جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۰، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶
ص ۴۶۱-۴۶۸

DOI: 10.22059/jfwp.2017.214146.772

بهترین فرمول ضریب شکل برای کاج بروسیا (*Pinus Brutia* Ten.) در شهرستان خرم‌آباد

عصمت اوستاخ[۱]، جواد سوسنی[۲*]، بابک پیله‌ور[۳]، مهری خسروی[۴]، لادن پورسرتیپ[۵]، سارا هدایتی[۶]

۱. دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
۲. استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
۳. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
۴. دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ایلام
۵. استادیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشکدهٔ محیط زیست و منابع طبیعی دانشگاه بهبهان
۶. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۱۵

چکیده

ضریب شکل، از مهم‌ترین مؤلفه‌های تعیین حجم درختان است. مقدار عددی ضریب شکل به عواملی همچون گونهٔ درختی، رویشگاه، تراکم توده، سن و برخی عوامل محیطی بستگی دارد و با استفاده از فرمول‌های متنوعی محاسبه می‌شود. در این بررسی، به‌منظور تعیین مناسب‌ترین فرمول ضریب شکل، برای جایگزینی ضریب شکل واقعی، در توده‌های دست‌کاشت کاج بروسیا واقع در شمال شهرستان خرم‌آباد، ۳۰ اصله درخت انتخاب و قطع شد. حجم واقعی هر درخت با استفاده از فرمول‌های حجم استوانه، اسمالیان و مخروط تعیین شد. برای هر درخت، ضریب شکل‌های واقعی (f_r)، طبیعی ($f_{./1}$)، مصنوعی ($f_{1/3}$) و هوهنادل (f_h) و ضریب قدکشیدگی محاسبه شد. سه ضریب شکل طبیعی، مصنوعی و هوهنادل با استفاده از آزمون مقایسه‌های جفتی با ضریب شکل واقعی مقایسه شدند. نتایج نشان داد که بین ضریب شکل واقعی و سه ضریب شکل دیگر (طبیعی، مصنوعی و هوهنادل) در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد و در نتیجه هیچ‌کدام قابلیت جایگزینی ضریب شکل واقعی را ندارند. میانگین ضریب قدکشیدگی تودهٔ مذکور ۵۵/۱ تعیین شد؛ بنابراین توده در این مرحلهٔ رویشی، در وضعیت پایدار قرار دارد. مقایسهٔ شکل هندسی ۱۲۰ قطعهٔ اندازه‌گیری‌شده با حجم‌های هندسی رایج نشان داد که ۵۰/۸ درصد از قطعات به‌شکل نلوئید، ۴۴/۲ درصد به‌شکل پارابلوئید و ۵ درصد به‌شکل مخروط بودند.

واژه‌های کلیدی: آزمون مقایسه‌های جفتی، خرم‌آباد، ضریب شکل، کاج بروسیا.

مقدمه

در طول سالیان متوالی در اثر بهره‌برداری از جنگل‌ها و اعمال مدیریت‌های متفاوت و در بعضی موارد به دور از آینده‌نگری، روزبه‌روز از سطح جنگل‌های طبیعی کاسته شده است. تخریب‌های مذکور از یک‌سو و افزایش جمعیت و نیاز به منابع جنگلی و فراورده‌های آن از سوی دیگر، سبب شده که جنگلکاری با هدف توسعهٔ سطح جنگل و تولید چوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شود [۱]. از قرن‌های گذشته، درختان سوزنی‌برگ به دلایل کاربردی و رشد سریع، توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده‌اند که سبب گسترش این درختان از موطن اصلی خود به جای‌جای جهان شده است [۲]. یکی از گونه‌های سوزنی‌برگی که

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۶۳۶۷۸۴۶۸
Email: Soosani.j@lu.ac.ir

به‌طور گسترده در جنگلکاری‌ها و طراحی فضای سبز شهری در مناطق خشک و نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب کشور استفاده می‌شود، کاج بروسیا (*Pinus Brutia*) است [۳] که از مهم‌ترین گونه‌های جنس *Pinus* و از عناصر گیاهی شاخص مناطق مدیترانه‌ای به‌شمار می‌رود. بروسیا گونه‌ای مقاوم به سرما، درجهٔ حرارت زیاد و خشکی است و در بیشتر خاک‌ها از جمله خاک‌های آهکی، سنگلاخی یا در اراضی شنی و مناطق دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم و خشک رشد می‌کند، ولی در خاک‌های ریزبافت مرطوب و زهکشی‌شده نتیجه بهتری می‌دهد و برای جنگلکاری در مناطق خشک مناسب است و همچنین از گونه‌های مناسب برای ایجاد بادشکن و حفاظت از خاک در مناطق شیبدار به‌شمار می‌رود [۳ ، ۴].

