نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۳۱-٤٤
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2019.16416.1802

تعیین ضریب شکل سه گونه کاج بروسیا *Pinus brutia*، کاج بادامی *Pinus pinea* و زربین *Cupressus sempervirens* در توده‌های دست‌کاشت عرب‌داغ استان گلستان

***حسان علی[۱]، جهانگیر محمدی[۲] و شعبان شتایی[۳]**

[۱]دانشجوی دکتری دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۲]استادیار دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۳]استاد دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: ضریب شکل یکی از مشخصه‌های مهم تعیین حجم دقیق درختان است؛ بنابراین برای برآورد حجم درختان، باید ضریب شکل نیز محاسبه شود. هدف پژوهش حاضر تعیین ضریب شکل سه گونه کاج بروسیا، کاج بادامی و زربین در جنگل‌کاری عرب‌داغ و مقایسه ضریب شکل واقعی با ضریب شکل‌های طبیعی، مصنوعی و هوهنادل است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش برای سه گونه کاج بروسیا، کاج بادامی و زربین در جنگل عرب‌داغ استان گلستان، چهار نوع ضریب شکل شامل واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل ارزیابی شد. به این منظور ۱۳ اصله درخت از هر گونه (در مجموع ۳۹ درخت) در طبقات قطری مختلف از ۷/۵ تا ٤۲/۵ سانتی‌متر (۲ درخت از هر طبقه قطری) به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس از هر درخت اطلاعات ارتفاع درختان (متر)، قطر برابرسینه (سانتی‌متر)، قطر در ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ ارتفاع درخت از بن اندازه‌گیری شد، سپس بعد از قطع درختان، 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 واقعی تنه از جمع حجم‌های دو متری و کنده از فرمول اسمالیان استفاده شد. سپس ضریب شکل‌های (واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل) هر گونه محاسبه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ضریب شکل کاج بروسیا با استفاده از فرمول‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل به ترتیب ۰/٤۹، ۰/٤۹، ۰/٤۱ و ۰/٤۵ بود. همچنین نتایج آزمون تی جفتی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین ضریب شکل مصنوعی با واقعی وجود داشت، اما بین ضریب شکل هوهنادل و طبیعی با واقعی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ضریب شکل کاج بادامی با استفاده از فرمول‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل به ترتیب ۰/۵۱، ۰/٤۷، ۰/٤۱ و ۰/٤۵ حاصل شد. تفاوت معنی‌داری بین ضریب شکل واقعی با ضریب‌ها شکل مصنوعی و هوهنادل کاج بادامی وجود داشت؛ اما بین ضریب شکل طبیعی با واقعی این گونه تفاوتی وجود نداشت. ضریب شکل زربین با استفاده از فرمول‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل به همان ترتیب قبلی ۰/۵۵، ۰/۵۳، ۰/٤۸ و ۰/٤۸ بود. در زربین نیز تفاوت معنی‌داری بین ضریب شکل هوهنادل با واقعی وجود داشت، اما بین ضریب شکل واقعی با طبیعی و مصنوعی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

* مسئول مکاتبه: hso414516@gmail.com

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ضریب شکل طبیعی می‌تواند به‌عنوان ضریب شکل مناسب برای کاج بروسیا، بادامی و زربین در منطقه موردمطالعه (جنگل عرب‌داغ) مورد استفاده قرار گیرد و ضریب شکل هوهنادل برای کاج بروسیا و ضریب شکل مصنوعی برای زربین قابلیت جایگزینی ضریب شکل واقعی را دارند.

واژه‌های کلیدی: زربین، ضریب شکل، عرب‌داغ، کاج بادامی، کاج بروسیا

مقدمه

کاهش سطح جنگل‌های طبیعی، افزایش جمعیت و افزایش صنایع وابسته به چوب سبب اهمیت جنگل‌کاری با گونه‌های تند رشد به‌منظور توسعه سطح جنگل و تولید چوب شده است (۱۹). یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی ایران، جنگل‌های هیرکانی با مساحت حدود ۱/۸ میلیون هکتار است که منبع مهم تولید چوب و فرآورده‌های جنگلی نیز هست. از این مقدار حدود ۱/۲ میلیون هکتار جزو جنگل‌های مرغوب و تجارتی به‌شمار می‌رود (۱۵). از طرفی جنگل‌های طبیعی پهن‌برگ پاسخگوی نیازهای چوب مصرفی آتی کشور نبوده و با 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 منابع مذکور برای مدیریت و برنامه‌ریزی آن‌ها امری ضروری و لازم می‌باشد. از مشخصه‌های مهم در برنامه‌ریزی برای منابع جنگلی برآورد حجم دقیق درختان است (۱۸). حجم درخت مشخصه‌ای است که در موارد زیادی کاربرد دارد. ازجمله این کاربردها می‌توان به ذخیره کربن، حفاظت تنوع گونه‌ای، چرخه آب، حاصلخیزی خاک، روند بهبود یا تخریب رویشگاه، امکان برداشت مقدار رویش و خریدوفروش چوب اشاره کرد (۵). جهت برآورد حجم واقعی درختان، تعیین ضریب شکل واقعی گونه‌های موجود ضروری است. بدون داده‌های واقعی ضریب شکل، حجم درختان برآورد شده ممکن است بیش‌تر یا کم‌تر از مقدار واقعی برآورد شود (۱۹). با توجه به این‌که شکل درخت منظم نیست و ساقه درخت استوانه‌ای نیست، باید حجم استوانه در ضریبی ضرب شده تا حجم آن به حجم واقعی درخت نزدیک‌تر شود و این ضریب در اندازه‌گیری جنگل با عنوان ضریب شکل معرفی و تعریف می‌شود (۲۰). ضریب شکل یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های در تعیین حجم درخت است (۱۸). علاوه بر رویش قطری، عواملی چون نوع گونه، خصوصیات ژنی، شرایط اکولوژیک رویشگاه، فیزیوگرافی شکل زمین، رقابت، سن درخت، وضعیت قرار گرفتن درخت در توده و عوامل انسانی با اجرای عملیات پرورشی جنگل و بهره‌برداری نیز در تغییر ضریب شکل درخت در طول زندگی مؤثر هستند (۱۷). محاسبه ضریب شکل برای همیشه امکان‌پذیر نیست (به‌دلیل هزینه بالای آن، روابط و مقایسه ضریب شکل‌های مختلف با ضریب شکل واقعی توسط بسیاری از پژوهشگران ارائه شده است (۱٦). اصلی و همکاران (۱۹۷۷) ضریب شکل و تهیه جداول حجم گونه راش را در بخش پاتم جنگل آموزشی- پژوهشی خیرود نوشهر مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش ۲۲۰ اصله درخت راش در سنین و ابعاد مختلف قطع و قطر تنه و شاخه‌های آن‌ها تا ۷ سانتی‌متر و در قطعات ۱ و ۲ متری اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ضریب همبستگی بین ضریب شکل و مشخصه‌های قطر و ارتفاع و غیره به‌ترتیب ۰/۷٤۰، ۰/۸۹۱ و ۰/۹۰۷ حاصل شد و ضریب شکل حقیقی

