دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

مدل‌سازی مشخصات سرپای درخت برای برآورد حجم و زی‌توده گونه کیکم *Acer monspessulanum* L. Subsp. *cinerascens* (Boiss.) با استفاده از رگرسیون چند متغیره

علی افروزنده[۱]، بهمن کیانی[۲] و پدرام عطارد[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد
۲- استادیار، دانشگاه یزد، (نویسنده مسوول: bnkiani@yazd.ac.ir)
۳- دانشیار، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۹

چکیده

پیش‌بینی حجم و زی‌توده درختان چند شاخه بر اساس مشخصات سرپا اهمیت زیادی در جنگلداری دارد. در این تحقیق ۲۰ درخت کیکم در جنگل باغ شادی یزد به‌صورت تصادفی در چهار ترانسکت انتخاب و پس از اندازه‌گیری نماینده قطر یقه، ارتفاع، تعداد ساقه، قطر و مساحت تاج، قطع انجام شد. تنه و سرشاخه‌ها تفکیک و توزین شده و دیسک‌هایی از قسمت‌های مختلف تنه درختان گرفته و به آزمایشگاه منتقل شد. وزن خشک و حجم نمونه‌ها محاسبه و بر اساس نسبت وزن خشک به وزن‌تر و نیز وزن مخصوص نمونه‌ها، وزن خشک (زی‌توده بالای زمین) و حجم کل درختان قطع‌شده محاسبه گردید. جهت مدل‌سازی روابط مشخصات سرپا با حجم و زی‌توده، از رگرسیون خطی چندمتغیره و تخمین منحنی استفاده شد. نتایج نشان داد که رابطه قوی و معنی‌داری بین حجم و زی‌توده درختان کیکم با ارتفاع و نماینده قطر یقه وجود دارد. مدل‌های دومتغیره مبتنی بر این دو صفت برای پیش‌بینی وزن تر و خشک شاخه‌ها یا درواقع تاج درخت (R^2=۰/۸۵)، وزن تر و خشک کل درخت (R^2=۰/۸۶) و حجم کل درخت (R^2=۰/۸۷) معنی‌دار و معتبر بودند. قدرت پیش‌بینی مدل‌های درجه دو مبتنی بر ارتفاع تا ۱۰ درصد نسبت به مدل‌های خطی افزایش داشت. افزایش ضریب تعیین در مدل‌های دومتغیره نسبت به تک متغیره برای ارتفاع کل و نماینده قطر یقه ازنظر آماری معنی‌دار بوده و ضرایب بین ٦ تا ٤٤ درصد افزایش داشت. همچنین میزان خطا بین ۱۵ تا ٤۱ درصد کاهش نشان داد. درمجموع باید گفت دو متغیر ارتفاع کل و نماینده قطر یقه می‌توانند نزدیک به ۹۰ درصد زی‌توده و حجم درختان چند شاخه کیکم را با دقت بالا پیش‌بینی کنند.

واژه‌های کلیدی: آلومتری، حجم سرپا، رگرسیون چندمتغیره، زی‌توده بالای زمین، یزد

مقدمه

جنگل‌ها نقش مهمی در مواجهه با آثار تغییرات اقلیمی و چرخه کربن در سطح جهان ایفا می‌کنند. برآورد مشخصه‌های کمی جنگل در ارزیابی این نقش ضروری است که به روش‌های مختلف انجام می‌شود. مهم‌ترین خصوصیات توده‌های جنگلی در مناطق خشک شامل تاج‌پوشش در هکتار، تعداد در هکتار و سطح مقطع در هکتار هستند که برای اندازه‌گیری آن‌ها به‌صورت مستقیم از آماربرداری استفاده می‌شود. اما محاسبه برخی خصوصیات مانند حجم و زی‌توده مستلزم صرف وقت و هزینه است. حجم درختان تعیین‌کننده میزان چوب در واحد سطح جنگل بوده و برای تعیین رویش و درنهایت تولید و محصول جنگل مورد نیاز است. در واقع آگاهی از موجودی جنگل، برنامه‌ریزی بهتر و دقیق‌تر برای منابع جنگلی را میسر می‌سازد. با توجه به وسعت واحدهای برنامه‌ریزی در جنگل، محاسبه دقیق حجم درختان جنگلی مستلزم صرف هزینه و وقت زیاد می‌باشد (۲۵). محاسبه دقیق حجم درختان سرپا مشکل بوده و دقت محاسبه حجم درختان افتاده را ندارد. از طرفی برآورد دقیق حجم سرپا برای درختان جنگلی ضرورت دارد و در همین راستا روش‌های متعددی برای برآورد آن توسط محققان مختلف در مناطق جنگلی جهان به کار گرفته‌شده است. اگرچه تعیین حجم اولویت اصلی مدیریت مناطق خشک نیست اما به‌هرحال حجم درختان از بیومتریک‌های جنگل بوده بعلاوه رابطه آن با زی‌توده و مشخصات سرپا می‌تواند حائز اهمیت بوده و مدل‌های پیش‌بینی آن الگویی برای سایر مناطق جنگلی باشد. زی‌توده نیز پایه و اساس بوم‌سازگان‌های خشکی ازجمله جنگل و مرتع است و لذا اندازه‌گیری و پایش تغییرات آن در طول زمان ازنظر زیست‌محیطی و اقتصادی مهم می‌باشد (۱۲). بعلاوه با اندازه‌گیری مقدار زی‌توده جنگل، به‌نوعی می‌توان به نقش درختان در کاهش انتشار کربن در اتمسفر پی برد. میزان زی‌توده بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان است و لذا مطالعه آن دارای اهمیت است. اندازه‌گیری زی‌توده درخت درواقع اندازه‌گیری وزن خشک اجزای مختلف یک درخت است که در این میان زی‌توده برگ به دلیل انجام فتوسنتز و تولید ماده آلی و همچنین برگشت سالانه عناصر در جریان چرخه بیولوژیک مواد بین بخش زنده و غیرزنده اکوسیستم مهم‌تر است (۱). انتخاب روشی مناسب برای برآورد دقیق زی‌توده و حجم درختان به‌صورت سرپا همواره مدنظر محققان بوده و در حال حاضر این مهم از طریق روابط رگرسیونی بدست آمده از آلومتری گونه‌های مختلف ممکن شده است (۲۵).

