برآورد زی‌توده گونه تبریزی (*Populus nigra*) کشت شده در حوزه آبخیز رودخانه قزل‌اوزن با روش آلومتریک

امین خادمی [1*]
مرتضی معدنی پور کرمانشاهی [2]
بهروز کرد [3]

۱. گروه مهندسی فضای سبز، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران.
۲. گروه مهندسی محیط زیست، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران.
۳. گروه مهندسی فضای سبز، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات
aminkhademi28@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۲
این مقاله برگرفته از پژوهش مستقل می باشد.

چکیده

صنوبرها و هیبریدهای آن‌ها به‌دلیل رشد سریع، تکثیر رویشی آسان، قابلیت بالای دستکاری صفات و توزیع گسترده در نیم‌کره شمالی از نظر اقتصادی و ظرفیت ذخیره سریع زی‌توده باارزش هستند. در این تحقیق باهدف برآورد زی‌توده گونه تبریزی اطراف حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن در خلخال، آماربرداری از پایه‌های تبریزی به‌صورت خطی انجام شد و مشخصات کمی قطر برابر سینه و ارتفاع تنه درختان در سال ۱۴۰۰ برداشت گردید. برآورد میزان ذخیره زی‌توده به روش آلومتریک و با استفاده از پایه‌های قطع شده در باغ‌ها، انجام شد. بدین منظور، ۳۲ پایه از باغ‌های اطراف هر رودخانه انتخاب و پس از اندازه‌گیری قطر برابرسینه و ارتفاع تنه، سه دیسک به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر از ابتدا، وسط و انتهای تنه تهیه و با توجه به وزن خشک و حجم دیسک‌های هر پایه و با تعیین حجم تنه پایه، زی‌توده آن مشخص گردید. نتایج ارزیابی متقاطع مقادیر برآوردی و واقعی داده‌ها نشان داد میزان برآورد زی‌توده با متغیر مستقل ارتفاع تنه دارای خطای کمتری نسبت به برآورد با متغیر مستقل قطر برابرسینه است. اگرچه مقدار ضریب تعیین ارزیابی متقاطع مقادیر برآوردی و واقعی با قطر برابر سینه بیشتر از ارتفاع تنه را نشان داد ولی با توجه به عدم برآورد مقادیر بیش از ۱۵۰ کیلوگرم زی‌توده توسط متغیر قطر برابرسینه، این متغیر دارای خطای زیادی بوده و مناسب برای برآورده زی‌توده در منطقه مورد بررسی نمی‌باشد. نتایج آزمون F نشان داد که متوسط میزان برآورد ذخیره زی‌توده تنه در رویشگاه‌های موردمطالعه در دو متغیر مستقل مورد بررسی (قطر برابر سینه و ارتفاع تنه) از اختلاف معنی‌داری برخوردار بوده است و نتایج آزمون دانکن نیز نشان داد که میانگین زی‌توده تنه در چهار رویشگاه مورد مطالعه در هر متغیر مستقل مورد بررسی (قطر و ارتفاع تنه) در سطح معنی‌داری برابر با ۹۵ درصد در سه گروه مختلف دسته‌بندی شده‌اند.

واژگان کلیدی: حوزه آبخیز قزل‌اوزن، خلخال، روابط آلومتریک، زی‌توده

مقدمه

تخریب جنگل اغلب منجر به کاهش عملکرد بوم‌سازگان، کالاها و خدمات برای جوامع محلی و منطقه‌ای شده و گونه‌های سریع‌الرشد یکی از گزینه‌هایی هستند که به زمین کمک می‌کنند تا چرخه کربن خود را حفظ کند. صنوبر به‌عنوان یک گونه و محصول مزایای زیادی برای ترسیب کربن، تهیه مواد اولیه برای تولید کننده چوب صنعتی و پایداری اکوسیستم دارد (Pragasan and Karthick, 2013). رشد درختان به عامل مهمی برای جذب و ذخیره کربن اتمسفر در پوشش گیاهی، خاک و محصولات زیست‌توده عمل می‌کند. اندوخته شدن کربن در زی‌توده گیاهی ساده‌ترین و به‌لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار برای کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری است. مهم‌ترین تأثیر پوشش گیاهی به‌خصوص درختان تاثیر بر آب و هوا و مقدار دی‌اکسیدکربن آن است. گیاهان سبز به‌وسیلهٔ فتوسنتز، کربن را از اتمسفرگرفته و طی مراحل چرخهٔ کربس، اتم کربن و اکسیژن را از هم جدا می‌کنند؛ اکسیژن به هوا باز می‌گردد و از کربن برای ساختن زی‌توده استفاده می‌کنند (Zabek and Prescott, 2006). درک مقادیر ذخیره زی‌توده در اکوسیستم‌های خشکی و مکانیزم‌های موثر بر آن اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. سرعت ذخیره زی‌توده، مقدار و کیفیت ترسیب کربن بستگی به تعامل میان آب و هوا، خاک، گونه‌های درختی، ترکیبات