۰/٤۷۷ به‌دست آمد (٤). زبیری و همکاران (۱۹۸۵) ضریب شکل راش را در جنگل‌های ویسر (نوشهر) مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش ٤۲۹ 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 ۰/٤۸۷ به‌دست آمد (۲۱). اینوی (۲۰۰٦) ضریب شکل توده‌های خالص همسال سرو ژاپنی *Chamaecyparis obtusa* و کریپتومریای ژاپنی *Cryptomeria japonica* را در غرب ژاپن مطالعه کردند که بر اساس نتایج مشخص شد که تفاوت ضریب شکل دو گونه معنی‌داری بود. هم‌چنین، با توجه به مدل ارائه‌شده، ضریب شکل طبیعی برای ساقه در ارتفاع نسبی ۰/۵ و ۰/۷ به‌ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۸۷ بود (۱۱). امینی و همکاران (۲۰۰۷) ضریب شکل تنه درختان راش را در جنگل هفت خال ساری با ۳۰ اصله در طبقات قطری کم‌تر از ۵۰، ۷۰-۵۰ و بیش‌تر از ۷۵ سانتی‌متر مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که ضریب شکل مصنوعی، هوهنادل و میانگین ضریب شکل درختان راش به‌ترتیب ۰/٤۸، ۰/٤۹ و ۰/٤۸ بود (۳). فدایی و همکاران (۲۰۰۸) بهترین روش ضریب شکل را برای کاج تدا در جنگل‌کاری‌های شهرستان تالش (استان گیلان) مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش ۱۱۰ اصله کاج بر اساس طبقات قطری از ۱۲ تا ۳٤ 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 (۱۰). آدیکنول و همکاران (۲۰۱۳) 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، ۰/٤۲، ۰/۵۰، ۰/٤۹، ۰/٤٤، ۰/٤۲ بوده است (۱). کلانتری و همکاران (۲۰۱۲) تعیین مناسب‌ترین ضریب شکل برای زربین در جنگل‌کاری‌های شمال ایران بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین ضریب شکل واقعی و مصنوعی در سطح احتمالی ۹۵ درصد وجود دارد. علاوه بر این تفاوت‌های قابل‌توجهی بین میانگین ضریب شکل واقعی و هوهنادل نیز وجود داشت (۱۲). کولجان و همکاران (۲۰۱٤) 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 (۸). اسلام‌دوست و همکاران (۲۰۱٦) روش‌های مختلف تعیین ضریب شکل را برای برآورد حجم درختان صنوبر و دارتالاب دست‌کاشت در منطقه کلوده- استان مازندران مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش ۱۲ اصله درخت از هر توده در ٤ طبقه قطری از ۱۰ تا ٤۵ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. نتایج نشان داد در صنوبر، ضریب شکل مصنوعی ۰/۵۰ با ضریب شکل واقعی ۰/۵۱۵ و در دارتالاب ضریب شکل هوهنادل ۰/۵۲ با ضریب شکل واقعی ۰/٤۹۸ اختلاف معنی‌داری نداشته بود (۹). اوستاخ و همکاران (۲۰۱۷) بهترین فرمول ضریب شکل برای کاج بروسیا خرم‌آباد را با قطع و اندازه‌گیری ۳۰ اصله درخت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بین ضریب 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 (۱۸). کردی و همکاران (۲۰۱۸) 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 به روش تصادفی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که ضریب شکل راش با استفاده از فرمول‌های هوهنادل، طبیعی، مصنوعی و واقعی به‌ترتیب ۰/۵۰۲، ۰/٤٦٤، ۰/٤۰۷ و ۰/٤٥٤ 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 (۱۳).