جنگل از منابع طبیعی مهم هر کشور است و محققان جنگل باید با برنامه‌ریزی‌های دقیق علمی اطلاع لازم را از میزان موجودی و رویش جنگل‌ها برای بهره‌برداری اصولی از این سرمایهٔ طبیعی و ملی به‌دست آورند. از مشخصه‌های مهم در برنامه‌ریزی برای منابع جنگلی برآورد حجم درختان است [۵]. با توجه به این نکته که شکل ساقهٔ درخت استوانه‌ای نیست، برای محاسبهٔ حجم باید حجم استوانه در ضریبی ضرب شود تا حجم آن به حجم واقعی درخت نزدیک‌تر شود. این ضریب در اندازه‌گیری جنگل، ضریب شکل نام دارد و سومین مشخصه‌ای است که در کنار قطر برابرسینه و ارتفاع درخت، بر تعیین حجم آن تأثیر می‌گذارد. محاسبهٔ ضریب شکل به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد. ضریب شکل واقعی از نسبت حجم درخت به حجم استوانه‌ای که ارتفاع آن برابر ارتفاع درخت و سطح مقطع آن برابر سطح مقطع درخت در ارتفاع برابرسینه است به‌دست می‌آید [۶]؛ بنابراین برای محاسبهٔ ضریب شکل واقعی، درخت باید قطع و سپس حجم دقیق آن محاسبه شود؛ این کار مستلزم صرف زمان و هزینهٔ زیاد است. در نتیجه محققان جنگل پیشنهاد کرده‌اند که فرم‌های دیگر ضریب شکل، جایگزین ضریب شکل واقعی شود. فدایی و همکاران به‌منظور تعیین بهترین فرمول ضریب شکل برای توده‌های جنگلکاری‌شدهٔ کاج تدا در ناحیهٔ تالش، ۱۱۰ اصله درخت را در طبقات قطری ۲ سانتی‌متری (طبقهٔ قطری ۱۲ تا ۳۴) بررسی کردند و نتیجه گرفتند که دو ضریب شکل مصنوعی و هوهنادل قابلیت جایگزینی ضریب شکل واقعی را دارند [۷]. بنیاد و رحیم‌نژاد نیز با بررسی توده‌های ۲۶ سالهٔ کاج تدا در شمال کشور، نتیجه گرفتند که ضریب شکل هوهنادل، جایگزین مناسبی برای ضریب شکل توده است [۸]. به‌دلیل اینکه ضریب شکل به عواملی چون گونهٔ درختی، رویشگاه، وضع قرار گرفتن در داخل توده، تراکم توده و سن بستگی دارد [۹]، نتیجهٔ تحقیقات مذکور متفاوت بوده است. در این زمینه بررسی‌های چندی صورت گرفته که در قسمت بحث توضیحاتی پیرامون آن آورده شده است. شکل ساقهٔ درخت که قسمت اعظم حجم چوب را تشکیل می‌دهد به گونهٔ درخت بستگی دارد و علاوه‌بر گونه، موقعیت درخت در تودهٔ جنگلی، تراکم توده و به‌طور کلی تأثیر محیط اطراف در شکل درخت حتی برای یک گونهٔ مشخص، مؤثر است. شکل ساقهٔ درخت از بن تا نوک یکسان نیست و هر بخش آن به یکی از اشکال هندسی شبیه است؛ اگر از بن درخت در نظر گرفته شود، شکل قسمت اولیه به نلوییدِ ناقص شباهت دارد، شکل قسمت میانی پارابلوییدِ ناقص بوده و قسمت انتهایی مخروط ناقص است [۶]. در زمینهٔ بررسی شکل ساقهٔ درختان گونه‌های مختلف با استفاده از حجم‌های هندسی تحقیقات مفصلی در کشور انجام نگرفته است در این زمینه، امینی و همکاران پژوهشی روی گونهٔ راش در جنگل‌های هفتخال ساری انجام داده‌اند [۱۰]. با توجه به مطالب ذکرشده و اهمیت جنگلکاری با گونه‌های غیربومی و ضرورت آگاهی از ویژگی‌های کمّی گونه‌های غیربومی، هدف این پژوهش تعیین مناسب‌ترین فرمول ضریب شکل برای جایگزینی با ضریب شکل واقعی، تعیین شکل ساقه با

