



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

**معرفی معادلات آلومتری زی‌توده درختان با مبدأ دانه‌زاد
یا تک‌پایه و شاخه‌زاد یا جست‌گروه بلوط ایرانی
(*Quercus brantii* L.)**

نگارش:

یوسف عسکری، یعقوب ایرانمنش و مهدی پورهاشمی

۱۴۰۴

ISBN : 978-964-473-618-6



9 789644 736186

عنوان طرح منتج به نشریه فنی	شماره مصوب
سنجش و پایش اندوخته کربن در جنگل‌های زاگرس سایت پریکدون استان کهگیلویه و بویراحمد	۰۱-۴۲-۰۹-۰۵۳-۹۷۰۱۲-۹۷۰۵۶۹



عنوان نشریه: معرفی معادلات آلومتری زی‌توده درختان با مبداء دانه‌زاد یا تک‌پایه و شاخه‌زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)
نگارش:

یوسف عسکری - استادیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.

یعقوب ایرانمنش - دانشیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

مهدی پورهایشمی - استاد، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویراستار ادبی: اصغر احمدی

صفحه‌آرا: مریم نوبخت

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی/ مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد.

نشانی: بزرگراه تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید گودرزی، بلوار باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

سندوق پستی: ۱۳۱۸۵-۱۱۶ **تلفن:** ۵-۴۴۷۸۷۲۸۲-۰۲۱ **وبسایت:** www.rifr-ac.ir

شمارگان: الکترونیکی

نوبت و سال انتشار: اول- ۱۴۰۴

این نشریه به شماره ۶۷۸۶۲ در تاریخ ۱۴۰۴/۰۶/۰۳ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

❖ مخاطبان نشریه:

- اعضای هیئت علمی، کارشناسان جنگلداری و مدیریت جنگل
- اداره کل‌های منابع طبیعی و آبخیزداری مناطق زاگرس
- محققان معین و مروجان مرتبط با علوم جنگل در سراسر کشور

❖ شما با مطالعه این نشریه با موارد زیر آشنا می‌شوید:

- آشنایی با گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)
- اندازه‌گیری زی‌توده گونه بلوط ایرانی
- روش نمونه‌برداری و اندازه‌گیری فرم‌های مختلف رویشی بلوط ایرانی
- تهیه معادلات آلومتری برای گونه بلوط ایرانی

فهرست

۱.....	چکیده.....
۳.....	مقدمه.....
۵.....	گیاه‌شناسی گونه بلوط ایرانی.....
۷.....	فرم رویشی شاخه‌زاد یا جست‌گروه.....
۷.....	فرم رویشی دانه‌زاد یا تک‌پایه.....
۸.....	برداشت نمونه و اندازه‌گیری پارامترهای مورد مطالعه.....
۱۱.....	معادلات آلومتريک.....
۱۲.....	پارامترهای کمی درختان نمونه‌برداری شده.....
۱۳.....	برآورد زی‌توده درختان تک‌پایه با استفاده از معادلات آلومتريک.....
۱۵.....	معادلات آلومتريک برای برآورد زی‌توده در فرم جست‌گروه برودار.....
۱۶.....	سخن پایانی.....
۱۸.....	منابع.....

معرفی معادلات آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد / ۱

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

چکیده

معادلات آلومتری در جنگل روابط ریاضی هستند که برای تخمین ویژگی های درختان مانند زی توده، حجم چوب و ذخیره کربن براساس متغیرهای ساده تر مانند قطر برابر سینه یا ارتفاع استفاده می شوند. علم آلومتری در حقیقت جدول های محصول تکامل یافته است که با استفاده از آن نه تنها حجم بلکه فاکتورهای بسیار دیگری را نیز می توان تخمین زد.

این معادلات معمولاً به صورت توانی بیان می شوند که دارای متغیر وابسته، متغیر مستقل، ضریب ثابت و توان آلومتری است. از آنجا که اندازه گیری مستقیم برخی پارامترها مانند زی توده دشوار است، معادلات آلومتری با استفاده از داده های میدانی و نمونه برداری دقیق توسعه می یابند و برای گونه ها و مناطق مختلف جنگلی (مانند جنگل های زاگرس برای بلوط ایرانی) تنظیم می شوند. پس از جنگل گردشی سعی شد درختانی انتخاب شود که با شرایط کلی رویشگاه های زاگرس منطبق باشد. به همین منظور، درختان با فرم های مختلف رویشی به نحوی طراحی و انتخاب شد که از تمام طبقات قطری با مبدأ دانه زاد یا تک پایه و تمام طبقات قطر تاجی درختان با مبدأ شاخه زاد یا جست گروه پوشش داده شوند. در مجموع با توجه به همپوشانی درختان در طبقات ذکر شده تعداد ۱۸ پایه بلوط (به تعداد مساوی تک پایه و جست گروه) انتخاب شد.

