دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

تعیین ضریب شکل درخت پالونیا (*Paulownia fortunei*) در طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا گرگان

جهانگیر محمدی[۱]، ندا مسعودی[۲] و علی‌اکبر محمدعلی پورملکشاه[۳]

۱- استادیار دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، (نویسنده مسوول: mohamadi.jahangir@gmail.com)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان
۳- دانشجوی دکتری علوم جنگل و جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳
صفحه: ۱۰ تا ۱۹

چکیده

موجودی منابع جنگلی و برآورد حجم نقش مهمی در شناخت وضعیت موجود در جنگل‌ها و مدیریت پایدار این منابع دارد. با داده‌های دقیق در مورد حجم چوب، مدیران می‌توانند تصمیمات مناسبی بگیرند و استمرار در زراعت چوب را تضمین کنند. ضریب شکل یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های تعیین حجم دقیق درختان است. هدف از این پژوهش تعیین ضریب شکل گونه پالونیا (*Paulownia fortunei*) و مقایسه ضریب شکل‌های واقعی با طبیعی، مصنوعی و هوهنادل است. در این تحقیق برای گونه پالونیا در طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا استان گلستان، چهار نوع ضریب شکل، واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل ارزیابی شد. بدین منظور ۲۰ اصله درخت به‌طور تصادفی بر اساس طبقات قطری انتخاب شدند. از هر درخت اطلاعات ارتفاع درختان موردنظر، قطر برابرسینه، قطر در ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ ارتفاع درخت، سپس از هر درخت قطعات ۲ متری جدا شد و قطر ابتدا و انتهای هر قطعه ۲ متری اندازه‌گیری شد. همچنین ارتفاع و قطر کنده و طول درخت نیز اندازه‌گیری شد. برای محاسبه حجم دقیق تنه از جمع حجم‌های دومتری و کنده با استفاده از فرمول اسمالیان انجام‌شده سپس ضریب شکل‌های واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل برای هر پایه محاسبه شدند. نتایج نشان داد که ضریب شکل پالونیا با استفاده از فرمول‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل به ترتیب ۰/٤۰۸، ۰/٤۲۷، ۰/۳۰٤ و ۰/٤۱٦ بود. همچنین نتایج آزمون t جفتی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین ضریب شکل مصنوعی و واقعی وجود داشت ($p>0/05$)، اما بین ضریب شکل‌های واقعی با هوهنادل و طبیعی در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p<0/05$). با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ضریب شکل هوهنادل و طبیعی به دلیل عدم تفاوت معنی‌داری و نزدیک بودن به ضریب شکل واقعی می‌تواند به‌عنوان ضریب شکل مناسب برای پالونیا مورداستفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: پالونیا، حجم سرپا، ضریب شکل، طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا، گرگان

مقدمه

جنگل‌ها خدماتی را ارائه می‌دهند که برای توسعه ملی و حفظ معیشت روستاییان، ازجمله تولید چوب، اهمیت دارد با افزایش تقاضا برای چوب، ارزیابی صحیح و دقیق ذخایر جنگل (برآورد حجم تنه) به همراه پیش‌بینی‌های افزایش حجم حاصل از مدل‌های رشد برای حصول اطمینان از مدیریت جنگل‌های پایدار ضروری است (۱۸). در کشورهای درحال‌توسعه، علاوه بر مطالعات افزایش بهره‌وری از چوب و حفظ تعادل اکولوژیکی، مطالعاتی نیز درباره چرخه کربن، سیستم تعادلی مواد غذایی که جنبه‌های جهانی بیشتری از چوب را فرا می‌گشامل می شود بیشتر شده است. (۱۱). درگذشته، جنگل‌های طبیعی، به‌ویژه درکشورهای گرمسیری، به‌منظور بهره‌برداری از چوب، برای چوب و کاغذ، چوب سوخت، خمیر چوب و غیره مورداستفاده قرار گرفتند و پوشش درختی برای استفاده از زمین‌های حاصلخیز به‌منظور کشت محصولات زراعی پاک‌سازی شدند (۴۲). امروزه استفاده از چوب در مناطق جنگلی افزایش‌یافته که باعث نابودی جنگل‌ها در مناطق وسیعی شده است و سرانه‌ی جنگل در ایران تنها حدود ۰/۱۷ هکتار به‌ازای هر نفر است(۲۰)؛ بنابراین با توجه به شرایط اقلیمی ایران که ۸۵ درصد آن شامل مناطق خشک و نیمه‌خشک است و همچنین تخریب سریع تمامی مناطق جنگلی، به‌دلیل استفاده بی‌رویه از منابع چوبی و همچنین از دیدگاه حفاظت از منابع آب‌وخاک زراعت چوب امری ضروری است (۳۵). امروزه زراعت چوب با هدف تولید چوب از جایگاهی مهمی برخوردار است آن‌چنان‌که بسیاری از کشورهای جهان ازجمله آمریکا، کانادا، نیوزلند، چین، ژاپن و کره جنوبی به‌رغم داشتن جنگل‌های طبیعی بسیار وسیع درزمینه زراعت چوب، فعالیت‌های قابل‌توجهی از خود نشان داده‌اند جنگل‌کاری‌ها امروزه علاوه بر منابع مهم تأمین‌کننده چوب از عوامل کاهش‌دهنده روند تخریبی عرصه‌های طبیعی هستند (۵۰). اطلاعات دقیق و به‌روز برای اهداف متعددی، ازجمله مدیریت جنگل، حفظ تنوع زیستی و زی‌توده، اثر تغییرات اقلیمی و عوامل طبیعی مختلف موردنیاز است، این اطلاعات از آماربرداری یا نمونه‌برداری در عرصه جنگل‌کاری به‌دست می‌آید (۲۴). حدود ۳۷ درصد چوب مورد نیاز جهان از جنگل‌کاری تأمین می‌شود و تنها ۱۰ درصد از کل سطح جنگل‌های جهان را جنگل‌کاری‌ها به خود اختصاص داده‌اند و انتظار می‌رود این جنگل‌کاری‌ها بتوانند پاسخگوی ۴۶ درصد از تقاضای چوبی جهان تا سال ۲۰۴۰ میلادی باشند. یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی ایران، جنگل‌های شمال ایران با مساحت حدود ۱/۹ میلیون هکتار است که منبع مهم تولید چوب و فرآورده‌های جنگلی نیز است و فقط حدود ۱/۲ میلیون هکتار از این جنگل جزء جنگل‌های مرغوب و تجارتی

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]

باقی‌مانده است (۳۵). لذا جنگل‌های طبیعی پهن‌برگ پاسخگوی نیازهای چوب مصرفی آتی کشور نبوده و حتی به‌مرور در اثر بهره‌برداری‌های بیش‌ازحد از بین خواهند رفت. علاوه بر آن با توجه به تصویب طرح تنفس در جنگل‌های تجارتی و دارای طرح شمال ایران نیاز به توسعه جنگل‌کاری‌ها در جهت تأمین مصارف مختلف چوب امری ضروری به‌نظر می‌رسد؛ بنابراین کسب اطلاعات از مشخصه‌های ساختاری این منابع برای مدیریت و برنامه‌ریزی آن‌ها امری ضروری و کاربردی است. گونه‌های غالب جنگل‌کاری‌ها در سطح جهان از گونه‌های سریع‌الرشد مانند کاج‌ها و انواع مختلف اکالیپتوس‌ها می‌باشند که علاوه بر تأمین چوب، مانع از فرسایش، کاهش شوری خاک، دفع بی‌خطر فاضلاب‌ها و افزایش تنوع زیستی مهم هستند.