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

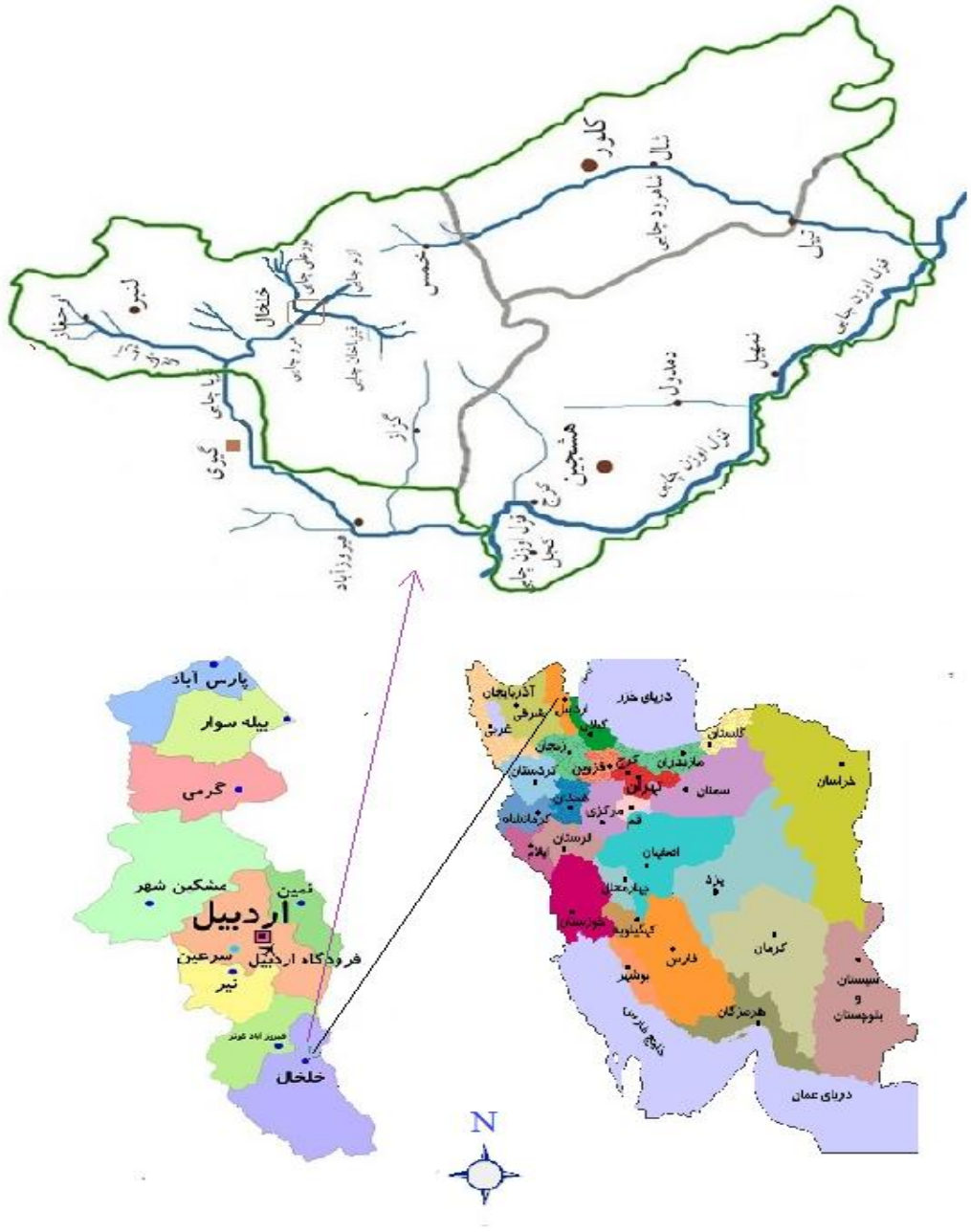
شیمیایی لاشبرگ و شیوه مدیریت آن‌ها دارد. صنوبرکاری قابلیت بسیار زیادی برای ذخیره کربن داشته و همچنین یک راهبرد مقرون به‌صرفه و سازگار با محیط‌زیست برای ترسیب کربن می‌باشد و در صورت استفاده از پوشش‌گیاهی و کاشت درختان درقالب جنگل‌کاری می‌توان علاوه برایجاد فضای سبز، تولید چوب و مزایای محیط‌زیستی، به‌هدف ذخیره کربن نیز دست یافت (خادمی و همکاران، ۱۳۹۹). برآورد زی‌توده برای تشخیص ساختار توده مهم بوده و به‌عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی رویشگاه از نظر بیواکولوژیکی و اقتصادی درنظر گرفته می‌شود. دقیق‌ترین شیوه برای تخمین زی‌توده درخت، روشی است که در آن درخت را قطع و آن را به تفکیک اندام‌ها تقسیم، خشک و توزین می‌نمایند (اسلام‌دوست و همکاران، ۱۳۹۴). اما این روش به‌دلیل دشواری و هزینه زیاد و نیز عدم تطابق آن با ضوابط محیط‌زیستی چندان مطلوب نیست. روش آلومتریک یکی از روش‌هایی است که معایب روش قطع کامل را ندارد و تخریب کمتری را سبب می‌شود (Wertz *et al*., 2020). روابط آلومتریک ابزاری برای برآورد وزن کل درخت و یا اندام‌های درخت از طریق متغیرهای مستقلی مانند قطر برابر سینه و یا ارتفاع است که در توده قابل اندازه‌گیری هستند. روابط آلومتریک در واقع معادلات رگرسیونی هستند که بطور مستقیم اندازه گیری‌هایی نظیر قطر و گاهی ارتفاع را به زی‌توده کل درخت تبدیل می‌کنند (Sivabalan *et al*., 2021).

بررسی‌های متعددی در ایران و سایر کشورها در زمینه روابط آلومتریک برای برآورد زی‌توده انجام شده است از جمله نتایج تحقیقات خادمی و همکاران (۱۳۹۹) در جنگل‌های شاخه‌زاد اوری نشان داد که سطح مقطع و قطر برابرسینه با ضریب همبستگی ۰/۷۷و ۰/۶۵ بیشترین همبستگی را با زی‌توده اندام‌های هوایی دارند. صنوبر به‌عنوان گونه‌ای تند رشد ازجمله درختانی است که به‌دلیل دارا بودن صفاتی مانند قدرت تولید جست فراوان، نیاز به مراقبت کم، دامنه اکولوژیکی به‌نسبت زیاد، امکان دورگه‌گیری و دوره بهره‌برداری کوتاه مدت می‌تواند با کاهش فشار برداشت چوب نقش بسیار مهمی در حفظ و صیانت از عرصه‌های جنگلی کشور ایفا نماید و در عین‌حال زی‌توده زیادی در مدت زمانی کوتاه تولید کند. این بررسی باهدف ارائه روابط آلومتریک برای برآورد زی‌توده گونه صنوبر اطراف رودخانه‌های هروچایی، نورعلی چایی، قیزباخان چایی و ازنو چایی که از سرشاخه‌های رودخانه قزل‌اوزن در خلخال هستند، در سال ۱۴۰۰ صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

شهر خلخال در جنوب استان اردبیل قرار دارد، منطقه مورد مطالعه در محدوده ارتفاعی ۱۷۵۰ تا ۱۳۰۰ متر از سطح دریا و در عرض جغرافیایی ´۳۱ °۳۷ تا ´۴۳ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ´۳۰ °۴۸ تا ´۳۵ °۴۸ شرقی واقع شده است (شکل ۱). بر اساس آمارهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک خلخال میزان بارندگی سالیانه در منطقه ۳۸۴/۶ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۸/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پتانسیل تبخیر و تعرق سالانه ۱۲۰۰ میلی‌متر و تعداد روزهای یخبندان ۹۲/۵ روز در سال است. نوع اقلیم منطقه (Q_2 =۵۷/۲) نیمه‌مرطوب سرد و ماه‌های خشک از خرداد ماه شروع و تا شهریور ادامه دارد (سازمان هواشناسی کشور، ۱۴۰۰).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]



شکل ۱- نمایی از منطقه مورد مطالعه (حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال، سال ۱۴۰۰).

به‌منظور برآورد زی‌توده و ترسیب کربن پایه‌های تبریزی کشت شده در باغ‌های اطراف رودخانه‌های هروچایی، نورعلی چایی، قیزباخان چایی و ازنوچایی در چهار جهت شمال‌غربی، شمال‌شرقی، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی شهر خلخال آماربرداری به صورت خطی انجام پذیرفت. باتوجه به اینکه طول مسیر رود ازنوچایی و باغ‌های اطراف آن حدود ۵ کیلومتر بود، نمونه‌برداری در سه رودخانه دیگر نیز از محل اتصال به هم به طول ۵ کیلومتر صورت پذیرفت و در هر سمت رود در فاصله ۵۰ متری یک پایه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (۱۰۰ پایه در هر سمت رود و در مجموع ۸۰۰ پایه در چهار مسیر رودخانه) و مشخصات کمی قطر برابر سینه و ارتفاع تنه پایه‌ها برداشت شد. تعیین میزان ذخیره زی‌توده و ترسیب کربن به‌روش آلومتریک صورت گرفت. بدین منظور در مسیر هر رودخانه از بین پایه‌های قطع شده تعداد

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

۱۱۲ پایه در چهار طبقه قطری (۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ سانتی‌متر) به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از اندازه‌گیری قطر برابر سینه و ارتفاع تنه سه دیسک به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر از ابتدا، وسط و انتهای تنه تهیه گردید (خادمی و همکاران، ۱۳۹۹).

قطر هر دیسک و وزن تر دیسک‌ها اندازه‌گیری شدند و دیسک‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس در کوره چوب خشک‌کنی نگهداری شدند تا وزن خشک هر دیسک تعیین گردد و با توجه به وزن خشک و حجم دیسک‌های هر پایه و با تعیین حجم تنه هر پایه، زی‌توده آن مشخص گردید (خادمی و همکاران، ۱۳۹۹; He et al., 2021) (رابطه ۱).