در ابتدای مهرماه پایه های انتخاب شده در هر دو فرم رویشی، از ارتفاع ۴۰ تا ۲۰ سانتی متری کف زمین قطع و بلافاصله عملیات جداسازی و توزین شروع شد. پس از قطع و جداسازی، قسمت های تفکیک شده به صورت جداگانه در محل به کمک باسکول با دقت ۰/۵ کیلوگرم برای تنه های قطور و برای وزن های کمتر با ترازوی رقومی با دقت (۱۰ گرم) توزین شدند.

۲ / معرفی آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد
یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

طبق نتایج به دست آمده میانگین زی توده فرم رویشی تک پایه ۲۵۲ و برای فرم رویشی جست گروه ۲۱۷ کیلوگرم در سطح تک درخت تعیین گردید. نتایج برازش معادلات در فرم تک پایه نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، قطر متوسط تاج و قطر برابر سینه متغیرهای مناسبی برای پیش بینی زی توده هستند. نتایج برازش معادلات مختلف در برآورد زی توده در فرم رویشی جست گروه نیز نشان داد که از بین انواع معادله، مدل توانی دارای کامل ترین پیش بینی می باشد. نتایج برازش این معادلات در فرم جست گروه نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، قطر متوسط تاج و ارتفاع درخت متغیرهای مناسبی برای پیش بینی زی توده هستند.

واژه های کلیدی: اندازه گیری، زی توده، رگرسیون، فرم رویشی، متغیر

برآورد زی توده و میزان ترسیب و رویش درخت در ارزیابی ساختار، شرایط و حاصلخیزی جنگل و نیز در برآورد ذخیره و تغییر کربن استفاده می شود (Navar, 2009). اهمیت اندازه گیری زی توده به دلایل مختلف رو به افزایش است که توجه به بهره برداری کامل از درخت (ریشه، کنده، شاخه ها و غیره)، استفاده از ضایعات تولید در کارخانه های صنایع چوب و اهمیت مقدار مواد سوختی (زی توده) در ارتباط با وضعیت آتش سوزی در جنگل، از جمله این دلایل است (Parresol, 1999). برآورد زی توده درختان در جنگل به منظور تعیین ذخایر کربن و روند تغییرات آن، به موضوعی حیاتی در پروژه های کاهش اثرهای تغییرات اقلیمی تبدیل شده است (Sebrala et al., 2022). اگرچه اندازه گیری زی توده واقعی درخت به طور مستقیم در عرصه روش بسیار دقیقی است، اما روش های مبتنی بر قطع در مطالعات بلندمدت و پروژه های جنگل کاری و جنگل های حفاظتی امکان پذیر نیست. بنابراین روش های غیرمخرب برای تعیین زی توده گونه های درختی جنگل ها توسعه یافتند (Brown et al., 2004؛ ساعتچی و همکاران، ۲۰۰۷). در حال حاضر برآورد کمی جنگل ها از نظر زی توده و ذخیره کربن به چالش بزرگی تبدیل شده است، زیرا اختلافات فراوانی در روش های برآورد زی توده وجود دارد و برآوردها از درجه بالایی از عدم قطعیت برخوردارند (Grace, 2004). به همین دلیل استفاده از روش های غیرمخرب و روش هایی که حجم عملیات اجرایی را تا حد امکان پایین بیاورد و نیز از دقت و صحت قابل قبولی در برآورد زی توده برخوردار باشد، بسیار ضروریست (Wang et al., 2001). از روش های عمده و غیرمخرب در تعیین زی توده می توان معادلات آلومتریک را نام برد. در جنگل های گرمسیری، تعداد معادلات آلومتری مورد نیاز برای هر گونه و هر دوره زیستی، می تواند گاهی از سیصد عدد در هر چند هکتار فراتر رود و برآیندگیری نتایج را مشکل سازد.

۴ / معرفی آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

از سویی دیگر، در جنگل های بوره آل و یا بیابانی ممکن است از همان ابتدا معادله یکسانی برای تمام گونه ها در نظر گرفته شود. آلومتری رابطه بین وزن یک موجود زنده با اندازه هریک از اندام های آن موجود است (Anonymous, 2005). در زمینه معادلات آلومتریک در ایران، شاید بتوان اولین پژوهش را مربوط به ابراهیمی و همکاران (۱۳۷۲) دانست.

آنان با اندازه گیری متغیرهای جست گروه ها شامل قطر، ارتفاع غالب، ارتفاع حداکثر و تعداد جست های جست گروه به عنوان متغیر مستقل و وزن جست گروه ها به عنوان متغیر وابسته، معادلات آلومتریکی را برای بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) در جنگل های لردگان محاسبه کردند و در نهایت یک رابطه غیرخطی براساس دو متغیر ارتفاع حداکثر و متوسط قطر تاج جست گروه برازش دادند.