پالونیا نیز ازجمله گونه‌های سریع الرشد با دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت است. جنس *Paulownia* حدود ۹ گونه بومی و چند هیبرید در چین و جنوب شرقی آسیا دارد (۷). گونه‌های جنس *Paulownia* به‌عنوان درختان چندمنظوره شناخته می‌شوند. چوب پالونیا برای محصولات چوبی مستحکم، تخته اره، تخته روکش و برای تولید خمیرکاغذ، اسباب‌بازی‌ها، برای ساخت مبلمان، تخته سه‌لا، آلات موسیقی و همچنین در صنعت داروسازی استفاده می‌شود. از برگ‌های پالونیا به‌عنوان علوفه یا کود، گل را برای تولید عسل و چوب را برای محصولات چوبی تولید می‌کنند (۴۵،۳۴). خواص فیزیکی و شیمیایی چوب آن، ازجمله سبک‌وزن بودن، عایق بودن، خشک شدن سریع، نقطه اشتعال بالا و مقاومت به پوسیدگی، چوب پالونیا را یک ماده خام جالب برای ساخت‌وساز خانه و مبلمان تبدیل می‌کند. به‌همین ترتیب چوب پالونیا نیز به‌عنوان مواد خام برای تولید خمیر شیمیایی مورد بررسی قرارگرفته است (۳۰،۱۴،۱۳). گونه *P. fortunei* سرعت رشد ارتفاعی بالایی دارد. در ایران برای بررسی رویش صنوبر و پالونیا در یک جنگل‌کاری پنج‌ساله در حوزه شرکت چوب و کاغذ مازندران با اندازه‌گیری مشخصه‌های قطر برابرسینه و ارتفاع این دو گونه را ازنظر میزان رویش قطری و ارتفاعی موردبررسی و تجزیه تحلیل قراردادند که درنتیجهٔ متوسط رویش سالانه ارتفاعی پالونیا ۱/۲۳ متر برای فواصل کاشت مختلف و متوسط رویش قطری در فواصل ۳، ۴ و ۵ متری به‌ترتیب ۲/۲ و ۷/۵، ۲/۲ سانتی‌متر گزارش‌شده است (۲۳). *P. fortunei* در دمای ۵- تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد نسبت به سرما مقاومت کرده و میانگین دمایی آن ۱۳ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد است (۴۱). از بین گونه‌های پالونیا دو گونه *P.fortunei* و *P.elongata* به‌دلیل سرعت رشد بالا به‌عنوان گونه‌های چوب‌ده شناخته‌شده‌اند (۱۹). به‌منظور حفاظت از جنگل‌ها و ممانعت از خروج مبالغ هنگفت ارز از کشور و نیز افزایش سطح اشتغال با تولیدات داخلی، تنها می‌توان به توسعه و کشت گونه‌های سریع‌الرشد امیدوار بود و باید به‌منظور افزایش و استمرار تولید آن‌ها، پژوهش و بررسی بیشتری در خصوص تعیین حجم آن‌ها انجام شود (۸). دستیابی به مقدار مشخصه‌های مختلف یک توده جنگلی، تنها به کمک آماربرداری و اندازه‌گیری مشخصه‌های درختان امکان‌پذیر است و لازمه تصمیم‌گیری و مدیریت صحیح از منابع جنگلی داشتن اطلاعات دقیق از مشخصه‌های کمی درختان ازجمله حجم است و یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های مهم در تعیین حجم دقیق، مشخصه ضریب شکل درختان است (۴۵،۳۱،۲۳،۴). فرم و شکل درختان با توجه به شیوه‌های مختلف مدیریتی، اقلیم، عوامل ژنتیکی، گونه، سن و یا ترکیب و اندازه گونه متفاوت بوده و بارندگی، درجه حرارت، جهت و شدت باد می‌تواند از عوامل مؤثر بر بقا، رشد و همچنین مورفولوژی درخت باشد (۴۲،۳۶). طبق تحقیقی که در جنگل‌های طبیعی حوضه شفارود گیلان انجام گرفت، مؤلفه‌های رویشگاه مانند جهت جغرافیایی، شیب زمین و مراحل رویشی نیز بر ضریب شکل درختان راش تأثیر گزار بوده است. به این‌منظور ۴۱۱ اصله درخت راش در چهار جهت جغرافیایی (شمال، شمال شرق، شرق و شمال غرب) در چهار طبقه شیب کمتر از ۳۰، ۴۵-۳۰، ۴۵-۶۰ و بیش از ۶۰ درصد و در چهار مرحله رویشی جوانی میان‌سالی، مسن و کهن‌سالی اندازه‌گیری شد. نتایج این بررسی نشان داد که بین تیمارهای بررسی ضریب شکل درختان راش تفاوت معنی‌داری وجود دارد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش دانت نشان داد که بین ضریب شکل طبیعی ساقه (۰/۵۴۷۵) و هوهنادل (۰/۵۴۴۶) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. همچنین نتایج نشان داد که، با افزایش شیب رویشگاه ضریب شکل نیز افزایش می‌یابد و در جهت شمالی این عدد به یک نزدیک‌تر شد (۴۱). اگر بتوان فرم یک درخت را با دقت تعیین کرد، حجم نیز به‌درستی برآورد می‌شود (۴۴). دانشمندان با بررسی درختان در شرایط متفاوت شاخص‌ها و ضرایبی را که مقدار یا نسبتی از کاهش قطر در ارتفاع‌های مختلف ساقه درخت است ایجاد کرده‌اند تا با استفاده از آن‌ها بتوان حتی در صورت نداشتن جدول‌های حجم، مقدار واقعی حجم درختان را با تقریب مشخص برآورد کرد. همچنین با استفاده از این ضرایب می‌توان شکل یا شاخص‌های هندسی ساقه درختان یک‌گونه را در رویشگاه‌های مختلف یا گونه‌های مختلف یک رویشگاه مقایسه کرد (۳۷). حجم درخت‌ها معمولاً از اندازه‌گیری قطر در ارتفاع برابرسینه (DBH) ارتفاع (H) و ضریب شکل (f) به‌عنوان سومین مشخصه برای برآورد حجم به‌دست می‌آید. با محاسبه ضریب شکل، حجم درخت به مقدار واقعی خود نزدیک‌تر می‌شود (۳۷). مقدار حجم سرپا را با در نظر گرفتن ضریب شکل می‌توان در محدوده خطای ۰/۲ درصد محاسبه کرد (۱۳) درحالی‌که اگر تنها DBH و ارتفاع در یک معادله حجمی قرار گیرد حجم برآورد شده بیشتر از حد مجاز است (۴۰،۲۲). اندازه‌گیری سطح مقطع درختان جنگلی به‌آسانی و با هزینه کم انجام می‌شود، اما اندازه‌گیری ارتفاع و ضریب شکل کار بسیار زمان‌بر و پرهزینه‌ای است. اگرچه مشکلات اندازه‌گیری ارتفاع درختان توده‌های جنگلی با استفاده از دستگاه‌های جدید مانند Vertex Laser و استفاده از معادلات و منحنی‌های قطر-ارتفاع تا حدودی آسان شده است، اما اندازه‌گیری ضریب شکل درخت هنوز به‌عنوان یک مشکل اساسی مطرح است (۴۶). ضریب شکل با روش‌های مختلفی محاسبه می‌شود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]