با توجه به اهمیت محاسبه حجم دقیق درختان برای تصمیم‌گیری و مدیریت پایدار منابع جنگلی، هدف این پژوهش تعیین ضریب شکل سه گونه سوزنی‌برگ کاج بروسیا *Pinus brutia*، کاج بادامی *Pinus pinea* و زربین *Cupressus sempervirens* در جنگل‌کاری عرب‌داغ استان گلستان و مقایسه ضریب شکل واقعی با ضریب شکل‌های (طبیعی، مصنوعی و هوهنادل) است. هم‌چنین بررسی روند تغییرات این ضرایب در طبقات قطری مختلف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه: این پژوهش در توده‌های جنگلی دست‌کاشت عرب‌داغ که در ٤۰ کیلومتری شمال شرقی شهر کلاله. طول جغرافیایی آن '۳۷ °۵۵ تا '٤۵ °۵۵ شرقی و عرض جغرافیایی آن '۳۲ °۵۵ تا '۳٦ °۵۵ درجه شمالی می‌باشد (شکل ۱). مساحت این عرصه ۵۰۰۰ هکتار می‌باشد که از سال ۱۳٦۵ تا ۱۳٦۹ با گونه‌های سرو زربین، کاج بروسیا، کاج بادامی و سرو نقره‌ای با فاصله کاشت ۳ در ۳ متر جنگل‌کاری شده است. متوسط بارندگی منطقه ۵۳٦/۷ میلی‌متر، متوسط دمای ماهیانه ۱٦/۹ سانتی‌گراد، متوسط تبخیر و تعرق سالیانه ۱۰۰۹ میلی‌متر، متوسط رطوبت نسبی ۷۷/۷ درصد و نوع اقلیم منطقه بر اساس ضریب خشکی دومارتن نیمه‌خشک و بر اساس کلیموگرام آمبرژه نیمه‌خشک سرد است (۷).

شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه در استان گلستان و ایران.

Figure 1. Location of study area in the Golestan province of Iran.

روش برداشت داده‌ها: روش نمونه‌برداری درختان به‌صورت تصادفی و بر اساس طبقات قطری مختلف بود که در منطقه از طبقه قطری ۷/۵ تا ٤۲/۵ سانتی‌متر وجود داشت را شامل می‌شد. در ابتدا از هر طبقه قطری ۵ سانتی‌متری، ۲ اصله درخت از هر گونه به‌صورت تصادفی اندازه‌گیری شد، اما در طبقه قطری بالا (۳۷/۵ تا ٤۲/۵) با توجه به کم بودن تعداد پایه‌ها، ۱ درخت اندازه‌گیری شد. در مجموع ۳۹ اصله درخت (۱۳ اصله کاج بروسیا، ۱۳ اصله کاج بادامی، ۱۳ اصله زربین) قطع و اندازه‌گیری شد. از هر اصله درخت قطع‌شده، مشخصه‌های قطر برابرسینه (سانتی‌متر)، قطر در ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ از بن درخت اندازه‌گیری شد. سپس از هر درخت، قطعات ۲ متری جدا و قطر ابتدا و انتهای هر قطعه ۲ متری نیز اندازه‌گیری شد. هم‌چنین ارتفاع و قطر کنده و طول درخت نیز اندازه‌گیری شد. حجم واقعی تنه از جمع حجم‌های دومتری و کنده با استفاده از فرمول اسمالیان (رابطه ۱) به‌دست آمد.

$$V(m^3) = \frac{BA1 + BA2}{2} \times H \qquad (۱)$$

که در آن، BA1 سطح مقطع ابتدای قطعه دومتری (مترمربع)، BA2 سطح مقطع انتهای قطعه دومتری (مترمربع)، H ارتفاع درخت (متر) و V حجم به مترمکعب است (۲۰).

ضریب شکل‌های مختلف هر گونه (واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل) به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید.

$$f_{real} = \frac{v}{BA \times H} \qquad (۲)$$

که در آن، f_{real} ضریب شکل واقعی، BA سطح مقطع به مترمربع، H ارتفاع یا طول قطعه (متر) و V حجم به مترمکعب است.

$$f_{1.3} = \frac{(d_{0.5})^2}{(d_{1.3})^2} \qquad (۳)$$

که در آن، $f_{1.3}$ ضریب شکل مصنوعی درخت، $d_{0.5}$ قطر در میانه ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر و $d_{1.3}$ قطر در ارتفاع برابرسینه درخت می‌باشد.

$$f_{0.1} = \frac{v}{BA_{0.1} \times H} \qquad (٤)$$

که در آن، $f_{0.1}$ ضریب شکل طبیعی درخت، $BA_{0.1}$ سطح مقطع به مترمربع در ۰/۱ ارتفاع درخت، H ارتفاع درخت (متر) و V حجم به مترمکعب است.

$$f_{hoh.} = 0.2\left(1 + \frac{(d_{0.3})^2}{(d_{0.1})^2} + \frac{(d_{0.5})^2}{(d_{0.1})^2} + \frac{(d_{0.7})^2}{(d_{0.1})^2} + \frac{(d_{0.9})^2}{(d_{0.1})^2}\right) \qquad (۵)$$

که در آن، $f_{hoh.}$ ضریب شکل هوهنادل، $d_{0.1}$، $d_{0.3}$، $d_{0.5}$، $d_{0.7}$، $d_{0.9}$ به‌ترتیب قطر تنه در ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ ارتفاع درخت می‌باشد. هم‌چنین برای مقایسه ضریب شکل‌ها از آزمون t جفتی در سطح احتمالی ۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آمارهای توصیفی حاصل از اندازه‌گیری مشخصه‌های ۳۹ اصله درخت (کاج بروسیا، کاج بادامی و زربین) نشان داد که بیش‌ترین میانگین قطر، کاج بروسیا ۲۳,۹٦ سانتی‌متر بود. بیش‌ترین میانگین ارتفاع، کاج بروسیا ۱۳/۹۵ متر بود. بیش‌ترین میانگین سطح مقطع، کاج بروسیا ۰/۰۵ مترمربع بود (جدول ۱).

جدول ۱- آمارهای توصیفی مشخصه‌های کاج بروسیا، کاج بادامی و زربین.

Table 1. Descriptive Characteristics of *Pinus brutia*, *Pinus pinea* and *Cupressus sempervirens*.

