

معادلات آلومتریک برای برآورد زیتوده روی زمین بنه (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) در پارک ملی خجیر

هرمز سهرابی^{۱*} و انوشیروان شیروانی^۲

^۱استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

^۲استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۶، تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۰)

چکیده

امروزه برآورد زیتوده درختان جنگل برای اهداف کاربردی و پژوهشی بسیاری مورد توجه است. هدف این تحقیق، استقرار معادلات آلومتریک برای برآورد وزن خشک تاج، تنه و کل درخت بود. به این منظور کل درختان بنه واقع در یک نوار ۴ کیلومتری با عرض ۱۵ متر در پارک ملی خجیر آماربرداری و ۳۰ درخت با پراکنش قطری مناسب به صورت تصادفی انتخاب شد. قطر برابرسینه، قطر تاج و ارتفاع کل درختان سرپا اندازه گیری شد. سپس درختان قطع شدند و وزن خشک تاج، تنه و کل درخت محاسبه شد. با استفاده از مدل های رگرسیونی توانی و نمایی، معادلات آلومتریک به دست آمد. معادلات به دست آمده از نظر شاخص های مختلف مدلسازی مقایسه و بهترین مدل انتخاب شد. نتایج نشان داد که به طور کل از بین متغیرهای مستقل، قطر تاج معادلاتی با شاخص های مدلسازی بهتر تولید کرد ($R^2=0/93$). همچنین در کل، مدل توانی از مدل نمایی بهتر بود. مدل های به دست آمده از ضریب تبیین بالایی برخوردار بودند که حاکی از امکان استقرار معادلات آلومتریک مناسب برای گونه بنه است.

واژه های کلیدی: معادلات آلومتریک، زیتوده روی زمین، بنه، خجیر.

مقدمه و هدف

یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی عصر حاضر گرمایش جهانی منتج از اثر گازهای گلخانه‌ای است. با توجه به مقدار انتشار دی‌اکسید کربن، این گاز مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است. غلظت دی‌اکسید کربن از سال ۱۷۵۰ میلادی تا کنون ۳۱ درصد افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود این روند تا ۱۰۰ سال آینده ادامه یابد (Backeus et al., 2005).

جنگل‌ها علاوه بر کالاها و خدمات متنوعی که برای انسان مهیا می‌کنند، نقش مهمی در ذخیره طبیعی کربن در مقیاس جهانی دارند؛ تا آنجا که ۸۰ درصد زیتوده روی زمین و ۴۰ درصد زیتوده زیر زمین را اکوسیستم‌های خشکی تشکیل می‌دهند (Kim Phat et al., 2004). برآورد زیتوده، هم برای بررسی مقدار ذخیره کربن و هم برای ارزیابی ساختار و وضعیت جنگل (Houghton & Goodale, 2004)، برآورد تولید و جریان زیتوده و نیز بررسی حاصلخیزی رویشگاه اهمیت دارد (Navar, 2009).

آلومتري عبارت است از توصیف تغییرات یک ویژگی بر اساس یک ویژگی دیگر (Medhurst et al., 1998). معادلات آلومتریکی با استفاده از روش‌های رگرسیونی به شکلی طراحی می‌شوند که ویژگی‌های دشوار، هزینه‌بر و مخرب مانند زیتوده درخت را بتوان بر اساس متغیرهای ساده‌تری مانند قطر برابرسینه یا ارتفاع درخت به دست آورد. استقرار معادلات آلومتریکی این امکان را فراهم می‌آورد که داده‌های حاصل از آماربرداری به اطلاعاتی درباره زیتوده و حتی کربن تبدیل شود. اغلب محققان مقدار کربن اندوخته در اندام‌های درخت را ۵۰ درصد وزن خشک (Montagnini & Porras, 1998) و گاهی ۴۵ درصد وزن خشک (Whittaker & Likens, 1973) در نظر می‌گیرند. به دلیل آنکه اندازه‌گیری مستقیم زیتوده کل درخت و اجزای آن مخرب، وقتگیر و پر هزینه است، استقرار معادلات آلومتریکی بر اساس متغیرهایی که به آسانی اندازه‌گیری می‌شوند مانند قطر برابرسینه یا ارتفاع درخت مورد توجه بسیاری از محققان و کارشناسان است (Repola, 2008).