دقیق‌ترین ضریب شکل، ضریب شکل واقعی است که از نسبت حجم حقیقی درخت به حجم استوانه‌ای که در آن سطح مقطع در ارتفاع برابرسینه (۱/۳) و ارتفاع آن برابر ارتفاع درخت است؛ اما برای محاسبه آن باید درخت در هر رویشگاه قطع گردد (۴۷)؛ که کار زمان‌بری بوده و تکرار آن مشکل است و این عمل همیشه در مناطق جنگلی امکان‌پذیر نیست علاوه براین برای تمام گونه‌های درختی نمی‌توان انجام داد، از طرفی عملیات قطع به درختان سرپا، نهال‌ها، خاک و محیط جنگل آسیب می‌رساند؛ بنابراین محققان سعی کردند از روش‌های دیگری استفاده کنند که در آن حجم برآورد شده به حجم حقیقی درخت نزدیک‌تر باشد. بنیاد و همکاران (۹) به‌منظور بررسی تغییرات ضریب شکل درختان راش با توجه به مراحل رویشی و فیزیو گرافی رویشگاه ۴۱۱ اصله درخت را اندازه‌گیری کردند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین ضریب شکل‌های طبیعی (۰/۵۴۷) و هوهنادل (۰/۵۴۴) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (۹). اصلی و همکاران (۵)، ضریب شکل و تهیه جداول حجم گونه راش را در بخش پاتم جنگل تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی کرج (خیرودکنار)، مورد مطالعه قراردادند. در این تحقیق ۲۲۰ اصله درخت راش در سنین و ابعاد مختلف قطع و قطر تنه و شاخه‌ها تا هفت سانتی‌متر و در قطعات یک و دو متری اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ضریب همبستگی بین ضریب شکل و مشخصه‌های قطر و ارتفاع و غیره به‌ترتیب ۰/۷۴۰، ۰/۸۹۱، ۰/۹۰۷ حاصل شد و ضریب شکل حقیقی ۰/۴۷۷ به‌دست آمد (۵). زبیری و همکاران (۵۰)، ضریب شکل گونه راش را در جنگل‌های ویسر (نوشهر) مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق ۴۲۹ اصله درخت راش در طبقات قطری ۱۵ تا ۱۲۰ سانتی‌متر و در ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا به‌طور منظم تصادفی انتخاب شدند. نتایج حاصل از رابطه بین ضریب شکل و قطر نشان داد که ضریب همبستگی ۰/۸۱۸۲ و ضریب شکل حقیقی ۰/۴۸۷ به‌دست آمد (۵۰). حق وردی و همکاران (۲۱) ضریب شکل گونه راش را در جنگل ویسر (نوشهر) مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از میانگین حجم واقعی و حجم برآورد شده بر اساس ضریب شکل مصنوعی دارای اختلاف معنی‌داری است. میانگین حجم واقعی و حجم برآورد شده بر اساس ضریب شکل طبیعی، اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد که در نتیجه ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری بین میانگین حجم واقعی با میانگین هیچ‌کدام از حجم‌های برآورد شده راش مشاهده نمی‌شود. در نهایت ضریب شکل هوهنادل مناسب‌ترین ضریب شکل انتخاب گردید (۲۱). امینی و همکاران (۴)، ضریب شکل تنه درختان راش را در جنگل هفت‌خال ساری با ۳۰ اصله در طبقات قطری کمتر از ۵۰، ۷۰ — ۵۰ و بیشتر از ۷۵ سانتی‌متر مورد بررسی قراردادند. نتایج این پژوهش نشان داد که ضریب شکل مصنوعی، هوهنادل و میانگین ضریب شکل درختان راش به‌ترتیب ۰/۴۸، ۰/۴۹ و ۰/۴۸ بود (۴). فدایی و همکاران (۱۸)، بهترین روش ضریب شکل را برای کاج تدا در مزارع شهرستان تالش (استان گیلان) مورد بررسی قراردادند. در این تحقیق ۱۱۰ اصله کاج بر اساس طبقات قطری از ۱۲ تا ۳۴ سانتی‌متری با فاصله قطری ۲ سانتی‌متری انتخاب گردید. نتایج نشان داد که بین ضریب شکل واقعی و هوهنادل در سطح احتمال ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و ضریب شکل هوهنادل می‌تواند بهترین گزینه برای کاج تدا باشد (۱۸). کلانتری و همکاران (۳۱)، تعیین مناسب‌ترین ضریب شکل برای زربین در شمال ایران بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین ضریب شکل واقعی و مصنوعی در سطح احتمالی ٪۹۵ وجود دارد. علاوه بر این تفاوت‌های قابل‌توجهی بین میانگین ضریب شکل واقعی و هوهنادل نیز وجود داشت(۳۱). اسلام دوست و همکاران (۱۷)، روش‌های مختلف تعیین ضریب شکل را برای برآورد حجم درختان صنوبر و دارتالاب دست کاشت در منطقه کلوده– استان مازندران مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق ۱۲ اصله درخت از هر توده در ۴ طبقه قطری از ۱۰ تا ۴۵ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. نتایج نشان داد در صنوبر، ضریب شکل مصنوعی ۰/۵ با ضریب شکل واقعی ۰/۵۱۵ و در دارتالاب ضریب شکل هوهنادل ۰/۵۲ با ضریب شکل واقعی ۰/۴۹۸ اختلاف معنی‌داری نداشت(۱۷). کردی و همکاران (۳۲)، بررسی تعیین ضریب شکل راش را در جنگل‌های استان گلستان با انتخاب ۱۵۰ اصله راش در طبقات قطری مختلف (۳۰ تا ۱۳۵ سانتی‌متر) در محدوده پنج طرح جنگل‌داری لیوان، وطنا، کردکوی، شموشک و دکتر بهرام‌نیا به‌روش تصادفی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که ضریب شکل راش با استفاده از فرمول‌های هوهنادل، طبیعی، مصنوعی و واقعی به‌ترتیب ۰/۵۰۲، ۰/۴۶۴، ۰/۴۰۷، ۰/۴۵۴ بود. از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین ضریب شکل واقعی، مصنوعی و طبیعی با هوهنادل وجود داشت، اما بین ضریب شکل طبیعی و واقعی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (۳۲). اینوی (۲۷)، ضریب شکل توده‌های خالص همسال سرو ژاپنی و کریپتومریای ژاپنی را در غرب ژاپن مورد مطالعه قراردادند. بر اساس نتایج مشخص شد که تفاوت ضریب شکل دو گونه معنی‌داری بود. همچنین، ضریب شکل طبیعی برای ساقه در ارتفاع نسبی ۰/۵ و ۰/۷ به‌ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۸۷ بود (۲۷). آدیکنول و همکاران (۱)، ضریب شکل و مدل‌های برآورد حجم ۳۲۳ اصله درخت را در جنگل‌های پهن‌برگ گرمسیری هند بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ضریب شکل واقعی برای گونه‌های *Ehretia laevis, Mallotus philippensis, Schleichera oleosa, Shorea robusta, Syzygium cumini, Tectona grandis, Terminalia elliptica* به‌ترتیب ۰/۵۲، ۰/۵۳، ۰/۵۷، ۰/۴۲، ۰/۵۰، ۰/۴۹، ۰/۴۴، ۰/۴۲ بوده است (۱). کولجان و همکاران (۱۴)، ارتباط زی‌توده را با مشخصه‌های ضریب شکل و چگالی چوب در گونه‌های درختی ساوانای آفریقا مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که ضریب شکل گونه‌ها از ۰/۵۷ تا ۰/۷۷ متغیر بود (۱۴). اوستاخ و همکاران (۳۹)، بهترین ضریب شکل برای کاج بروسیا خرم‌آباد را با قطع و اندازه‌گیری ۳۰ اصله درخت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بین ضریب

