دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره دهم، شماره بیستم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

برآورد زی‌توده ساقه نهال‌های *Pupulus caspica* و *Pupulus alba* 58/57 برپایه‌ی روابط آلومتری (مطالعــه موردی: چمستان نور)

افروز علی‌محمدی[1*]، فرهاد اسدی[2]

[1] استادیارگروه کشاورزی و محیط‌زیست دانشگاه پیام نور، تهران
[2] دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴

چکیده

امروزه استفاده از روابط آلومتری برای برآورد آسان، غیر مخرب، کم‌هزینه و سریع زی‌توده درختان کاربرد وسیعی دارد. این پژوهش با هدف برآورد زی‌توده نهال‌های *Pupulus caspica* و *Pupulus alba* 58/57 انجام شد. ابتدا تعداد ۴۵ قلمه از هر دو گونه درختی تندرشد انتخاب و در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در اراضی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان کاشته شدند. در پایان فصل رویش صفات ارتفاع ساقه، قطر یقه و وزن ساقه هر پایه اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از مدل‌های رگرسیونی توانی، لگاریتمی، نمایی و خطی روابط آلومتری محاسبه شد. معنی‌دار بودن مدل‌های آلومتری با آزمون تجزیه واریانس بررسی شد و از بین مدل‌های معنی‌دار، مدل با ضریب تبیین بالاتر انتخاب شد. نتایج نشان داد که برای دو گونه مورد مطالعه، متغیر مستقل قطر یقه؛ مدل‌های معنی‌دار با ضریب تعیین بالا ارائه نمود، ولی مدل‌های بر مبنای متغیر ارتفاع معنی‌دار نبودند. بر این اساس برای گونه *Pupulus caspica* مدل لگاریتمی بر مبنای متغیر قطر یقه با ضریب تبیین ۰/۹۹ و برای گونه *Pupulus alba 58/57* مدل توانی بر مبنای متغیر قطر یقه با ضریب تبیین ۱؛ بهترین مدل شناخته شدند. نتایج تحقیق بر اساس ضرایب تبیین نشان داد که قطر به تنهایی، متغیر مناسبی برای برآورد زی‌توده در درختان کم قطر صنوبرهای مورد بررسی است.

*نویسنده مسئول: afrooz.alimohamadi@pnu.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

واژه‌های کلیدی: **زی‌توده ساقه، آلومتری، صنوبر، *Pupulus caspica*، *Pupulus alba 58/57***

مقدمه

بیش از یک قرن است که برآورد زی‌توده درختان جنگلی به‌عنوان یک موضوع تحقیقاتی مطرح شده است (Cienciala et al., 2008) اما در سال‌های اخیر به‌دلیل گرمایش زمین و نیاز به تخمین میزان سوخت، برآورد زی‌توده محصولات جنگل و کربن ذخیره‌شده (معادل ۵۰ درصد زی‌توده جنگل) به امری بسیار مهم تبدیل شده است (Chojnacky et al., 2014) و انجام تحقیقات در این زمینه افزایش یافته است (Cienciala et al., 2008). زی‌توده جنگل به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی مهم و چشم‌انداز علمی در سطح ملی و بین المللی مطرح است و برآورد زی‌توده برای برآورد تولید و مدیریت جنگل و برنامه‌ریزی توسعه ملی ضروری است (Nalaka et al., 2013). همچنین زی‌توده، متغیر کلیدی در بسیاری از مدل‌های اکولوژیک و اکوفیزیولوژیک است (پناهی و همکاران، ۱۳۹۳) و به‌عنوان یک شاخص مهم برای تشخیص ساختار جنگل و ارزیابی رویشگاه از نظر بیواکولوژیکی و اقتصادی در نظر گرفته می‌شود (Cole and Ewel, 2006).