جنگل‌ها مقادیر عظیمی کربن در زی‌توده خود ذخیره می‌کنند. تنها راه آگاهی از مقدار دقیق کربن ذخیره‌شده، اندازه‌گیری زی‌توده با قطع و توزین درختان است (۲۷). از آنجاکه بین مقدار زی‌توده و مشخصات سرپای درختان جنگلی معمولاً رابطه مستقیم وجود دارد، با بررسی این روابط می‌توان

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]

نسبت به پیش‌بینی زی‌توده در واحد تک‌درخت و سپس در واحد سطح جنگل اقدام نمود. به این روابط، روابط آلومتریک گفته می‌شود. مدل‌های آلومتریک درواقع معادلات تجربی بین زی‌توده و متغیرهایی مثل قطر برابرسینه می‌باشند که به سهولت قابل‌اندازه‌گیری هستند (۱۴). به عبارت درست‌تر، معادلات آلومتریک عبارت‌اند از رابطه بین حجم و زی‌توده درختان و برخی ویژگی‌های بیوفیزیک آن‌ها از قبیل قطر برابرسینه و ارتفاع تنه که قابلیت تجاری دارند (۲). با کمک تحلیل رگرسیون می‌توان اقدام به مدل‌سازی نموده و مقدار متغیرهای موردعلاقه را بر اساس برخی متغیرها که اندازه‌گیری آن‌ها ساده یا کم‌هزینه است برآورد نمود (۲۶). در این میان، مدل‌های به‌دست‌آمده برای درختان چند شاخه که تعیین حجم آن‌ها با استفاده از فرمول‌های حجم‌یابی دشوار است بسیار کاربردی خواهند بود.

پژوهش‌هایی که برای برآورد زی‌توده و حجم انجام‌شده است را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: دسته اول پژوهش‌هایی هستند که به شیوه زمینی و با قطع کامل درختان انجام‌شده‌اند. در این رابطه تحقیقات بسیاری در نقاط مختلف دنیا انجام‌شده است. ازجمله به تحقیق اسپینوزا و همکاران (۸) برای برآورد میزان کربن برداشت‌شده در قالب زی‌توده جنگکاری‌های *Pinus radiata* در شیلی می‌توان اشاره نمود که تعادل مثبت به سمت ذخیره کربن را در سال‌های آینده پیش‌بینی نمودند. همچنین لاکلائو (۱۶) زی‌توده جنگلکاری‌های *Pinus ponderosa* و *Austrocedrus chilensis* را در پاتاگونیا موردبررسی قرار داده و اثر جایگزینی آن‌ها را با یکدیگر در تغییرات کربن مشخص نمودند. در تایلند نیز زی‌توده بالای زمین و میزان ترسیب کربن آن در جنگل‌های بارانی مورد ارزیابی قرار گرفت (۳۲). اما در ایران تحقیق در مورد زی‌توده و حجم درختان نوپاست و تاکنون گونه‌های اندکی از جنگل‌های طبیعی و دست کاشت موردمطالعه قرارگرفته‌اند. ازجمله بردبار و مرتضوی جهرمی (۳) ضمن بررسی پتانسیل ذخیره کربن در جنگلکاریهای اکالیپتوس و آکاسیا در استان فارس، نشان دادند که گونه‌های موردبررسی در رویشگاه‌های حاصلخیز تولید بیوماس بیشتری دارند. همچنین سهرابی و شیروانی (۳۰) روابط آلومتریک را برای برآورد زی‌توده *Pistacia atlantica* موردبررسی قرار داده و بر اساس قطر تاج توانستند تا ۹۳ درصد تغییرات را پیش‌بینی کنند. از سایر مطالعات می‌توان به پناهی و همکاران (۲۲)، پورهاشمی و همکاران (۲۵)، پورشکوری و حسن‌زاد (۲۴)و ورامش و همکاران (۳۴) اشاره نمود. دسته دوم پژوهش‌هایی هستند که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور انجام می‌شوند. ازجمله گونلو و همکاران (۹) از تصاویر لندست ۸ برای برآورد زی‌توده جنگل‌های کاج در آناتولی ترکیه استفاده و شاخص‌های مناسب را برای این کار معرفی نمودند. هال و همکاران (۱۰) با کمک تصاویر زی‌توده جنگل را نقشه‌سازی کرده و یا استرونک و همکاران (۳۱) ترکیبی از تصاویر لندست و لیدار را برای این کار استفاده کردند.

در این تحقیق از شیوه زمینی با قطع کامل درختان استفاده و تلاش شد تا با کمک تکنیک تحلیل رگرسیون، روابط آلومتریک برای پیش‌بینی زی‌توده و حجم درختان کیکم تعیین و قدرت مدل‌های به‌دست‌آمده مورد ارزیابی قرار گیرد. با توجه به این‌که درختان کیکم در منطقه موردمطالعه چند شاخه هستند، برآورد حجم آن‌ها با فرمول‌های حجم‌یابی دشوار است. ازاین‌رو روابط آلومتریک به‌دست‌آمده علاوه بر زی‌توده، می‌توانند برآورد خوبی از حجم درخت به‌عنوان یک صفت مهم نیز ارائه نمایند. برآوردهای انجام‌شده از زی‌توده نیز معیاری برای تعیین قابلیت این‌گونه در تثبیت کربن در واحد سطح جنگل‌های ایران–تورانی خواهند بود.

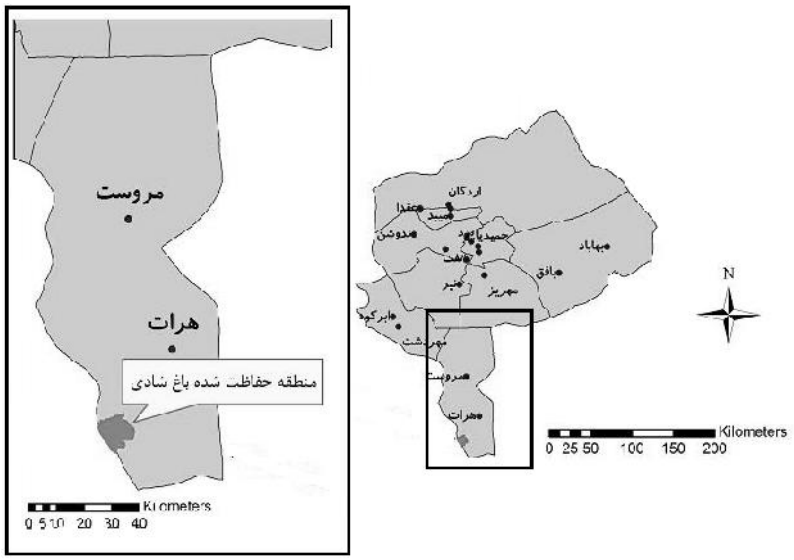
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جنگل حفاظت‌شده باغ شادی در ۲۳۰ کیلومتری جنوب شهر یزد و فاصله حدود ۳۰ کیلومتری شهر هرات، در شهرستان خاتم واقع‌شده است (ً ۳۵ َ ۰۵ ْ ۵۴ تا ً ۰۰ َ ۱۴ ْ ۵۴ طول شرقی و ً ۵۰ َ ۴۲ ْ ۲۹ تا ً ۴۱ َ ۵۰ ْ ۲۹ عرض شمالی). مساحت منطقه موردمطالعه ۱۱۶۶۵ هکتار است و در محدوده ارتفاعی ۲۶۶۴–۱۸۴۰ متر از سطح دریا قرار دارد. اقلیم آن نیمه‌خشک، میانگین بارندگی ماهیانه ۲۸۵ میلی‌متر و میانگین سالیانه دما ۱۷/۴ درجه سانتی‌گراد است. گونه‌های مهم حاضر در ترکیب جنگل‌های این منطقه شامل بنه (*Pistacia atlantica* F.& M.)، کیکم (*Acer cinerasence* L.)، بادام‌کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach.)، ارژن (*A. lycioides* Spach.)، افدرا (*Ephedra mucronata*) و دافنه (*Daphneh mezerum* C.Koch.) بوده و این جنگل جزو سازند بنه–بادام در منطقه کوهستانی ایران–تورانی است (۲۹).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه موردمطالعه در استان یزد
Figer 1. Location of study area in Yazd province