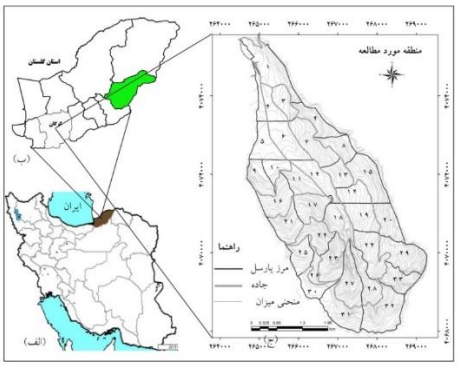
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]

شکل واقعی و سه ضریب شکل دیگر (طبیعی، مصنوعی و هوهنادل) در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در نتیجه هیچ‌کدام قابلیت جایگزینی ضریب شکل واقعی را ندارند (۳۹). با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده و بررسی منابع موجود و با توجه به این‌که هنوز ضریب شکل برخی گونه‌های پهن‌برگ کاشته شده تعیین نشده است و با توجه به اهمیت محاسبه حجم دقیق درختان برای تصمیم‌گیری و مدیریت پایدار منابع جنگلی، هدف این تحقیق تعیین ضریب شکل گونه پالونیا در طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا گرگان استان گلستان و مقایسه ضریب شکل واقعی با ضریب شکل‌های (طبیعی، مصنوعی و هوهنادل) است. همچنین روند تغییرات این ضرایب در طبقات قطری مختلف نیز بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه واقع در سری یک طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا (شصت کلاته) در حوزه آبخیز ۸۵ اداره کل منابع طبیعی استان گلستان و در جنوب شرقی شهر گرگان با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی است. بر مبنای سیستم مختصات UTM منطقه مورد مطالعه در زون ۴۰ شمالی واقع است. منطقه مورد مطالعه بر اساس اطلاعات ایستگاه کلیماتولوژی هاشم‌آباد در فاصله ۵ کیلومتری شمال منطقه طرح در جلگه، از نظر طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم مرطوب معتدل است و میزان بارندگی متوسط سالیانه ۶۴۹ میلی‌متر که بین ۵۲۸ تا ۸۱۷ میلی‌متر متغیر است، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۵/۴ سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی سالیانه ۶۳/۲ درصد، میانگین وزنی متوسط تبخیر و تعرق سالیانه ۱۰۱۲/۵ میلی‌متر و فصل رویش حدود ۱۰ ماه است (۱۵). رویشگاه مورد نظر (جنگل‌کاری پالونیا) در پارسل ۵ سری یک طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا واقع‌شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان گلستان
Figure 1. Location of study area in the Golestan province of Iran

روش برداشت داده‌ها: روش نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی و بر اساس طبقات قطری ۵ سانتیمتری به‌طوری‌که در هر طبقه قطری حدوداً ۲ درخت انتخاب شد. از هر درخت قطع‌شده، متغیرهای قطر برابرسینه، قطر در ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ ارتفاع از کنده تا جوانه انتهایی و همچنین شاخه‌های منشعب تا قطر ۷/۵ سانتی‌متری هر درخت به‌صورت قطعات دو متری جدا و قطر ابتدا و انتهای هر قطعه اندازه‌گیری شد. ارتفاع و قطر کنده و طول کل درخت نیز اندازه‌گیری و ثبت شد. برای محاسبه حجم واقعی تنه با استفاده از فرمول اسمالیان (رابطه ۱)، برای هر قطعه دومتری و جمع حجم‌های قطعه‌های دومتری و کنده، حجم دقیق درخت به‌دست آمد.

$$V = \frac{g1+g2}{2} \times h \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه g_1 سطح مقطع ابتدای قطعه دومتری (مترمربع) g_2 سطح مقطع انتهای قطعه دومتری (مترمربع) h ارتفاع یا طول قطعه (متر) و V حجم به مترمکعب است (۴۸). سپس ضریب شکل‌های مختلف هرگونه (واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل) به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های موجود محاسبه گردید (جدول ۱).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]