اصولاً برآورد تولید با استفاده از روش قطع و توزین نسبت به سایر روش‌ها (از جمله برآورد برپایه روابط آلومتری) از دقت بیشتری برخوردار است، ولی متضمن صرف وقت و هزینه زیادی است؛ لذا اغلب کارشناسان سعی می‌کنند که تولید را با روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری کنند (گایکانی، ۱۳۹۱). انتخاب روشی مناسب برای برآورد دقیق زی‌توده و حجم درختان به‌صورت سرپا همواره مورد نظر پژوهشگران بوده و در حال حاضر این امر مهم از طریق روابط رگرسیونی ممکن شده‌است (پورهاشمی و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجاکه بین مقدار زی‌توده و مشخصات سرپای درختان جنگلی معمولا رابطه مستقیم وجود دارد، با بررسی این روابط می‌توان نسبت به پیش‌بینی زی‌توده در واحد تک‌درخت و سپس در واحد سطح جنگل اقدام نمود. به این روابط، روابط آلومتری گفته می‌شود. مدل‌های آلومتری درواقع معادلات تجربی بین زی‌توده و متغیرهایی مثل قطر برابرسینه، ارتفاع، قطر یقه، قطر تاج و غیره است که به‌سهولت قابل اندازه‌گیری هستند.

درطی دهه گذشته شمار زیادی مدل رگرسیونی برای برآورد زی‌توده روی زمین درختان منتشر شده‌است. ازجمله این تحقیقات در مورد گونه‌های صنوبر می‌توان به این موارد اشاره کرد: استانکوا و همکاران (Stankova et al., 2016) با استفاده از متغیرهای قطر برابر سینه و ارتفاع کل درخت برپایه‌ی مدل‌های چندمتغیره به بررسی آلومتری زی‌توده بی‌برگ هیبریدهای *P. deltoides x P. nigra* پرداختند و نتیجه گرفتند مدلی که برپایه قطر درختان و میانگین ارتفاع توده، زی‌توده را برآورد می‌کند؛ تخمین سریع و دقیق‌تری ارائه می‌دهد. لوپی و همکاران (Lupi et al., 2015) به توسعه معادلات آلومتری برای تخمین زی‌توده ۱۶ کلون صنوبر و بید پرداختند و نشان دادند که نسبت به

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

روش‌های سنتی، مدل‌های ارائه‌شده می‌توانند تا ۸۰ درصد میزان اندازه‌گیری‌ها را کاهش دهد. تراکس و همکاران (Truax et al., 2014) با هدف محاسبه حجم و زی‌توده‌ی کلون‌های مختلف پنج هیبـرید صنوبر به بررسی روابط آلومتری برپایه مدل توانی پرداختند و نشان دادند که روابط آلومتری برای کلون‌های صنوبر با والدین مختلف به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است. پارساپور و همـکاران (۱۳۹۲) به برآورد زی‌توده چهار گونه صنوبر با استفاده از تحلیل رگرسیون غیرخطی پرداختند و نشان دادند که روابطی قوی برای برآورد میزان زی‌توده همه قسمت‌های درخت برای هرگونه قابل ایجاد است. از دیگر تحقیقات انجام‌شده برای برآورد زی‌توده سایر درختان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

اندایه و همکاران (Ndiaye et al., 2021) به ارزیابی زی‌توده روی زمینی سه گونه ساحلی *Acacia tortilis*, *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca* برپایه معادلات آلومتری پرداختند. نتایج نشان داد که قطر برابر سینه بیشترین همبستگی را با زی‌توده داشت و بهترین متغیر برای استفاده در معادلات آلومتری بود. مقصودلونژاد و همکاران (۱۳۹۸)، مناسب‌ترین معادلات آلومتری برای برآورد زی‌توده روی زمینی *Juniperus excels* را بررسی کردند. نتایج نشان داد که از بین متغیرهای مستقل، قطر برابر سینه، سطح تاج و قطر متوسط تاج معادلات با شاخص‌های مدل‌سازی مناسب‌تری در بخش‌های مختلف درخت تولید نمودند. همچنین مدل توانی و چند جمله‌ای از مدل نمایی مناسب‌تر بود. هوی و همکاران (Huy et al., 2016) برای تخمین زی‌توده گونه‌های جنگل‌های گرمسیری در ویتنام از معادلات آلومتری استفاده کردند و مدلی چندمتغیره بر پایه متغیرهای قطر برابر سینه، ارتفاع و چگالی چوب ارائه دادند. اسپرینکل و کلپاک (Sprinkle and Klepac, 2015) به بررسی روابط آلومتری برای برآورد زی‌توده روی زمینی *Juniperus osteosperma* و *Pinus edulis* پرداختند و نشان دادند که برای هر دو گونه، مدل‌های بر پایه متغیرهای قطر یقه، عرض تاج و ارتفاع بهترین مدل برای برآورد زی‌توده روی زمینی بودند.

