

برآورد زی توده کاج تدا (*Pinus taeda* L.) با استفاده از رابطه‌های آلومتریک (مطالعه موردی: جنگل کاری‌های چوبر، شفت - گیلان)

حمید حسنتلی پور^{۱*}، امیراسلام بنیاد^۲، جواد ترکمن^۳ و بیت‌اله امان‌زاده^۴

* نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

پست الکترونیک: hamid_norjizak@yahoo.com

۱- استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۰۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۱

چکیده

هدف این پژوهش برآورد زی توده کاج تدا (*Pinus taeda* L.) در پارسل ۱۱ طرح جنگل‌کاری چوبر شفت به مساحت ۶۱ هکتار با استفاده از رابطه‌های آلومتریک بود. در منطقه مورد مطالعه ۳۰ قطعه نمونه ۵ آری دایره‌ای شکل برداشت شد و در هر قطعه نمونه، قطر کنده، قطر تنه در ارتفاع برابر سینه، عرض تاج و ارتفاع کل درختان اندازه‌گیری شد. دوازده اصله درخت از طبقه‌های قطری مختلف انتخاب و از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر قطع شدند. وزن تر بخش‌های مختلف اندازه‌گیری شد. از هر بخش نمونه‌هایی به آزمایشگاه منتقل شد و نمونه‌ها تا زمان رسیدن به وزن پایدار درون آون قرار گرفتند. سپس درصد وزن خشک برای هر بخش محاسبه شد. با استفاده از تحلیل رگرسیون غیرخطی، زی توده اندام‌های مختلف در مقابل متغیرهای مستقل مدل‌سازی شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-سمیرنوف بررسی شد. برای مدل‌سازی، با استفاده از تحلیل رگرسیون توانی، از بین مدل‌های مختلف رگرسیونی با توجه به سطح معنی‌داری، همبستگی و خطا، بهترین نوع رابطه توانی انتخاب شد. نتایج نشان داد که برای برآورد زی توده کل درخت، بیشترین ضریب تبیین (۰/۹۵۲) مربوط به متغیر مستقل مجذور قطر در ارتفاع (D^2H) بود. همچنین، بهترین رابطه برای برآورد زی توده کل $E(Y_T) = 0.045 D^2H^{1/864}$ به دست آمد. نتایج این پژوهش، ارزشمندی رابطه‌های آلومتریک در برآورد زی توده درختان را تأیید کرد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، رگرسیون توانی، مجذور قطر، مدل‌سازی.

مقدمه

(Terakunpisut et al., 2007). متوسط دمای هوا در مقیاس

جهانی در سطح زمین از اواخر سال ۱۸۰۰ میلادی بین ۰/۳ تا ۰/۶ درجه سانتیگراد افزایش داشته است و با برآوردهای فعلی پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۱۰۰ میلادی، متوسط سطح

از شروع انقلاب صنعتی تا سال ۱۹۹۲، به دلیل سوزاندن سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری زمین، غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر در حدود ۳۰ درصد افزایش یافته است

به دست آورد تا در نهایت بتواند به محتوای وزنی و حجمی آن گونه درختی پی ببرد (Wang, 2006). Zianis و Mencuccini (۲۰۰۴) در مورد سه روش آسان سازی تجزیه و تحلیل‌های آلومتریکی برای تخمین زی توده روی زمین بررسی‌هایی انجام دادند و بیان داشتند که این بررسی به این دلیل حایز اهمیت است که زی توده درختان نقش عمده‌ای در مدیریت پایدار و تخمین کربن ذخیره جنگل دارد. Son و همکاران (۲۰۰۱) درباره آلومتری و زی توده *Pinus koaiensis* جنگل‌های آمیخته خزان‌کننده و همچنین در هفت طبقه سنی از جنگل‌های دست‌کاشت در مرکز کره تحقیق کردند و برای وزن خشک پوست تنه، چوب تنه، شاخه‌ها و سوزن‌های سوزنی‌برگان با قطر برابر سینه آن‌ها رابطه رگرسیونی $\text{Log } Y = a + b \text{Log } X$ را به دست آوردند. Zianis و Mencuccini (۲۰۰۳) با استفاده از رابطه‌های عمومی زی توده روی زمین را برای درختان راش در کوهستان‌های شمال یونان بررسی کردند و نتیجه گرفتند که قطر برابر سینه بیان‌کننده متغیرهای زیادی از جمله مجموع زی توده روی زمین تنه، ساقه‌ها و شاخه‌ها است و پس از قطر برابر سینه، ارتفاع به‌عنوان دومین معرف برای تخمین زی توده، به‌ویژه زی توده سرشاخه می‌باشد.

