15.1%) and for arizona cypress belongs to estimation of main branches (4.9%) and small branches (29.4%). Based on the results, subsampling method is an appropriate method for estimating trees crown biomass.

Keywords: Subsampling, Crown biomass, Eldar Pine, Arizona Cypress, Regression analysis, Mobarake Steel Complex

*Corresponding author: Tel: +98 122 6253101 Fax: +98 122 6253499 E-mail: hsohrabi@modares.ac.ir