در کشورهای توسعه‌یافته، معادلات آلومتریکی برای بیشتر گونه‌ها ارائه شده است. مثلاً در پژوهشی، معادلات

آلومتریکی برای ۹۸ گونه علفی، درختچه‌ای و درختی ارائه شد (Smith & Brand, 1992). اما در داخل کشور تحقیقات صورت گرفته بسیار ناچیز است. شاید بتوان پژوهش ابراهیمی و همکاران (۱۳۷۲) را اولین تحقیق در این زمینه دانست. آنان با اندازه‌گیری متغیرهای جست‌گروه‌ها شامل قطر، ارتفاع غالب، ارتفاع حداکثر و تعداد جست‌های جست‌گروه به‌عنوان متغیر مستقل و وزن جست‌گروه‌ها را به‌عنوان متغیر وابسته معادلات آلومتریکی، برای برودار (*Quercus brantii*) در جنگل‌های لردگان محاسبه کردند. آنان در نهایت رابطه‌ای غیرخطی بر اساس دو متغیر ارتفاع حداکثر و متوسط دو قطر جست‌گروه برآزش دادند. عدل (۱۳۸۶) زیتوده و شاخص سطح برگ برودار و بنه را در جنگل‌های یاسوج محاسبه کرد. وی زیتوده برگ را بر حسب کیلوگرم وزن خشک را برای برودار، ۱۴/۶۶ و برای بنه، ۱۱/۳۳ گزارش کرد.

هدف اصلی تحقیق حاضر، استقرار معادلات آلومتریکی است که با آنها بتوان بر اساس متغیرهایی که اندازه‌گیری آنها آسان، غیرمخرب، کم‌هزینه و سریع است، زیتوده روی زمین کل درخت و اجزای آن را برآورد کرد. اهداف فرعی تحقیق، مقایسه مدل‌های رگرسیونی و متغیرهای مختلف درخت سرپا برای استقرار معادلات آلومتریکی است.

مواد و روش‌ها

پارک ملی خجیر با وسعت ۱۱۵۷۰ هکتار، در اختیار و تحت و حفاظت سازمان محیط زیست است. در این مکان قرار بود جاده‌ای به نام پاسداران - پارچین به طول ۷۸۰۰ متر، که از کیلومتر ۱۱ جاده فعلی پاسداران-پارچین منشعب و در کیلومتر ۲۰ دوباره به این جاده متصل می‌شد، احداث شود. پیش از قطع درختان، ابتدا تمامی درختانی که در یک نوار به طول چهار کیلومتر و عرض ۱۵ متر (مسیر جاده) قرار می‌گرفتند آماربرداری شد. بر اساس نتایج آماربرداری، دامنه تغییرات قطر برابرسینه درختان و توزیع درختان در طبقات قطر دو سانتی‌متری مشخص شد. سپس در هر یک از طبقات قطری بین ۲ تا ۵ اصله درخت به‌صورت تصادفی برای قطع انتخاب شد. علت نابرابر بودن تعداد درختان انتخاب‌شده نبود درخت کافی در یک طبقه قطری معین بود. در مجموع ۳۰ اصله درخت قطع شد. پس از قطع، کل قسمت‌های مختلف

درخت شامل دو بخش تنه و شاخه - برگ تفکیک و وزن شد. وزن کردن با استفاده از نیرو سنج با دقت گرم انجام گرفت. سپس از شاخه و برگ هر درخت یک نمونه تصادفی که از بخش‌های مختلف تاج به دست آمده بود به آزمایشگاه منتقل شد. از ابتدا، نیمه و چارک سوم تنه، دیسک‌های نازک (چند سانتی‌متر) تهیه و وزن تر دیسک‌ها نیز اندازه‌گیری شد. سپس دیسک‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها به مدت ۸ ماه در هوای معمولی خشک شدند. سپس نمونه‌های شاخه و برگ در دمای ۷۵ درجه و دیسک‌ها در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آن قرار داده شد. برای اطمینان از کافی بودن زمان فرایند خشک کردن نمونه‌ها، سه دیسک در سه مرتبه متوالی در آن، هر بار به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و هر بار وزن خشک اندازه‌گیری شد. نتیجه نشان داد که ۴۸ ساعت دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به همراه خشک شدن در هوای معمولی برای خشک کردن دیسک‌ها کافی است. بنابراین دیگر نمونه‌ها با همان روند خشک شدند. نمونه‌های خشک شده دوباره توزین شدند. با استفاده از وزن نمونه خشک و تر، نسبت رطوبت برای هر یک از درختان و بر اساس آن وزن خشک شاخه و برگ و تنه درخت محاسبه شد.

برای اعتبارسنجی مدل‌ها از معیارهای ضریب تعیین، انحراف معیار مدل برازش‌یافته، تحلیل واریانس رگرسیون، آزمون t ضرایب به دست آمده و تبعیت توزیع مقادیر باقی مانده‌ها از توزیع نرمال استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام گرفت.