با توجه به اهمیت و حساسیت موضوع تغییر اقلیم و افزایش دمای زمین و آثار آن بر فعالیت‌های انسانی، باید به دنبال ارزش‌گذاری گونه‌های جنگلی بر اساس توان ترسیب کربن و جنگل‌کاری با این گونه‌ها بود. هدف از انجام این پژوهش، تعیین رابطه‌های آلومتریکی برای برآورد زی توده سرپای درختان در راستای مدیریت پایدار جنگل‌کاری‌ها و جنگل بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

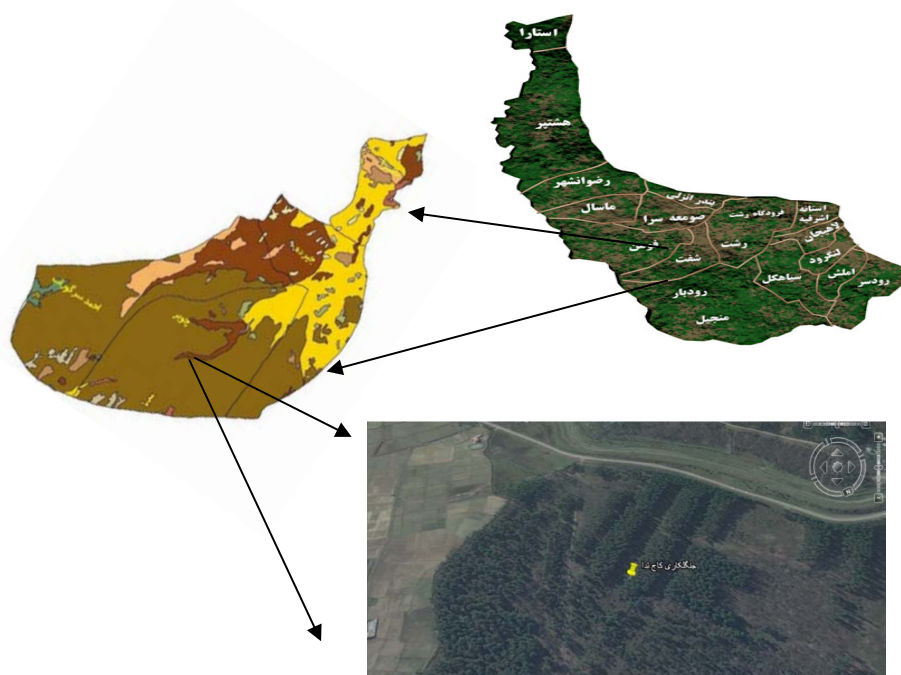
منطقه مورد مطالعه پارسل ۱۱ طرح جنگل‌کاری چوبر شفت به مساحت ۶۱ هکتار بود که از جنگل‌های غرب شهرستان شفت استان گیلان و بخشی از جنگل‌های حوضه آبخیز ۱۷ امامزاده ابراهیم است (شکل ۱). این پارسل در

جهانی دمای هوا بین ۱ تا ۳/۵ درجه افزایش یابد (Nowak *et al.*, 2001). این امر افزون بر ایجاد مضرات فراوان اقتصادی- اجتماعی، باعث از بین رفتن پایداری اکوسیستم‌های طبیعی نیز خواهد شد. برآورد زی توده برای پژوهش‌های بهره‌وری اکوسیستم‌های زمینی، چرخه کربن، گرمایش جهانی زمین، بررسی مقدار ذخیره کربن، ارزیابی ساختار و وضعیت جنگل، برآورد تولید و همچنین بررسی حاصلخیزی رویشگاه اهمیت دارد (Sohrabi & Shirvani, 2012). از سویی، توان ترسیب کربن در جنگل‌ها بسته به موقعیت جغرافیایی، ترکیب جنگل، نرخ رشد گونه‌ها، تراکم و سن متفاوت است، بنابراین آگاهی از توان ترسیب کربن در گونه‌های مختلف نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Bakhtiarvand bakhtiari & Sohrabi, 2012).

در اکوسیستم‌های جنگلی بیشترین پتانسیل برای زی توده روی زمین و ذخیره کربن به‌طور معمول در اجزای درخت (تنه، شاخه، برگ) وجود دارد (Peichl & Altaf Arain, 2006). دقیق‌ترین راه برای اندازه‌گیری زی توده اندام‌های هوایی برای یک توده جنگلی برداشت و قطع درختان است (Saglan *et al.*, 2008). قطع و اندازه‌گیری تعداد کافی از درختان که نماینده اندازه و پراکنش گونه‌ها در یک اکوسیستم باشند، بسیار پیچیده، وقت‌گیر، مخرب و هزینه‌بر است، بنابراین روش‌های غیرمخرب برای تعیین زی توده گونه‌های درختی جنگل‌ها توسعه یافتند (Brown *et al.*, 2004; Saatchi *et al.*, 2007). به‌طور عمده این روش‌ها بر مبنای مدل‌های رگرسیونی، مقدار زی توده را برآورد می‌کنند. روش آلومتری یکی از روش‌های شناخته شده در این راستا است. آلومتری (در جنگل) عبارتست از مطالعه اندازه نسبی اجزای مختلف گونه‌های جنگلی با اندازه‌گیری و برقراری ارتباط بین متغیرهای کمی درخت (به‌طور عمده قطر برابر سینه یا ارتفاع) با زی توده (Zianis *et al.*, 2005). با استفاده از روش آلومتری این امکان برای پژوهشگر فراهم می‌شود تا اجزای مختلف یک گونه درختی نظیر ساقه، شاخه، برگ را بررسی کرده و مدل‌های رگرسیونی را به‌منظور تخمین ارتباطات میان هر یک از اجزای درخت

میلی متر می‌باشد. متوسط حداکثر دما در گرم‌ترین ماه سال (مرداد) $32/73$ و متوسط حداقل دما در سردترین ماه سال (دی) $3/29$ درجه سانتیگراد است. بیشترین رطوبت نسبی منطقه در مهرماه ($97/3$ درصد) و کمترین رطوبت نسبی ($59/6$ درصد) در خرداد و متوسط رطوبت نسبی سالانه $81/42$ درصد می‌باشد (Anonymous, 2015).