علی‌رغم وجود تحقیقات زیاد در مورد توسعه مدل‌های رگرسیونی برای برآورد زی‌توده درختان، برآورد زی‌توده درختان کم‌قطر به‌عنوان بخش فراموش‌شده در اندازه‌گیری‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (دریایی و سهرابی، ۱۳۹۴) و بیانگر این است که کربن ذخیره‌شده در این جمعیت از درختان که در سنین پایین هستند، نادیده گرفته‌شده و در محاسبات وارد نمی‌شود (Chaturvedi and Raghubanshi, 2013). از تحقیقات انجام‌شده در این زمینه می‌توان به این موارد اشاره کرد: نالاکا و همکاران (Nalaka et al., 2013) به محاسبه زی‌توده روی زمین درختان کم‌قطر در جنگل‌های سریلانکا پرداختند و متغیر قطر میانی را شاخص مناسب برای تخمین زی‌توده معرفی کردند. چتورودی و راگوبانشی (Chaturvedi and Raghubanshi, 2013) به بررسی زی‌توده درختان چوبی کم‌قطر در جنگل‌های خشک استوایی با استفاده از متغیرهای مستقل قطر ساقه، وزن مخصوص

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

چوب و ارتفاع پرداختند و نشان دادندکه استفاده از متغیر قطر برای مدل‌سازی؛ کاربردی‌تر و دقیق‌تر است. دریایی و سهرابی (۱۳۹۴) با تحلیل رگرسیون توانی به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین معادله برای برآورد زی‌توده کل و اجزای مختلف درخت نشان دادند که در گونه‌های مورد بررسی از بین متغیرهای مستقل، قطر برابر سینه مناسب‌ترین برآوردکننده زی‌توده برای بخش‌های مختلف درختان کم‌قطر است. ازآنجاکه درباره زی‌توده درختان کم‌قطر گونه‌های تندرشد با کاربری در زراعت چوب و معادلات آلومتری مربوط به آن، پژوهش‌های کمی در کشور صورت گرفته است، بر این اساس هدف از تحقیق حاضر توسعه مدل‌های رگرسیونی برای برآورد آسان، غیرمخرب، کم‌هزینه و سریع (دریایی و سهرابی، ۱۳۹۴) زی‌توده نهال‌های *P. caspica* و *P. alba* 58/57 است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محل اجرای تحقیق، ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان نور واقع در کیلومتر ۵ جاده چمستان به نور، در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی با ارتفاع ۷۰ متر از سطح دریا واقع است. متوسط درجه حرارت سالانه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارندگی ۸۴۰ میلی‌متر، حداقل مطلق ۸/۵- ، حداکثر مطلق نیز ۳۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی ۷۸ درصد گزارش شده است.

روش مطالعه

به‌منظور انجام تحقیق، تعداد ۴۵ قلمه (برای اجرای طرح در سه تکرار و هر تکرار ۱۵ قلمه) از هر دو گونه درختی *P. caspica* و*P. alba* 58/57 انتخاب شدند و در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار (۷× ۱۵×۳) در اراضی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان به فاصله ۱/۵ متر در ۶۰ سانتی‌متر کاشته شدند. شایان ذکر است که ۱/۵ در ۰/۶ متر، فاصله متداول کاشت در دوره‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت صنوبر است (اسدی و علی‌محمدی، ۱۳۹۷). تمام عملیات نگهداری شامل آبیاری هر ۱۵ روز یک بار و در ۸ مرحله به‌صورت نهری و وجین علف‌های هرز، در طول فصل رشد انجام شد. در آذرماه (پایان فصل رویش) صفات ارتفاع ساقه، قطر یقه و وزن ساقه هر پایه اندازه‌گیری شد. فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف انجام شد و مشخص شد که متغیرهای موردبررسی نرمال هستند. در مرحله بعد، از مدل‌های توانی، لگاریتمی، نمایی و خطی برای برقراری رابطه رگرسیونی بین قطر یقه و ارتفاع با وزن ساقه استفاده شد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

معنی‌داربودن مدل‌های آلومتری با آزمون تجزیه واریانس بررسی شد و از بین مدل‌های معنی‌دار، مدل با ضریب تبیین بالاتر انتخاب شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 انجام شد.