رابطه ۱ $$B_t = \frac{W_d \times V_t}{V_d}$$

B_t = زی‌توده هر تنه (تن)، W_d= وزن خشک دیسک (تن)، V_t = حجم تنه (مترمعکب) و V_d = حجم دیسک (مترمعکب)

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۳ انجام شد. به‌منظور تحلیل آماری ابتدا داده‌ها از نظر نرمال بودن با استفاده از آزمون کولموگراف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا از ۱۱۲ دیسک تهیه شده تعداد ۸۰ نمونه که شامل ۵ نمونه از هر طبقه قطری در هر مسیر رودخانه بوده‌اند، به‌عنوان نمونه‌های آموزش و ۳۲ نمونه که شامل ۲ نمونه از هر طبقه قطری در هر مسیر رودخانه بوده‌اند، به‌عنوان نمونه‌های تست (احراز علمی) تعیین گردیدند. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، ابتدا رابطه رگرسیونی بین ۸۰ نمونه آموزشی برقرار و معادلات مناسب به آن‌ها برازش گردید. با استفاده از معادله‌های بدست آمده همبستگی بین میزان ذخیره زی‌توده تنه با قطر برابر سینه، ارتفاع تنه و قطر برابر سینه و ارتفاع تنه تعیین شدند. با استفاده از مدل رگرسیونی بدست آمده، مقادیر زی‌توده برای ۳۲ نمونه تست نیز برآورد گردید.

به‌منظور ارزیابی اعتبار مدل و برآوردها، از روش Cross-validation و پارامترهای آماری MBE، MAE و RMSE استفاده شد. مقدار MBE، انحراف نتایج و MAE، خطای نتایج را نشان می‌دهند. در شرایطی که پارامترهای مذکور برابر صفر و یا نزدیک به صفر باشد، مؤید آن است که روش یا مدل استفاده شده واقعیت را به خوبی شبیه‌سازی نموده است. مقادیر منفی و یا مثبت قابل توجه MBE به‌ترتیب نشان دهندهٔ برآورد بیشتر و کمتر از مقادیر واقعی می‌باشد. نحوهٔ محاسبه این پارامترها به‌شرح روابط ۲، ۳ و ۴ می‌باشد:

رابطه ۲: $$MBE = \frac{\sum_{x=1}^{n}\left[\hat{z}(x) - z(x)\right]}{n}$$

رابطه ۳: $$MAE = \frac{\sum_{x=1}^{n}\left|\hat{z}(x) - z(x)\right|}{n}$$

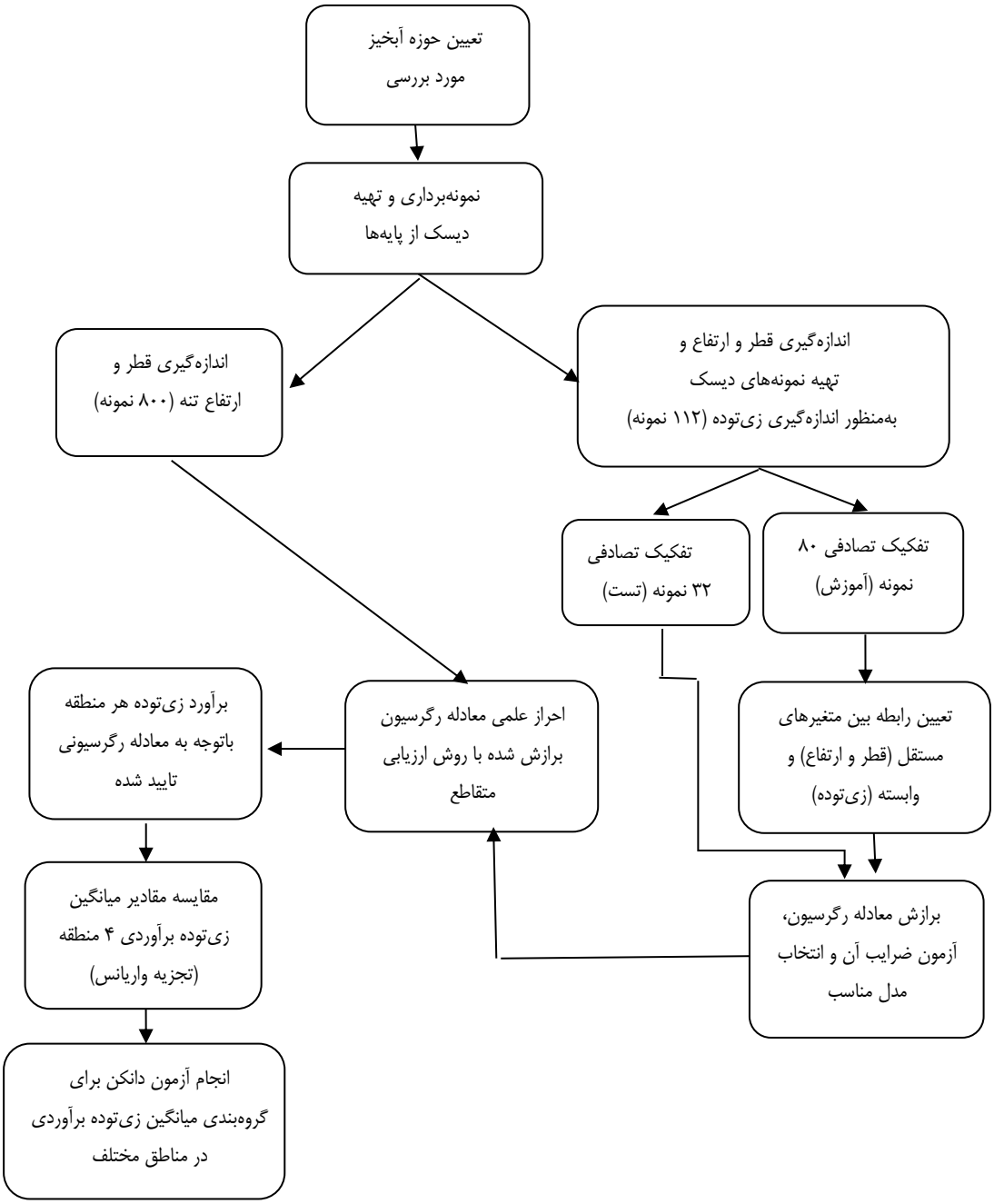
رابطه ۴: $$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^{n}\left[\hat{z}(x) - z(x)\right]^2}{n}}$$

که در آن‌ها:

$\hat{z}(x)$: مقدار برآورد شده در نقطهٔ x، $Z(x)$: مقدار اندازه‌گیری شده در نقطهٔ x، n: تعداد نمونه‌ها.

باتوجه به مدل احراز علمی شده، مقادیر زی‌توده باتوجه به مشخصه‌های اندازه‌گیری شده برای ۸۰۰ پایه برآورد شدند. به‌منظور مقایسه میانگین ذخیره زی‌توده در چهار رودخانه منتهی به حوزه آخیز مورد بررسی از آزمون‌های تجزیه واریانس و دانکن استفاده شد (شکل ۲).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]



شکل ۲- مدل مفهومی از فرایند انجام تحقیق.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

نتایج

نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری مشخصه‌های آماری ۸۰ پایه قطع شده انتخابی (نمونه دیسک) برای برآورد میزان زی‌توده و تعیین روابط آلومتریک نشان می‌دهد که میانگین قطر برابر سینه ۲۹/۹ سانتی‌متر، ارتفاع تنه ۸/۱ متر و میانگین زی‌توده هر پایه ۸۰/۵ کیلوگرم می‌باشد. همچنین مشخصه‌های آماری ۳۲ پایه قطع شده به‌عنوان نمونه‌های احراز علمی مدل نشان می‌دهد که میانگین قطر برابر سینه ۳۱/۳ سانتی‌متر، ارتفاع تنه ۸/۰ متر و میانگین زی‌توده هر پایه ۸۴ کیلوگرم می‌باشد. مشخصه ضریب تغییرات متغیر زی‌توده در هر دو نمونه آموزش و تست بیش از ۸۰ درصد می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- مهم‌ترین پارمترهای آماری داده‌های آموزش و تست (حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال، سال ۱۴۰۰).