سنوات گذشته با کاج تدا (*Pinus taeda* L.) جنگل کاری شده است. مختصات جغرافیایی منطقه $37^{\circ}06'19''$ تا $37^{\circ}02'15''$ طول شرقی و $49^{\circ}22'45''$ تا $49^{\circ}26'06''$ عرض شمالی است. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۴۵ متر و تقریباً مسطح و کم‌شیب است. تیپ اصلی خاک منطقه قهوه‌ای (پس‌دوگلی) تا خاک هیدرومورف است. متوسط بارندگی سالانه ۱۴۱۷ و متوسط بارندگی ماهانه ۱۱۸



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

شدند. پس از قطع، هر درخت به قسمت‌های تنه اصلی، شاخه و برگ تقسیم شد و وزن تر هر قسمت جداگانه در عرصه با ترازو با دقت $0/1$ گرم اندازه‌گیری شد. برای به‌دست آوردن وزن خشک از هر بخش نمونه‌ای جدا و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های تنه و شاخه به مدت ۷۲ ساعت در دمای 105 درجه سانتیگراد و برگ به مدت ۴۸ ساعت در دمای 70 درجه سانتیگراد تا زمان رسیدن به وزن پایدار درون آون قرار گرفتند (Sohrabi & Shirvani, 2012). با به‌دست آمدن وزن مخصوص بحرانی، مقدار ماده خشک در واحد حجم تر برای قسمت‌های مختلف درخت

پس از تهیه نقشه منطقه، شبکه آماربرداری با ابعاد 100×100 متر تعیین شد و در داخل شبکه به روش تصادفی در ۳۰ قطعه نمونه ۵ آری دایره‌ای شکل نمونه‌برداری انجام شد. در داخل هر قطعه نمونه، قطر کنده، قطر تنه در ارتفاع برابر سینه با نوار قطر سنج، عرض تاج با متر نواری و ارتفاع کل درختان اندازه‌گیری و ثبت شد. با توجه به طبقات قطری تعیین شده در سطح توده، یک اصله درخت در محدوده طبقات قطری و در مجموع ۱۲ اصله در قطعات نمونه در سطح توده انتخاب و از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر روی زمین قطع

محاسبه شد.

تحلیل آماری داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS¹⁹ استفاده شد. برای برآورد زی‌توده تنه، شاخه، برگ و کل درخت از مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی یک و دوعامله استفاده شد. با به‌کارگیری رابطه‌های رگرسیونی بر مبنای حداقل مربعات بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل، رابطه آلومتریک به دست آمد و با جمع زی‌توده ساقه، شاخه و برگ، مقدار زی‌توده برای کل درخت محاسبه شد. شرط استفاده از مدل‌های مختلف رگرسیون چندگانه، خطی و غیرخطی، داشتن فرض‌هایی نظیر نرمال بودن و هم‌خطی نبودن است که برای آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-سمیرنوف استفاده شد. برای انتخاب

بهترین مدل رگرسیونی از ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربع خطای برآورد ($RMSE$) و سطح معنی‌داری استفاده شد.

نتایج

از مجموع ۱۲ درخت قطع شده و اندازه‌گیری شده از طبقات قطری مختلف، کم‌قطرترین و قطورترین درخت اندازه‌گیری شده به ترتیب ۱۹ و ۴۹ سانتی‌متر و بیشترین کمترین ارتفاع ثبت شده به ترتیب ۳۰ و ۱۵ متر بود. بیشترین زی‌توده تنه، شاخه، برگ و کل مربوط به درخت با قطر ۴۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ متر و کمترین زی‌توده تنه، شاخه، برگ و کل نیز مربوط به درخت با قطر ۱۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ متر بود (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات کمی درختان قطع شده کاج تدا و زی‌توده اندام‌های مختلف آن‌ها