ایران منش و همکاران (۱۳۹۲) زی توده و اندوخته کربن روی زمینی را در دو فرم رویشی بلوط ایرانی با استفاده از داده های ۳۰ پایه (۱۶ درخت تک پایه و ۱۴ جست گروه) در جنگل های استان چهارمحال و بختیاری مطالعه کردند. متوسط زی توده روی زمینی در هر درخت در فرم تک پایه و جست گروه به ترتیب ۳۷۴/۱ و ۱۴۶/۳ کیلوگرم به دست آمد که نشان دهنده ۲/۵ برابر بودن آن در درختان تک پایه نسبت به جست گروه ها بود. اگرچه مدل های آلومتریک تعمیم یافته برای جنگل ها و گونه های مختلف توسعه یافته اند (Basuki et al., 2009)، اما به دلیل تفاوت های معماری و مورفولوژیکی بین گونه های درختی، توصیه می شود از معادلات ویژه گونه برای کاهش خطا در برآورد زی توده استفاده شود.

معرفی معادلات آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد / ۵

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

گیاه شناسی گونه بلوط ایرانی

درختانی بزرگ که ارتفاع آنها به ۲۰ متر می رسد ولی در وضعیت موجود ارتفاع متوسط این درختان در جنگل های حوزه رویشی زاگرس حدود ۸ متر می باشد. برگ های آن عموماً یکنواخت و تخم مرغی شکل با حاشیه ای دنداندار می باشد، کرک های ستاره ای شکل و انبوه روی برگ و کرک های نرم و خزی زرد رنگ پشت آن را فرا گرفته است. درشتی دانه و فلس هایی که پیاله را می پوشانند در درختان مختلف تغییر می یابد، از این رو واریته های چندی از آن به وجود آمده است. در شرایط جنگلی دارای تاج سبک و متقارن می باشد اما در شرایط ویژه و یا خارج از توده های جنگلی دارای تاج پرپشت، انبوه و گسترده می گردد. تنه درخت با فرم دانه زاد و واقع در توده های انبوه نسبتاً صاف و مستقیم و تا ارتفاع ۶ متر بدون شاخه و صاف در توده جنگلی نیمرخ شمالی حوضه آبخیز رودخانه بازفت اندازه گیری شده است اما در وضعیت موجود ارتفاع تنه بیشتر پایه ها به کمتر از ۲ متر تقلیل یافته است. پوست تنه تا سنین ۳۰ تا ۳۵ سالگی صاف بدون ترک ولی پس از آن شکاف خورده و فرم خشن و ترک خورده ای به خود می گیرد (مظفریان، ۱۳۸۳).

در بین عناصر اقلیمی، درجه حرارت، میزان بارندگی و رطوبت نقش تعیین کننده ای روی رشد این گونه دارد. با وجود تراکم بالای این گونه در جبهه های رو به شمال و رو به غرب (به دلیل برخورداری از رطوبت و خاک مناسب تر) اما در رویشگاه خود در تمامی جهات جغرافیایی حضور دارد و منحصر به جبهه ای خاص نیست. این گونه از حداقل ارتفاع حدود ۴۵۰ متر از سطح دریا (گدارلندر مسجد سلیمان) تا حداکثر ۲۶۰۰ متر از سطح دریا (ارتفاعات لته کال یاسوج) رویش دارد، ضمن اینکه ارتفاع ۲۷۰۰ متر از سطح دریا نیز برای این گونه گزارش شده است.

۶ / معرفی آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

گونه بلوط عموماً بر روی خاک‌هایی با منشأ تشکیلات آهکی و pH قلیایی فاقد آبشویی، آهک و رس استقرار یافته است. بافت خاک عموماً کمی سنگین و نیز کوبیدگی خاک سطحی در اثر چرای مفراط موجب شده تا نفوذپذیری آب در خاک متوسط تا ضعیف باشد.

خاک رویشگاه این گونه عموماً کم عمق تا نسبتاً عمیق بوده و از تکامل مناسبی برخوردار نبوده و اغلب فاقد افق‌های شناسایی مشخص می‌باشد. در مقایسه با دو گونه عمده دیگر جنس *Quercus* یعنی وی‌ول و مازو از بردباری بیشتری در قبال خاک برخوردار می‌باشد (Sagheb talebi et al., 2014) (شکل ۱).



شکل ۱- تصویری از گونه بلوط ایرانی *Quercus brantii* با دو فرم رویشی

معرفی معادلات آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه‌زاد / ۷

یا تک پایه و شاخه‌زاد یا جست‌گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

فرم رویشی شاخه‌زاد یا جست‌گروه

این توده‌های جنگلی، به‌طورکلی دارای ساختار عمودی یک اشکوبه‌اند که جست‌های شاخه‌زاد بلوط در قالب جست‌گروه‌ها، این اشکوب را پدید می‌آورند. این توده‌ها در بیشتر حالت‌ها، در سطح خود متشکل از تیپ خالص بلوط بوده و تنوع گونه‌ای در آن نسبت به سایر فرم‌های پرورشی حوزه بسیار اندک است، دلایل اساسی خلوص این توده و کاهش شدید تنوع گونه‌ای در آنها را می‌توان چنین تفسیر کرد؛ قدرت شگرف جست‌دهی و تجدید حیات غیرجنسی گونه‌های بلوط و به‌ویژه گونه برودار و ناتوانی سایر گونه‌ها در رقابت با گونه‌های جنس بلوط در استقرار، چه به صورت تجدید حیات غیرجنسی و چه به صورت جنسی (دانه‌زاد) موجب می‌شود که گونه‌های همراه توده‌های بلوط، به تدریج از عرصه حذف شوند. از سوی دیگر، توده‌های شاخه‌زاد ضمن اینکه حداکثر استفاده را از مواد معدنی خاک می‌نمایند و در نتیجه موجب کاهش شدید حاصلخیزی خاک می‌شوند، حتی در تراکم بالا، قادر به حمایت از بستر رویشگاه در شرایط مساوی با توده‌های دانه‌زاد از حیث انبوهی، در قبال گزنده‌های عوامل جوی نیستند (جزیره‌ای و ابراهیمی، ۱۳۸۲).