نوع داده	پارامتر	نام متغیر		
		قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع تنه (متر)	زی‌توده (کیلوگرم)
نمونه دیسک (آموزش)	تعداد	۸۰	۸۰	۸۰
	میانگین	۲۹/۹	۸/۱۰	۸۰/۵
	دامنه	۳۵/۹	۱۰/۴	۲۵۶
	انحراف معیار	۱۰/۹	۲/۹۳	۷۱/۶
	ضریب تغییرات	۳۶/۷	۳۶/۲	۸۸/۹
	چولگی	۰/۰۶۰	۰/۰۸	۰/۷۵
	کشیدگی	-۱/۳۳	-۱/۲۵	-۰/۶۶۰
نمونه احراز علمی مدل (تست)	تعداد	۳۲	۳۲	۳۲
	میانگین	۳۱/۳	۸/۰۲	۸۳/۹
	دامنه	۳۰/۵	۹/۰۳	۲۰۴
	انحراف معیار	۱۰/۹	۲/۸	۶۷/۵
	ضریب تغییرات	۳۴/۹	۳۵/۵	۸۰/۴
	چولگی	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۷۱
	کشیدگی	-۱/۳۱	-۱/۲۰	-۰/۶۵

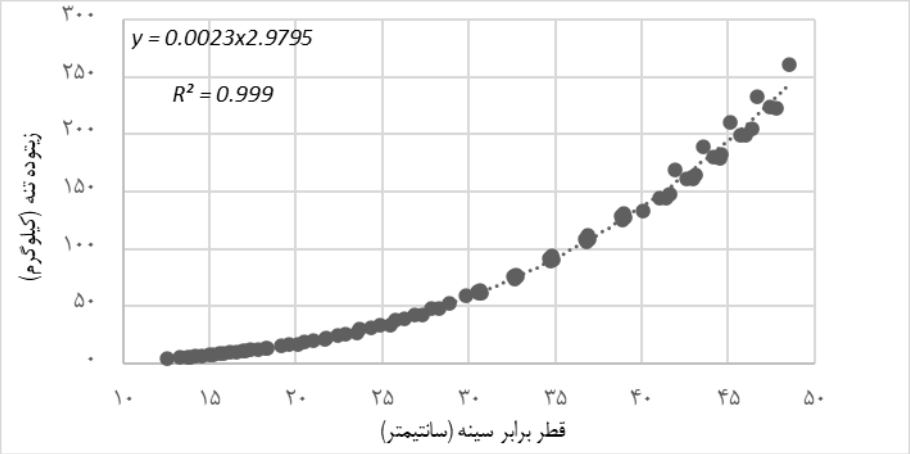
جدول ۲، نوع معادله، میزان ضریب تعیین و نتایج آزمون ضرایب معادلات برازش شده را نشان می‌دهد. نوع رابطه قطر برابر سینه با زی‌توده و ارتفاع تنه با زی‌توده به‌صورت خطی با ضریب تعیین ۰/۹۹ می‌باشد درحالی که رابطه بین دو متغیر مستقل قطر برابر سینه و ارتفاع تنه با متغیر وابسته زی‌توده به‌صورت توانی و ضریب تعیین ۰/۹۶ را نشان می‌دهند. با توجه به معادله‌های رگرسیونی قطر برابر سینه و ارتفاع تنه رابطه معنی‌داری با زی‌توده تنه در سطح اطمینان ۹۵ درصد از خود نشان می‌دهند، اما معادله قطر و ارتفاع تنه با توجه به سطح معنی‌داری رابطه معنی‌داری با زی‌توده تنه از خود نشان نمی‌دهد. که بر این اساس در برآورد زی‌توده تنه در رویشگاه‌های مورد مطالعه از این رابطه استفاده نگردید (شکل‌های ۳ و ۴ و جدول ۲).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

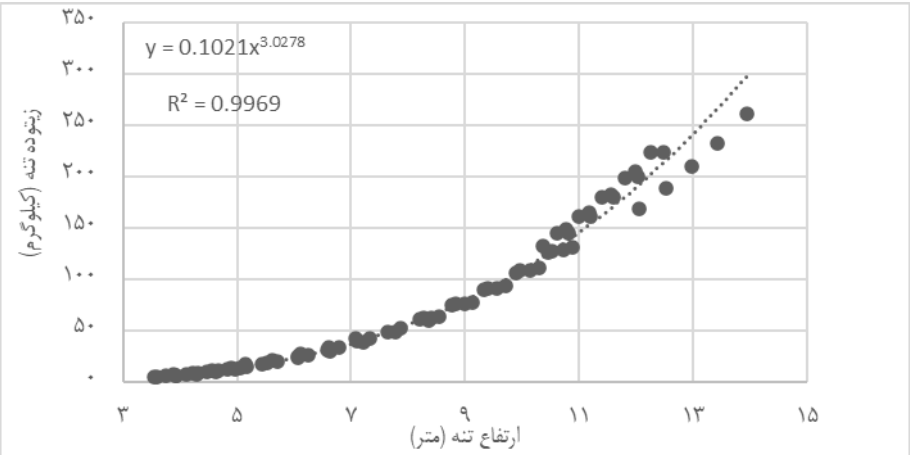
جدول ۲- معادلات رگرسیونی متغیرها و آزمون ضرایب آن در نمونه‌های بررسی شده درحوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).

نوع معادله	متغیر وابسته	متغیر مستقل	معادله	ضریب تعیین	ضریب	مقادیر آماره t	sig
توانی	زی‌توده	قطر	$B = 0.0023d^{2.9597}$	۰/۹۹	ثابت	۳۱/۹۴	۰/۰۰۰
					قطر	۸/۷	۰/۰۰۰
توانی	زی‌توده	ارتفاع	$B = 0.1021h^{3.0278}$	۰/۹۹	ثابت	۱۸/۱۷	۰/۰۰۰
					ارتفاع	۰/۹۹	۰/۰۰۰
خطی	زی‌توده	قطر و ارتفاع	B = 3.932d+8.844h-108.818	۰/۹۶	ثابت	-۱۶/۸۲	۰/۰۰۰
					قطر	۲/۱۶۴	۰/۰۳۴
					ارتفاع	۱/۳	۰/۱۹۸

B = زی‌توده هر پایه (کیلوگرم)، d = قطر برابرسینه (سانتی‌متر)، h = ارتفاع تنه (متر)



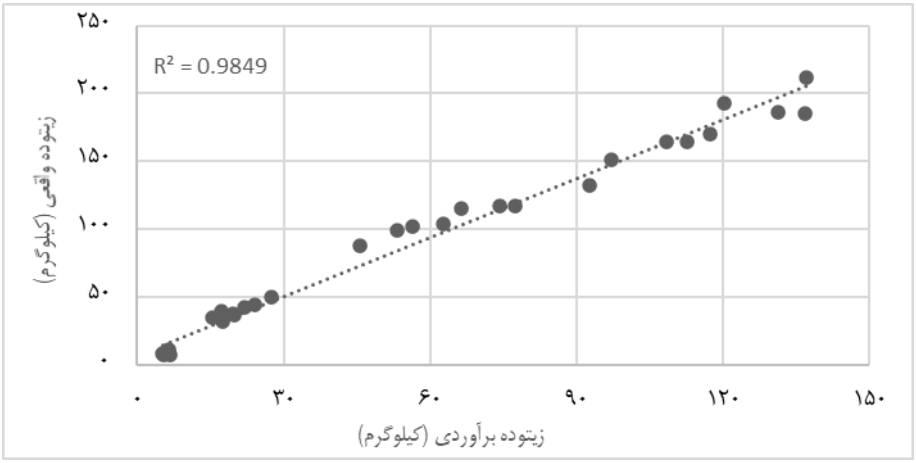
شکل ۳- رابطه بین قطر برابر سینه و زی‌توده تنه تبریزی (*Populus nigra*) در حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).