نتایج

نتیجه برازش مدل‌های توانی و نمایی برای برآورد وزن خشک تنه نشان داد که در صورت استفاده از ارتفاع کل درخت به عنوان متغیر مستقل، مدل مناسب‌تر، مدل نمایی بود. اما در صورت استفاده از قطر برابر سینه یا قطر تاج، مدل توانی نتایج بهتری نشان می‌دهد (جدول ۱). به علاوه از بین متغیرهای قطر برابر سینه، ارتفاع کل درخت و قطر تاج، ارتفاع کل متغیر مناسب‌تری برای پیش‌بینی زیتوده تنه بود. بهترین مدل رگرسیونی به دست آمده، مدل رگرسیونی نمایی بر مبنای ارتفاع کل و بدترین مدل، مدل رگرسیونی نمایی بر اساس قطر برابر سینه بود. تجزیه واریانس مدل و آزمون t برای ضرایب معنی‌دار و ضریب تبیین مدل ۰/۸۸ بود.

جدول ۱- نتیجه تحلیل رگرسیون غیر خطی برای تعیین مدل برآورد وزن خشک تنه

متغیر مستقل	نوع مدل	$R^2_{(adj)}$	F	sig.	Std. Error	معادله
قطر برابر سینه (cm)	توانی	۰/۷۵	۸۴/۶	***	۰/۶۵	$Y = 0.055 \times X^{2.545}$ *** ns
	نمایی	۰/۶۸	۶۰/۰	***	۰/۷۴	$Y = 1.574 \times e^{0.1229 \times X}$ **
ارتفاع کل (m)	توانی	۰/۸۵	۱۶۸/۱	***	۰/۴۹	$Y = 0.082 \times X^{4.162}$ ***
	نمایی	۰/۸۸	۲۰۶/۹	***	۰/۴۵	$Y = 0.199 \times e^{1.185 \times X}$ *
قطر تاج (m)	توانی	۰/۷۸	۱۰۵/۵	***	۰/۶۰	$Y = 0.49 \times X^{2.777}$ ***
	نمایی	۰/۷۵	۸۸/۷	***	۰/۶۴	$Y = 1.097 \times e^{0.177 \times X}$ **

Y وزن خشک تنه به کیلوگرم، X متغیر مستقل، $R^2_{(adj)}$ ضریب تبیین تطبیق یافته^۱، F آماره تحلیل واریانس، Std. Error انحراف معیار مدل و ***، **، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری، علائم زیر ضرایب در مدل‌ها نتیجه آزمون t است.

نتیجه برآزش متغیرهای مختلف با مدل‌های متفاوت رگرسیون برای برآورد وزن خشک تاج نشان داد که صرف نظر از متغیر مستقل به کاررفته در مدلسازی، همواره مدل توانی از نظر شاخص‌های مدلسازی بهتر از مدل نمایی بود (جدول ۲). به علاوه، متغیر قطر تاج از نظر شاخص‌های مدلسازی، برتری چشمگیری نسبت به قطر برابر سینه و ارتفاع کل درخت داشت. تحلیل واریانس مدل و آزمون ضرایب به دست آمده نتایج معنی داری داشت.

جدول ۲- نتیجه تحلیل رگرسیون غیرخطی برای تعیین مدل برآورد وزن خشک تاج

متغیر مستقل	نوع مدل	$R^2_{(adj)}$	F	sig.	Std. Error	معادله
قطر برابر سینه (cm)	توانی	۰/۶۷	۶۱/۰	***	۰/۶۸	$Y = 2/259 \times X^{0/14} \times e^{0/14}$ *** ns
	نمایی	۰/۵۴	۳۶/۰	***	۰/۸۰	$Y = 3/069 \times X^{0/193} \times e^{0/193}$ *** *
ارتفاع کل (m)	توانی	۰/۶۵	۵۴/۸	***	۰/۷۱	$Y = 3/398 \times X^{0/293} \times e^{0/293}$ *** ns
	نمایی	۰/۶۳	۵۰/۸	***	۰/۷۲	$Y = 0/671 \times X^{0/942} \times e^{0/942}$ *** ns
قطر تاج (m)	توانی	۰/۹۲	۳۳۰/۲	***	۰/۳۴	$Y = 2/786 \times X^{0/638} \times e^{0/638}$ *** ***
	نمایی	۰/۸۵	۱۷۰/۳	***	۰/۴۵	$Y = 1/499 \times X^{0/698} \times e^{0/698}$ *** **

Y وزن خشک تنه به کیلوگرم، X متغیر مستقل، $R^2_{(adj)}$ ضریب تبیین تطبیق یافته، F آماره تحلیل واریانس، Std. Error انحراف معیار مدل و ***، **، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و خطا و عدم معنی داری، علائم زیر ضرایب در مدل‌ها نتیجه آزمون t است.

یا قطر برابر سینه بود ملاحظه شد (جدول ۳). تحلیل واریانس مدل و آزمون t برای بررسی معنی داری ضرایب نتایج معنی داری داشتند. ضریب تعیین به دست آمده برای این مدل ۰/۹۳ بود.