روش تحقیق

ابتدا نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۸۰۰۰۰ تهیه شد. سپس بخشی از گسترش‌گاه گونه کیکم (*Acer monspessulanum* Subsp. *cinerascens* (Boiss. که با جنگل گردشی تعیین و جهت انجام قطع انتخاب شده بود، روی نقشه منطقه مورد مطالعه مشخص شد. چهار ترانسکت ۱۰۰ متری به‌صورت تصادفی روی نقشه مشخص و مختصات نقطه شروع آن‌ها یادداشت شد. نقطه شروع ترانسکت‌ها با کمک GPS در عرصه بازیابی و با حرکت در جهت ارتفاعات در هر ترانسکت پنج درخت (درمجموع بیست درخت) انتخاب و علامت‌گذاری شد. باوجود محدودیت‌های موجود برای قطع، تلاش شد تا حتی‌الامکان درختان از ابعاد مختلف در نمونه‌ها حضورداشته باشند.

مشخصات سرپای درختان قبل از قطع اندازه‌گیری شد که شامل ارتفاع درخت تا دقت دسی‌متر (با شیب‌سنج سونتو)، تعداد ساقه‌ها، میانگین قطر تاج (تا دقت سانتیمتر به‌وسیله متر نواری)، مساحت تاج (تا دقت دسی‌متر مربع) و نماینده قطر یقه درختان کیکم تا دقت میلی‌متر با کولیس بود. نماینده قطر یقه از رابطه ۱ مورد محاسبه قرار گرفت (۶).

$$DRC = \sqrt{d_1^2 + \cdots + d_n^2} \qquad (1)$$

در این رابطه d_1 تا d_n قطر یقه ساقه‌ها در ارتفاع ۱۰ سانتیمتر هستند که پس از رسیدن به توان دو باهم جمع شده و درنهایت از آن‌ها جذر گرفته می‌شود و DRC نیز نماینده قطر یقه است. پس از اندازه‌گیری مشخصات در حالت سرپا، درختان موردمطالعه به‌طور کامل قطع‌شده و تفکیک تنه و شاخه‌ها از محل شروع تاج صورت گرفت. لازم به ذکر است با توجه به قطع درختان در فصل زمستان امکان محاسبه زی‌توده برگ‌ها وجود نداشت. تمامی تنه‌ها به‌صورت جداگانه برای هر درخت توزین شده (با ترازوی دیجیتال تا دقت ۰/۰۵ گرم) و دیسک‌هایی از محل یقه و قطر برابر سینه درختان جهت تعیین وزن مخصوص چوب برداشت شد. شاخه‌ها نیز توزین شده و نمونه‌هایی برای تعیین وزن مخصوص برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد.

نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرارگرفته و سپس وزن خشک آن‌ها با ترازوی دیجیتال (تا دقت ۰/۰۵ گرم) اندازه‌گیری شد. بر اساس نسبت وزن خشک به وزن‌تر نمونه‌ها، زی‌توده تمامی درختان از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$B = R \times WW \qquad (2)$$

در این رابطه B زی‌توده برحسب کیلوگرم، R نسبت وزن خشک به وزن‌تر نمونه‌های آزمایشگاهی و WW وزن‌تر درخت که در عرصه اندازه‌گیری شده برحسب کیلوگرم هستند. دیسک‌های تنه پس از توزین در ظرف مدرج حاوی آب قرارگرفته و میزان جابجایی آب در ظرف مدرج اندازه‌گیری شد تا حجم آن‌ها به دست بیاید (۷). پس از تعیین حجم، وزن مخصوص چوب‌ها بر اساس رابطه ۳ به دست آمد:

$$\rho = M \div V \qquad (3)$$

در این رابطه ρ وزن مخصوص برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، M وزن خشک نمونه برحسب کیلوگرم و V حجم نمونه برحسب مترمکعب می‌باشند (۳۴). حجم تنه‌ها با توجه

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]

به مشخص بودن وزن خشک و وزن مخصوص چوب برای هر درخت محاسبه‌شده و همچنین زی‌توده هوایی درخت (به‌غیراز برگ‌ها) از مجموع زی‌توده تنه‌ها و شاخه‌ها به دست آمد. داده‌ها در نرم‌افزار SPSS 21 وارد شده و ابتدا با محاسبه آماره‌های توصیفی، از عدم وجود اشتباهات اطمینان به عمل آمد. سپس نمودار پراکنش داده‌ها رسم و خطی بودن رابطه متغیرها و نیز وجود یا عدم وجود نقاط پرت مورد کنترل و اصلاح قرار گرفت.