قطر (cm) Diameter (cm)	میانگین Mean	حداقل Min	حداکثر Max	انحراف از معیار Std. deviation
کاج بروسیا *Pinus brutia*	23.96	12	38	9.012
کاج بادامی *Pinus pinea*	23.34	8	38	9.74
زربین *Cupressus sempervirens*	23	9	38	9.29
ارتفاع (m) Height (m)	**میانگین Mean**	**حداقل Min**	**حداکثر Max**	**انحراف از معیار Std. deviation**
کاج بروسیا *Pinus brutia*	13.94	11.25	16.8	.93
کاج بادامی *Pinus pinea*	11.70	9	13.85	1.25
زربین *Cupressus sempervirens*	11.41	8	15.2	2.32
سطح مقطع (m^2) Basal area (m^2)	**میانگین Mean**	**حداقل Min**	**حداکثر Max**	**انحراف از معیار Std. deviation**
کاج بروسیا *Pinus brutia*	0.05	0.11	0.11	0.034
کاج بادامی *Pinus pinea*	0.049	0.005	0.113	0.036
زربین *Cupressus sempervirens*	0.047	0.006	0.11	0.035

در این پژوهش پس از محاسبه حجم، نتایج آمارهای توصیفی ضریب شکل‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل (کاج بروسیا) نشان داد که میانگین ضریب شکل‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل به‌ترتیب ۰/۴۹، ۰/۴۹، ۰/۴۱ و ۰/۴۵ بود اما برای کاج بادامی ضریب شکل‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل به‌ترتیب ۰/۵۱، ۰/۴۷، ۰/۴۱ و ۰/۴۵ بود. هم‌چنین برای زربین ضریب شکل‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل به‌ترتیب ۰/۵۵، ۰/۵۳، ۰/۴۸ و ۰/۴۸ بود (جدول ۲).

جدول ۲- آمارهای توصیفی ضریب شکل‌های کاج بروسیا، کاج بادامی و زربین.

Table 2. Descriptive characteristics of form factors of *Pinus brutia*, *Pinus pinea* and *Cupressus sempervirens*.

گونه Species	آمارهای توصیفی Descriptive characteristics	ضریب شکل واقعی Real form factor	ضریب شکل طبیعی Natural form factor	ضریب شکل مصنوعی Artificial form factor	ضریب شکل هوهنادل Hohnadl form factor
کاج بروسیا *Pinus brutia*	میانگین Mean	0.49	0.49	0.41	0.45
	انحراف از معیار Std. deviation	0.082	0.064	0.092	0.033
کاج بادامی *Pinus pinea*	میانگین Mean	0.51	0.47	0.41	0.45
	انحراف از معیار Std. deviation	0.048	0.051	0.067	0.04
زربین *Cupressus sempervirens*	میانگین Mean	0.55	0.53	0.48	0.48
	انحراف از معیار Std. deviation	0.1007	0.06	0.128	0.046

مقایسه ضریب شکل واقعی کاج بروسیا با طبیعی، مصنوعی و هوهنادل از نظر آماری با استفاده از آزمون t جفتی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین ضریب شکل مصنوعی با واقعی وجود داشت، اما بین ضریب شکل هوهنادل و طبیعی با واقعی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت در مقابل نتایج مقایسه ضریب شکل واقعی کاج بادامی با طبیعی، مصنوعی و هوهنادل با استفاده از آزمون t جفتی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین ضریب شکل واقعی با ضریب‌ها شکل مصنوعی و هوهنادل وجود داشت؛ اما بین ضریب شکل طبیعی با واقعی وجود نداشت. هم‌چنین نتایج مقایسه ضریب شکل واقعی زربین با طبیعی، مصنوعی و هوهنادل با استفاده از آزمون t جفتی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین ضریب شکل هوهنادل با واقعی وجود داشت، اما بین ضریب شکل واقعی با طبیعی و مصنوعی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

تغییرات ضریب شکل واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل (گونه کاج بروسیا) در طبقات قطری مختلف بر اساس شاخص ضریب تغییرات (CV) نشان داد که ضریب شکل واقعی و هوهنادل در طبقات قطری کم‌قطر تغییرات کمی داشت. ضریب شکل مصنوعی بیش‌ترین تفاوت را با ضریب شکل واقعی داشت. ضریب شکل هوهنادل در طبقات قطری میانه تغییرات کمی داشت. ضریب شکل هوهنادل و طبیعی کم‌ترین تفاوت را با ضریب شکل واقعی داشت. ضریب شکل هوهنادل در طبقات قطری بالا قطر تغییرات کمی داشت و نزدیک‌تر به ضریب شکل واقعی بود. ضریب شکل مصنوعی بیش‌ترین تفاوت را با ضریب شکل واقعی داشت (جدول ٤ و شکل ۲).

جدول ۳- مقایسه ضریب شکل‌های کاج بروسیا، کاج بادامی و زربین.

Table 3. Comparison form factors of *Pinus brutia, Pinus pinea* and *Cupressus sempervirens*.

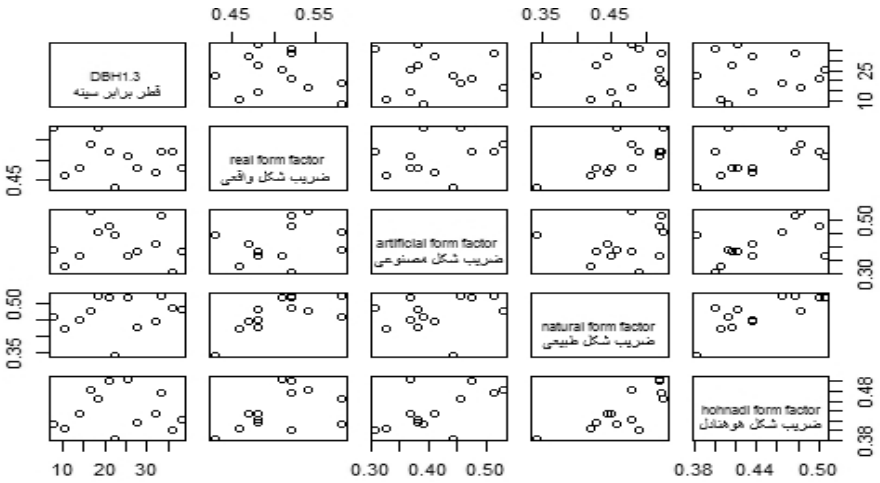
تفاوت معنی‌داری Sig.	t Statistics	مشخصه Form factor	گونه Species
0.912	0.112	واقعی Real – طبیعی Natural	کاج بروسیا *Pinus brutia*
0.007*	2.93	واقعی Real – مصنوعی Artificial	
0.051	2.16	واقعی Real – هوهنادل Hohnadl	
0.054	2.024	واقعی Real – طبیعی Natural	کاج بادامی *Pinus pinea*
0.0004*	4.14	واقعی Real – مصنوعی Artificial	
0.0008*	3.83	واقعی Real – هوهنادل Hohnadl	
0.305	1.052	واقعی Real – طبیعی Natural	زربین *Cupressus sempervirens*
0.086	1.793	واقعی Real – مصنوعی Artificial	
0.024*	2.47	واقعی Real – هوهنادل Hohnadl	

* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد.

جدول ٤- مقایسه تغییرات ضریب شکل واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل (کاج بروسیا) بر اساس شاخص ضریب تغییرات.

Table 4. Comparison changes form factors real, natural, artificial and hohnadl of *Pinus brutia* based on CV.

ضریب شکل هوهنادل Hohnadl form factor	ضریب شکل مصنوعی Artificial form factor	ضریب شکل طبیعی Natural form factor	ضریب شکل واقعی Real form factor	طبقات قطری (cm) Diameter classes (cm)
0.072	0.267	0.144	0.067	طبقات قطری کم‌قطر (۱۷/۵-۷/۵) Low diameter classes (7.5-17.5)
0.078	0.166	0.090	0.108	طبقات قطری میان‌قطر (۲۷/۵-۱۷/۵) Middle diameter classes (17.5-27.5)
0.088	0.226	0.145	0.091	طبقات قطری بالا قطر (٤۲/۵-۲۷/۵) High diameter classes (27.5-42.5)



شکل ۲- مقایسه ضریب شکل‌های مختلف در طبقات قطری (کاج بروسیا).

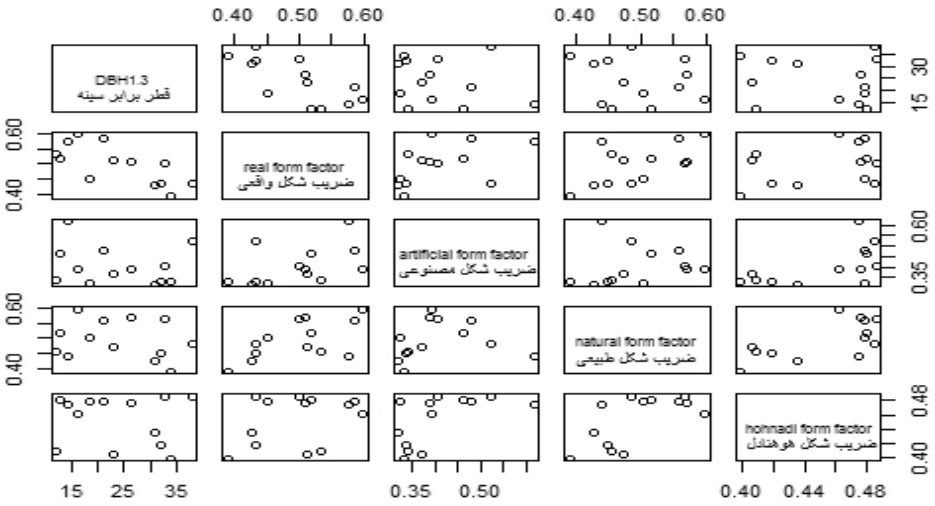
Figure 2. Comparison form factors of diameter classes (*Pinus brutia*).

تغییرات ضریب شکل واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل (گونه کاج بادامی) در طبقات قطری مختلف بر اساس شاخص ضریب تغییرات (CV) نشان داد که ضریب شکل واقعی و طبیعی و هوهنادل در طبقات قطری کم‌قطر تغییرات کمی داشتند. ضریب شکل مصنوعی بیش‌ترین تفاوت را با ضریب شکل واقعی داشت. ضریب شکل واقعی و مصنوعی و هوهنادل در طبقات قطری میانه تغییرات کمی داشتند. ضریب شکل طبیعی بیش‌ترین تفاوت را با ضریب شکل واقعی داشت. ضریب شکل واقعی و طبیعی و هوهنادل در طبقات قطری بالا قطر تغییرات کمی داشتند. ضریب شکل مصنوعی بیش‌ترین تفاوت را با ضریب شکل واقعی داشت (جدول ۵ و شکل ۳).

جدول ۵- مقایسه تغییرات ضریب شکل واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل (کاج بادامی) بر اساس شاخص ضریب تغییرات.

Table 5. Comparison changes form factors real, natural, artificial and hohnadl of *Pinus pinea* based on CV.

طبقات قطری (cm) Diameter classes (cm)	ضریب شکل واقعی Real form factor	ضریب شکل طبیعی Natural form factor	ضریب شکل مصنوعی Artificial form factor	ضریب شکل هوهنادل Hohnadl form factor
طبقات قطری کم‌قطر (۱۷/۵-۷/۵) Low diameter classes (7.5-17.5)	0.107	0.052	0.217	0.080
طبقات قطری میان‌قطر (۲۷/۵-۱۷/۵) Middle diameter classes (17.5-27.5)	0.121	0.188	0.117	0.122
طبقات قطری بالا قطر (۴۲/۵-۲۷/۵) High diameter classes (27.5-42.5)	0.049	0.079	0.185	0.068



شکل ۳- مقایسه ضریب شکل‌های مختلف در طبقات قطری (کاج بادامی).

Figure 3. Comparison form factors of diameter classes (*Pinus pinea*).