نتیجه برآزش متغیرهای مختلف برای برآورد وزن خشک کل درخت نشان داد که اغلب مدل توانی برآزش بهتری با داده‌ها دارد. البته در مورد متغیر ارتفاع کل درخت، این دو مدل تقریباً یکسان بودند. همچنین تفاوت زیادی بین پارامترهای مدلسازی در زمانی که متغیر مستقل، قطر تاج

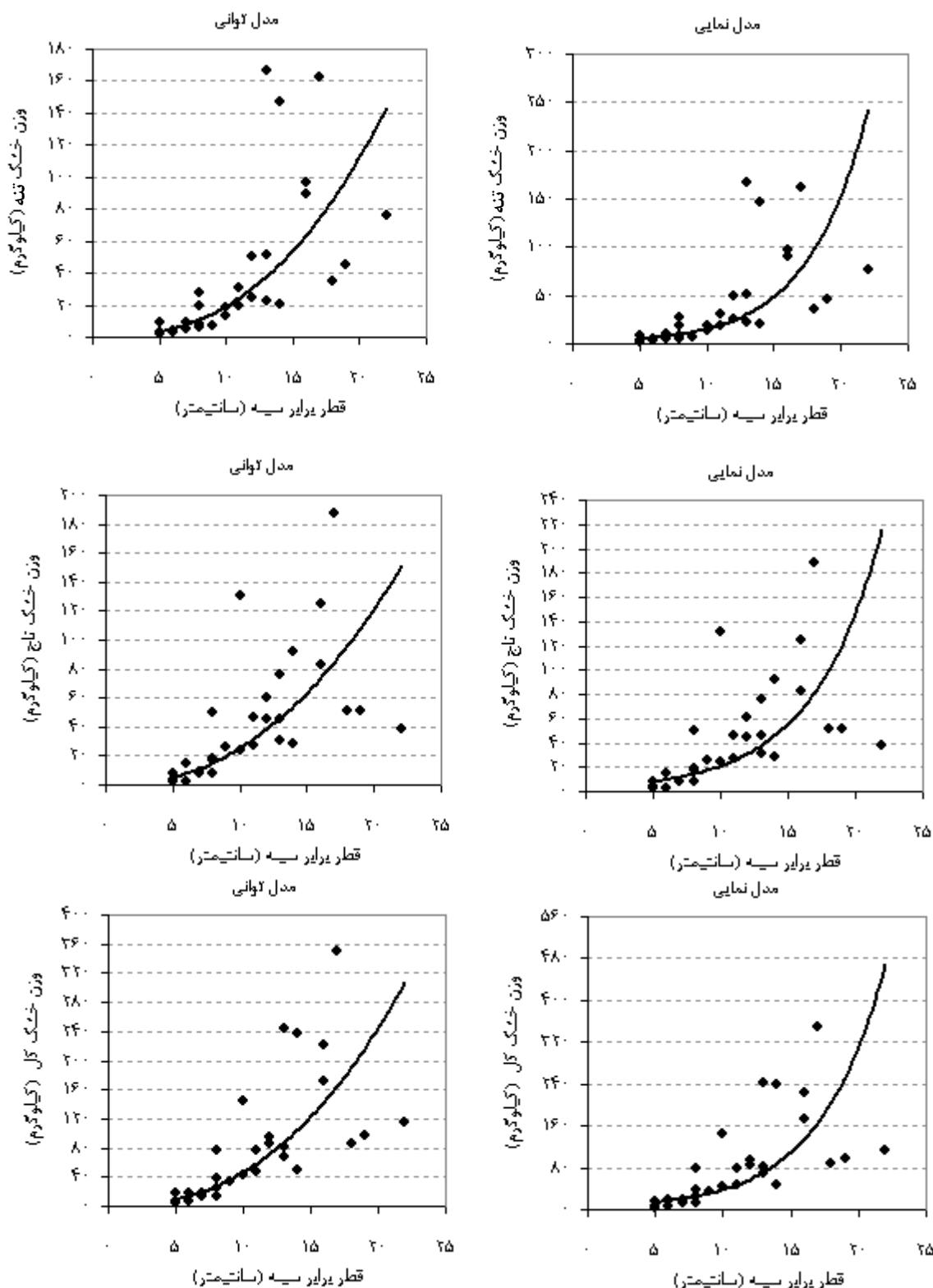
جدول ۳- نتیجه تحلیل رگرسیون غیر خطی برای تعیین مدل برآورد وزن خشک کل درخت