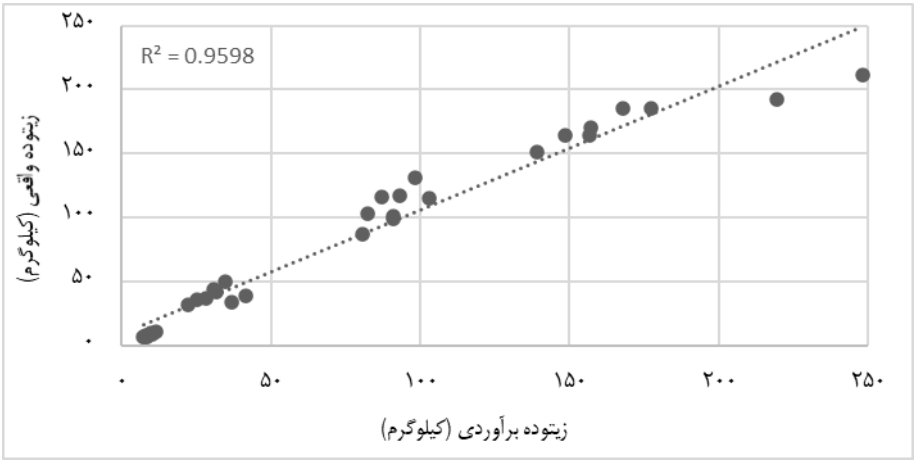
شکل ۴- رابطه بین ارتفاع زی‌توده تنه تبریزی (*Populus nigra*) در حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

باتوجه به معنی‌داری معادله‌های رگرسیونی قطر برابر سینه با زی‌توده تنه و همچنین ارتفاع تنه با زی‌توده تنه، مقادیر برآوردی زی‌توده با استفاده از معادلات بدست آمده برای ۳۲ نمونه تست نیز انجام شد که نتایج ارزیابی متقاطع مقادیر برآوردی و واقعی داده‌ها در شکل‌های ۵ و ۶ مشاهده می‌گردد. مقدار ضریب تعیین مقادیر واقعی و برآوردی با متغیرهای مستقل قطر برابرسینه و ارتفاع تنه به‌ترتیب ۰/۹۸۴۹ و ۰/۹۵۹۸ را نشان می‌دهد. حداکثر مقدار برآوردی زی‌توده با قطر برابر سینه، کمتر از ۱۵۰ کیلوگرم را نشان می‌دهد. درحالی که حداکثر مقدار واقعی زی‌توده با متغیر مستقل قطر برابر سینه بیش از ۲۰۰ کیلوگرم را نشان می‌دهد (شکل ۵). حداکثر مقدار برآوردی زی‌توده با متغیر مستقل ارتفاع تنه، کمتر از ۲۰۰ کیلوگرم و حداکثر مقدار واقعی زی‌توده با متغیر ارتفاع تنه نیز بیش از ۲۰۰ کیلوگرم را نشان می‌دهد (شکل ۶). همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود متغیر ارتفاع تنه با مقادیر ۱/۵۲، ۱/۱۴ و ۰/۷- (به‌ترتیب برای شاخص‌های برآوردی خطای RMSE، MAE و MBE) دارای مقادیر خطای کمتری نسبت به قطر برابر سینه می‌باشد.



شکل ۵- مقایسه مقادیر واقعی و برآوردی زی‌توده با قطر برابر سینه تبریزی (*Populus nigra*) در حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).



شکل ۶- مقایسه مقادیر واقعی و برآوردی زی‌توده با ارتفاع تبریزی (*Populus nigra*) در حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

جدول ۳- ارزیابی متقاطع متغییرهای بررسی شده درحوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).

نام متغیر مستقل	RMSE	MAE	MBE
قطر برابر سینه	۱۱/۳۴	۹/۲۶	-۹/۲۶
ارتفاع تنه	۱/۵۲	۱/۱۴	-۰/۷۰

باتوجه به نتایج به دست آمده از روابط آلومتریک میانگین ذخیره زی‌توده تنه بر اساس متغیر مستقل قطر برابر سینه نشان می‌دهد که میانگین زی‌توده برآوردی برای هر پایه در صنوبرکاری‌های اطراف باغ‌های موجود در رودخانه‌های ازنوچایی، قیزباخان چایی، نورعلی چایی و هروچایی به ترتیب ۴۶/۲، ۵۴/۴، ۶۰/۴ و ۶۷/۵ کیلوگرم می‌باشد و بر اساس متغیر مستقل ارتفاع تنه، میانگین زی‌توده برآوردی برای هر پایه در صنوبرکاری‌های اطراف باغ‌های موجود در رودخانه‌های ازنوچایی، قیزباخان چایی، نورعلی چایی و هروچایی به ترتیب ۴۷/۷، ۵۶/۳، ۶۴/۷ و ۷۸/۶ کیلوگرم می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴- مهم‌ترین پارامترهای آماری مقادیر زی‌توده مناطق بررسی شده در حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).

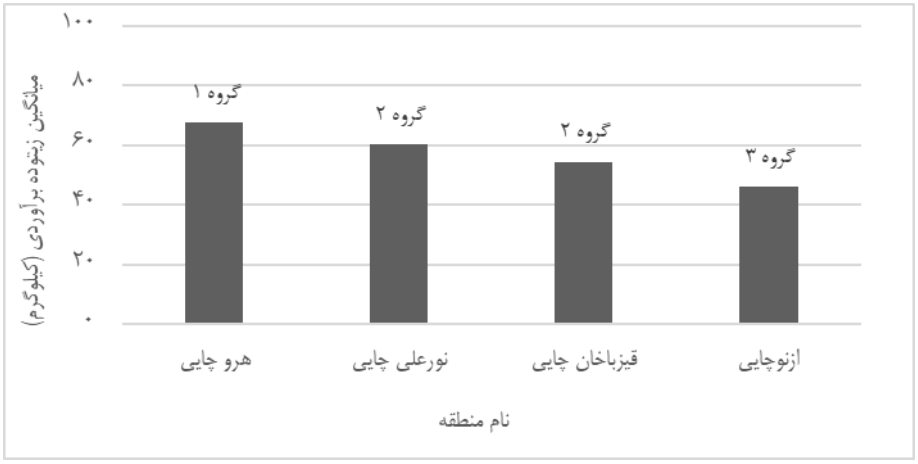
نام متغیرها	منطقه	تعداد	میانگین (کیلوگرم)	انحراف معیار	حدود اطمینان ۹۵٪		حداقل	حداکثر
					حد پایین	حد بالا		
زی‌توده برآوردی با قطر	ازنوچایی	۲۰۰	۴۶/۲	۳۵/۵	۳۹/۱	۵۳/۲	۲/۵	۲۲۶/۶
	قیزباخان چایی	۲۰۰	۵۴/۴	۴۶/۱	۴۶/۶	۶۲/۲	۲/۸	۲۴۷/۶
	نورعلی چایی	۲۰۰	۶۰/۴	۵۸/۹	۵۲/۱	۶۸/۶	۳/۶	۲۴۸/۸
	هرو چایی	۲۰۰	۶۷/۵	۶۳/۰	۵۸/۷	۷۶/۳	۳/۷	۲۴۹/۴
	کل	۸۰۰	۵۷/۱	۴۷/۷	۵۳/۱	۶۱/۱	۲/۵	۲۴۹/۴
زی‌توده برآوردی با ارتفاع	ازنوچایی	۲۰۰	۴۷/۷	۳۶/۱	۳۹/۹	۵۵/۶	۲/۹	۲۶۱/۷
	قیزباخان چایی	۲۰۰	۵۶/۳	۴۸/۰	۴۶/۹	۶۵/۸	۲/۷	۳۷۳/۰
	نورعلی چایی	۲۰۰	۶۴/۷	۴۸/۷	۵۵/۱	۷۴/۳	۲/۲	۳۰۸/۱
	هرو چایی	۲۰۰	۷۸/۶	۵۸/۱	۶۶/۳	۹۰/۹	۳/۲	۴۴۹/۲
	کل	۸۰۰	۶۱/۸	۷۱/۹	۵۶/۹	۶۶/۸	۲/۲	۴۴۹/۲