شماره درخت	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع (متر)	زی‌توده تنه (کیلوگرم/متر مکعب)	زی‌توده شاخه (کیلوگرم/متر مکعب)	زی‌توده برگ (کیلوگرم/متر مکعب)	زی‌توده کل (کیلوگرم/متر مکعب)
۱	۴۹	۳۰	۸۴۱/۱۰	۲۴/۹۴	۲۲/۴۴	۸۸۸/۴۸
۲	۳۱	۲۴	۲۵۶/۹۱	۱۴/۴۶	۱۳/۰۱	۲۸۴/۳۸
۳	۳۶	۲۶	۳۳۵/۴۲	۲۰/۳۰	۱۸/۲۷	۳۷۳/۹۹
۴	۴۴	۲۸	۴۷۲/۴۴	۱۸/۱۳	۱۶/۳۱	۵۰۶/۸۸
۵	۳۳	۲۵	۳۳۹/۹۰	۱۲/۲۵	۱۱/۰۲	۳۶۳/۱۷
۶	۲۸	۲۲	۲۰۲/۱۵	۹/۴۵	۸/۵۰	۲۲۰/۱۰
۷	۳۸	۲۷	۳۹۲/۴۵	۱۶/۸۵	۱۵/۱۶	۴۲۴/۴۶
۸	۴۰	۲۸	۳۷۸/۳۸	۱۷/۷۲	۱۵/۹۴	۴۱۲/۰۴
۹	۲۷	۲۰	۱۵۴/۵۵	۹/۰۵	۸/۱۴	۱۷۱/۷۴
۱۰	۴۲	۲۸	۳۸۸/۵۳	۱۸/۰۷	۱۶/۲۳	۴۲۲/۸۳
۱۱	۱۹	۱۵	۶۳/۴۹	۴/۵۱	۴/۰۵	۷۲/۰۵
۱۲	۲۴	۱۸	۱۳۰	۶/۳۶	۵/۷۱	۱۴۲/۰۷
میانگین	۳۴/۳۳	۲۴/۲۵	۳۲۹/۶۱	۱۴/۳۴	۱۲/۸۹	۳۵۶/۸۴

مجذور قطر در ارتفاع (D^2H) استفاده شد که به راحتی قابل اندازه‌گیری هستند. سپس نتایج به دست آمده با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که از بین متغیرهای

در این پژوهش برای تعیین بهترین و مناسب‌ترین مدل آلومتریک برای برآورد زی‌توده روی زمینی کاج تدا از سه متغیر مستقل قطر برابر سینه (dbh)، ارتفاع درخت (H) و

متغیر مستقل مجذور قطر در ارتفاع بود. کمترین ضریب تبیین برای برآورد اندام‌های تنه، شاخه، برگ و کل درخت نیز مربوط به متغیر مستقل ارتفاع درخت بود (جدول ۲). بنابراین، ارتفاع به‌تنهایی متغیر مناسبی برای برآورد زی توده قسمت‌های مختلف درختان کاج تدا نبود و همراه با عامل قطر برابر سینه می‌تواند بهترین عامل برای برآورد زی توده باشد.

اندازه‌گیری‌شده، به‌ترتیب مجذور قطر در ارتفاع، قطر برابر سینه و ارتفاع برای بخش‌های مختلف درخت شامل تنه، شاخه، برگ و کل درخت از ضریب تبیین بیشتر و ریشه میانگین مربع خطای برآورد کمتری برخوردار بودند. بیشترین ضریب تبیین برای برآورد زی توده کل درخت، زی توده برگ، زی توده تنه و زی توده شاخه با مقادیر به‌ترتیب ۰/۹۵۲، ۰/۹۳۸، ۰/۹۴۹ و ۰/۹۳۹ مربوط به

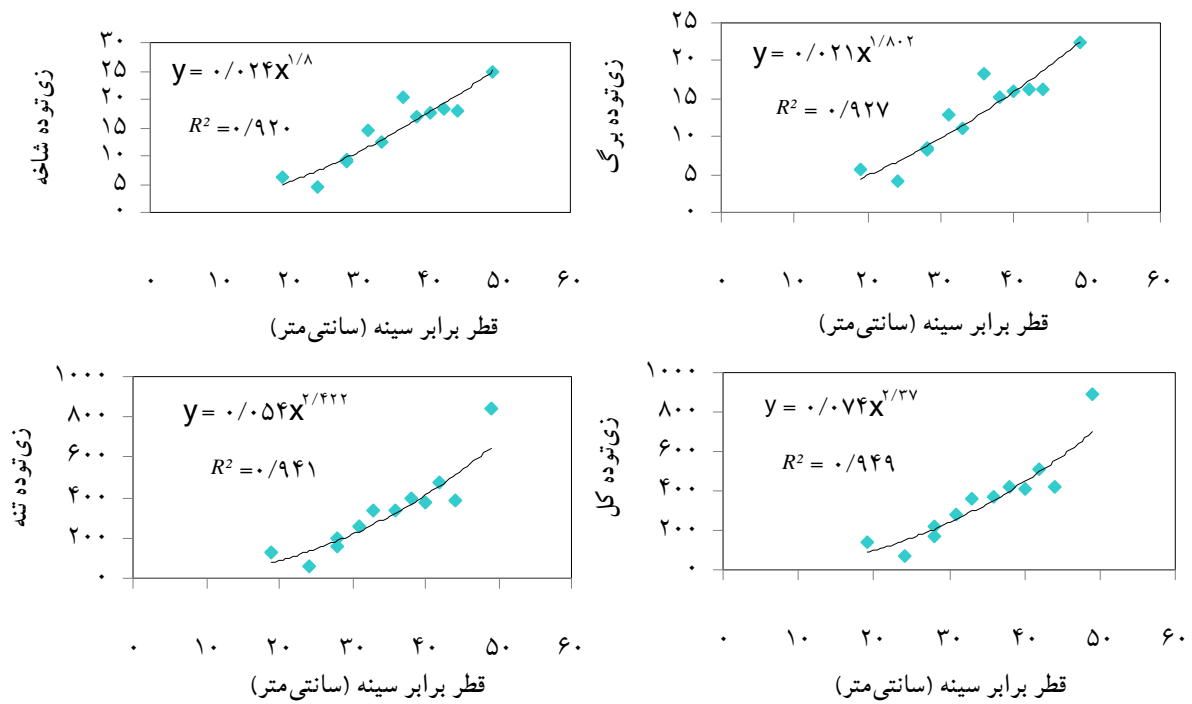
جدول ۲- متغیرها، آماره‌ها، ضریب‌ها و مدل‌های آلومتریک اندام‌های مختلف کاج تدا در مقابل متغیرهای مستقل