برای مدل‌سازی از تکنیک‌های رگرسیون گام‌به‌گام و تخمین منحنی استفاده شد. اعتبار مدل‌های به‌دست‌آمده با رسم نمودارهای نرمالیته و پراکنش مقادیر خطا مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین میانگین مربعات خطای نرمال شده (NRMSE) جهت تعیین بهترین مدل‌ها و نیز مشخص نمودن میزان دقت آن‌ها محاسبه شد (۱۹،۲۱). مقدار این شاخص در بازه ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ درصد به ترتیب بیانگر وضعیت مناسب و متوسط مدل و مقادیر بیشتر از ۳۰ درصد نشان‌دهنده عدم اطمینان مدل است (۱۴). معنی‌دار بودن تغییرات ضریب تعیین از مدل‌های تک متغیره به دومتغیره و نیز از درجه یک به درجه دو با استفاده از آزمون F به‌صورت رابطه ۴ مورد بررسی قرار گرفت:

$$F = \frac{(R_L^2 - R_S^2)/(K_L - K_S)}{(1-R_L^2)/(N-K_L-1)} \qquad (۴)$$

در این رابطه R_S^2 ضریب تعیین مدل کوچک‌تر (خطّی یا تک متغیره) و R_L^2 ضریب تعیین مدل بزرگ‌تر (معادلهٔ درجه‌دو یا چند متغیره) هستند. همچنین K_S و K_L به ترتیب تعداد متغیرهای مستقل در مدل‌های کوچک‌تر و بزرگ‌تر و N تعداد زوج مشاهدات هستند. آماره F به‌دست‌آمده از رابطهٔ فوق با درجه آزادی صورت $K_L - K_S$ و درجه آزادی مخرج (K_L-1) $- N$ با جدول F مقایسه شد. بزرگ‌تر بودن F محاسبه‌شده از F جدول نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تغییرات ضریب تعیین خواهد بود (۱۵).

نتایج و بحث

با توجه به این‌که گاه متغیرهای مستقل به‌صورت ترکیبی در پیش‌بینی یک متغیر وابسته نقش دارند باهدف به دست آوردن مدل‌های قوی‌تر باقابلیت پیش‌بینی بهتر از تحلیل رگرسیون چند متغیره به روش گام‌به‌گام استفاده شد. بر این اساس مدل‌های دومتغیره مبتنی بر ارتفاع درخت و نماینده قطر یقه برای پیش‌بینی وزن‌تر و خشک تنه، وزن خشک درخت، وزن خشک و تر و حجم کل شاخه، حجم تنه، شاخه‌ها و حجم کل درخت معنی‌دار بوده و ضرایب تعیین به نحو چشم‌گیری نسبت به حالت تک متغیره افزایش داشت (جدول ۱).

جدول ۱- مدل‌های چند متغیره برای ارتفاع و قطر یقه به‌عنوان متغیر پیش‌بینی کننده

Table 1. Multivariate models for height and DRC as predictor variables

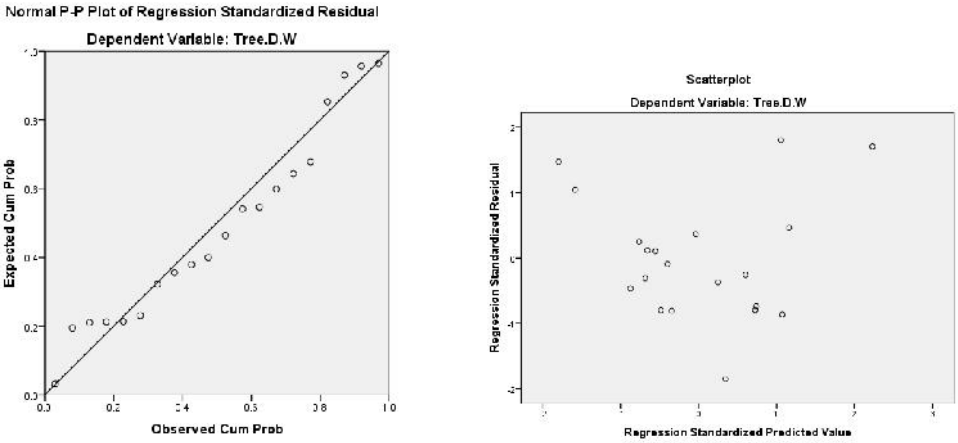
متغیر وابسته	ضریب تعیین	اشتباه معیار	NRMSE	مدل
وزن‌تر شاخه‌ها (کیلوگرم)	۰/۸۵	۲۰/۸۸	۹/۲	$Y = -۹۷/۵ + ۴/۲ X_۱ + ۱۵/۱۵ X_۲$
وزن‌تر درخت	۰/۸۶	۳۱/۳۳	۱۰/۲	$Y = -۱۴۸/۱۸ + ۷/۰۸۵ X_۱ + ۲۰/۵۱۳ X_۲$
وزن خشک درخت	۰/۸۷	۲۶/۲۱	۹/۹	$Y = -۱۳۰/۰۷ + ۶/۰۳ X_۱ + ۱۸/۵۷ X_۲$
وزن خشک شاخه‌ها	۰/۸۵	۱۸/۱۷	۹/۲	$Y = - ۸۴/۸۳ + ۳/۶۷ X_۱ + ۱۳/۱۸ X_۲$
حجم کل شاخه‌ها	۰/۸۵	۰/۰۱۹	۱۱/۹	$Y = -۰/۹۲ + ۰/۰۰۴ X_۱ + ۰/۰۱۴ X_۲$
حجم کل درخت	۰/۸۷	۰/۰۲۸	۹/۹	$Y = -۰/۱۴۹ + ۰/۰۰۷ X_۱ + ۰/۰۲۳ X_۲$

در جدول فوق $X_۱$ نماینده قطر یقه و $X_۲$ ارتفاع کل درخت هستند

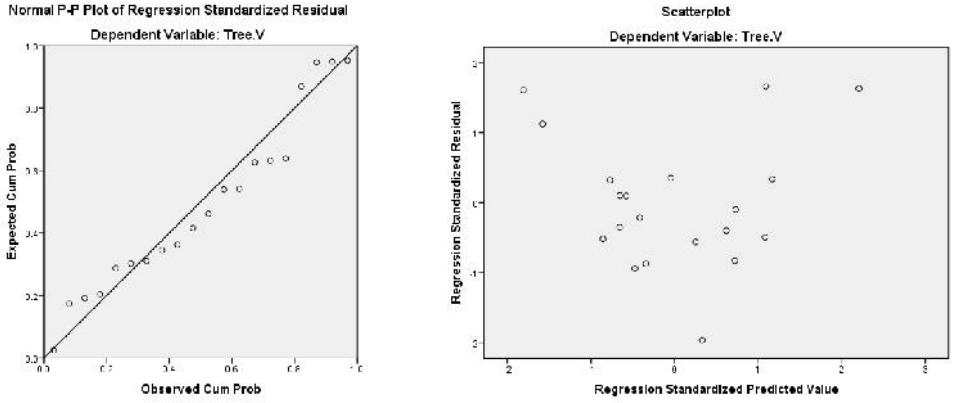
بر اساس نتایج می‌توان گفت مهم‌ترین متغیر مستقل نماینده قطر یقه و پس‌ازآن ارتفاع درخت بوده و تعداد ساقه و مساحت تاج پیش‌بینی کننده خوبی برای زی‌توده و حجم درختان کیکم نبودند. برخی از نمودارهای نرمالیته و پراکنش مقادیر خطا در شکل‌های ۲ و ۳ قابل‌ملاحظه هستند. نزدیک بودن نقاط به خط ۴۵ درجه در نمودار نرمالیته نشان‌دهنده نرمال بودن توزیع مقادیر خطا و تصادفی بودن پراکنش نقاط در نمودارهای مقادیر باقی‌مانده نشان‌دهنده همگنی واریانس مقادیر خطا بوده و این دو دلایلی برای اعتبار مدل‌های به‌دست‌آمده هستند (۱۵).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]