نتایج

روابط آلومتری گونه *P. caspica*: نتایج ارزیابی معادله‌های آلومتری برای برآورد زی‌توده گونه *P. caspica* از طریق متغیر قطر یقه، نشان داد که از بین چهار مدل بررسی‌شده؛ دو مدل لگاریتمی و خطی معنی‌دار بودند (جدول ۱). از میان این دو مدل، مدل لگاریتمی با بیشترین ضریب تبیین (۰/۹۹) به عنوان بهترین مدل انتخاب شد:

رابطه ۱ $$y = b_0 + (b_1) \ln x$$

که y و x به‌ترتیب متغیرهای وابسته و مستقل و b_0 و b_1 ضرایب رگرسیون هستند. بر این اساس مدل لگاریتمی به‌دست‌آمده عبارت است از:

رابطه ۲ $$B = 82.6 + 665.4 \ln d$$

که B و d به‌ترتیب زی‌توده ساقه و قطر یقه هستند.

نتایج ارزیابی معادله‌های آلومتری برای برآورد زی‌توده گونه *P. caspica* از طریق متغیر ارتفاع، نشانگر عدم معنی‌داری چهار مدل بررسی‌شده بود (جدول ۲).

جدول ۱- ضریب تبیین و آماره F مدل‌های آلومتری مورد بررسی برای برآورد زی‌توده ساقه *P.caspica* برپایه متغیرمستقل قطر یقه

نوع مدل آلومتری	ضریب تبیین	آماره F
توانی	۰/۸۰	۱۲/۹۱^{ns}
لگاریتمی	۰/۹۹	۱۳۲۷/۹۰*
نمایی	۰/۸۴	۵/۳۲^{ns}
خطی	۰/۹۰	۸۱/۷۸*

^{ns} عدم معنی‌داری و * معنی‌داری در سطح ۵٪

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

جدول ۲- ضریب تبیین و آماره F مدل‌های آلومتری مورد بررسی برای برآورد زی‌توده ساقه *P.caspica* برپایه متغیرمستقل ارتفاع

نوع مدل آلومتری	ضریب تبیین	آماره F
توانی	۰/۶۳	۱/۶۶^{ns}
لگاریتمی	۰/۸۸	۷/۰۴^{ns}
نمایی	۰/۶۳	۱/۶۶^{ns}
خطی	۰/۸۸	۷/۰۴^{ns}

^{ns} عدم معنی‌داری

روابط آلومتری گونه *P. alba* 58/57: نتایج ارزیابی معادله‌های آلومتری برای برآورد زی‌توده *گونه P. alba* 58/57 از طریق متغیر قطر یقه، نشان داد که هر چهار مدل بررسی‌شده، معنی‌دار بودند (جدول ۳) که مدل توانی با بیشترین ضریب تبیین (۱) به عنوان بهترین مدل انتخاب شد:

رابطه ۳

$$y = b_0 x^{b1}$$

که y و x به‌ترتیب متغیرهای وابسته و مستقل و b_0 و b_1 ضرایب رگرسیون هستند. بر این اساس مدل توانی به‌دست‌آمده عبارت است از:

رابطه ۴

$$B = 72.8\ d^{1/83}$$

که B و d به‌ترتیب زی‌توده ساقه و قطر یقه هستند.

نتایج ارزیابی معادله‌های آلومتری برای برآورد زی‌توده گونه *P. alba* 58/57 از طریق متغیر ارتفاع، نشانگر عدم معنی‌داری چهار مدل بررسی‌شده بود (جدول ۴).

جدول ۳- ضریب تبیین و آماره F مدل‌های آلومتری مورد بررسی برای برآورد زی‌توده ساقه *P.caspica* برپایه متغیرمستقل قطر یقه

نوع مدل آلومتری	ضریب تبیین	آماره F
توانی	۱	۱۱۴۹۳۶/۸۴*
لگاریتمی	۰/۹۴	۹۶۲۴/۲۲*
نمایی	۰/۹۰	۱۱۴۹۳۶/۸۴*
خطی	۰/۹۱	۱۲۱۶۰۵/۳۳*

* معنی‌داری در سطح ۵٪

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

جدول ۴- ضریب تبیین و آماره F مدل‌های آلومتری مورد بررسی برای برآورد زی‌توده ساقه *P.caspica* برپایه متغیرمستقل قطر یقه