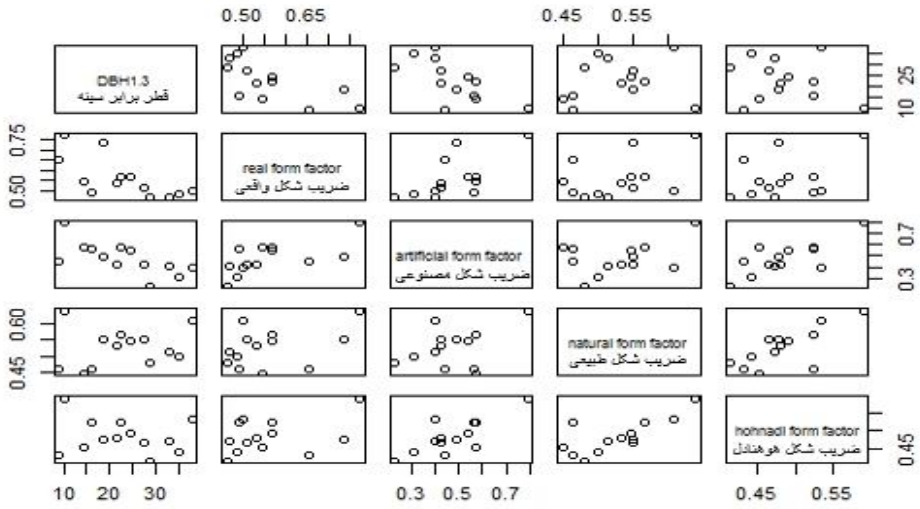
تغییرات ضریب شکل واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل (گونه زربین) در طبقات قطری مختلف بر اساس شاخص ضریب تغییرات (CV) نشان داد که ضریب شکل هوهنادل در طبقات قطری کم‌قطر تغییرات کمی داشت. ضریب شکل مصنوعی بیش‌ترین تغییرات داشت. ضریب شکل طبیعی و

هوهنادل در طبقات قطری میانه تغییرات کمی داشتند. ضریب شکل واقعی بیش‌ترین تغییرات داشت. ضریب شکل واقعی در طبقات قطری بالا قطر تغییرات کمی داشت. ضریب شکل هوهنادل مصنوعی و طبیعی نزدیک‌تر به ضریب شکل واقعی بودند (جدول ٦ و شکل ٤).

جدول ٦- مقایسه تغییرات ضریب شکل واقعی، مصنوعی، طبیعی و هوهنادل (زربین) بر اساس شاخص ضریب تغییرات.

Table 6. Comparison changes form factors real, natural, artificial and hohnadl of *Cupressus sempervirens* based on CV.

ضریب شکل هوهنادل Hohnadl form factor	ضریب شکل مصنوعی Artificial form factor	ضریب شکل طبیعی Natural form factor	ضریب شکل واقعی Real form factor	طبقات قطری (cm) Diameter classes (cm)
0.142	0.243	0.181	0.202	طبقات قطری کم‌قطر (۱۷/۵-۷/۵) Low diameter classes (7.5-17.5)
0.043	0.126	0.025	0.153	طبقات قطری میان‌قطر (۲۷/۵-۱۷/۵) Middle diameter classes (17.5-27.5)
0.094	0.230	0.095	0.042	طبقات قطری بالا قطر (۴۲/۵-۲۷/۵) High diameter classes (27.5-42.5)



شکل ٤- مقایسه ضریب شکل‌های مختلف در طبقات قطری (زربین).

Figure 4. Comparison form factors of diameter classes (*Cupressus sempervirens* L. *var horizentalis*).

حجم درختان پایه و اساس مدیریت جنگل‌هاست و آگاهی از حجم توده‌های جنگلی و نسبت رویش برای مدیران و برنامه‌ریزان در سطح ملی بسیار ضروری است. بنابراین انتخاب ضریب شکل مناسب اهمیت بسیار زیادی در برآورد حجم درختان دارد. ضریب شکل سومین مشخصه‌ای است که در کنار قطر برابرسینه و ارتفاع درخت در تعیین حجم آن تأثیر می‌گذارد. قابلیت جایگزینی انواع ضریب شکل به‌جای ضریب شکل واقعی با توجه به نوع گونه، مراحل رویشی، سن و رویشگاه متفاوت است (۱۰). در این پژوهش، نتایج حاصل نشان داد که ضریب شکل طبیعی ۰/٤۹ و ضریب شکل هوهنادل (کاج