جدول ۱- رابطه‌های مورداستفاده برای ضریب شکل‌های مورد مطالعه

Table 1. The equations used for calculating form factors in this study

ضریب شکل	رابطه	تشریح اجزای رابطه
واقعی	$f_{1.3} = \frac{V}{\dot{V}} = \frac{V}{\frac{\pi}{4} \times d_{1.3}^2 \times h} = \frac{V}{g_{1.3} \times h}$	g_1 وg_2 سطح مقطع در ابتدا و انتهای قطعه،$f_{1.3}$ ضریب شکل حقیقی درخت، v حجم حقیقی درخت برحسب مترمکعب،$g_{1.30}$ سطح مقطع درخت برحسب مترمربع در ۱/۳ ارتفاع درخت تا قطر هفت سانتی‌متر، h ارتفاع درخت برحسب متر تا قطر هفت سانتی‌متر
مصنوعی	$f_{1.3} = \frac{(d_{0.5})^2}{(d_{1.3})^2}$	$f_{1.3}$ضریب شکل مصنوعی درخت، $d_{0.5}$ قطر در میانه ارتفاع (طول درخت از بن تا محلی که قطر آن برابر با هفت سانتی‌متر است)، $d_{1.3}$قطر در ارتفاع برابرسینه
طبیعی	$f_{0.1} = \frac{V}{V_{0.1}} = \frac{V}{\frac{\pi}{4} \times d_{0.1}^2 \times h} = \frac{V}{g_{0.1} \times h}$	$f_{0.1}$ ضریب شکل طبیعی درخت، v حجم حقیقی درخت برحسب مترمکعب، $g_{0.1}$ سطح مقطع درخت برحسب مترمربع در ۰/۱ ارتفاع درخت تا قطر هفت سانتی‌متر، h ارتفاع درخت تا قطر هفت سانتی‌متر
هوهنادل	$f_{0.1} = 0.2\left(1 + \frac{(d_{0.3})2}{(d_{0.1})2} + \frac{(d_{0.5})2}{(d_{0.1})2} + \frac{(d_{0.7})2}{(d_{0.1})2} + \frac{(d_{0.9})2}{(d_{0.1})2}\right)$	$f_{0.1}$ ضریب شکل هوهنادل درخت، $d_{0.1}$ قطر در ۰/۱ ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر، $d_{0.3}$ قطر در ۰/۳ ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر،$d_{0.5}$ قطر در میانه ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر، $d_{0.7}$ قطر در ۰/۷ ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر،$d_{0.9}$ قطر در ۰/۹ ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر

نتایج و بحث

بررسی آماره‌های توصیفی نشان داد که میانگین‌های قطر برابرسینه ۳۶/۵۳ سانتی‌متر، ارتفاع ۱۶/۵۲ متر، سطح مقطع، ۰/۱۱۴ مترمربع و حجم ۰/۸۳ مترمکعب به‌دست آمد (جدول ۲).

جدول ۲- آماره‌های توصیفی مشخصه‌های قطر، ارتفاع، حجم و سطح مقطع درختان پالونیا

Table 2. Descriptive Characteristics of DBH, height, volume and basal area of Paulownia trees

آماره‌های توصیفی	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	تعداد
قطر (سانتی‌متر)	۳۶/۵۳	۲۳/۵	۷۲	۱۱/۲۰	۲۰
ارتفاع (متر)	۱۶/۵۲	۹/۵	۲۱/۳	۳/۲۵	۲۰
سطح مقطع (مترمربع)	۰/۱۵	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۸	۲۰
حجم (مترمکعب)	۰/۸۳	۰/۱۷	۳/۹	۰/۷۴	۲۰

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین ضریب شکل هوهنادل (۰/۴۷) در منطقه مورد مطالعه از ضریب شکل‌های طبیعی (۰/۴۳)، مصنوعی (۰/۳) و واقعی (۰/۴۱) بیشتر بود. ضریب شکل مصنوعی نیز بیشترین تفاوت را با ضریب شکل واقعی داشت. مقایسه ضریب شکل واقعی پالونیا با ضریب شکل‌های طبیعی، مصنوعی هوهنادل ازنظر آماری با استفاده از آزمون t جفتی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین ضریب شکل واقعی با مصنوعی وجود داشت، اما تفاوت معنی‌داری بین ضریب شکل‌های واقعی با طبیعی و هوهنادل وجود نداشت. همچنین بین ضریب شکل‌های طبیعی با مصنوعی و مصنوعی با هوهنادل تفاوت معنی‌داری وجود داشت; اما بین ضریب شکل طبیعی با هوهنادل در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه ضریب شکل‌های واقعی با طبیعی، مصنوعی و هوهنادل

Table 4. Comparison form factors real, natural, artificial and hohnadl

ضریب شکل‌های مورد مقایسه	آماره t	درجه آزادی	معنی‌داری
واقعی با مصنوعی	-۰/۷۳	۱۹	۰/۰۰
واقعی با طبیعی	۳/۶۱	۱۹	۰/۴۷
واقعی با هوهنادل	-۰/۴	۱۹	۰/۶۹
طبیعی با مصنوعی	۰/۴۲	۱۹	۰/۰
طبیعی با هوهنادل	۰/۴۹	۱۹	۰/۶۲
مصنوعی با هوهنادل	-۹/۴۵	۱۹	۰/۰۰

تغییرات ضریب شکل واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل در پالونیا در طبقات قطری مختلف بر اساس شاخص ضریب تغییرات (CV) نشان داد که کمترین تغییرات ضریب شکل در طبقات قطری مختلف مربوط به ضریب شکل هوهنادل است. در ضریب شکل‌های واقعی، مصنوعی و طبیعی در طبقات قطری پایین تغییرات به نسبت زیاد بوده و در طبقات قطری متوسط و بالا تغییرات کمتر شد. ضریب شکل طبیعی و واقعی در طبقات قطری پایین و متوسط کمترین تفاوت را داشتند. بیشترین تفاوت نیز در طبقات قطری متوسط و بالا مربوط به ضریب شکل‌های مصنوعی و واقعی است. ضریب شکل هوهنادل با واقعی نیز در طبقات قطری متوسط تفاوت کمی داشته و روند این تغییر در طبقات قطری بالا ثابت بود (جدول ۴). به‌طورکلی با توجه به شاخص ضریب تغییرات، ضریب شکل‌های واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل در طبقات

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]

قطری پایین بیشترین تغییرات و تفاوت را داشتند. در طبقات قطری متوسط و بالا این تغییرات کمتر بود. با توجه به این شاخص و تفاوت بسیار کمی که ضریب شکل‌های طبیعی و واقعی در طبقات قطری پایین و متوسط باهم داشتند، در طبقات قطری پایین، ضریب شکل طبیعی و در طبقات قطری متوسط و بالا، ضریب شکل‌های طبیعی و هوهنادل جایگزین مناسبی برای ضریب شکل واقعی هستند (جدول ۴).