نوع مدل آلومتری	ضریب تبیین	آماره F
توانی	۰/۴۵	۰/۸۴^{ns}
لگاریتمی	۰/۴۴	۰/۷۹^{ns}
نمایی	۰/۴۴	۰/۸۰^{ns}
خطی	۰/۴۳	۰/۷۶^{ns}

^{ns} عدم معنی‌داری

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، بررسی معادلات آلومتری برای برآورد زی‌توده ساقه دوگونه موردبررسی به‌خوبی بیانگر استقرار این نوع معادلات بود، به‌طوری‌که در هر دو گونه، متغیر مستقل قطر یقه برآوردکننده مناسبی برای محاسبه زی‌توده بود (مقادیر ضریب تبیین به‌دست‌آمده ۰/۹۹ و ۱ به‌ترتیب برای *P.caspica* و *P.alba.58/57* این موضوع را تایید می‌نماید) ولی باتوجه به اینکه در هیچ کدام از گونه‌ها مدل آلومتری برای متغیر مستقل ارتفاع معنی‌دار نبود، می‌توان نتیجه گرفت که ارتفاع، متغیر مناسبی برای پیش‌بینی زی‌توده ساقه نهال‌ها نیست. افروزنده و همکاران (۱۳۹۴) که در تحقیق خود برای برآورد زی‌توده گونه کیکم از طریق مدل‌سازی دومتغیره، از متغیرهای ارتفاع و قطر یقه استفاده کردند، عنوان کردند که نقش قطر یقه را به‌نوعی می‌توان مانند قطر برابرسینه درختان دارای تنه واحد در نظر گرفت و زیادتر بودن این متغیر به‌معنای 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. مدل تک متغیره مبتنی بر قطر یقه دارای ظرفیت پیش‌بینی بسیار خوبی برای کل زی‌توده هوایی است و درنتیجه یک مدل ساده با کاربرد عالی است (Sione et al., 2019).

استفاده از متغیر قطر به‌عنوان یک متغیر پیش‌بینی برای زی‌توده به صورت گسترده در منابع گزارش شده‌است، به‌طوری‌که می‌توان گفت این متغیر عمومیت پیدا کرده است (Zianis et al., 2005). در مورد درختان کم‌قطر نیز متغیر قطر، ابزار مناسبی برای برآورد آسان، غیرمخرب، کم‌هزینه و سریع زی‌توده کل و بخش‌های مختلف درخت است؛ به گونه‌ای‌که با استفاده از این متغیرها می‌توان معادلاتی با ضرایب تبیین بالا و کمترین میزان اشتباه معیار تولید نمود (سهرابی و شیروانی، ۱۳۹۱). به‌عنوان مثال چتورودی و راگوبانشی (Chaturvedi and Raghubanshi, 2013) به تخمین زی‌توده

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

درختان چوبی کم‌قطر در جنگل‌های خشک استوایی پرداختند؛ نتایج پژوهش آنها نیز نشان داد که بهترین مدل مدلی است که فقط از برآوردکننده قطر تنه استفاده می‌کند. سهرابی و شیروانی (۱۳۹۱) نیز به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین معادله برای برآورد زی‌توده کل و اجزای مختلف درختان کم‌قطر نشان دادند که در گونه‌های مورد بررسی از بین متغیرهای مستقل، قطر برابر سینه مناسب‌ترین برآوردکننده زی‌توده برای بخش‌های مختلف درختان کم‌قطر است.

در مورد گونه‌های صنوبر، مطالعات انجام شده نشانگر وجود رابطه آلومتری قوی بین متغیر قطر برابر سینه و زی‌توده ساقه است (Tekleweini et al., 2019). هم‌چنان‌که پارساپور و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق خود برای تعیین زی‌توده چهار گونه صنوبر، مدل‌هایی با دقت بسیار خوب (ضریب تبیین ۹۵ درصد) بر اساس متغیر قطر برابرسینه ارائه دادند. گیلارد و همکاران (Gaillard et al., 2010) نیز نشان دادند که قطر برابر سینه متغیری است که دارای بالاترین ارتباط با زی‌توده هوایی *P. nigra* است.