بروسیا) ۰/٤٥ قابلیت جایگزینی با ضریب شکل واقعی ۰/٤۹ دارند اما ضریب شکل مصنوعی ۰/٤۱ قابلیت جایگزینی با ضریب شکل واقعی ندارد. این نتایج با نتایج پژوهش فدائی و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد، این نتایج نشان داد که بین ضریب شکل واقعی ۰/٤۷۲ و هوهنادل ۰/٤۷۰ در سطح احتمال ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و ضریب شکل هوهنادل می‌تواند بهترین گزینه باشد (۱۰). هم‌چنین با نتایج پژوهش اوستاخ و همکاران (۲۰۱۷) که نتیجه گرفتند بین ضریب شکل واقعی ۰/۵۲ و ضریب مصنوعی ۰/۵۹ برای کاج بروسیا به تفاوت معنی‌دار وجود دارد مطابقت داشت (۱۸)، هم‌چنین با نتایج بنیاد و رحیم‌نژاد (۲۰۰٤) برای کاج به این نتیجه رسیدند که اختلاف معنی‌دار بین ضریب شکل هوهنادل با ضریب شکل واقعی وجود ندارد (٦). نتایج به‌دست‌آمده از محاسبه ضریب شکل‌های واقعی، طبیعی، مصنوعی و هوهنادل (کاج بادامی) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ضریب شکل واقعی با ضریب‌ها شکل مصنوعی و هوهنادل وجود دارند؛ اما بین ضریب شکل طبیعی با واقعی تفاوت وجود ندارد. هم‌چنین با نتایج پژوهش مهین‌پور (۲۰۰۲) نشان داد که بین ضریب شکل واقعی و ضرایب شکل مصنوعی و هوهنادل تفاوت معنی‌داری وجود دارد مطابقت داشت (۱٤)؛ اما در مورد زربین نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ضریب شکل هوهنادل ۰/٤۸ با ضریب شکل واقعی ۰/۵۵ وجود دارد، اما بین ضرایب شکل طبیعی ۰/۵۳ و مصنوعی ۰/٤۸ با ضریب شکل واقعی تفاوت معنی‌داری وجود ندارند. این نتایج با نتایج کلانتری و همکاران (۲۰۱۲) که اختلاف معنی‌داری بین ضریب شکل واقعی زربین ۰/٤۷ و هوهنادل ۰/۵۲ در سطح احتمالی ۹۵ درصد وجود دارد مطابقت داشت؛ اما بین ضریب شکل واقعی ۰/٤۷ و ضریب شکل طبیعی ۰/٤۷ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد مطابقت داشت، ضریب شکل طبیعی قابلیت جایگزینی با ضریب شکل واقعی دارد (۱۲). هم‌چنین با نتایج احمدی و همکاران (۲۰۰۸) که می‌توان به‌جای ضریب شکل واقعی ۰/٤۵ از ضریب شکل طبیعی ۰/٤۷ استفاده کرد، مطابقت داشت (۲). در خلاصه ضریب شکل طبیعی قابلیت جایگزینی با ضریب شکل واقعی برای کاج بروسیا، کاج بادامی و زربین داشت. همچنین برای کاج بروسیا ضریب شکل هوهنادل به ضریب شکل واقعی نزدیک بود؛ اما در مورد زربین ضریب شکل مصنوعی به ضریب شکل واقعی نزدیک بود.

نتیجه‌گیری کلی

برآورد حجم درختان جنگلی برای مدیران و کارشناسان منابع طبیعی بسیار ضروری است. از طرفی جهت برآورد حجم واقعی درختان، باید ضریب شکل برای هر گونه محاسبه شود. لازم به ذکر است که نتایج این پژوهش نشان داد که برای سه گونه (کاج بروسیا، کاج بادامی و زربین) ضریب شکل طبیعی قابلیت جایگزینی با ضریب شکل واقعی داشت. در مقابل ضریب شکل هوهنادل (کاج بروسیا) و ضریب شکل مصنوعی (زربین) کم‌ترین تفاوت را با ضریب شکل واقعی داشت. تغییرات ضریب شکل واقعی (کاج بروسیا) در طبقات قطری پایین تغییرات کمی داشت. درصورتی‌که تغییرات ضریب شکل هوهنادل و طبیعی در طبقات قطری بالا کم‌ترین تفاوت را با ضریب شکل واقعی داشت. ضریب شکل هوهنادل در طبقات قطری بالا تغییرات کمی داشت و نزدیک‌تر به ضریب شکل واقعی بود. ضریب شکل واقعی و طبیعی و هوهنادل (کاج بادامی) در طبقات قطری پایین تغییرات کمی داشتند. ضریب شکل واقعی و مصنوعی و هوهنادل در طبقات قطری میانه تغییرات کمی داشتند. ضریب شکل واقعی و طبیعی و هوهنادل در طبقات

قطری بالا تغییرات کمی داشتند. در مقابل برای زربین ضریب شکل مصنوعی در طبقات قطری پایین بیش‌ترین تغییرات داشت. ضریب شکل واقعی در طبقات قطری میانه بیش‌ترین تغییرات داشت. ضریب شکل هوهنادل مصنوعی و طبیعی در طبقات قطری بالا نزدیک‌تر به ضریب شکل واقعی بودند. بررسی روش‌های اندازه‌گیری حجم تنه روز به روز افزایش می‌یابد و پژوهشگران در حال اصلاح روش‌های اندازه‌گیری و برآورد دقیق حجم تنه می‌باشند. بنابراین در نتیجه، می‌توان از نتایج این پژوهش در محاسبه دقیق حجم درختان و در برنامه‌ریزی‌های فنی جنگل دست‌کاشت عرب‌داغ استفاده کرد.

منابع

1. Adekunle, V.A.J., Nair, K.N., Srivastava, A.K., and Singh, N.K. 2013. Models and form factors for stand volume estimation in natural forest ecosystems: a case study of Katarniaghat Wildlife Sanctuary (KGWS), Bahraich District, India. J. of Forestry Research. 24: 2. 217-226.
2. Ahmadi, A., Fallah, A., Jalilvand, H., and Kooch, Y. 2008. Determining the Best Form Factor Formula for Zarbin (*Cupressus sempervirence var. horzontalis*) in North of Iran. Asian J. of Biological. 1: 1. 39-44. (In Persian)
3. Amini, M., Namiranian, M., Saghebtalebi, Kh., Parsapajouh, D., and Amini, R. 2007. Trunk of beech trees (*Fagus orientalis* Lipsky) on biometrical and silvicultural criteria (Case study: Haftkhal Forest, sari, north of Iran). Iranian J. of Natural Resources. 60: 3. 843-858. (In Persian)
4. Asli, A., Behgel, D., and Zobetri, M. 1976. Volume table for beech species in Patom series of Kheiroudke forest. Iranian J. of Natural Resources. 34: 1-20. (In Persian)
5. Bonyad, A.E., Torkaman, J., and Rohi, A. 2013. Growth stages and site components influence on form factors of beech (*Fagus orientalis* Lipsky). Iranian J. of Forest. 5: 2. 109-117. (In Persian)
6. Bonyad, A.S., and Rahimnejad, S. 2004. Volume table estimation for Loblolly Pine (*Pinus Taeda*) in the north of Iran. Pajouhesh and sazandegi, 66: 1. 84-88. (In Persian)
7. Booklet, training plan of Arabdagh reforests. 2017.
8. Colgan, M.S., Swemmer, T., and Asner, G.P. 2014. Structural relationships between form factor, wood density and biomass in African savanna woodlands. Trees. 28: 1. 91-102.
9. Eslamdoust, J., Hosseini, S.M., Sohrabi, H., and Moradi, Z. 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 J. of Applied Ecology. 4: 12. 67-75. (In Persian)
10. Fadaei, F., Fallah, A., Latifi, H., and Mohammadi, K. 2008. Determining the best form factor formula for Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations at the age of 18, in Guilan-northern Iran. Caspian J. of Environmental Sciences. 6: 1. 19-24. (In Persian)
11. Inoue, A. 2006. A model for the relationship between form-factors for stem volume and those for stem surface area in coniferous species. J. of Forest Research. 11: 4. 289-294.
12. Kalantari, H., Fallah, A., Hodjati, S.M., and Parsakhoo, A. 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.
13. Kordi, M.R., Mohammadi, V., Moayyeri, M.H., and Sadeghian, V. 2018. Determination of form factor for oriental beech (*Fagus orientalis Lipsky*) in Golestan province. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 25: 4. 598-608. (In Persian)