جدول ۴- ضریب تغییرات ضریب شکل‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل در طبقات قطری مختلف

Table 4. Form factors real, natural, artificial and hohnadl based on standard of division in different diameter classes

طبقات قطری	هوهنادل	طبیعی	مصنوعی	واقعی
<۳۰	۰/۱	۰/۳۱	۰/۲۱	۰/۳۱
۵۰-۳۰	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۱۸
>۵۰	۰/۱	۰/۱۳	۰/۳۸	۰/۱۹

تغییرات میانگین در ضریب شکل‌های به‌دست‌آمده در طبقات قطری مختلف نشان داد که میانگین ضریب شکل هوهنادل و طبیعی در طبقات قطری ۳۰< سانتی‌متر بیشتر از ضریب شکل واقعی است؛ اما در طبقات قطری ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر تقریباً باهم برابر می‌شوند؛ و در طبقات قطری بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر نیز بیشتر از ضریب شکل واقعی است؛ اما میزان تفاوت با ضریب شکل واقعی در طبقات قطری پایین، بیشتر از طبقات قطری بالا است (جدول ۵).

جدول ۵- ضریب شکل‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل در طبقات قطری مختلف

Tabl 5. Form factors real, natural, artificial and hohnadl in different diameter classes

طبقات قطری	هوهنادل	طبیعی	مصنوعی	واقعی
<۳۰	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۳۶
۵۰-۳۰	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۳	۰/۴۱
>۵۰	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۴۲

نتایج نشان داد که کمترین انحراف معیار در تمامی طبقات قطری مربوط به ضریب شکل هوهنادل است و انحراف معیار به‌دست‌آمده از ضریب شکل‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل در طبقات قطری مختلف نشان داد که میزان پراکندگی در ضریب شکل واقعی از طبقات قطری پایین به متوسط روند کاهشی داشته و در طبقات قطری بالا میزان پراکنش روند افزایشی دارد. انحراف معیار در ضریب شکل مصنوعی روند افزایشی و در ضریب شکل طبیعی روند کاهشی دارد. در ضریب شکل هوهنادل نیز در طبقات قطری پایین روند صعودی و بعد در طبقات قطری بالا روند نزولی دارد. در طبقات قطری مختلف به ترتیب بیشترین و کمترین انحراف معیار برای ضریب شکل‌های مصنوعی و هوهنادل بود (جدول ۶).

جدول ۶- انحراف از معیار ضریب شکل‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل در طبقات قطری مختلف

Table 6. Standard of division of form factors real, natural, artificial and hohnadl in different diameter classes

طبقات قطری	هوهنادل	طبیعی	مصنوعی	واقعی
<۳۰	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۱
۵۰-۳۰	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱	۰/۰۷
>۵۰	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۰۸

برآورد حجم برای تصمیم‌گیری و مدیریت پایدار منابع جنگلی مهم بوده و محاسبه ارزش پولی کالاها و خدمات را که جنگل‌ها به جامعه ارائه می‌دهد را امکان می‌سازد لذا تعیین دقیق ضریب شکل اهمیت بسیار زیادی در برآورد حجم درختان دارد (۳۱). مطابق با نتایج رحیمی‌نژاد و همکاران (۴۱)، میرعبداللهی و همکاران (۳۶) و جهانی و همکاران (۲۷) ضرایب شکل هوهنادل ۰/۴۷۳ و طبیعی ۰/۴۲۷ اختلاف معنی‌داری با ضریب شکل واقعی ۰/۴۰۸ نداشتند (۲۸،۳۶،۴۱) و نتایج حاصل نشان داد که ضرایب شکل هوهنادل و طبیعی قابلیت جایگزینی با ضریب شکل واقعی را دارند اما ضریب شکل مصنوعی ۰/۳۰۴ قابلیت جایگزینی با ضریب شکل واقعی را ندارد. این نتایج با نتایج کلانتری و همکاران (۳۱) و کردی و همکاران (۳۲) که اختلاف معنی‌داری بین ضریب شکل واقعی و ضریب شکل طبیعی وجود ندارد مطابقت داشت (۳۲،۳۱). همچنین با نتایج احمدی و همکاران (۲) که می‌توان به‌جای ضریب شکل واقعی از ضریب شکل طبیعی استفاده کرد مطابقت دارد (۲). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیق فدائی و همکاران (۱۸) و بنیاد و رحیم‌نژاد (۹)، نیز که بیان می‌دارد بین ضریب شکل واقعی و هوهنادل در سطح احتمال ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت مطابقت دارد (۱۹،۹)، همچنین با نتایج تحقیق اوستاخ و همکاران (۳۹)، که نتیجه گرفتند بین ضریب شکل واقعی و ضریب مصنوعی تفاوت معنی‌دار وجود دارد مطابقت داشت (۳۹). نتایج نشان داد که مقادیر ضرایب شکل در طبقات قطری مختلف و مراحل رویشی درخت نیز متفاوت بوده و تغییر می‌کند؛ بنابراین برای محاسبه دقیق حجم و بیان دقیق جزئیات می‌توان از مقدار ضریب شکل در مراحل رویشی مربوطه استفاده کرد. همچنین نتایج بررسی ضرایب شکل در

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]

مراحل رویشی یا طبقات قطری مختلف نشان داد که کمترین مقدار انحراف معیار و ضریب تغییرات در طبقات قطری مختلف مربوط به ضریب شکل هوهنادل و بیشترین مربوط به ضرایب شکل مصنوعی و طبیعی است. به‌طورکلی با توجه به عدم تفاوت معنی‌داری ضریب شکل طبیعی با ضریب شکل واقعی و کم بودن شاخص ضریب تغییرات، ضریب شکل‌های طبیعی در طبقات قطری پایین و متوسط می‌تواند جایگزین خوبی برای ضریب شکل واقعی باشد. همچنین عدم تفاوت معنی‌داری ضریب شکل طبیعی با ضریب شکل واقعی و حداقل انحراف معیار در تمامی طبقات قطری، ضریب شکل هوهنادل، ضریب شکل هوهنادل نیز می‌تواند جایگزین مناسبی برای ضریب شکل واقعی در این مرحله رویشی باشد. بررسی روش‌های اندازه‌گیری حجم تنه روزبه‌روز افزایش می‌یابد و محققین در حال اصلاح روش‌های اندازه‌گیری و برآورد دقیق حجم تنه می باشند. لذا در نتیجه، می‌توان از نتایج این تحقیق در محاسبه دقیق حجم درختان و در برنامه‌ریزی‌های فنی جنگل دست‌کاشت پالونیا استفاده کرد.