فرم رویشی دانه‌زاد یا تک پایه

توده‌های جنگلی دانه‌زاد در حوزه رویشی زاگرس از وسعت قابل ملاحظه‌ای برخوردار نیستند، به‌ویژه در زاگرس جنوبی که نسبت آن بسیار پایین است. به استناد جمع‌بندی مطالعات شناسایی و توجیهی انجام شده در حوزه زاگرس، تنها ۷ درصد از سطح جنگل‌های زاگرس در وضع موجود دارای فرم پرورشی دانه‌زاد است (شریعت‌نژاد و همکاران، ۱۳۷۵).

۸ / معرفی آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه‌زاد

یا تک پایه و شاخه‌زاد یا جست‌گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

در زاگرس جنوبی توده‌های دانه‌زاد عمدتاً در ارتفاعات فوقانی و مناطق دور افتاده از روستاها، آرامستان‌ها و آبادی‌های جنگلی واقع شده و فقط در موارد معدودی در حواشی روستاها و مناطق جلگه‌ای قرار دارد (مانند جنگل‌های واقع در قلعه مدرسه لردگان در استان چهارمحال و بختیاری و یا حوزه شهرستان یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد).

توده‌های دانه‌زادی که در ارتفاعات پایین و یا در عرصه‌های کم شیب حواشی روستاها واقع‌اند عموماً یک اشکوبه و خالص (متشکل از برودار) هستند و فاقد تنوع گونه‌ای و تعادل در پیشینه خود زراعت در زیر اشکوب جنگل می‌باشند و یا زراعت هنوز در زیر اشکوب این توده‌های کهن سال انجام می‌شود (مثلاً در یاسوج). در ارتفاعات فوقانی و شیب‌دار، عموماً این توده‌ها دارای دو یا سه اشکوب می‌باشند که گونه برودار در اشکوب فوقانی و گونه‌هایی مانند بنه، کیکم، انواع گلابی، زبان‌گنجشک و پلاخور در اشکوب دوم و گونه‌هایی مانند شیرخشت، دافنه، بادام و انواع ارجنک در اشکوب سوم قرار می‌گیرند. در زاگرس شمالی نسبت توده‌های دانه‌زاد در مقایسه با زاگرس جنوبی بیشتر است، به‌ویژه در توده‌های متشکل از گونه وی‌ول که کمتر قطع می‌شوند. البته توده‌های دانه‌زاد در این بخش نیز عموماً در ارتفاعات فوقانی جنگل قرار دارند، هر چند که توده‌های دانه‌زاد هم در قبرستان‌های واقع در ارتفاعات مختلف یافت می‌شوند.

برداشت نمونه و اندازه‌گیری پارامترهای مورد مطالعه

پس از جنگل‌گردشی در منطقه مورد مطالعه به همراه تیم تخصصی مرکب از استادان و کارشناسان اجرایی و بررسی شرایط رویشگاه، ۱۸ پایه از طبقات قطری مختلف که قرار بود در پروژه جاده‌سازی قطع شوند، انتخاب شد.

معرفی معادلات آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد / ۹

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

در مهرماه پایه های انتخاب شده در هر دو فرم رویشی، از ارتفاع ۴۰ تا ۲۰ سانتی متری کف زمین قطع و بلافاصله عملیات جداسازی و توزین شروع شد. پس از قطع و جداسازی، قسمت های تفکیک شده به صورت جداگانه در محل به کمک باسکول با دقت ۰/۵ کیلوگرم برای تنه های قطور و برای وزن های کمتر با ترازوی رقومی با دقت (۱۰ گرم) توزین شدند. به منظور اندازه گیری وزن خشک و موجودی کربن، نمونه برداری از اندام های مختلف درخت انجام شد (شکل ۲) (Losi et al., 2003).



شکل ۲- توزین قطعات مختلف بلوط ایرانی

به منظور اندازه گیری وزن خشک، نمونه برداری از اندام های مختلف درخت انجام شد، تمام شاخه های بزرگتر از ۵ سانتی متر به عنوان شاخه اصلی، بین ۱ تا ۵ سانتی متر شاخه فرعی و زیر ۱ سانتی متر سرشاخه را تشکیل می دهند (ایرانمنش، ۱۳۹۲؛ Walle et al., 2001).