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد که متوسط میزان برآورد ذخیره زی‌توده تنه در رویشگاه‌های مورد مطالعه در دو متغیر مستقل مورد بررسی (قطر برابر سینه و ارتفاع تنه) از اختلاف معنی‌داری برخوردار هستند (جدل‌های ۵ و ۷). نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد میانگین زی‌توده تنه در دو رویشگاه قیزباخان چایی و نورعلی چایی در یک گروه و مناطق هروچایی و ازنوچایی در گروه‌های جداگانه قرار گرفته‌اند (در مجموع در سه گروه). هروچایی و ازنو چایی با هر دو متغیر مستقل مورد بررسی به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین زی‌توده می‌باشند (جدول ۵ و شکل‌های ۷ و ۸).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

جدول ۵: تجزیه واریانس مقایسه مقادیر میانگین زی‌توده برآوردی گونه تبریزی (*Populus nigra*) در حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).

نام متغیرها	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
قطر- زی‌توده	بین گروه‌ها	۴۹۲۶۶٫۲	۳	۱۶۴۲۲/۱	۵/۰	۰/۰۰۲
	درو گروه‌ها	۲۶۱۳۷۶۴٫۲	۷۹۶	۳۲۸۳/۶		
	کل	۲۶۶۳۰۳۰٫۴	۷۹۹			
ارتفاع- زی‌توده	بین گروه‌ها	۱۰۳۷۱۰٫۶	۳	۳۴۵۷۰/۲	۶/۸	۰/۰۰۱
	درو گروه‌ها	۴۰۳۰۹۶۷٫۴	۷۹۶	۵۰۶۴/۰		
	کل	۴۱۳۴۶۷۸٫۰	۷۹۹			



شکل ۷- نتایج آزمون دانکن برای مقادیر برآوردی زی‌توده با متغیر مستقل قطر برابر سینه گونه تبریزی (*Populus nigra*) درحوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).

شکل ۸- نتایج آزمون دانکن برای مقادیر برآوردی زی‌توده با متغیر مستقل ارتفاع تنه گونه تبریزی (*Populus nigra*) درحوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن خلخال (سال ۱۴۰۰).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

بحث و نتیجه‌گیری

روش مستقیم تعیین زی‌توده درختان شامل، توزین اجزای درخت، حفاری سیستم‌های ریشه و به‌دست آوردن وزن‌های تازه و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی اجزا برای تعیین وزن خشک کوره است. توسعه این روش‌های نمونه‌برداری گامی اساسی به سوی جمع‌آوری موفق و منسجم داده‌های زی‌توده در جنگل‌های دست‌کاشت به‌منظور استخراج روابط آلومتریک برای پیش‌بینی زی‌توده اندام‌های هوایی و زیرزمینی درختان است (Trinh *et al.*, 2021). اندازه‌گیری زی‌توده درختی، یک شاخص بسیار مهم برای ارزش‌گذاری فرایندهای اقتصادی و بوم‌شناختی، جنگل و جنگل‌کاری‌ها محسوب می‌شود. درختان صنوبر در مقایسه با سایر درختان جنگلی در زمان نسبتاً کوتاه به ابعاد مناسب مورد نیاز صنایع مختلف می‌رسند و با توجه به تخریب جنگل‌ها و افزایش نیاز به تامین چوب مورد نیاز صنایع، ناگزیر به‌استفاده از گونه‌های سریع‌الرشد هستیم که صنوبر یکی از بهترین گزینه‌ها است. تنوع گونه‌ای در جنس صنوبر امکان انتخاب بهترین گونه‌ها و رقم‌ها را در هر منطقه فراهم نموده است (Truax *et al.*, 2012). در بسیاری از مناطق شمال غرب و غرب کشور از جمله شهرستان خلخال، گونه‌های مختلف صنوبر از جمله تبریزی به‌عنوان بادشکن در اطراف باغ‌های میوه کشت می‌گردد.

گرمایش جهانی باعث شده که امروزه جوامع سیاسی و علمی به مطالعه موضوع ذخیره کربن جهانی و تعادل کربن در جهان بپردازند که در این میان تخمین دقیق زی‌توده برای ذخیره کربن و بیان روند تعادلی کربن امری بسیار لازم و ضروری می‌باشد. افزایش گرمای جهانی منجر به توجه ویژه‌ای برای استفاده از جنگل‌کاری به‌عنوان روشی برای کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری شده است (He *et al.*, 2021). در میان متغیرهای مستقل مدل‌های آلومتریک معمولا قطر برابرسینه به‌عنوان باارزش‌ترین متغیر محسوب می‌شود، چرا که هم همبستگی خیلی زیاد با زی‌توده دارد و هم اندازه‌گیری آن نسبت به دیگر متغیرهای مستقل آسان‌تر است (Bao Huy *et al.*, 2016; Cao *et al.*, 2020 خادمی و همکاران، ۱۳۹۹). نتایج تحقیقات Antonia و همکاران (۲۰۲۳) مشخص کرد که برای برآورد زی‌توده درختان کوچک به روش آلومتریک مدل‌های چند متغیره بهترین ظرفیت پیش‌بینی زی‌توده اندام‌های هوایی را در مقایسه با مدل‌های تک متغیری دارند.

باتوجه به معادله‌های رگرسیونی قطر برابرسینه و ارتفاع تنه رابطه معنی‌داری با زی‌توده تنه در سطح اطمینان ۹۵ درصد از خود نشان می‌دهند و اما معادله قطر و ارتفاع تنه با توجه به سطح معنی‌داری ۹۵ درصد، رابطه معنی‌داری با زی‌توده تنه از خود نشان نداد و بر همین اساس در برآورد زی‌توده تنه در رویشگاه‌های مورد مطالعه از این رابطه استفاده نگردید. نتایج بررسی مدل‌های رگرسیونی یوسفوندمفرد و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که متغیر مستقل قطر برابر سینه، برای زی‌توده خشک کل درخت و تاج، مدل‌ها و روابط بهتری تولید می‌کند، این درحالی است که در زی‌توده خشک تنه، متغیر ارتفاع درخت برازش بهتری داشت. Yueting و همکاران (۲۰۲۱) عنوان می‌کنند که ارتفاع درختان و زی‌توده بالای زمین، شاخص‌های مهمی برای نظارت بر تغییرات و روند ذخیره‌سازی کربن جنگل هستند و متغیر ارتفاع درخت در بهبود عملکرد برآورد زی‌توده اندام‌های هوایی موثر هست. نتایج بررسی Bin و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که در جنگل‌های ثانویه با سن کمتر از ۲۰ سال، متغیرهای قطر برابر سینه، ارتفاع و تراکم شاخه‌ها مهم‌ترین عامل برای برآورد میزان ذخیره زی‌توده اندام‌های هوایی با استفاده از روش آلومتریک هستند.