شکل ۲- نمودار نرمالیته (چپ) و پراکنش (راست) مقادیر خطا برای وزن خشک درخت
Figure 2. Normality plot (left) and dispersion plot (right) of residuals for tree dry weight



شکل ۳- نمودار نرمالیته (چپ) و پراکنش (راست) مقادیر خطا برای حجم کل درخت
Figure 3. Normality plot (left) and dispersion plot (right) of residuals for tree volume

در این تحقیق با توجه به استفاده از ۲۰ داده در تحلیل رگرسیون و این‌که این ۲۰ درخت باهدف احصا نمودن تنوع موجود در درختان منطقه از ابعاد مختلف انتخاب شده‌اند، به‌واسطه محدودیت‌های قانونی امکان قطع درختان بیشتر وجود نداشته و لذا در برخی ابعاد تعداد نمونه کم بوده و باعث شده که نمودار پراکنش در منتهی‌الیه سمت راست و چپ کمی کشیده باشد.

در تحقیق پارساپور و همکاران (۲۳) قطر برابرسینه با ضریب تبیین ۰/۹۵ مدل‌هایی با دقت بسیار خوب برای تعیین زی‌توده چهار گونه صنوبر ارائه داد. بر این اساس انتظار می‌رفت که نماینده قطر یقه درختان کیکم نیز بتواند مدل‌های مناسبی برای برآورد زی‌توده ارائه دهد. نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که نماینده قطر یقه پیش‌بینی کننده خوبی برای زی‌توده درختان کیکم بود. در تحقیق میتسوپولوس و دیمیتریکاپولوس (۲۰) روابط آلومتریک برای پیش‌بینی زی‌توده تاج درختان کاج حلب *Pinus halepensis* Mill. در یونان بررسی و مشخص شد که قطر برابرسینه بهترین متغیر مستقل بوده و ۸۸-۸۲ درصد تغییرات را پیش‌بینی می‌کند. همچنین سگورا و کانینن (۲۸) قطر برابرسینه را بهترین متغیر مستقل برای برآورد حجم درختان جنگلی در جنگل‌های مرطوب کاستاریکا ارزیابی کردند (R^2 = ۰/۷۷ −۰/۸۷). با توجه به نحوه محاسبه نماینده قطر یقه باید گفت، زیادتر بودن این متغیر به معنای قطورتر بودن ساقه‌ها است و نظر به این‌که متغیر قطر در محاسبه حجم چوب آلات اهمیت و نقش زیادی دارد، زیادتر بودن نماینده قطر یقه پیامد مشخصی دارد که آن‌هم افزایش حجم و نیز زی‌توده است.

دقیق‌ترین مدل‌ها به روش تخمین منحنی برای پیش‌بینی حجم سرپا و زی‌توده کل مربوط ارتفاع کل درخت بود. همچنین ارتفاع کل به این روش توانست با دقت مناسبی وزن‌تر و خشک تنه را پیش‌بینی نماید. ارتفاع در ترکیب با

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]

نماینده قطر یقه نیز پیش‌بینی کننده خوبی برای وزن شاخه، وزن‌تر تنه، وزن خشک درخت، وزن خشک شاخه، حجم کل شاخه و حجم کل درختان کیکم بود.

در مطالعه هیرو و همکاران (۱۱) که بر روی درختان شاخه‌زاد انجام شد، قطر بلندترین ساقه برای تعیین زی‌توده *Cyathea erinaceae* به‌عنوان بهترین متغیر پیش‌بینی کننده انتخاب شد. در تحقیق حاضر نیز ارتفاع کل درواقع همان ارتفاع بلندترین ساقه است که توانست با دقت مناسب تا ۷۰ درصد تغییرات حجم درخت را پیش‌بینی نماید. در تحقیق حاضر نماینده قطر یقه درختان کیکم که به‌نوعی می‌توان نقش آن را مانند قطر برابرسینه در درختان دارای تنه واحد در نظر گرفت، در ترکیب با ارتفاع توانستند بهترین مدل‌ها را برای پیش‌بینی حجم و زی‌توده درختان کیکم ارائه دهند که این نتایج با تحقیق واحدی و همکاران (۳۳) مطابقت دارد. در تحقیق مذکور قطر برابرسینه و ارتفاع در ترکیب با یکدیگر توانستند تا ۹۵ درصد تغییرات زی‌توده درختان راش *Fagus orientalis* L. را در شمال ایران پیش‌بینی کنند. البته آن‌ها معنی‌دار بودن تغییرات ضریب تعیین از مدل‌های تک متغیره به سه متغیره (قطر، ارتفاع و وزن مخصوص چوب) را که ۴/۶ درصد بیشتر نبوده را، ازنظر آماری موردبررسی قرار ندادند. همچنین براندیس و همکاران (۴) بر اساس دو متغیر قطر و ارتفاع توانستند ۹۹–۸۳ درصد حجم کل سرپا و ۹۸–۵۶ درصد حجم تجاری درختان را در جنگل‌های خشک پورتوریکو پیش‌بینی کنند.

در تحقیق لیتون و کافمن (۱۷) روابط آلومتریک برای پیش‌بینی زی‌توده دو گونه *Metrosideros polymorpha* Gaudich. و *Dodonaea viscose* Jacq. در هاوایی بررسی‌شده و مشخص شد که مدل‌های ویژه گونه که برای هرگونه جداگانه تهیه می‌شوند با مدل عمومی که برای کل جنگل تهیه می‌شود ۸۸–۴۳ درصد اختلاف دارد. ازاین‌رو پیشنهاد شد که برآورد زی‌توده برای هرگونه و رویشگاه جداگانه انجام و معادلات مربوط به آن تدوین شوند. نتایج آزمون F جهت بررسی معنی‌دار بودن تغییرات ضریب تعیین از مدل‌های تک متغیره مبتنی بر نماینده قطر یقه و ارتفاع به مدل‌های دومتغیره مبتنی بر هر دو صفت در جدول ۲ مشاهده می‌شوند:

جدول ۲– بررسی معنی‌داری افزایش ضریب تعیین در مدل دومتغیره نسبت به مدل‌های تک متغیره

Table 2. Significance of R-square change from simple models to multivariate model