۱۰ / معرفی آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

برگ (Leaf): سی برگ از هر درخت به طور تصادفی از قسمت های مختلف تاج بدون در نظر گرفتن اندازه برگ برداشت شد.

تنه (Trunk): یک نمونه دیسک به ضخامت ۵ سانتیمتر از هر درخت برداشت شد (شکل ۳).

شاخه (Branch): از هر درخت، ۵ شاخه اصلی با ضخامت های مختلف به طور تصادفی برداشت گردید.

سرشاخه (Twigs): شاخه های با قطر کمتر از ۱ سانتی متر در نظر گرفته شدند. تمامی نمونه های تهیه شده در عرصه شامل چوب تنه، شاخه، سرشاخه و برگ بلافاصله در عرصه توزین شده و در بسته بندی های جداگانه، به منظور اندازه گیری وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شدند.



شکل ۳- تهیه دیسک از تنه درخت در عرصه

معرفی معادلات آلومتري زی توده درختان با مبدأ دانه زاد / ۱۱

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

پس از تعیین وزن خشک نمونه ها، وزن خشک هر اندام درخت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطه (۱)

$$WDc = \frac{WFc * WDs}{WFs}$$

که در آن، WDc وزن خشک هر جزء از درخت، WFc وزن تر هر جزء از درخت، WDs وزن خشک هر نمونه و WFs وزن تر هریک از نمونه هاست؛ برای محاسبه وزن خشک (زی توده) کل اندام های هوایی، وزن خشک تمامی اندام های هوایی با همدیگر جمع شدند.

معادلات آلومتريک

آلومتري از دو کلمه یونانی *Allos* به معنی دیگر و *Metron* به معنی اندازه گیری مشتق شده است و طبق تعریف رابطه بین اندازه یک موجود زنده با اندازه هریک از اندام های آن موجود است (Niklas, 1994). معادلات آلومتريک که معمولاً $Y = bX^k$ ، دو و گاهی چند متغیره هستند، ابزاری توانمند برای برآورد وزن درخت از طریق متغیرهای مستقل مانند قطر برابر سینه و یا ارتفاع بوده که قابلیت اندازه گیری در توده را دارند (Komiya et al., 2005).

در این روش، معمولاً حجم یک درخت به عنوان متغیر وابسته و یکی از متغیرها که به سادگی بتوان در جنگل یا عرصه آن را اندازه گیری کرد، مانند قطر برابر سینه و یا ارتفاع درخت به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته می شود. نسبت بین دو متغیر X و Y به صورت $Y = bX^k$ مشخص می گردد که در آن x و y متغیرهای فیزیکی و b و k ثابت های معادله هستند. مقدار K

۱۲ / معرفی آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

نیز از معادله $\log y = \log b + K \log x$ محاسبه شود. این عمل ممکن است از طریق ترسیم y نسبت به x روی مقیاس لگاریتمی دوطرفه به دست آید که حاصل آن خط مستقیمی است که شیب آن خط مساوی k می باشد. همچنین ممکن است با تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی داده های موجود برای x و y نیز محاسبه شود.

پارامترهای کمی درختان نمونه برداری شده

خصوصیات درختان قطع شده برای فرم های رویشی مختلف در جدول ۱ آمده است. همانطور که قبلاً نیز ذکر گردید درختان با مبدأ دانه زاد یا تک پایه بر مبنای قطر برابر سینه و درختان با مبدأ شاخه زاد یا جست گروه بر مبنای میانگین قطر تاج طبقه بندی شدند. تعداد درختان قطع شده در هر طبقه قطری حداقل برابر یک اصله می باشد.

جدول ۱- آمار توصیفی پایه های قطع شده در فرم های مختلف رویشی

چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب)			ارتفاع (متر)			قطر برابر سینه (cm) / میانگین قطر تاج (m)			فرم رویشی
Max	Min	Mean±SE	Max	Min	Mean±SE	Max	Min	Mean±SE	
۰/۸۶۳	۰/۸۴	۰/۰±۸۵۵/۰۹	۹/۶	۳/۴	۶/۰±۴۹/۷۲	۴۰	۷	۲۲/۳±۶/۴۶	تک پایه
۰/۸۸۶	۰/۸۰	۰/۰±۸۶۰/۰۳	۸/۲۳	۳/۲	۶/۰±۶/۵۴	۸/۵۵	۱/۹	۵/۰±۹۳/۶۵	جست گروه

در جدول ۲ میزان تخصیص زی توده در قسمت های مختلف درختان فرم تک پایه و جست گروه مشاهده می شود. در فرم تک پایه، تاج درخت (مجموع شاخه های اصلی، فرعی، سرشاخه و برگ) به طور متوسط ۷۰ درصد و قسمت غیر تاج (تنه و کنده) ۳۰ درصد زی توده را

معرفی معادلات آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد / ۱۳

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

به خود اختصاص داده است. در فرم جست گروه تاج درخت (مجموع شاخه های اصلی، فرعی، سرشاخه و برگ) به طور متوسط ۷۵ درصد و قسمت غیر تاج (تنه و کنده) ۲۵ درصد زی توده را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲- درصد تخصیص زی توده در قسمت های مختلف درختان تک پایه و جست گروه