نتایج ارزیابی متقاطع مقادیر برآوردی و واقعی داده‌ها نشان داد میزان برآورد زی‌توده با متغیر مستقل ارتفاع تنه دارای خطای کمتری نسبت به برآورد با متغیر مستقل قطر برابر سینه می‌باشد. اگرچه مقدار ضریب تعیین ارزیابی متقاطع مقادیر برآوردی و واقعی با قطر برابر سینه بیشتر از ارتفاع تنه را نشان می‌دهد ولی باتوجه به عدم برآورد مقادیر بیش از ۱۵۰ کیلوگرم زی‌توده توسط متغیر قطر برابر سینه، این متغیر دارای خطای زیادی بوده و مناسب برای برآورده زی‌توده در منطقه موردبررسی نمی‌باشد.

باتوجه به نتایج به‌دست آمده از روابط آلومتریک میانگین ذخیره زی‌توده تنه بر اساس متغیر مستقل قطر برابرسینه نشان داد که میانگین زی‌توده برآوردی برای هر پایه در صنوبرکاری‌های اطراف باغ‌های موجود در رودخانه‌های ازنوچایی، قیزباخان چایی، نورعلی چایی و هروچایی به‌ترتیب ۴۶/۲، ۵۴/۴، ۶۰/۴ و ۶۷/۵ کیلوگرم می‌باشد و این اعداد بر اساس متغیر مستقل ارتفاع تنه به‌ترتیب ۴۷/۷، ۵۶/۳، ۶۴/۷ و

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

۷۸/۶ کیلوگرم می‌باشد. نتایج آزمون F نشان داد که متوسط میزان برآورد ذخیره زی‌توده تنه در رویشگاه‌های موردمطالعه در دو متغیر مستقل مورد بررسی (قطر برابر سینه و ارتفاع تنه) از اختلاف معنی‌داری برخوردار است و نتایج آزمون دانکن نشان داد، میانگین زی‌توده تنه در چهار رویشگاه مورد مطالعه در هر متغیر مستقل مورد بررسی (قطر و ارتفاع تنه) در سه گروه مختلف قرار دارند.

نتایج تحقیقات زیادی از جمله Benbi و همکاران (۲۰۱۲)، Fortier و همکاران (۲۰۱۰) و Sarangle و همکاران (۲۰۱۸) نشان دهنده تأثیر مثبت جنگل‌کاری و درختکاری در ترسیب کربن اتمسفری می‌باشند. کاشت درختان سریع‌الرشد و ایجاد جنگل‌های ثانویه (واکاری و احیا) به‌طور خیلی مؤثری در ذخیره زی‌توده و ترسیب کربن مطرح می‌باشد. Soares و همکاران (۲۰۱۸) نیز به اهمیت جنگل‌کاری، واکاری و انتخاب گونه‌های مناسب در افزایش ذخیره کربن تأکید کرده و متذکر شده‌اند که درخت‌کاری زمین‌های متروکه می‌تواند ذخیره زی‌توده و در نتیجه ذخیره کربن را افزایش دهد.

فاصله کاشت و مدیریت متفاوت مزارع و باغ‌های صنوبر می‌تواند بر میزان ذخیره زی‌توده و ترسیب کربن در اندام‌های مختلف گیاه تاثیر بگذارد. Truax و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی ذخیره زی‌توده در فاصله‌های مختلف کاشت صنوبر در چین به این نتیجه رسید که بیشترین میزان ذخیره زی‌توده و ترسیب کربن به‌ترتیب در تراکم کاشت ۱۱۱۱، ۵۰۰، ۶۲۵ و ۸۳۳ پایه در هکتار اتفاق می‌افتد. بیشترین میزان ذخیره زی‌توده به‌ترتیب در تنه، ریشه، شاخه و برگ بوده و در توده‌های ۱۰ ساله و تراکم کاشت ۱۱۱۱ پایه در هکتار ۱۴۶ تن در هکتار زی‌توده ذخیره گردیده که به‌ترتیب ۵/۳، ۱/۶ و ۲۴/۲ درصد بیشتر از تراکم‌های ۸۳۳، ۶۲۵ و ۵۰۰ پایه در هکتار بود. Heidari و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی میزان زی‌توده در فاصله‌های کاشت صنوبر (*Populous alba* L.) در غرب ایران به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان زی‌توده در فاصله‌های کاشت ۰/۵× ۰/۵ و ۱ × ۱ متر صورت می‌گیرد. نتایج بررسی پارساپور و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که بیشترین ذخیره زی‌توده و کربن در اندام‌های هوایی گونه کبوده به‌ترتیب مربوط به تنه اصلی، شاخه، سرشاخه، پوست و برگ درختان بود و بیشترین اندوخته زی‌توده و کربن روی زمینی مربوط به درختان با فاصله کاشت ۰/۵× ۰/۵ متر می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه برای دستیابی به تنه صاف و بلند، شاخه‌های جانبی هر ساله هرس می‌گردد و فاصله کاشت حدود یک متر لحاظ می‌شود. بنابراین باتوجه به تیمار انجام شده، عمده ذخیره زی‌توده در قسمت تنه قرار دارد. Yajun و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که ذخیره میزان زی‌توده و کربن در رویشگاه‌ها تحت‌تاثیر سن درختان، موقعیت شیب و عملیات تنک کردن قرار داشته و با بالا رفتن سن به‌دلیل بیشتر شدن فتوسنتز زی‌توده افزایش یافته و همچنین عملیات پرورشی تنک کردن باعث بهبود روند رشد درخت و در نتیجه افزایش میزان زی‌توده خواهدشد. از عوامل مهم در موفقیت جنگل‌کاری‌ها و درختکاری، فاصله کاشت است. فاصله کاشت و در نتیجه تراکم مناسب توده، در میزان زی‌توده، تولید درختان خوش‌فرم، باکیفیت، دارای تنه راست و کم‌گره اهمیت ویژه‌ای دارد. این عامل همچنین با کاهش نرخ مرگ و میر نهال‌ها در مراحل رویشی بالاتر و افزایش کارایی مراقبت‌های پرورشی، به‌ویژه تنک کردن، در استقرار موفق توده و کاهش هزینه تولید بسیار موثر است (فعال‌خواه و همکاران، ۱۳۹۵).

باتوجه به‌اینکه طبق تحقیقات مختلف فاصله کاشت و روش‌های مختلف مدیریتی می‌تواند بر میزان ذخیره زی‌توده تاثیرگذار باشد، توصیه می‌شود قبل از کشت وسیع گونه‌های صنوبر در یک منطقه از میزان رویش در فواصل کاشت با کشت‌های آزمایشی آگاهی پیدا کرد تا بیشترین میزان محصول و زی‌توده حاصل گردد. یافته‌های تحقیق می‌تواند به‌عنوان اطلاعات پایه برای توسعه مدل‌های پیش‌بینی برای برآورد زی‌توده در صنوبرکاری‌ها و تیمارهای مختلف و مدیریت پایدار سیستم‌های کاربری زمین در مناطق مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

منابع

اسلام دوست، ج.، سهرابی، ه.، حسینی، س.م. و مرادی، ز. ۱۳۹۴. ارزیابی روش‌های مختلف تعیین ضریب شکل برای برآورد حجم درختان صنوبر و دارتالاب دست کاشت (منطقه کلوده – استان مازندران). بوم‌شناسی کاربردی، ۱۲(۴): صفحات ۷۵-۶۷.

پارساپور، م. ک.، سهرابی، ه.، سلطانی، ع. و ایرانمنش، ی. ۱۳۹۲. روابط آلومتریک به‌منظور برآورد زی‌توده چهار گونه صنوبر در استان چهارمحال و بختیاری. فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱(۳): صفحات ۵۲۸- ۵۱۷.