مدل آلومتریک	معنی‌داری	F	RMSE	R ² adj	R ²	B ₁	B ₀	متغیرهای مستقل	متغیر وابسته
$E(Y_T) = 0.056 D^{2/422}$	0/0001	۱۷۵/۸۹۱	0/۱۶۶	0/۹۴۱	0/۹۴۶	۲/۴۲۲	0/056	قطر برابر سینه (DBH)	زی توده تنه
$E(Y_T) = 0.016 H^{3/078}$	0/0001	۹۱/0۲۳	0/۲۲۵	0/۸۹۱	0/۹۰۱	۳/0۷۸	0/016	ارتفاع (H)	
$E(Y_T) = 0.034 D^2 H^{0/884}$	0/0001	۱۸۵/0۹۹	0/۱۶۲	0/۹۴۴	0/۹۴۹	0/۸۸۴	0/034	مجذور قطر در ارتفاع (D ² H)	
$E(Y_T) = 0.024 D^{1/8}$	0/0001	۱۲۶/۸۸۵	0/۱۴۵	0/۹۲۰	0/۹۲۷	۱/۸	0/024	قطر برابر سینه (DBH)	
$E(Y_T) = 0.008 H^{2/329}$	0/0001	۱۰۷/۶۸۵	0/۱۵۷	0/۹۰۷	0/۹۱۵	۲/۳۲۹	0/008	ارتفاع (H)	زی توده شاخه
$E(Y_T) = 0.016 D^2 H^{0/660}$	0/0001	۱۵۳/0۲	0/۱۳۳	0/۹۳۳	0/۹۳۹	0/۶۶۰	0/016	مجذور قطر در ارتفاع (D ² H)	
$E(Y_T) = 0.021 D^{1/820}$	0/0001	۱۲۶/۱۹۱	0/۱۴۶	0/۹۱۹	0/۹۲۷	۱/۸۰۲	0/021	قطر برابر سینه (DBH)	
$E(Y_T) = 0.007 H^{2/331}$	0/0001	۱۰۷/۶۳۲	0/۱۵۷	0/۹۰۶	0/۹۱۵	۲/۳۳۱	0/007	ارتفاع (H)	زی توده برگ
$E(Y_T) = 0.014 D^2 H^{0/660}$	0/0001	۱۵۲/۲۷	0/۱۳۳	0/۹۳۲	0/۹۳۸	0/۶۶۰	0/014	مجذور قطر در ارتفاع (D ² H)	
$E(Y_T) = 0.074 D^{2/37}$	0/0001	۱۸۷/۵۷۵	0/۱۵۷	0/۹۴۴	0/۹۴۹	۲/۳۷	0/074	قطر برابر سینه (DBH)	
$E(Y_T) = 0.056 H^{0/422}$	0/0001	۹۵/۲۱۷	0/۲۱۵	0/۸۹۵	0/۹۰۵	۳/0۱۳	0/021	ارتفاع (H)	زی توده کل
$E(Y_T) = 0.045 D^2 H^{0/844}$	0/0001	۱۹۹/۹	0/۱۵۳	0/۹۴۷	0/۹۵۲	0/۸۶۴	0/045	مجذور قطر در ارتفاع (D ² H)	

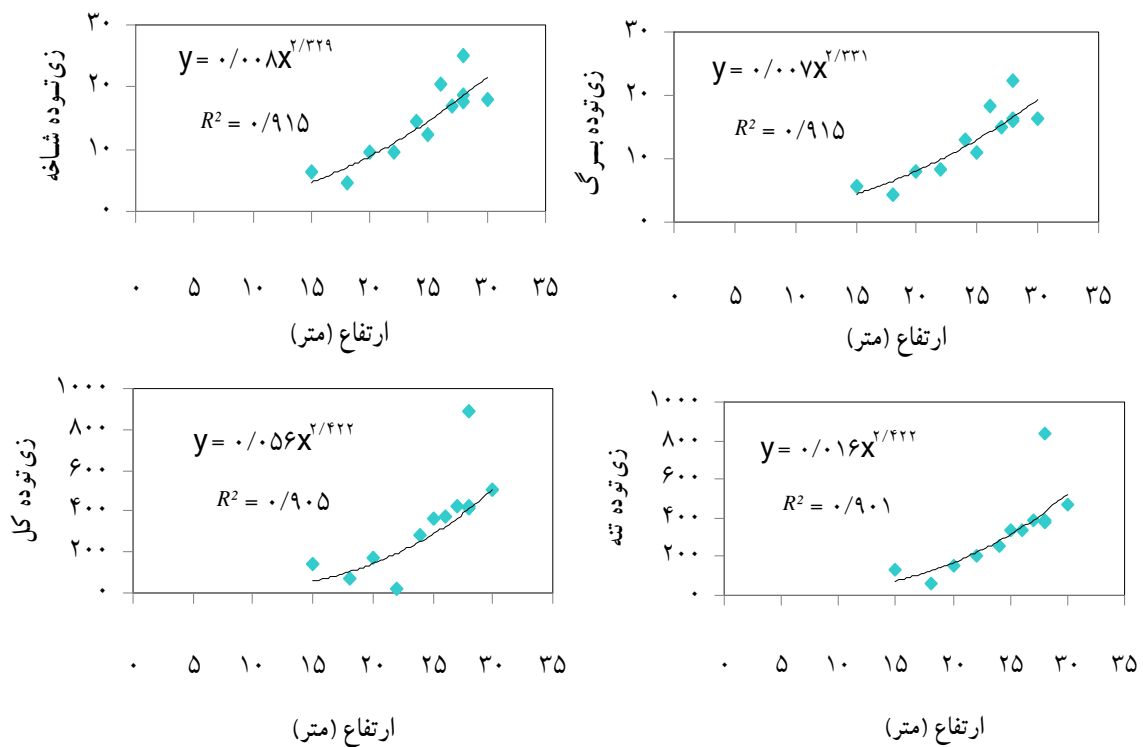
B₁، B₀: ضریب‌های رابطه؛ R²adj: ضریب تبیین تعدیل شده؛ F: آماره تحلیل واریانس رگرسیون