فرم رویشی	ساقه %	شاخه %	سرشاخه %	برگ %
تک پایه	۳۰/۸۱	۵۸/۶	۳/۵۳	۷/۰۴
جست گروه	۲۵/۵	۶۱/۶	۶/۲۳	۶/۶

برآورد زی توده درختان تک پایه با استفاده از معادلات آلومتریک

نتایج برازش معادلات مختلف در برآورد زی توده در فرم رویشی تک پایه نشان داد که از بین انواع معادله، مدل توانی دارای کامل ترین پیش بینی می باشد. نتایج برازش این معادلات در فرم تک پایه نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، قطر متوسط تاج و قطر برابر سینه متغیرهای مناسبی برای پیش بینی زی توده روی زمینی هستند. البته نتایج مربوط به ارتفاع درخت و ارتفاع تاج پوشش نیز رضایت بخش بودند. تجزیه واریانس مدل و آزمون t برای ضرایب و ضریب تبیین مدل ها برای اندام های مختلف در جدول های ۳ و ۴ ارائه شده است.

در تمام معادلات، Y زی توده اندام درخت به کیلوگرم، X متغیر مستقل (به تفکیک قطر برابر سینه، قطر متوسط تاج، ارتفاع درخت، ارتفاع تاج و ارتفاع تنه)، R^2 ضریب تبیین، F آماره تجزیه واریانس، Std. Error انحراف معیار مدل و Sig. معنی داری در سطح ۰/۰۰۱ می باشد.

۱۴ / معرفی آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

جدول ۳- تحلیل رگرسیون برای تعیین مدل برآورد زی توده در اندام های مختلف درختان برودار تک پایه بر مبنای متغیر مستقل قطر برابر سینه

اندام	Sig.	F	Std. Error	R ²	معادله
تنه	***	۲۴۰	۰/۲۱۴	۰/۹۷	$Y = ۰/۰۸۴ \times X^{۲/۰۴۵}$
شاخه اصلی	***	۳۷۵	۰/۲۷۲	۰/۹۸	$Y = ۰/۰۰۳ \times X^{۲/۲۴۸}$
شاخه فرعی	***	۶۸	۰/۲۸۶	۰/۹۰	$Y = ۰/۲۷۲ \times X^{۱/۴۵۴}$
سرشاخه	***	۱۲۱	۰/۲۲۳	۰/۹۴	$Y = ۰/۰۵۰ \times X^{۱/۵۱۹}$
برگ	***	۳۴	۰/۳۹۹	۰/۸۳	$Y = ۰/۰۸۲ \times X^{۱/۴۳۶}$
کنده	***	۵۳	۰/۳۱۷	۰/۸۸	$Y = ۰/۱۵۷ \times X^{۱/۴۲۳}$
اندام هوایی	***	۵۱۵	۰/۱۵۹	۰/۹۸	$Y = ۰/۱۸۷ \times X^{۲/۱۳۰}$
کل	***	۵۸۵	۰/۱۳۵	۰/۹۹	$Y = ۰/۶۹۲ \times X^{۲/۰۰۵}$

جدول ۴- تحلیل رگرسیون برای تعیین مدل برآورد زی توده در اندام های مختلف درختان برودار تک پایه بر مبنای متغیر مستقل ارتفاع درخت

اندام	Sig.	F	Std. Error	R ²	معادله
تنه	***	۷۲/۴	۰/۳۷۸	۰/۹۱	$Y = ۰/۱۸۰ \times X^{۲/۹۵۷}$
شاخه اصلی	***	۵۶/۸	۰/۶۶۶	۰/۸۹	$Y = ۰/۰۱۲ \times X^{۴/۶۱۷}$
شاخه فرعی	***	۲۷/۱	۰/۴۲۴	۰/۷۹	$Y = ۰/۵۳۰ \times X^{۲/۰۳۲}$
سرشاخه	***	۳۲/۸	۰/۴۰۲	۰/۸۲	$Y = ۰/۱۰۲ \times X^{۲/۱۱۰}$
برگ	***	۱۵/۴	۰/۵۴۲	۰/۶۸	$Y = ۰/۱۷۵ \times X^{۱/۹۵۰}$
کنده	***	۲۱/۲	۰/۴۶۲	۰/۷۵	$Y = ۰/۳۱۸ \times X^{۱/۹۵۹}$
اندام هوایی	***	۷۰/۳	۰/۴۱۴	۰/۹۰	$Y = ۰/۴۴۹ \times X^{۳/۱۹۵}$
کل	***	۷۸/۱	۰/۳۵۵	۰/۹۲	$Y = ۱/۴۹۵ \times X^{۲/۸۸۴}$