متغیر مستقل	نوع مدل	$R^2_{(adj)}$	F	sig.	Std. Error	معادله
قطر برابر سینه (cm)	توانی	۰/۷۴	۸۴/۳	***	۰/۶۱	$Y = 2/386 \times X^{0/192} \times e^{0/192}$ *** ns
	نمایی	۰/۶۳	۵۰/۴	***	۰/۷۳	$Y = 4/781 \times X^{0/209} \times e^{0/209}$ *** **
ارتفاع کل (m)	توانی	۰/۷۸	۱۰۳/۴	***	۰/۵۷	$Y = 3/740 \times X^{0/345} \times e^{0/345}$ *** ns
	نمایی	۰/۷۸	۱۰۴/۳	***	۰/۵۶	$Y = 0/810 \times X^{1/051} \times e^{1/051}$ *** *
قطر تاج (m)	توانی	۰/۹۳	۳۳۰/۲	***	۰/۳۲	$Y = 2/786 \times X^{0/638} \times e^{0/638}$ *** ***
	نمایی	۰/۸۵	۳۸۳/۶	***	۰/۴۵	$Y = 1/112 \times X^{0/222} \times e^{0/222}$ *** ***

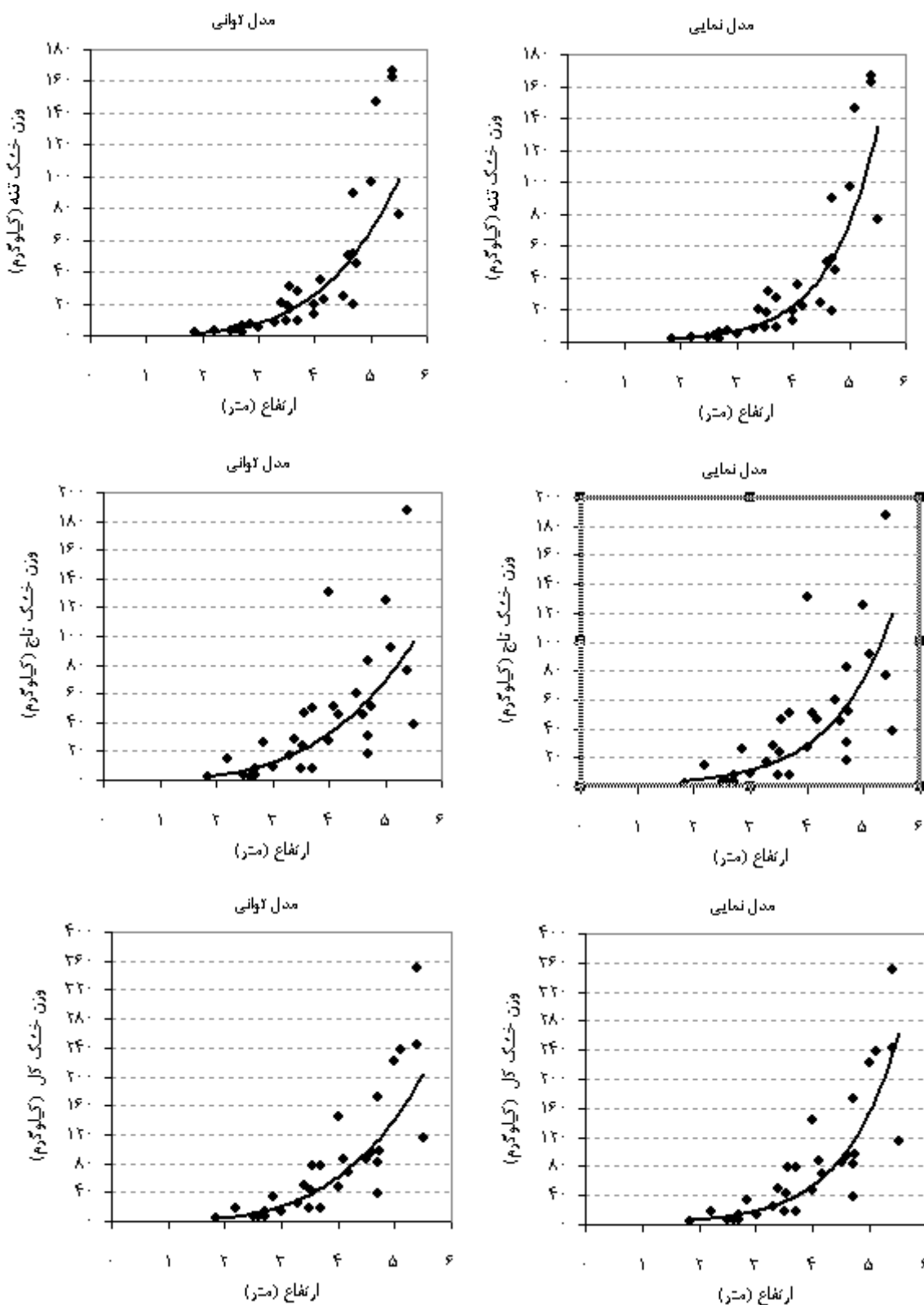
Y وزن خشک تنه به کیلوگرم، X متغیر مستقل، $R^2_{(adj)}$ ضریب تبیین تطبیق یافته، F آماره تحلیل واریانس، Std. Error انحراف معیار مدل و ***، **، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و خطا و عدم معنی داری، علائم زیر ضرایب در مدل‌ها نتیجه آزمون t است.