متغیر وابسته	متغیر مستقل	ضریب تعیین مدل تک متغیره	ضریب تعیین مدل دومتغیره	F
وزن‌تر شاخه‌ها	نماینده قطر یقه	۰/۷۹	۰/۸۵	۶/۸*
	ارتفاع	۰/۵۶		۳۲/۸**
وزن‌تر درخت	نماینده قطر یقه	۰/۷۰	۰/۸۶	۱۹/۴**
	ارتفاع	۰/۶۶		۲۴/۲**
وزن خشک درخت	نماینده قطر یقه	۰/۷۰	۰/۸۷	۲۲/۲**
	ارتفاع	۰/۶۸		۲۴/۸**
وزن خشک شاخه	نماینده قطر یقه	۰/۷۹	۰/۸۵	۶/۸*
	ارتفاع	۰/۵۶		۳۲/۸**
حجم شاخه‌ها	نماینده قطر یقه	۰/۷۳	۰/۸۵	۱۳/۶**
	ارتفاع	۰/۴۱		۴۹/۸**
حجم درخت	نماینده قطر یقه	۰/۷۰	۰/۸۷	۲۲/۲**
	ارتفاع	۰/۷۰		۲۲/۲**

همان‌گونه که در جدول فوق ملاحظه می‌شود، افزایش ضریب تعیین در تمامی موارد معنی‌دار بوده و بر این اساس می‌توان گفت مدل‌های دومتغیره مبتنی بر ارتفاع و نماینده قطر یقه، برازش بهتری نسبت به مدل‌های تک متغیره این دو صفت دارند. مقدار ریشه مربعات نرمال شده خطا در مدل‌های دومتغیره کاهش زیادی داشت که حاکی از افزایش دقت آن‌ها است. نتایج مقایسه مقادیر NRMSE در جدول ۳ قابل‌مشاهده است:

جدول ۳– میزان کاهش خطا در مدل‌های دومتغیره نسبت به مدل تک متغیره

Table 3. Amount of error decrease in two-variable vs. simple models

متغیر وابسته	متغیر مستقل	NRMSE مدل تک متغیره	NRMSE مدل دومتغیره	درصد کاهش خطا
وزن‌تر شاخه‌ها	نماینده قطر یقه	۱۰/۹	۹/۲	۱۵
	ارتفاع	۱۵/۸		۴۱
وزن‌تر درخت	نماینده قطر یقه	۱۳/۹	۱۰/۲	۲۶
	ارتفاع	۱۴/۷		۳۰
وزن خشک درخت	نماینده قطر یقه	۱۳/۸	۹/۹	۲۸
	ارتفاع	۱۴/۵		۳۱
وزن خشک شاخه	نماینده قطر یقه	۱۰/۹	۹/۲	۱۵
	ارتفاع	۱۵/۸		۴۱
حجم شاخه‌ها	نماینده قطر یقه	۱۹/۵	۱۱/۹	۳۸
	ارتفاع	۱۴/۱		۱۵
حجم درخت	نماینده قطر یقه	۱۳/۷	۹/۹	۲۷
	ارتفاع	۱۴/۱		۲۹

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]

آن‌چنان‌که مشاهده می‌شود دقت مدل دومتغیره بین ۱۵ تا ۴۱ درصد نسبت به حالت تک متغیره افزایش داشته که بسیار قابل‌توجه است. برازش توابع درجه دو و درجه سه بر داده‌ها نشان داد که تنها در خصوص مدل‌های مبتنی بر ارتفاع کل درخت قدرت پیش‌بینی مدل درجه‌دو بیشتر از مدل خطی بود (جدول ۴). مقایسه روابط خطی و درجه دو نشان داد که در مدل‌های درجه‌دو مبتنی بر ارتفاع درختان، برای پیش‌بینی حجم و زی‌توده ضریب تعیین افزایش‌یافته و این افزایش معنی‌دار بود. البته رابطه نماینده قطر یقه– حجم نیز اصولاً درجه دو است منتهی با توجه به این‌که نسبت به مدل خطی افزایشی در ضریب تعیین حاصل نشد از ذکر آن در قسمت نتایج خودداری شد.

جدول ۴- مقایسه مدل‌های خطی و درجه‌دو مبتنی بر ارتفاع کل درخت

Table 4. Comparing linear and two-variable models based on tree height

رابطه	مدل	ضریب تعیین	F	اشتباه معیار	NRMSE	مدل
حجم سرپا – ارتفاع	خطی	۰/۷۰	۵/۱۷*	۰/۰۴۷	۱۴/۱	$Y = -۰/۱۸۲ + ۰/۰۶۶ X$
	درجه‌دو	۰/۷۷		۰/۰۴۲	۱۲/۱۷	$Y = ۰/۱۱۵ + ۰/۰۱۸ X^۲$
زی‌توده کل– ارتفاع	خطی	۰/۶۶	۴/۴ns	۵۲/۰۶	۴۹/۳۹	$Y = -۱۸۲/۹۹۲ + ۶۷/۶۷۲ X$
	درجه‌دو	۰/۷۳		۴۷/۵۷	۱۸/۷۴	$Y = ۱۲۳/۲ + ۱۸/۵۴۶ X^۲$
وزن‌تر تنه– ارتفاع	خطی	۰/۶۱	۱۴/۵**	۲۶/۸۱	۲۵/۴۳	$Y= -۹۰/۰۳۴ + ۳۱/۲۶۰ X$
	درجه‌دو	۰/۷۹		۲۰/۳۲	۱۵/۵۸	$Y= ۱۴۱/۸– ۸۶/۴ X + ۱۴/۰۴ X^۲$
وزن خشک تنه– ارتفاع	خطی	۰/۶۲	۱۵/۳**	۲۲/۸۸	۲۱/۷۰	$Y = -۷۸/۴۳۹ + ۲۷/۱۸۱ X$
	درجه‌دو	۰/۸		۱۶/۹۱	۱۶/۳۴	$Y= ۱۲۵/۱۵ – ۷۶/۲ X + ۱۲/۳ X^۲$

** و *: افزایش ضریب تعیین به ترتیب در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار است NS: افزایش ضریب تعیین معنی‌دار نیست

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، ضرایب تعیین برای زی‌توده کل و حجم سرپا که مهم‌ترین متغیرهای وابسته هستند تا ۷ درصد و برای سایر متغیرها تا حداکثر ۱۸ درصد افزایش یافته‌اند. آزمون F نشان داد که افزایش ضریب تعیین تنها در مورد زی‌توده کل معنی‌دار نبوده اما در سایر موارد ازنظر آماری، معنی‌داری تغییرات ضریب تعیین تایید شد.