معرفی معادلات آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد / ۱۵

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

معادلات آلومتریک برای برآورد زی توده در فرم جست گروه برودار

نتایج برازش معادلات مختلف در برآورد زی توده در فرم رویشی جست گروه نشان داد که از بین انواع معادله، مدل توانی دارای کامل ترین پیش بینی می باشد. نتایج برازش این معادلات در فرم جست گروه نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، قطر متوسط تاج و ارتفاع درخت متغیرهای مناسبی برای پیش بینی زی توده روی زمینی هستند. البته نتایج مربوط به ارتفاع تاج پوشش و میانگین قطر جست گروه نیز رضایت بخش بودند ولی نتایج مربوط به ارتفاع تنه قابل اعتماد نبود. تجزیه واریانس مدل و آزمون t برای ضرایب و ضریب تبیین مدل ها برای اندام های مختلف در جدول های ۵ و ۶ ارائه شده است. همانند فرم تک پایه، در تمام معادلات، Y زی توده اندام درخت به کیلوگرم، X متغیر مستقل (به تفکیک قطر متوسط تاج و ارتفاع درخت)، R^2 ضریب تبیین، F آماره تجزیه واریانس، Std. Error انحراف معیار مدل و Sig. معنی داری در سطح ۰/۰۰۱ می باشد.

جدول ۵- تحلیل رگرسیون برای تعیین مدل برآورد زی توده در اندام های مختلف درختان

برودار جست گروه بر مبنای متغیر مستقل متوسط قطر تاج

اندام	Sig.	F	Std. Error	R^2	معادله
تنه	***	۴۷/۶	۰/۲۹۱	۰/۸۷	$Y = ۲/۱۳۰ \times X^{۱/۵۴۱}$
شاخه اصلی	***	۱۱۸/۷	۰/۳۲۰	۰/۹۴	$Y = ۰/۶۴۰ \times X^{۲/۷۰۷}$
شاخه فرعی	***	۱۰۶/۸	۰/۲۴۲	۰/۹۳	$Y = ۱/۲۶۰ \times X^{۱/۹۱۲}$
سرشاخه	***	۳۵۱	۰/۱۱۱	۰/۹۸	$Y = ۰/۰۵۱ \times X^{۱/۵۹۶}$
برگ	***	۹۵	۰/۲۱۴	۰/۹۳	$Y = ۰/۴۲۶ \times X^{۱/۶۰۶}$
کنده	***	۱۱/۵	۰/۴۲۰	۰/۶۲	$Y = ۲/۹۰۵ \times X^{۱/۰۹۶}$
اندام هوایی	***	۱۱۴/۸	۰/۲۳۲	۰/۹۴	$Y = ۶/۳۳۹ \times X^{۱/۹۲۳}$
کل	***	۱۵۳	۰/۱۸۸	۰/۹۶	$Y = ۱۵/۵۳۹ \times X^{۱/۷۸۵}$

۱۶ / معرفی آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

جدول ۶- تحلیل رگرسیون برای تعیین مدل برآورد زی توده در اندام های مختلف درختان
برودار جست گروه بر مبنای متغیر مستقل ارتفاع درخت

اندام	Sig.	F	Std. Error	R ²	معادله
تنه	***	۳۵/۱	۰/۳۳۱	۰/۸۳	$Y = ۰/۵۰۷ \times X^{۲/۲۰۰}$
شاخه اصلی	***	۲۱۲/۴	۰/۲۴۵	۰/۹۶	$Y = ۰/۰۴۰ \times X^{۳/۹۹۹}$
شاخه فرعی	***	۸۶/۲	۰/۲۶۷	۰/۹۲	$Y = ۰/۱۹۶ \times X^{۲/۷۴۹}$
سرشاخه	***	۱۱۶	۰/۱۸۹	۰/۹۴	$Y = ۰/۱۱۴ \times X^{۲/۲۸۳}$
برگ	***	۳۴/۹	۰/۳۳۴	۰/۸۳	$Y = ۰/۱۰۹ \times X^{۲/۲۱۵}$
کنده	***	۹/۷	۰/۴۴۰	۰/۵۸	$Y = ۱/۰۷۷ \times X^{۱/۵۴۷}$
اندام هوایی	***	۱۰۸/۵	۰/۲۴۰	۰/۹۴	$Y = ۰/۹۴۹ \times X^{۲/۷۹۹}$
کل	***	۸۲	۰/۲۵۱	۰/۹۲	$Y = ۲/۸۸۸ \times X^{۲/۵۵۶}$

سخن پایانی

در مورد پهن برگان که جزو دو لپه ای های چوبی محسوب می شوند، اغلب دو مشکل در ایجاد روابط آلومتری وجود دارد:

اول اینکه این گیاهان ساختار شاخساره ای پیچیده ای دارند.

دوم اینکه بخش عمده ای از آنچه به عنوان زی توده در نظر گرفته می شود چوب غیرزنده (درون چوب) است.

این دلایل روابطی را که برای برآورد زی توده می باشند پیچیده می کند. نتایج حاصل از پژوهش های مختلف نشان داده است که معادلات توانی یک فرم بسیار عمومی از معادلات برآورد زی توده درخت و اندام های مختلف آن هستند.