برابر سینه، ارتفاع و مجذور قطر در ارتفاع در شکل‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است.

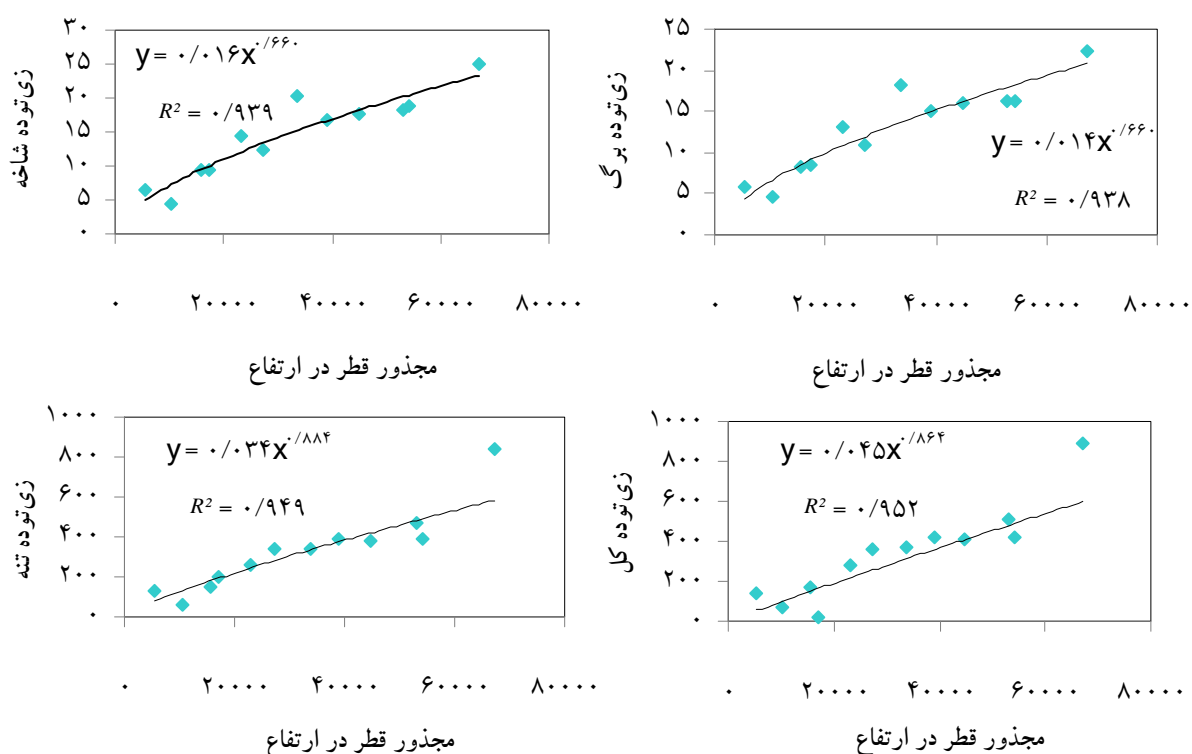
ابر نقاط و منحنی برازش یافته برای اندام‌های تنه، شاخه، برگ و کل درختان کاج تدا با متغیرهای مستقل قطر



شکل ۱- منحنی‌های برازش یافته رگرسیونی برای برآورد زی توده تنه، شاخه، برگ و کل درختان کاج تدا با استفاده از متغیر مستقل قطر برابر سینه



شکل ۲- منحنی‌های برازش یافته رگرسیونی برای برآورد زی توده تنه، شاخه، برگ و کل درختان کاج تدا با استفاده از متغیر مستقل ارتفاع



شکل ۳- منحنی‌های برازش یافته رگرسیونی برای برآورد زی توده تنه، شاخه، برگ و کل درختان کاج تدا با استفاده از متغیر مستقل مجدور قطر در ارتفاع