14. Mahinpour, M. 2002. Quantitative Investigation and Volume Estimation of Eliotty Pine in Lakan- Guilan. M.Sc. dissertation. University of Guilan, Faculty of Natural Resources. 83p. (In Persian)
15. Mohadjr, M.R. 2006. Silviculture. University of Tehran Press, 388p. (In Persian)
16. Mohamed, N.H. 2016. Determining The Best Form Factor Equation for Some Tree Species Commonly Used in Egypt to Fit the Actual Volume. Agricultural Research Center, Horticulture Research Institute. 61: 2. 83-91.
17. Namiranian, M. 2006. Tree Measurement and Forest Biometry. University of Tehran Press. 574p. (In Persian)
18. Ostakh, E., Soosani, J., Pilehvar, B., Khosravi, M., Poursartip, L., and Hedayati, L. 2017. The best form factor formula for *Pinus brutia Ten* in Khorramabad city. Forest and Wood Products. 70: 3. 461-468. (In Persian)
19. Socha, J., and Kulej, M. 2007. Variation of the tree form factor and taper in European larch of Polish provenances tested under conditions of the Beskid Sadecki mountain range (southern Poland). J. of Forest Science. 53: 12. 538-547.
20. Zobeiry, M. 2006. Forest Inventory. Fifth edition, University of Tehran Press, Tehran, 401p. (In Persian)
21. Zobeiry, M., and Najaran, G.H. 1985. Study of tree form factor of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in Vaysar forest. Iranian J. of Natural Resources. 38: 33-37. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 27 (1), 2020
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2019.16416.1802

Determination of form factor for three species (*Pinus brutia*, *Pinus pinea* and *Cupressus sempervirens*) in the Arabdagh reforests, Golestan province

***H. Ali[1], J. Mohammadi[2] and Sh. Shataee[3]**
[1]Ph.D. Student, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,
[2]Assistant Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,
[3]Professor, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Received: 03.13.2019; Accepted: 08.13.2019

Abstract
Background and Objectives: Knowledge of forest inventory and estimation the exact volume of trees is one of the important features in planning for forest resources. The form factor is one of the most important factors in determining the exact volume of trees. To estimate the actual volume of trees, the form factor must be calculated. The aim of this study, determination of form factor for three species (*Pinus brutia*, *Pinus pinea* and *Cupressus sempervirens*) in the Arabdagh reforests, And comparison of the real form factor with the natural, artificial and hohnadl factors.

Materials and Methods: In this research four types of form factors including real, natural, artificial, and hohnadl factors for three species (*Pinus brutia*, *Pinus pinea* and *Cupressus sempervirens*) were evaluated in the Arabdagh reforests, Golestan province. For this purpose, 39 trees (13 trees for each species) randomly selected in different diameter at breast height classes from 7.5 to 42.5 cm (2 trees of each diameter class). 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 were measured, then 2 meter length logs from every tree was cutted and separated and their diameter were measured at two tops of 2 m length logs. In addition, the height and diameter of the clog and the length of the tree was also measured. To calculate the exact volume of the trunk from, the sum of 2 m long logs volumes and log were computed using the Smalian formula. Then the form factors (real, natural, artificial and Hohnadl) were calculated for each 3 species.

Results: The results showed that true, natural, artificial, and Hohnadl form factor value were 0.49, 0.49, 0.41 and 0.45 (*Pinus brutia*) respectively. In addition, there was significant statistical difference between artificial with true form factor (α=0.05), but There were no significant difference between natural and hohnadl form factor with true form factor. The form factors (*Pinus pinea*) using real, natural, artificial and hohnadl formulas was obtained 0.51, 0.47, 0.41 and 0.45 respectively. There was a significant difference between the real form factor with artificial and hohnadl form factors. However, there was no significant difference between natural form factor with real form factor. The form factors of *Cupressus sempervirens* using real, natural, artificial and Hohnadl formulas were obtained 0.55, 0.53, 0.48 and 0.48 respectively. There was a significant difference between the hohnadl and real form factor. However, there was no significant difference between the real, natural and artificial form factors.

Conclusion: According to the results of this research, we can conclude that the natural form factor can be used as an appropriate form factor for *Pinus brutia, Pinus pinea* and *Cupressus sempervirens,* and hohnadl form factor for *Pinus brutia* and artificial form factor for *Cupressus sempervirens* can ability replace the real form factor.

Keywords: Arabdagh, *Cupressus sempervirens*, Form factor, *Pinus brutia*, *Pinus pinea*

*Corresponding author: hso414516@gmail.com