تنه، ارتفاع کل درخت نتایج بهتری به عنوان متغیر مستقل در برداشت. شکل‌های ۱، ۲ و ۳ نشان‌دهنده ابر نقاط و منحنی برازش داده شده برای هر یک از اجزای مختلف درخت بر مبنای هر یک از متغیرهای مستقل شامل قطر برابر سینه، قطر تاج و ارتفاع کل درخت است.

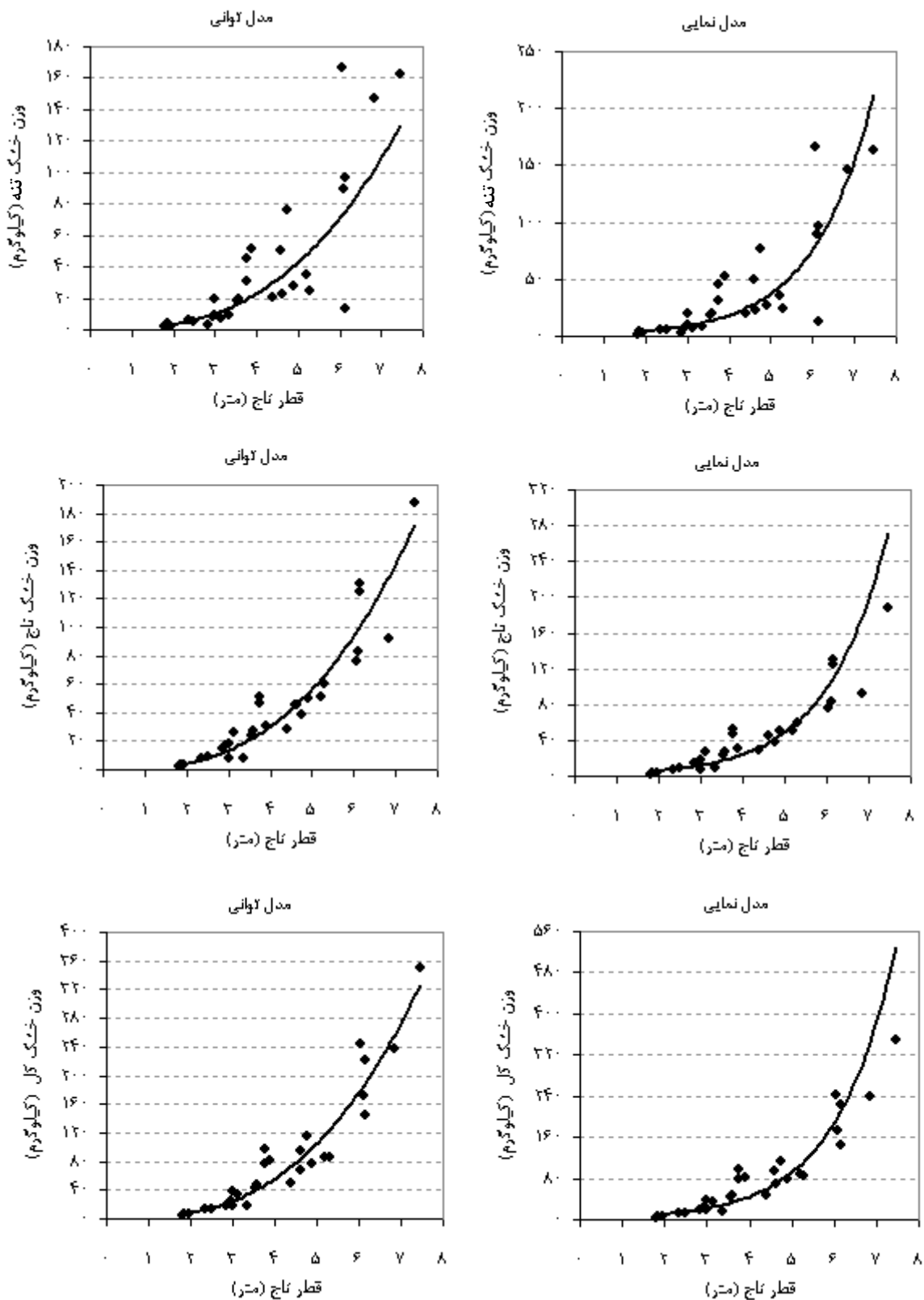
با مقایسه متغیرهای مستقل برای مدلسازی وزن خشک اندام‌ها و نیز کل درخت می‌توان استنباط کرد که به طور کل، برای گونه بنه، قطر تاج متغیری است که سهم بیشتری از تغییرات وزن خشک اندام‌ها و وزن خشک کل درخت را توجیه می‌کند. اگر چه برای برآورد وزن خشک



شکل ۱- ابر نقاط و منحنی برازش داده شده برای برآورد وزن خشک تاج، تنه و کل درخت (کیلوگرم) با استفاده از قطر برابر سینه (سانتی‌متر)