منابع

1. Adekunle, V.A.J., K.N. Nair, A.K. Srivastava and N.K. Singh, 2013. Models and form factors for stand volume estimation in natural forest ecosystems: a case study of Katarniaghat Wildlife Sanctuary (KGWS), Bahraich District, India. Journal of Forestry Research, 24(2): 217-226.
2. Ahmadi, A., A. Fallah, H. Jalilvand and Y. Kooch. 2008. Determining the Best Form Factor Formula for Zarbin (*Cupressus sempervirence var.horzontalis*) in North of Iran. Asian Journal of Biological. 1(1): 39-44 (In Persian).
3. Altriell, D., A. Branthomme and R. Tavani. 2010. Assessing growing stock and stock changes through multi-purpose national forest monitoring and assessment, FAO Forest Resources Assessment Programme. Working paper. Available at: www.fao.org.
4. Amini, M., M. Namiranian, Kh. Saghebtalebi, D. Parsapajouh and R. Amini. 2007. Trunk morphology of beech trees (Fagus orientalis Lipsky) on biometrical and silvicultural criteria (Case study: Haftkhal Forest, Sari, north of Iran). Iranian Journal of Natural Resources, 60(3): 843-858 (In Persian).
5. Asli, A., D. Behgel and M. Zobetri. 1976. Volume table for beech species in Patom series of Kheiroudke forest. Iranian Journal of Natural Resources, 34: 1-20 (In Persian).
6. Ates, S., Y. Ni, M. Akgul and A. Tozluoglu. 2008. Characterization and evaluation of *Paulownia* elongota as a raw material for paper production. African journal of biotechnology, 7(22).
7. Azadfar, D. 2006. Genetic polymorphism of Peroxidase enzymes in popular genes. Report of Research Plan, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, 58 pp (In Persian).
8. Bonyad, A.E., J. Torkaman and A. Rohi. 2013. Growth stages and site components influence on form factors of beech (*Fagus orientalis* Lipsky). Iranian Journal of Forest, 5(2): 109-117 (In Persian).
9. Bonyad, A.S. and S. Rahimnejad. 2004. Volume table estimation for Loblolly Pine (*Pinus Taeda*) in the north of Iran. Pajouhesh and sazandegi, 66(1): 84-88 (In Persian).
10. Burkhart, H.E. and M. Tomé. 2012. Modeling forest trees and stands. Springer Science & Business Media.
11. Canga Líbano, E., I. Dieguez-Aranda, E. Afif Khouri and A. Cámara Obregón. 2013. Above-ground biomass equations for Pinus radiata D. Don in Asturias. Forest Systems.
12. Caparrós, S., J. Ariza, G. Garrote, F. López and M.J. Díaz. 2007. Optimization of *Paulownia* Fortunei L. Autohydrolysis− Organosolv Pulping as a Source of Xylooligomers and Cellulose Pulp. Industrial & engineering chemistry research, 46(2): 623-631.
13. Caparrós, S., M.J. Díaz, J. Ariza, F. López and L. Jiménez. 2008. New perspectives for *Paulownia* fortunei L. valorisation of the autohydrolysis and pulping processes. Bioresource technology, 99(4): 741-749.
14. Colgan, M.S., T. Swemmer and G.P. Asner. 2014. Structural relationships between form factor, wood density, and biomass in African savanna woodlands. Trees, 28(1): 91-102.
15. Doctor Bahramnia Forestry Plan district one. 2008. Forest Science Faculty, Gorgan university of Agricultural Sciences and Natural Recourses, 478 pp (In Persian).
16. Eastaugh, C.S. 2014. Relationships between the mean trees by basal area and by volume: reconciling form factors in the classic Bavarian yield and volume tables for Norway spruce. European journal of forest research, 133(5): 871-877.
17. Eslamdoust, J., S.M. Hosseini, H. Sohrabi and Z. Moradi. 2016. Assessment of Different Methods of Form Factor Determination for Volume Estimation of Planted Populus deltoides and Taxodium distichum Trees (Klodeh Region – Mazandaran Province). Iranian Journal of Applied Ecology, 4(12): 67-75 (In Persian).
18. Fadaei, F., A. Fallah, H. Latifi and K. Mohammadi. 2008. Determining the best form factor formula for Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations at the age of 18, in Guilan-northern Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 6(1): 19-24 (In Persian).
19. Gumuskaya, E., M. Usta. 2006. Dependence of chemical and crystalline structure of alkali sulfite pulp on cooking temperature and time. Carbohydr. Polym, 65(4): 461-468.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]