در بیشتر تحقیقات نشان داده شده‌است که مدل‌های توانی مناسب‌ترین مورد برای محاسبه زی‌توده صنوبر است: به‌عنوان مثال: برای *P. deltoids* در هند (Ajit Das et al., 2011)، برای هیبریدهای گوناگون صنوبر در سوئد (Johansson and Karačić, 2011). برای *P. trichocarpa* Torr و *P. deltoides* Marsh در بریتیش کلمبیا (Zabek and Prescott, 2006)، برای *P. tremula* در آلمان و سوئد و برای *P. trichocarpa* در ایسلند (Zianis et al., 2005). این نتایج همسو یا نتایج تحقیق حاضر برای برآورد زی‌توده ساقه *P. alba* 58/57 است که مدل توانی را به‌عنوان بهترین مدل پیشنهاد داد، ولی برای *P. caspica* مدل لگاریتمی بیشترین ضریب تعیین را داشت.

پژوهش پیش رو نشان داد که روابط آلومتری خاص گونه و سن خاص، تخمین دقیق‌تری از حجم چوب و زی‌توده چوبی را فراهم می‌کند. همچنان‌که تراکس و همکاران (Truax et al., 2014) با مطالعه روابط الومتری پنج کلون هیبرید صنوبر، تاکید کردند که برای بالابردن دقت پیش‌بینی در برآورد زی‌توده در گونه‌های صنوبر بهتر است برای هر کلون در سنین مختلف، معادلات آلومتری محاسبه شود. تعیین روابط آلومتری در سنین مختلف برای گونه‌های متفاوت صنوبر مورد نیاز است؛ زیرا آلومتری درخت با افزایش سن توده تغییر می‌کند (Fatemi et al., 2011) و روندی است که به‌طور یکسان در صنوبرکاری‌های با چرخش کوتاه مشاهده شده‌است (Verwijst and Telenius, 1991). علاوه بر این، هرچه صنوبرها سریع‌تر رشد کنند، خدمات اکوسیستم مانند ذخیره کربن و مواد مغذی و تنظیم هیدرولوژیکی را با سرعت بیشتری انجام خواهد داد (Fortier et al., 2010; Perry et al., 2001). درنتیجه، افزایش دانش ما در مورد رشد صنوبرها باعث افزایش آگاهی در زمینه تولید چوب و زی‌توده و همچنین ارائه خدمات اکوسیستم در صنوبرکاری‌ها خواهد شد و کسب اطلاعات

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

دقیق و به‌هنگام در برنامه‌ریزی و مدیریت این منابع از اولویت زیادی برخوردار است (عابدی و عابدی، ۱۳۹۹).

اندازه‌گیری و برآورد زی‌توده درختان یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریت پایدار جنگل است و طی سال‌های اخیر این موضوع مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (Zianis et al., 2005)، اما با وجود نیاز فراوان، فقر تحقیقات آلومتری برای گونه‌های تندرشد با کاربری در زراعت چوب به چشم می‌خورد (پارساپور و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به دشواری اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای اکولوژیک در درختان، انجام تحقیقاتی همانند پژوهش پیشرو که منجر به ارائه مدل‌های آلومتری ساده برای برآورد متغیرهای اکولوژیکی مختلف در درختان می‌شود، از اهمیت فراوانی برخوردار است (پناهی و همکاران، ۱۳۹۳)، افزایش دقت در برآورد حجم و زی‌توده درختان ایستاده می‌تواند به‌ویژه در حمایت از تصمیمات مدیریتی در مورد زمان برداشت و زمان انجام تنک‌کردن مفید باشد. ازآنجاکه ارتباط بین زی‌توده و خصوصیات الومتری، بسته به سن درخت، عملیات مدیریتی، ساختار جنگل، خصوصیات اقلیمی و بیوفیزیکی رویشگاه متفاوت است (Lott et al., 2000)؛ لازم است تحقیق حاضر برای گونه‌های مختلف صنوبر در سنین متفاوت انجام شود تا قابلیت تعمیم مدل‌های به‌دست‌آمده در این تحقیق برای برآورد حجم و زی‌توده ارزیابی گردد.

سپاسگزاری

این تحقیق قسمتی از طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران با عنوان "تنوع رویشی، رویشگاهی، ژنتیکی و اثر متقابل آنها در صنوبرها" است. بر این اساس لازم می‌دانیم از مسئولان مرکز تحقیقات صمیمانه سپاسگزاری نماییم.