شکل ۲- ابر نقاط و منحنی برازش داده شده برای برآورد وزن خشک تاج، تنه و کل درخت (کیلوگرم) با استفاده از ارتفاع (متر)



شکل ۳- ابر نقاط و منحنی برازش داده شده برای برآورد وزن خشک تاج، تنه و کل درخت (کیلوگرم) با استفاده از قطر تاج (متر)

بحث

در این تحقیق، متغیرهای مختلف شامل قطر برابرسینه، قطر تاج و ارتفاع کل درخت به عنوان متغیرهای مستقل برای برآورد وزن خشک تنه، وزن خشک تاج و وزن خشک درخت بنه مقایسه شدند. نتایج نشان داد که با استفاده از قطر تاج به عنوان متغیر مستقل، می توان به خوبی وزن خشک تاج و وزن خشک کل درخت را برآورد کرد. علت اینکه قطر تاج بهترین متغیر مستقل برای برآورد وزن خشک تاج بود، آن است که این متغیر دقیقاً نشان دهنده تغییرات متغیر وابسته است، اما برقراری بیشترین همبستگی بین وزن خشک کل و قطر تاج را می توان دو مورد دانست. اول آنکه ساختار درخت بنه کروی ناقص است و قطر تاج درست نشان دهنده قطر کره است. ارتفاع نیز ممکن است تا حدی معرف ویژگی های این کره باشد، اما اضافه شدن تغییرات ناشی از تفاوت ارتفاع تنه در درختان اندازه گیری شده سبب می شود که تغییرات ارتفاع بیشتر از تغییرات وزن خشک کل درخت باشد و شاخص های مدلسازی، نتایج ضعیف تری را نشان دهند. دلیل دوم آنکه وزن خشک تاج به طور متوسط ۶۰ درصد (حداقل ۳۱ و حداکثر ۹۰ درصد) وزن خشک کل درخت را تشکیل می دهد (بر اساس نتایج اندازه گیری وزن خشک قسمت های مختلف درخت بنه در این تحقیق) و این موجب می شود که همچنان تغییرات وزن خشک کل را بتوان بر مبنای قطر تاج به خوبی توجیه کرد.

نتیجه مقایسه مدل های توانی و نمایی برای مدلسازی وزن خشک کل و اندام های درخت بر اساس متغیرهای مختلف درخت سرپا نشان داد که به طور کل می توان گفت مدل توانی نتایج بهتری نسبت به مدل نمایی دارد. زیرا مدل نمایی برای داده های معینی با افزایش مقداری x ، شیب بیشتری نسبت به مدل توانی دارد. به عبارتی در مدل نمایی، با افزایش مقدار متغیر مستقل، مقدار متغیر وابسته نسبت به مدل توانی بیشتر افزایش می یابد. اما چنین امری در مورد رابطه متغیرهای وابسته و مستقل در درخت بنه صادق نیست. با توجه به ساختمان این درخت می توان ملاحظه کرد که با افزایش ابعاد درخت، به جای اینکه شیب شتاب بیشتری بگیرد، تغییرات شتاب اولیه چندان زیاد

نیست (شکل ۳)، در حالی که در درختانی با تنه های کشیده و سیلندریک، افزایش وزن کل با افزایش ابعاد درخت همواره شتاب بیشتر و بیشتری پیدا می کند.

تا کنون تحقیقات بسیاری برای انتخاب متغیر مستقل و نیز مقایسه مدل های مختلف، صورت گرفته است. عدل (۱۳۸۶) برای برآورد زیتوده برگ بنه در جنگل های یاسوج از متغیرهای مستقل قطر برابرسینه، قطر تاج، ارتفاع تاج و ارتفاع کل درخت استفاده کرد. نتایج تحقیق وی نشان داد که بهترین مدل برای برآورد زیتوده برگ بنه مدل توانی بر مبنای قطر برابرسینه با ضریب تعیین ۰/۹۵ است. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق حاضر مغایر است. می توان انتظار داشت که متغیرهای مربوط به تاج مانند ارتفاع یا قطر تاج با زیتوده برگ، بیشترین همبستگی را داشته باشند، اما ممکن است این اختلاف به سبب تفاوت درختان نمونه برداری شده در این دو تحقیق باشد.