بحث

شاخه، برگ و کل درخت کاج تدا مقایسه شدند. براساس نتایج به دست آمده، از بین متغیرهای مذکور، متغیر مجدور قطر در ارتفاع برای قسمت‌های مختلف درخت برآورد کننده مناسب زی توده بود و از ضریب تبیین بیشتر و ریشه میانگین مربع خطای برآورد کمتری نسبت به سایر متغیرها برخوردار بود. بررسی Komiyama و همکاران (۲۰۰۸) در مورد گونه‌های مانگرو ژاپن نشان دادند که نه تنها استفاده از قطر برابر سینه بلکه استفاده از ارتفاع درخت نیز به کاهش خطای رابطه‌های آلومتری از ۱۲ به ۳/۸ درصد کمک می‌کند. نتایج پژوهش ذکر شده تأییدکننده نتایج پژوهش پیش‌رو است و در زمینه استفاده از متغیرهای مستقل قطر برابر سینه با ارتفاع درخت هم‌خوانی دارد. نتایج تحقیقات Grace و Fownes (۱۹۹۸) و Losi و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که از بین متغیرهای مختلف درختان سرپا، قطر برابر سینه می‌تواند به‌تنهایی متغیر مناسبی برای تولید رابطه‌های آلومتری باشد. در پژوهش پیش‌رو مشخص شد

در شمال ایران، طبق آمار سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور تا پایان سال ۱۳۹۲ بیشتر از ۱۵۸۶۵۰ هکتار جنگل کاری با هدف زراعت چوب وجود داشته است (Anonymous, 1993) که تنها حجم تنه آن‌ها به دلیل فروش مورد اندازه‌گیری قرار گرفته و حجم زیادی از شاخه‌ها و شاخ و برگ‌ها اندازه‌گیری نمی‌شوند. این بخش از درختان در مقیاس وسیع، سهم قابل توجهی از زی توده را تشکیل می‌دهند و مشکل‌ترین بخش از نظر اندازه‌گیری یا برآورد زی توده درخت هستند (Somogyi et al., 2008).

در ایران، پژوهش در زمینه برآورد زی توده از طریق رابطه‌های آلومتری فقط در مورد چند گونه پهن‌برگ درختی جنگل‌های هیرکانی و زاگرس از جمله راش، افرا و بنه انجام شده است. در پژوهش پیش‌رو، متغیرهای مختلفی شامل قطر برابر سینه، ارتفاع و مجدور قطر در ارتفاع کل درختان به‌عنوان متغیرهای مستقل برای برآورد زی توده تنه،

بهترین رابطه، می‌توان با اندازه‌گیری متغیرهای قطر برابر سینه و ارتفاع درختان کاج تدا، زی‌توده درخت را با دقت خوبی به راحتی و بدون نیاز دوباره به قطع درخت برآورد کرد.

References

- Anonymous, 1993. Forest Management Plan of Chobar, Gilan. Published by Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, 358p (In Persian).
- Anonymous, 2015. Forest Management Plan of Chobar, Gilan. Published by Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, 158p (In Persian).
- Bakhtiarvand Bakhtiari, S. and Sohrabi, H., 2012. Allometric equations for estimating above and below-ground carbon storage of four broadleaved and Coniferous trees. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(3): 481-492 (In Persian).
- Brown, J.H., Gillooly, J.H., Allen, A.P., Savage V.M. and West, G.B., 2004. Toward a metabolic theory of ecology. Ecology, 85(1): 1771-1789.
- Fang, S., Xue, J. and Tang, L., 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns. Journal of Environmental Management, 85(3): 672-679.
- Grace, K.T. and Fownes, J.H., 1998. Leaf area allometry and evaluation of nondestructive estimates of total leaf area and loss by browsing in a silvopastoral system. Agroforestry Systems, 40(2): 139-147.
- Komiyama, A., Ong, J.E. and Pongparn, S., 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. Aquatic Botany, 89(2): 128-137.
- Losi, C.J., Sicamma, T.G., Condit, R. and Juan, E.M., 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantation. Forest Ecology and Management, 184: 355-368.
- Madejón, P., Marañón, T., Murillo, J.M. and Robinson, B., 2004. White poplar (*Populus alba*) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparian forests. Environmental Pollution, 132(1): 145-155.

که متغیر مجذور قطر در ارتفاع می‌تواند متغیر مناسب‌تری برای برآورد زی‌توده کل درخت کاج تدا با استفاده از رابطه‌های آلومتریک باشد. این متغیر بسته به در دسترس بودن داده‌ها و دقت مورد نظر در استفاده از آن برای به دست آوردن مدل آلومتری مناسب‌تر، منجر به افزایش دقت در برآورد زی‌توده قسمت‌های مختلف درخت خواهد شد (Madejón *et al.*, 2004) و Bakhtiarvand Bakhtiari و Sohrabi (۲۰۱۲) و Shirvani و Sohrabi (۲۰۱۲) رابطه‌های آلومتریک را برای چند گونه سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در جنگل‌کاری‌های فولاد مبارکه ارائه دادند که نتایج نشان داد مدل‌سازی‌های مربوط به گونه‌های سوزنی‌برگ از جمله کاج و سرو ضریب‌های تبیین بیشتری را نسبت به گونه‌های پهن‌برگ ارائه می‌کنند. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که رابطه‌های آلومتریک و ضریب‌های ارائه شده برای کاج تدا مطابقت بیشتری با گونه‌های مطالعه شده در پژوهش مذکور (کاج و سرو) دارد و این موضوع تأثیر شکل تنه اصلی بر دقت رابطه‌های به دست آمده در مورد متغیر مستقل مجذور قطر در ارتفاع و زی‌توده اندام‌های مختلف کاج تدا را نشان می‌دهد. همچنین، پژوهش پیش‌رو نشان داد که برآورد زی‌توده اندام‌های چوبی درخت نسبت به اندام‌های غیرچوبی همچون برگ و سرشاخه‌ها توسط رابطه‌های آلومتریک دقت بیشتری دارد و دلیل آن را می‌توان به این موضوع که تغییرات شاخ و برگ وابستگی بیشتری به مسائل رویشگاهی دارد، مربوط دانست (Socha & Wezyk, 2007).