منابع

اسدی، ف.، علی‌محمدی، ا. ۱۳۹۷. ارزیابی عملکرد رویشی و تولید در نهال‌های یک‌ساله هفت‌گونه از خانواده Salicaceae (مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقاتی چمستان نور). بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۶ (۱۱): ۶۰-۵۱.

افروزنده، ع.، کیانی، ب.، عطارد، پ. ۱۳۹۴. مدل‌سازی مشخصات سرپای درخت برای برآورد حجم و زی‌توده گونه کیکم با استفاده از رگرسیون چند متغیره. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۳ (۶): ۱۸-۹.

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

پناهی، پ.، پورهاشمی، م.، حسنی‌نژاد، م. ۱۳۹۳. آلومتری زی‌توده و ذخیره کربن برگ بلوط‌های باغ گیاه‌شناسی ملی ایران. پژوهش‌های گیاهی، ۲۷ (۱): ۲۲-۱۲.

پورهاشمی، م.، اسکندری، س.، دهقانی، م.، نجفی، ت.، اسدی، ا.، پناهی، پ. ۱۳۹۰. زی‌توده و شاخص سطح برگ داغداغان (*Celtis caucasica* .Willd) در جنگل شهری تایله سنندج.تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۹(۴): ۱۰۴-۸۹.

دریایی، ا.، سهرابی، ه. ۱۳۹۴. برآورد زی‌توده روی زمین درختان کم‌قطر ممرز، راش و انجیلی با استفاده از مدل رگرسیون توانی. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۲ (۲): ۱۵۰-۱۳۷.

سهرابی، ه.، شیروانی، ا. ۱۳۹۱. معادلات آلومتری برای برآورد زی‌تود روی زمین بنه در پارک ملی خجیر. مجله جنگل ایران، ۴ (۱): ۶۴-۵۵.

عابدی، ط.، عابدی، ر. ۱۳۹۹. بررسی مدل‌های آلومتریک در برآورد ارتفاع گونه صنوبر (*Populus deltoids*) نشریه حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۸ (۱۷): ۱۷۴-۱۵۷.

گایکانی، س. ۱۳۹۱. برآورد میزان بیوماس هوایی با اندازه‌گیری سایر عوامل گیاهی در گونه‌های *Salsola incanescens* و*Atriplex canescens* . مجموعه مقالات سومین همایش ملی مقابله با بیابانزایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران، اراک.

مقصودلونژاد، م.، اسلام بنیاد، ا.، شتایی، ش. ۱۳۹۸. تعیین مناسب‌ترین معادلات آلومتریک برآورد زی‌توده روی زمینی گونه ارس. حفاظت زیست بوم گیاهان، ۷ (۱۵): ۱۰۵-۸۹.

Ajit Das, D.K., Chaturvedi, O.P., Jabeen, N., Dhyani, S.K. 2011. Predictive models for dry weight estimation of above and below ground biomass components of *Populus deltoides* in India: Development and comparative diagnosis. Biomass Bioenergy 35: 1145-1152.

Chaturvedi, R., Raghubanshi, A. 2013. Aboveground biomass estimation of small diameter woody species of tropical dry forest. New Forests, 44: 509-519.

Chojnacky, D.C., Heath, LS., Jenkins, J.C. 2014. Updated generalized biomass equations for North American tree species. Forestry, 87: 129-151.

Cienciala, E., Apltauer, J., Exnerová, Z., Tatarinov, F. 2008. Biomass functions applicable to oak trees grown in central-european forestry. Journal of Forest Science, 54 (3):109-120.

Cole, T.G., Ewel, J.J. 2006. Allometric equations for four valuable tropical tree species. Forest Ecology and Management, 229 (1-3): 351-360.

Fatemi, F.R., Yanai, R.D., Hamburg, S.P., Vadeboncoeur, M.A., Arthur, M.A., Briggs, R.D., Levine, C.R., 2011. Allometric equations for young northern hardwoods: The importance of age-specific equations for estimating aboveground biomass. Canadian Journal of Forest Research, 41 (4): 881-891.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

Fortier, J., Gagnon, D., Truax, B., Lambert, F. 2010. Nutrient accumulation and carbon sequestration in 6 year-old hybrid poplars in multiclonal agricultural riparian buffer strips. Agriculture Ecosystems & Environment, 137 (3-4): 276-287.