قطر تاج در موقعیت‌های مختلف درخت در توده تغییر می‌کند و تحت تأثیر عواملی چون رویشگاه، شاخه‌دوانی و جایگاه درخت در آشکوب‌بندی جنگل قرار دارد. این متغیر همچنین همبستگی خوبی با ارتفاع درخت دارد و افزایش آن می‌تواند به تجمه زی‌توده در درخت بیانجامد. ازاین‌رو ممکن است حضور آن باعث افزایش دقت مدل‌ها شود (۵). در تحقیق حاضر قطر تاج در مدل‌های چندمتغیره حذف‌شده و برای حضور در مدل‌ها مناسب تشخیص داده نشد. تحلیل همبستگی نشان داد که رابطه مثبت و مستقیم بین این متغیر و ارتفاع درختان وجود دارد. از طرفی در تحلیل تک متغیره این صفت توانست تا ۸۰ درصد تغییرات حجم و زی‌توده درختان کیکم را پیش‌بینی نماید. بر همین اساس می‌توان گفت وجود هم خطی چندگانه بین دو متغیر قطر تاج و ارتفاع باعث حذف آن شده است و باید گفت اگرچه روش گام‌به‌گام مدل‌های اقتصادی تولید می‌کند اما در انتخاب متغیرها کورکورانه عمل می‌نماید. درواقع رگرسیون چندگانه خصوصاً به انتخاب متغیّرها خیلی حساس است و نتایج آن را باید بااحتیاط استفاده کرد. باید در مورد داده‌ها و متغیّرها اطلاعات کامل و کافی کسب شود. ممکن است رگرسیون چندگانه برای تشخیص الگوهای موجود در داده‌ها، مفیدتر از بررسی رابطه بین متغیرها باشد (۱۵).

به‌طورکلی در این تحقیق مشخص شد که مدل‌های دومتغیره مبتنی بر ارتفاع درختان و نماینده قطر یقه برای پیش‌بینی زی‌توده و حجم تنه، شاخه و قسمت هوایی درختان چندشاخه کیکم معنی‌دار بوده و می‌توانند ۸۷–۸۵ درصد تغییرات را پیش‌بینی نمایند. لازم به ذکر است که ضرایب تعیین در این مدل‌ها به نحو چشم‌گیری نسبت به حالت تک متغیره افزایش و مقادیر خطا کاهش داشتند. مدل‌های درجه دو تنها با حضور متغیر ارتفاع کل به‌عنوان پیش‌بینی کننده حجم و زی‌توده معنی‌دار بوده و افزایش مقدار ضریب تعیین در آن‌ها نسبت به مدل‌های خطی ازنظر آماری معنی‌دار بود. مقدار ریشه میانگین مربعات خطا برای مدل‌های دومتغیره زیر ۱۵ درصد بود که نشان‌دهنده دقت بالای آن‌ها است.

در پایان باید گفت ازآنجاکه ارتباط بین زی‌توده و خصوصیات آلومتریک، بسته به سن درخت، عملیات مدیریتی، ساختار جنگل، خصوصیات اقلیمی و بیوفیزیکی رویشگاه متفاوت می‌باشد (۱۸) لازم است تحقیق حاضر برای گونه کیکم در رویشگاه‌های دیگر منطقه ایران–تورانی نیز انجام شود تا قابلیت تعمیم مدل‌های بدست آمده در این تحقیق برای برآورد حجم و زی‌توده ارزیابی گردد. درمجموع می‌توان گفت زی‌توده و حجم درختان کیکم که فاقد تنه واحد هستند، با دقت مناسبی قابل برآورد بوده و برخی مشخصات سرپای این درختان که اندازه‌گیری آن‌ها ساده و کم‌هزینه است، نزدیک به ۹۰ درصد از تغییرات را می‌توانند پیش‌بینی نمایند.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]

منابع

1. Adl, H. 2007. Estimation of leaf biomass and leaf area index of two major species in Yasuj forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 417-426 (In Persian).
2. Basuki, T.M., P.E. Van Laake, A.K. Skidmore and Y.A. Hussin. 2009. Allometric equations for estimation the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. Forest Ecology and Management, 257: 1684-1694.
3. Bordbar, S.K. and S.M. Mortazavi Jahromi. 2006. Investigating the potential of carbon sequestration in Eucalyptus sp. and Acacia sp. Plantations, West Fars Province. Pajouhesh and Sazandegi, 70: 90-103 (In Persian).
4. Brandeis, T., M. Delaney, L. Royer and B. Parresol. 2006. Allometric equations for predicting Puerto Rican dry forest biomass and volume, Proceedings of the Eighth Annual Forest Inventory and Analysis Symposium, USDA Forest Service, USA, 197-202.
5. Cal, S., X. Kang and L. Zhang. 2013. Allometric models for aboveground biomass of ten tree species in northeast China. Annals of Forest Research, 56(1): 105-122.
6. Chojnacky, D.C. 1988. Woodland volume equations for Arizona Fort Apache and San Carlos Indian reservations, USDA Forest Service, Intermountain Research Station, 7 pp.
7. Cornelissen, J.H.C., S. Lavorel, E. Garnier, S. Díaz, N. Buchmann, D.E. Gurvich, P.B. Reich, H. Steege, H.D. Morgan, M.G.A. Van der Heijden, J.G. Pausas and H. Poorter. 2003. A handbook of protocols for standardization and easy measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany, 51: 335–380.
8. Espinosa, M., E. Acuna, J. Cancino, F. Monoz and A.D. Perry. 2005. Carbon sink potential of radiata Pine plantations in Chile. Forestry, 78(1): 11-19.
9. Gunlu, A., I. Ercanli, E.Z. Baskent and G. Gakir. 2014. Estimating aboveground biomass using Landsat TM imagery: A case study of Anatolian Crimean pine forests in Turkey, Annals of Forestry Research, 57(2): 289-298.
10. Hall, R.J., R.S. Skakuna, E.J. Arsenault and S. Case. 2006. Modeling forest stand structure attributes using Landsat ETM+ data: Application to mapping of aboveground biomass and stand volume. Forest Ecology and Management, 225: 378-390.
11. Hierro, J., L.C. Branch, D. Villarreal and K.L. Clark. 2000. Predictive Equation for Biomass and Fuel Characteristics of Argentine shrubs. Journal of Range management, 53(6): 617-621.
12. Hosseini, S.Z., M. Abbasi, S. Bakhtiarvand and M. Salehi. 2015. Proper models to estimate aboveground biomass using Quickbird satellite imagery in plantation areas of Isfahan's Mobarakeh Steel Company. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(1): 143-153 (In Persian).
13. Ketterings, Q.M., R. Coe, M.V. Noordwijk, Y. Ambagau and C.A. Palm. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting abone-ground tree biomass in mixed secondary forests. Forest Ecology and Management, 146: 199-209.
14. Khorsand, A., V. Rezaverdinezhad and A. Shahidi. 2014. Performance evaluation of AquaCrop model to predicting the performance of Wheat, moisture and salinity of soil profile under drought and salinity stresses. Water Management and Irrigation, 4(1): 89-104 (In Persian).
15. Kiani, B. 2014. Applying modern statistics in natural resources, Yazd University Publications, Yazd, Iran, 522 pp (In Persian).
16. Laclau, P. 2003. Biomass and carbon sequestration of ponderosa Pine plantation and native Cypress forest in northwest Patagona. Forest Ecology and Management, 181(28): 17-25.
17. Litton, C.M. and J.B. Kauffman. 2008. Allometric models for predicting aboveground biomass in two widespread woody plants in Hawaii. Biotropica, 40(3): 313-320.
18. Lott, J.E., S.B. Howard, C.R. Black and C.K. Ong. 2000. Allometric estimation of above-ground biomass and leaf area in managed *Grevillea robusta* agroforestry systems. Agrofory Systems, 49: 1-15.
19. Mirabdollahi, M., A. Bonyad, B. Bakhshande and J. Torkaman. 2013. Study of age effects on growth of Beech trees in Lomir forest, Guilan. Iranian Forest Ecology Journal, 1(1): 1-15 (In Persian).
20. Mitsopoulos, I. D. and A.P. Dimitrakopoulos. 2007. Allometric equations for crown fuel biomass of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Greece. International Journal of Wildland Fire, 16: 642-647.
21. Nikooy, M., R. Naghdi, B. Bakhshandeh and H. Amozadeh. 2013. Physical and values damages to felled trees during felling operation (Case study: Asalem watershed forests). Iranian Forest Ecology Journal, 1(2): 70-85 (In Persian).
22. Panahi, P., M. Pourhashemi and M. Hassani Nejad. 2011. Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* in National Botanical Garden of Iran. Iranian Journal of Forest, 3(1): 1-12 (In Persian).
23. Parsapour, M.K., H. Sohrabi, A. Soltani and Y. Iranmanesh. 2013. Allometric equations for estimating biomass in four poplar species at Charmahal and Bakhtiari province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research's, 21(3): 517-528 (In Persian).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]