در پژوهشی که در جنگل‌کاری‌های چین انجام شد، رابطه‌های آلومتریک برای برآورد زی‌توده کل‌های مختلف کاج تدا با تراکم‌های مختلف استفاده شد (Fang *et al.*, 2007). بر اساس نتایج، مدل رگرسیون غیرخطی توانی بهترین نتایج را برای برآورد زی‌توده این گونه‌ها نشان داد که با نتایج به دست آمده از پژوهش پیش‌رو هماهنگی دارد. در پژوهش پیش‌رو بهترین رابطه برای برآورد زی‌توده کل با استفاده از متغیر مجذور قطر در ارتفاع، رابطه $E(Y_T) = 0.045D^2H^{0.864}$ به دست آمد. با تعیین

- Matteucci, G., Pagliari, V., Grassi G. and Seufert, G., 2008. Allometric biomass and carbon factors. i Forest- Biogeosciences and Forestry, 1: 107-113.
- Terakunpisut, J., Gajasen, N. and Ruankawe, N., 2007. Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha Phum National Forest, Thailand. Applied Ecology and Environmental Research, 5(2): 93-102.
 - Zianis, D. and Mencuccini, M., 2003. Aboveground biomass relationships for beech (*fagus moesiaca* Cz.) trees in Vermio Mountain, Northern Greece, and generalised equations for Fagus sp. Annals of Forest Science, 60 (5): 439-448.
 - Zianis, D. and Mencuccini, M., 2004. On symplifying allometric analyses of forest biomass. Forest Ecology & Management, 187: 311-332.
 - Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. and Mencuccini, M., 2005. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. Silva Fennica, Monographs 4, 63p.
 - Wang, C., 2006. Biomass allometric equations for 10 co-occurring tree species in Chinese temperate forests. Forest Ecology and Management, 222(1-3): 9-16.
 - Nowak, D.J., Crane, D.E. and Stevens, J.C., 2001. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry and Urban Greening, 4: 115-123.
 - Peichl, M. and Altaf Arain, M., 2006. Above and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. Agricultural and Forest Meteorology, 140(1): 51-63.
 - Saatchi, S.S., Houghton A., Dos Santos Alvala, R.C., Soare, J.V. and Yu, Y., 2007. Distribution of aboveground biomass in the Amazon. Global Change Biology, 13(1): 816-837.
 - Saglan, B., Kucuki, O., Bilgili, E., Durmaz, D. and Basal, I., 2008. Estimating fuel biomass of some shrub species (Maquis) in Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32(1): 349-356.
 - Socha, J. and Wezyk, P. 2007. Allometric equations for estimating the foliage biomass of Scots pine. European Journal of Forest Research, 126(2): 263-270.
 - Sohrabi, H. and Shirvani, A., 2012. Allometric equations for estimating standing biomass of Atlantic Pistache (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) in Khojir National Park. Iranian Journal of Forest, 4(1): 55-64 (In Persian).
 - Somogyi, Z., Teobaldelli, M., Federici, S.,

Estimating biomass of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) using allometric equations (Case study: plantations of Chobar-Shaft, Guilan)

H. Hassangholipour^{1*}, A.E. Bonyad², J. Torkman³ and B. Amanzadeh⁴

1* - Corresponding author, M.Sc. Student Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran. E-mail: hamid_norjizak@yahoo.com

2- Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran

3- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran

4- Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Rasht, Iran

Received: 23.07.2017

Accepted: 24.09.2017

Abstract

The aim of this study was to estimate the biomass of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) using allometry method in compartment 10 of Chobar-Shaft plantation with an area of 61 ha. For this purpose, 30 circular sample plots, each 500 m² were established. In each sample plot, the diameter of the stump, diameter at breast height (D.B.H), crown width and height of all trees were measured. Totally, 12 trees in different diameter classes were selected and cut about 10 cm above the ground. Fresh weight of different sections of trees was measured. Samples of each section were transferred to the laboratory and get dried in oven and percentage of dry weight was calculated. Modeling of biomass and independent variables was performed using non-linear regression. Normal distribution of data was assessed by Kolmogorov-Smirnov test. For accessing the best result, several models were tested. The results showed that the model of $E(Y_T) = 0.045D^2 H^{0.864}$ was the best model for estimation of total tree biomass ($R^2 = 0.952$). Results of our research confirmed the value of allometric equations for estimating of stand biomass.

Keywords: Height, modeling, power regression, square diameter.