Gaillard de Benítez, C., Pece, M., Juárez de Galíndez, M., Maldonado, A., Acosta, V.H., Gómez, A. 2010. Biomasa aérea de ejemplares de quebracho blanco (Aspidosperma quebracho-blanco) en dos localidades del Parque Chaqueño Seco. Quebracho 9: 115- 127.

Huy, B., Poudel, K.P., Kralicek, K., Hung, N.D., Khoa, P.V., Tan Phìng, V., Temesgen, H. 2016. Allometric equations for estimating tree aboveground biomass in tropical dipterocarp forests of Vietnam. Forests, 7 (80: 2-19.

Johansson, T., Karačić, Al. 2011. Increment and biomass in hybrid poplar and some practical implications. Biomass Bioenergy, 35 (5): 1925-1934.

Lott, J.E., Howard, S.B., Black, C.R., Ong, C.K. 2000. Allometric estimation of above-ground biomass and leaf area in managed *Grevillea robusta* agroforestry systems. Agroforesty Systems, 49: 1-15.

Lupi, C., Larocque, G., DesRochers, A., Labrecque, M. Mossele,r A., Major, J., Beaulieu, J., Tremblay, F., Gordon, A.M., Thomas, B.R., Vézina, A., Bouafif, H., Cormier, D., Sidders, D., Krygier, R., Thevathasan, N., Riopel, M., Raymond, B. 2015. Evaluating sampling designs and deriving biomass equations for young plantations of poplar and willow clones. Biomass Bioenergy 83: 196-205.

Nalaka, G., Sivananthawer, T., Iqbal, M. 2013. Scaling aboveground biomass from small diameter trees. Ecology and Management of Tropical Dry Forests, 24 (2): 150-162.

Ndiaye, D., Sagna, M.B., Talla, R., Diallo, A., Peiry, J.L., Guisse, A. 2021. Evaluation of the Aerial biomass of three sahelian species in the Ferlo (North Senegal): *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayn essp. Raddiana (Savi) Brenan, *Acacia senegal* (L.) Willd and *Balanites aegyptiaca* (L.) Open Journal of Ecology, 11 (02):183-201.

Perry, C.H., Miller, R.C., Brooks, K.N. 2001. Impacts of short-rotation hybrid poplar plantations on regional water yield. Forest Ecology and Management, 143 (1-3):143-151.

Sione, S.M.J., Andrade-Castañeda, H.J., Ledesma, S.G., Rosenberger, L.G., Oszust, G.D. Wilson, M.G. 2019. Aerial biomass allometric models for *Prosopis affinis* Spreng in native Espinal forests of Argentina. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 23 (6):467-473.

Sprinkle, W., Klepac, J. 2015. Models of Utah Juniper and two-needle Pinyon biomass for one site in Southwest Utah. Forest Science, 61 (1): 162-168.

Stankova, T., Gyuleva, V., Tsvetkov, I., Popov, E., Velinova, K., Velizarova, E., Dimitrov, D.N., Hristova, H., Kalmukov, K., Dimitrova, .P, Glushkova, M.,

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]

Andonova, E., Georgiev, G.P., Kalaydzhiev, I., Tsakov, H. 2016. Aboveground dendromass allometry of hybrid black poplars for energy crops. Annals of Forest Research. 59 (1): 61-74.

Tekleweini, G., Ababo, W., Goitom, T., Muhamed, A., Leakemariam, B. 2019. Total volume and aboveground biomass models for *Juniperus procera* plantation in Wondo Genet, Southern Ethiopia. Open Journal of Forestry, 9 (2): 89-108.

Truax, B., Gagnon, D., Fortier, J., Lambert, F. 2014. Biomass and volume yield in mature hybrid poplar plantations on temperate abandoned farmland. Forests, 5 (12): 3107-3130.

Verwijst, T., Telenius, B., 1991. Biomass estimation procedures in short rotation forestry. Forest Ecology and Management, 121 (1-2): 137-146.

Zabek, L.M., Prescott, C.E., 2006. Biomass equations and carbon content of aboveground leafless biomass of hybrid poplar in Coastal British Columbia. Forest Ecology and Management, 223 (1-3): 291-302.

Zianis, D., Muukkonen, P., Makipaa, R., Mencuccini, M. 2005. Biomass and stem volume equations of tree species in Europe. Silva Fennica Monographs, 4: 1-63.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-24]