در پژوهشی، معادلات آلومتریک برای ۹۸ گونه علفی، درختچه ای و درختان کوچک ارائه شد (Smith & Brand, 1992). در آن تحقیق از مدل توانی برای مدلسازی استفاده و آن را مناسب گزارش کردند. (Oyonarte & Cerrillo, 2003) زیتوده گیاهی روی زمین گونه های اصلی درختچه ای را در آندالس غربی با استفاده از قطر و قطر تاج به کمک مدل های توانی، خطی و لگاریتمی مدلسازی کردند. ضریب تبیین مدل ها بین ۰/۷۵ تا ۰/۹۹ متفاوت بود. همچنین نتایج متفاوتی برای مقایسه مدل ها بر حسب نوع گونه گزارش شد. (Brandeis et al., 2006) معادلات رگرسیونی را برای برآورد شاخ و برگ و چوب شهر Ponce ارائه کردند. متغیرهای مستقل، قطر برابرسینه و ارتفاع کل بود. آنان مدل توانی را برای برازش منحنی به کار بردند و از ۲۷ درخت به عنوان نمونه استفاده کردند. نتایج نشان دهنده برازش مناسب مدل توانی برای برآوردها بود.

سپاسگزاری

در اینجا از زحمات خانم ها مهندس شهیده شبستانی و ندا خواجه ای و آقایان مهندس احمد ولی پور، زاهد شاکری و بابک جلیل پور به دلیل همکاری در اجرای عملیات عرصه و همچنین از خانم مهندس زهرا کاظمی و آقایان مهندس

Oyonarte, P.B. & M.N. Cerrillo, 2003. Aboveground phytomass models for major species in shrub ecosystems of western Andalusia, *Investigation Agraria: Sistemasy Recursos Forestales*, 12(3): 47-55.

Repola, J., 2008. Biomass equation for Birch in Finland, *Silva Fennica*, 42(4): 605-624.

Smith, B.W. & G.J. Brand, 1992. Allometric biomass equation for species of herbs, shrubs and small trees, North Central Forest Experiment Station, 1-8.

Whittaker, R.H. & G.E. Likens, 1973. Carbon in the biota. In: Wood well, G.M., Pecan, E.V. (Eds.), *Carbon in the Biosphere*, Proceedings of the 24th Brookhaven Symposium in Biology. United States Atomic Energy Commission, Upton, New York, 281-302.

میعاد پاکزاد و سجاد جعفری به دلیل کمک‌هایشان در کارهای آزمایشگاهی تشکر می‌شود.

منابع

ابراهیمی، مرتضی، بیژن بیگلریگی، یدالله رسانه و محمود زبیری، ۱۳۷۲. روش آماربرداری برای جنگل‌های بلوط غرب، مجله منابع طبیعی ایران، ۴۶: ۱۴-۱.

عدل، حمیدرضا، ۱۳۸۶. برآورد بیوماس برگ و شاخص سطح برگ دو گونه عمده در جنگل‌های یاسوج، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۴): ۴۲۶-۴۱۷.

Backeus, S., P. Wikstrom & T. Lamas, 2005. A model for regional analysis of carbon sequestration and timber production, *Forest Ecology and Management*, 216: 28-40.

Brandeis, T., M. Delaney, L. Royer & B. Parresol, 2006. Allometric Equations for Predicting Puerto Rican Dry Forest Biomass and Volume, Proceedings of the Eighth Annual Forest Inventory and Analysis Symposium, 197-202.

Houghton, R. & C.L. Goodale, 2004. Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems, in *Ecosystems and land use change*, edited by: DeFries, R.S., G.P. Asner & Houghton R.A., American Geophysical Union, Washington, DC, 85-98.

Kim Phat, N., W. Knorr & S. Kim, 2004. Appropriate measures for conservation of terrestrial carbon stocks: Analysis of trends of forest management in South East Asia, *Forest Ecology and Management*, 191: 283-299.

Medhurst, J.L., M. Battaglia, M.L. Cherry, D.A. White & C.L. Beadle, 1999. Allometric relationships for *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden plantations, *Trees*, 14(2):91-101.

Montagnini, F. & C. Porras, 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: an example of an integrative approach from the humid tropics, *Environmental Management*, 22(3): 459-470.

Navar, J., 2009. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of north western Mexico, *Forest Ecology and Management*, 257: 427-434.

Allometric equations for estimating standing biomass of Atlantic Pistache (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) in Khojir National Park

H. Sohrabi^{*1} and A. Shirvani²

¹Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Marin Science, Tarbiat Modares University, I. R. Iran

²Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 6 September 2010, Accepted: 10 November 2011)

Abstract

Biomass estimation of forest trees is one of the most important factors in forest management. The main objective of this study was to establish allometric equation for estimating crown, trunk and total tree dry weight. Sampling of tree parts was done using transect with 4 Km length and 15 meter width in Khojir National Park located at east of Tehran and 30 trees were felled down randomly with different diameter at breast height classes. Diameter at breast height, crown diameter and trees height were measured and dry weight of different parts of trees were determined. Allometric power and exponential regression models were derived. The equations were compared with each other based on the different modeling parameters. The highest significant correlation was found between crown diameters and dry weight ($R^2=0.93$). The best equations were obtained by means of a power regression model.

Key words: Allometric equations, Standing biomass, *Pistacia Atlantica*, Khojir.