معرفی معادلات آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد / ۱۷

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

در این تحقیق نیز معادلات توانی بهترین برازش را در برآورد زی توده و بالتبع آن در موجودی کربن نشان دادند.

در بیشتر تحقیقات متغیر مستقل قطر برابر سینه به عنوان یکی از مهمترین متغیرهای پیش بینی برای زی توده، ارائه شده است. تا حدی که می توان ادعا کرد این متغیر عمومیت پیدا کرده است.

در این تحقیق، در درختان تک پایه قطر برابر سینه و قطر متوسط تاج و در فرم جست گروه قطر متوسط تاج و ارتفاع درخت معادلات آلومتری بهتری برای مدل سازی ارائه کردند. به طور خلاصه بهترین مدل های برازش شده برای گونه بلوط ایرانی عبارتند از:

برآورد زی توده درختان تک پایه

متغیر قطر برابر سینه: $Y = 0.692 \times x^{2.005}$ با ضریب تبیین $R^2=99$

متغیر ارتفاع درخت: $Y = 1.495 \times x^{2.884}$ با ضریب تبیین $R^2=99$

برآورد زی توده درختان جست گروه

متغیر ارتفاع درخت: $Y = 2.888 \times x^{2.556}$ با ضریب تبیین $R^2=92$

متغیر قطر متوسط تاج: $Y = 15.539 \times x^{1.785}$ با ضریب تبیین $R^2=96$

۱۸ / معرفی آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

منابع

- ابراهیمی، م.، بیگلریگی، ب.، رسانه، ی. و زبیری، م.، ۱۳۷۲. روش آماربرداری برای جنگل‌های بلوط غرب. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۴۶. صفحات ۱ تا ۱۴.
- ایرانمنش، ی.، ۱۳۹۲. ارزیابی روش‌های برآورد زی توده و ترسیب کربن گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در جنگل‌های استان چهارمحال و بختیاری. رساله دکتری گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۵ صفحه.
- ثاقب‌طالبی، خ.، ۱۳۸۳. نگاهی به جنگل‌های ایران. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. شماره ۳۳۹. ۲۸ صفحه.
- جزیره‌ای م.ح. و ابراهیمی رستاقی، م.، ۱۳۸۲. جنگل‌شناسی زاگرس. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۵۸ صفحه.
- شریعت‌نژاد، ش. و ابراهیمی رستاقی، م.، ۱۳۷۵. زاگرس، وضعیت موجود و گزینه‌های مدیریت. همایش ملی مدیریت جنگل‌های زاگرس، خرم‌آباد.
- مظفریان، و.، ۱۳۸۳. درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات فرهنگ معاصر، ۱۰۰۲ صفحه.
- Anonymous, 2005. Manual of Biomass Survey and Analysis. Forestry Research and Development Agency & Japan International Cooperation Agency, 23 p.
- Basuki, T., Van Laake, P., Skidmore, A. and Hussin, Y. 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest ecology management* 257(8):1684–1694.
- Brown J.C., Koeppe, M., Coles, B. and Price, K. 2004, "Soybean Production and Conversion of Tropical Forest in the Brazilian Amazon: The Case of Vilhena, Rondonia," *Ambio* 34:456–463.
- Grace, L.A. 2004. Incorporation vs. sole proprietorship. *Forest Operations Review*, Technical Release. pp 31-32.
- Komiyama, A., Pongparn, S. and Kato, S. 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21: 471-477.
- Losi, C.J., Siccama, T.G., Condit, R. and Morales, J.E. 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. *Forest ecology and Management*, 184(1-3), pp.355-368.
- Navar, J. 2009. Allometric equations and expansion factors for tropical dry forest trees of eastern Sinaloa, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 45-52.

معرفی معادلات آلومتری زی توده درختان با مبدأ دانه زاد / ۱۹

یا تک پایه و شاخه زاد یا جست گروه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.)

- Niklas, K.J. 1994. Plant Allometry The scaling of Form and Process (Univ Chicago Press, Chicago, USA).
- Parresol, B.R. 1999. Assessing Tree and Stand Biomass: A Review with Examples and Critical Comparisons, Science 45(4): 573-593.
- Sagheb-Talebi, Kh., Toktam, S. and Pourhashemi, M. 2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future (Plant and Vegetation), Springer, 157p.
- Sebrala, H., Abich, A., Mesele, N., Asrat, Z. and Bohdan, L. 2022. Allometric Equations for Estimating Biomass and Volume of Ethiopian Forests and Establishing a Database: Review. Trees, Forests and People doi: 10.1016/j.tfp.2022.100314.
- Walle, I. V., Mussehe, S., Samson, R., Last, N. and Lemeur, R. 2001. The above- and below ground Carbon pools of tow mixed deciduous forest located in East-Flanders, Belgium. Forest Science, 58: 507-517.
- Wang, C., Gower, S.T., Wang, Y., Zhao, H., Yan, P. and Bond-Lamberty, B.P. 2001. The influence of fire on carbon distribution and net primary production of boreal Larix gmelinii forests in north-eastern China. Global Change Biology 7, 719-730.