خادمی، ا.، معدنی پور کرمانشاهی، م. و کرد، ب. ۱۳۹۹. روابط آلومتریک زی‌توده راش (*Fagus orientalis* L.) در توده‌های بهره‌برداری شده و شاهد جنگل صفارود استان مازندران. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۱۶(۳): صفحات ۱۱۴-۱۰۳.

فعال‌خواه، ا.، کاکرودی، ا.، علیجانپور، ا. و بانج شفیعی، ع. ۱۳۹۵. تاثیر فاصله کاشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی درختان صنوبر تبریزی. فصلنامه علمی- پژوهشی پژوهش و توسعه جنگل، ۲(۴): صفحات ۳۳۷-۳۵۱.

رستمی کیا، ی.، رحمتی، ع. و طبری کوچک سرایی، م. ۱۳۹۶. مشخصه‌های رویشی کلن‌های بومی و غیربومی صنوبر در نهالستان اردبیل. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۳۰(۲): صفحات ۱۴-۱.

یوسفوندمفرد، م.، سوسنی، ج.، اخوان، ر.، ابراری واجاری، ک.، سپهوند، ا. و جهان‌پور، ف. ۱۳۹۷. برآورد زی‌توده چوبی اندام‌های هوایی کلن‌های صنوبر با استفاده از روابط آلومتریک. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۵(۲): صفحات ۱۰۹-۹۷.

Antonia, N., Cory, W., John, T., Josephine, E. and Matthew, Low. 2023. Allometric models for aboveground biomass estimation of small trees and shrubs in African savanna ecosystems. Trees, Forests and People, 11: 1-10.

Bin, L., Wensheng, B. and Runguo, Z. 2023. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of younger secondary tropical forests. Global Ecology and Conservation, 41: 1-11.

Bao Huy, K., Poudel, K., Nguyen, D., Phung, V. and Hailemariam, T. 2016. Allometric Equations for Estimating Tree Aboveground Biomass in Tropical Dipterocarp Forests of Vietnam. Forests, 180: 1-19.

Benbi, D., Brar, K. and Toor, A. 2012. Soil carbon pools under poplar–based agroforestry, rice–wheat, and maize–wheat cropping systems in semi–arid India. Nutrient Cycling and Agroecosystem, 92: 92–107.

Cao, L., Liu, X., Li, H. and Lei, Y. 2020. Biomass Growth Models for Evergreen Broad-leaved Forests in Guangdong. For. Res, 33: 61–67.

Fortier, J., Gagnon, D., Truax, B. and Lambert,F., 2010. Nutrient accumulation and carbon sequestration in 6-year-old hybrid poplars in multi-clonal agricultural riparian buffer strips. Agriculture Ecosystems and Environment, 137: 276-287.

He, X., Lei, X. and Dong, L. 2021. How large is the difference in large-scale forest biomass estimations based on new climate-modified stand biomass models? Ecol. Indic,126: 107-129.

Heidari, A., Safari Kouchi1, S., Moradian Fard, F., Rostami Shahraji, T. and Iranmanesh, Y. 2017. Biomass and Carbon Allocation of 10-Year-Old Poplars (Populous alba L.) Plantations in the South West of Iran. Forest Research, 6(2):1-6.

Sarangle, S., Rajasekaran, A., Benbi, D. and Chauhan, S. 2018. Biomass and carbon stock, carbon sequestration potential under selected land use systems in Punjab. Forestry Research and Engineering: International Journal, 2: 75-80.

Sivabalan, K., Suhaimi, Hassan., Hamdan, Y. and Jagadeesh, Pasupuleti. 2021. A review of the characteristic of biomass and classification of bioenergy through direct combustion and gasification as an alternative power supply. Journal of Physics: Conference Series, 1831: 125-151.

Soares, J., Oliveira, A., Dieckmann, S., Krüger, D. and Orioli, F. 2018. Evaluation of the performance of hybrid CSP/ biomass power plants. Int. J. Low-Carbon Technol, 13: 380–387.

Pragasan, L. and Karthick, A.2013. Carbon stock sequestered by tree plantations in university campus at Coimbatore, India. International Journal of Environmental Science. 3:1700−1710.

Trinh, H., David, L., Grahame, A. and Tom, L. 2021. Field methods for above and belowground biomass estimation in plantation forests. MethodsX, 8: 101- 117.

Truax, B., Gagnon. D., Fortier, J. and Lambert, F. 2012. Yield in 8-year-old hybrid poplar plantations on abandoned farmland along climatic and soil fertility gradients. For Ecol Manag, 267: 228-239.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

Wertz, B., Bembenek, M., Karaszewski, Z., Ochał, W., Skorupski, M. and Strzeli´nski, P.2020. Impact of Stand Density and Tree Social Status on Aboveground Biomass Allocation of Scots Pine Pinus sylvestris. Forests, 11: 750-765.

Yajun, Z., Tingxi, L., Okke, B., Limin, D., Yixuan, W., Xia, L. and Mingyang, L. 2023. spatiotemporal fusion of multi-source remote sensing data for estimating aboveground biomass of grassland. Ecological Indicators, 146: 1-12.

Yueting, W., Zhengqi, G. and Xiaoli, Z. 2021. Estimation of tree height and aboveground biomass of coniferous forests in North China using stereo ZY-3, multispectral Sentinel-2, and DEM data, Ecological Indicators, 126: 547-567.

Zabek, L. and Prescott, C. 2006. Biomass equations and carbon content of aboveground leafless biomass of hybrid poplar in coastal British Columbia. For Ecol Manag, 223: 291-302.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

Estimating biomass of Poplar species (*Populus nigra*) cultivated in Qezel-Ozan watershed utilizing the allometric method

Amin Khademi [1*]
Morteza Madanipour-Kermanshahi[2]
Behrouz Kord [3]

1. Department of Green Space Engineering, M.C., Islamic Azad University, Malayer, Iran.
2. Department of Environment Engineering, P.C., Islamic Azad University, Parand, Iran.
3. Department of Green Space Engineering, M.C., Islamic Azad University, Malayer, Iran.

[*]**Corresponding author:**
aminkhademi28@yahoo.com
Received date: February/04/2023
Reception date: May/12/2025

Abstract

Poplars and their hybrids due to their fast growth, easy vegetative propagation, high potential for Change features and wide distribution in the Northern Hemisphere, and rapid biomass storage capacity are economically valuable. With the objective of estimating the biomass of Poplar species around the watershed of the Qezel-Ozan River in Khalkhal, statistical surveying of Poplar stands was done in a transect manner in 2020. The quantitative characteristics of the diameter at the breast and the height of the tree trunks were collected. The amount of biomass storage was estimated by allometric method and using cut trees. 32 trees were selected from the gardens around each river and after measuring the diameter at the breast and the height of the trunk, three discs with a thickness of 10 cm were provided from the beginning, middle, and end of the trunk. According to the dry weight and volume of the discs and trunk of each tree, biomass was determined. The cross-evaluation of the estimated and actual values of the data showed that the amount of biomass estimation with the independent variable of trunk height has less error than the estimation with the breast at diameter independent variable. Although the coefficient of determination value of the cross-evaluation shows the estimated and actual values with the diameter equal to the breast at a diameter more than the height of the trunk, this variable has a large error and is not suitable for the amount of biomass in the investigated area. The results of the F test revealed that the average amount of trunk biomass reserves in the studied habitats have a significant difference in the two independent variables (breast at diameter and trunk height) and the results of Duncan's test demonstrated that the average trunk biomass in the four studied habitats for each independent variable was investigated and categorized into three groups at a significance level of 95%.

Keywords: watershed of the Qezel-Ozan River, Khalkhal, allometric relationships, biomass

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]