20. Haghighat Dost, A. and S.M.V. Musavi. 2019. Evaluation of Tree Marking in Persian Ironwood-hornbeam Stands at Bahramnia Forestry Plan and Its Effect on Stand Structure. Ecology of Iranian Forests, 7(14): 111-123 (In Persian).
21. Haghverdi, K. 2004. A study of the volume estimation methods on the *Fagus Orientalis* in Veisar. Iranian Journal of natural resources, 57(1): 1-12 (In Persian).
22. Hasenauer, H., R. Petritsch, M. Zhao, C. Boisvenue and S.W. Running. 2012. Reconciling satellite with ground data to estimate forest productivity at national scales. Forest ecology and management, 276: 196-208.
23. Hassanzad Navroodi, I., H. Ahmadzadeh and A.E. Bonyad. 2019. A Study on the Accuracy and Precision of Estimation of the Number, Basal Area and Standing Trees Volume per Hectare Using of some Sampling Methods in Forests of NavAsalem. Ecology of Iranian Forest, 7(13): 1-10.
24. Hassanzad Navroodi, I. and T. Rostami. 2007. Evaluation of the growth potential of *Paulownia* furtunei in Guilan province. Proceedings of Conference on Improving the Triple Bottom Line Returns from Smallscale Forestry, Ormoc, the Philippines, 197-204 (In Persian).
25. Holopainen, M. and G. Wang. 1998. Accuracy of digitized aerial photographs for assessing forest habitats at plot level. Scandinavian Journal of Forest Research, 13(1-4): 499-508.
26. Hoyer, G.E. 1985. Tree form quotients as variables in volume estimation. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, 16.
27. Inoue, A. 2006. A model for the relationship between form-factors for stem volume and those for stem surface area in coniferous species. Journal of Forest Research, 11(4): 289-294
28. Jahani, A., M. Kalagari, A.R. Modirrahmati and R. Ghasemi. 2014. Determining the best stem form factor equation for Populous deltoides in poplar plantations of Alborz Research Station, Karaj. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(2) (In Persian).
29. Jenny, H. 1980. The soil resource origin and behavior, New York, Heidelberg, Berlin, 279-286.
30. Jiménez, L., A. Rodríguez, J.L. Ferrer, A. Pérez and V. Angulo. 2005. *Paulownia*, a fast-growing plant, as a raw materialfor paper manufacturing. Afinidad, 62(516): 100-105.
31. Kalantari, H., A. Fallah, S.M. Hodjati and A. Parsakhoo. 2012. Determination of the most appropriate form factor equation for Cupresus sempervirence L. var horizentalis in the north of Iran. Pelagia Research Library, 3(2): 644-648 (In Persian).
32. Kordi, M.R., V. Mohammadi, M.H. Moayyeri and V. Sadeghian. 2018. Determination of form factor for oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) in Golestan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(4): 598-608 (In Persian).
33. Liu, J., Z. Feng, A. Mannan, T.U. Khan and Z. Cheng. 2019. Comparing Non-Destructive Methods to Estimate Volume of Three Tree Taxa in Beijing, China. Forests, 10(2): 92.
34. Ipekci, Z., A. Altinkut, K. Kazan, K. Bajrovic and N. Gozukirmizi. 2001. High frequency plant regeneration from nodal explants of *Paulownia* elongata. Plant Biology, 3(02): 113-115.
35. Marvi Mohajer, M. (2001). Silviculture. University of Tehran Press. Fifth edition, 388 pp (In Persian).
36. Mirabdollahi, M., A.E. Bonyad, J. Torkaman and B. Bakhshandeh. 2011. Study on tree form of Oriental Beech (Fagus orientalis Lipsky) in different growth stages (Case study: Lomir forest). Iranian Journal of Forest, 3(3): 79-92 (In Persian).
37. Moore, J.R., D.J. Cown, J.R. Lee, R.B. McKinley, R.K. Brownlie, T.G. Jones and G.M. Downes. 2014. The influence of stem guying on radial growth, stem form and internal resin features in radiata pine. Trees, 28(4): 1197-1207
38. Namiranian, M. 2007. Measurement of tree and forest biometry. Tehran University Publications, 574 pp (In Persian).
39. Ostakh, E., J. Soosani, B. Pilehvar, M. Khosravi, L. Poursartip and L. Hedayati. 2017. The best form factor formula for Pinus brutia Ten in Khorramabad city. Forest and Wood Products, 70(3): 461-468.
40. Pollanschütz, J. 1965. A new method of determining stem form factor of standing trees. Advisory Group of Forest Statisticians of the International Union of Forest Research Organizations, Section, 25: 7-17.
41. Rahimnezhad, S., A.A. Bonyad and F. Fadaiee Khoshkebijary. 2006. Determination of the form factor equation for Pinus taeda L. (Loblolly pine) in the Guilan area (Case study: Lacan Rasht). Agriculture and Natural Resources Sciences Journal, 4(1): 54-76 (In Persian).
42. Sidhu, D.S. and G.P.S. Dhillon. 2007. Field performance of ten clones and two sizes of planting stock of Populus deltoides on the Indo-gangetic plains of India. New Forests, 34(2): 115-122.
43. Socha, J. and M. Kulej. 2007. Variation of the tree form factor and taper in European larch of Polish provenances tested under conditions of the Beskid Sądecki mountain range (southern Poland). J. For. Sci, 53(12): 538-547.
44. Socha, J. and M. Kulej. 2005. Provenance-dependent variability of Abies grandis stem form under mountain conditions of Beskid Sądecki (southern Poland). Canadian journal of forest research, 35(11): 2539-2552
45. Stankova, T., V. Gyuleva, T. Stankova, V. Gyuleva, D. Dimitrov, H. Hristova and E. Andonova. 2016. Abovwground dendromass estimation of juvenile Paulownia sp. Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, 24: 5-18.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]

46. Tonolli, S., M. Rodeghiero, D. Gianelle, M. Dalponte, L. Bruzzone, L. Vescovo. 2011. Mapping and modeling forest tree volume using forest inventory and airborne laser scanning. European Journal of Forest Research, 130: 569-577.
47. West, P.W. 2009. Tree and forest measurement. Berlin: Springer. 190 pp.
48. Zhao-Hua, Z., C. Ching-Ju, L. Xin-Yu and X. Yao Gao. 1986. *Paulownia* in China: cultivation and utilization. Asian Network for Biological Sciences and IDRC, Singapore and Ottawa.
49. Zobeiry, M. 2006. Forest Inventory. University of Tehran Press. Fifth edition, 401 pp (In Persian).
50. Zobeiry, M. and G.H. Najaran. 1985. Study of tree form factor of oriental beech *(Fagus orientalis* Lipsky) in Vaysar forest. Iranian Journal of Natural Resources, 38: 33-37 (In Persian).
51. Zobel, B. and J. Talbert. 1984. Applied forest tree improvement. Waveland Press, Inc. Illinois, 504 pp.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]

Determination of Form Factor for Three for Paulownia Trees (*Paulownia fortune*) in the Dr.Bahramnia Forests Plan of Gorgan

Jahangir Mohammadi[1], Neda Masoudi[2] and Ali Akbar Mohammad Ali Pormalekshah[3]

1– Assistant Professor, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (Corresponding author: mohamadi.jahangir@gmail.com)
2- M.Sc. Student, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,
3- Ph.D Candidate, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Received: July 17, 2019 Accepted: February 2, 2020

Abstract

Forest inventory and estimation the volume of trees plays an important role in recognizing the status in forests and sustainable management plans.With the exact data on the volum of timber, managers can make the right decisions and ensure the continuity of timber cultivation. The form factor is one of the most important factors in determining the exact volume of trees. The aim of this study, determination of form factor for three specie Paulownia in the Dr.Bahramnia Forests Plan of Gorgan, And comparison of the real form factor with the natural, artificial, and hohnadl factors. In this research four type of form factors including real, natural, artificial, and hohnadl factors for *Paulownia* were evaluated in the Dr.Bahramnia Forests Plan of Gorgan, Golestan province. For this purpose we applied from 20 Paulownia trees in different diameter at breast height classes(less than 30, 30 to 50, more than 50cm). In each tree, height, diameter at breast height (D.B.H) and diameter at 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9 of tree height as well as diameter at two tops of 2m long logs were measured. Also, the height and diameter of the clog and the length of the tree was also measured. The volume of the trunk were calculated from the sum of 2 m long logs volumes and using the Smalian formula. Then the form factors (real, natural, artificial, and hohnadl) were calculated. The results showed that true, natural, artificial, and hohnadl form factor value were 0.408, 0.427, 0.304 and 0.416 respectively. Also there were significant statistical differences between artificial and natural with true form factor ($\alpha = 0.05$), but There was no significant difference between the true with hohnadl and natural form factors. According to the results of this research, we can conclude that the natural and hohnad form factors can be used as an appropriate form factors for *Paulownia*.

Keywords: Dr.Bahramnia Forests Plan, Form factor, Gorgan, Paulownia, Tree volume

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.16.11.6]
[DOI: 10.52547/ifej.8.16.10]