24. Pourshakouri Allahdeh, F. and I. Hassanzad Navroodi. 2007. Investigation of the best method of volume estimation for Guilan forests (Case study: District one of NAV Asalem). Pajouhesh and Sazandegi, 77: 24-31 (In Persian).
25. Pourhashami, M., S. Eskandari, M. Dehghani, T. Najafi, A. Asadi and P. Panahi. 2012. Biomass and leaf area index of Caucasian Hackberry (*Celtis caucasica* Willd.) in Taileh urban forest, Sanandaj, Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(4): 609-620 (In Persian).
26. Saatchi, S.S., A. Houghton, R.C. Dos Santos Alvala, J.V. Soare and Y. Yu. 2007. Distribution of above ground biomass in the Amazon. Global Change Biology, 13: 816-837.
27. Saglan, B., O. Kucuki, E. Bilgili, D. Durmaz and I. Basal. 2008. Estimating fuel biomass of some shrub species (Maquis) in Turkey. Turkish Journal of Agriculture, 32: 349-356.
28. Segura, M. and M. Kanninen. 2005. Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. Biometrica, 37(1): 2-8.
29. Shojaee, M., B. Kiani, A. Sotoodeh and H. Azimzadeh. 2015. Investigation of the relation between primary topographic variables with presence, frequency and quantitative characteristics of plant species and vegetation types (Case study: Baghe- Shadi Forest, Harat, Yazd). Iranian Journal of Applied Ecology, 4(11): 1-13 (In Persian).
30. Sohrabi, H. and A. Shirvani. 2012. Allometric equations to predict areal biomass of *Pistacia atlantica* var. *mutica* in Khojir National Park. Iranian Journal Forest, 4(1): 55-64 (In Persian).
31. Strunk, J. L., H. Temesgen, H.E. Andersen and P. Packalen. 2014. Prediction of Forest Attributes with Field Plots, Landsat, and a Sample of Lidar Strips. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 80(2): 143-150.
32. Trakunpinut, J., N. Gajaseni and N. Ruankawe. 2007. Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha Phum national forest, Thailand. Applied Ecology and Environmental Research, 5(9): 10-23.
33. Vahedi, A.A., A. Mataji, S. Babayi-Kafaki, J. Eshaghi-Rad, S.M. Hodjati and A. Djomo. 2014. Allometric equations for predicting aboveground biomass of beech-hornbeam stands in the Hyrcanian forests of Iran. Journal of Forest Science, 60(6): 236-247.
34. Varamesh, S., S.M. Hosseini, N. Abdi and M. Akbarinia. 2010. Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. Iranian Journal of Forest, 2(1): 25-35 (In Persian).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]

Modeling the Standing Traits to Estimate Tree Volume and Biomass of *Acer monspessulanum* Subsp. *cinerascens* (Boiss.) using Multiple Regression

Ali Afrozandeh[1], Bahman Kiani[2] and Pedram Atarod[3]

1-M.Sc. Student, University of Yazd
2- Assistant Professor, University of Yazd, (Corresponding Author: bnkiani@yazd.ac.ir)
3- Associate Professor, University of Tehran
Received: Jun 25, 2016 Accepted: Jan 8, 2017

Abstract

Predicting the volume and biomass of multi-stem maple trees (*Acer monspessulanum* Subsp. *cinerascens* Boiss.) based on standing traits is necessary in forestry. In this research twenty sample trees were selected in four transects randomly in Bagh-Shadi Forest of Yazd province. After measuring the diameter at root collar (DRC), tree height, stems numbers and crown diameter and area all trees were cut down. Trunks and branches were separated, weighted and some sample disks were taken. Dry weight and volume of samples were determined in laboratory and according to dry-wet ratio and wood specific gravity; total dry weight (aboveground biomass) and volume of all trees were calculated. Multiple regression and curve estimation were applied for modeling. Results indicated that there were strong and significant relation between volume and biomass of trees and their height and DRC. Two-variable models were significant and reliable for branch (or crown) wet and dry weight (R^2=0.85), total tree wet and dry weight (R^2=0.86) and total tree volume (R^2=0.87). Prediction capability of two-order models according to tree height increased up to 10 percent. Results showed that R-square change in two-variable models was significant in contrast to one-variable models and coefficients increased from 6 to 44 percent. Also amount of error (NRMSE) decreased from 15 to 41 percent. Finally it can be said that tree height and DRC was able to predict 87 percent of biomass and volume of maple trees with a high precision.

Keywords: Above-ground Biomass, Allometry, Multiple Regression, Standing Volume, Yazd

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.6.2.2]