استفاده از حجم‌های هندسی و بررسی پایداری درختان کاج بروسیا با استفاده از ضریب قدکشیدگی است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقه‌ای جنگلکاری‌شده به مساحت ۳۶ هکتار در شمال شهرستان خرم‌آباد در مختصات جغرافیایی ´۳۰ °۳۳ عرض شمالی و ´۲۱ °۴۸ طول شرقی و ارتفاع ۱۲۷۰ متر از سطح دریا که براساس سابقهٔ کاشت ۳۵ سال سن دارد، انجام گرفت.

آب‌وهوای منطقه براساس روش آمبرژه، مدیترانه‌ای، متوسط بارندگی سالیانه حدود ۵۱۰ میلی‌متر و متوسط بیشترین و کمترین دمای سالیانه به‌ترتیب ۹ و ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد است. تشکیلات زمین‌شناسی خرم‌آباد دارای سنگ‌های آهکی، سیلتی، ماسه‌سنگ، مارن، آهک‌های دولومیتی و ماسه‌دار و کنگلومرا مربوط به دوران دوم و سوم زمین‌شناسی است. گونهٔ اصلی در این رویشگاه کاج بروسیا است.

در مجموع ۳۰ اصله درخت کاج بروسیا (در مرحلهٔ رویشی تیرک) برای این پژوهش انتخاب و نشانه‌گذاری شدند. پیش از عملیات قطع، متغیرهای قطر در ارتفاع برابرسینه و ارتفاع درختان اندازه‌گیری و سپس درختان مذکور قطع شدند. پس از قطع، متغیرهای قطر در ارتفاع‌های ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ طول درخت، ارتفاع کنده و قطر هر درخت در محل نصف ارتفاع کل و قطر ابتدا و انتهای هر بینه اندازه‌گیری شد. برای تعیین ضریب شکل واقعی درخت، از رابطهٔ ۱ استفاده شد که عبارت است از نسبت حجم واقعی درخت به حجم استوانهٔ مبنا.

به‌منظور محاسبهٔ حجم، تنهٔ هر درخت از ارتفاع هم‌سطح زمین تا ارتفاع تشکیل تاج به پنج قسمت با طول‌های متفاوت تقسیم و حجم قطعات مختلف محاسبه شد. شایان توضیح است که شکل قطعهٔ اول (از بن درخت)، به طول ۰/۴ متر، استوانه فرض شد و حجم آن معادل استوانه‌ای با سطح قاعدهٔ برابر با سطح مقطع در ارتفاع ۰/۴ متر قرار داده شد و حجم آن از رابطهٔ ۲ محاسبه شد. شکل قطعهٔ آخر (پنجم) مخروط فرض شده و حجم آن از فرمول مخروط (رابطهٔ ۳) محاسبه شد. شکل قطعات میانی پارابلوییدِ ناقص فرض و حجم آنها از فرمول اسمالیان (رابطهٔ ۴) محاسبه شد و از مجموع حجم قطعات حجم کامل هر درخت به‌دست آمد. حجم استوانهٔ مبنا حجمی است که قطر آن معادل قطر برابرسینهٔ درخت مورد بررسی و بلندی آن معادل ارتفاع درخت است. ضریب شکل‌های مصنوعی، طبیعی و هوهنادل نیز با استفاده از روابط ۵، ۶ و ۷ محاسبه شد. ضریب قدکشیدگی نیز با استفاده از رابطهٔ ۸ شد. کلیهٔ روابط در جدول ۱ ارائه شده است [۶ ، ۹].

جدول ۱. روابط به‌کاررفته برای محاسبهٔ متغیرهای مورد بررسی

شمارهٔ رابطه	فرمول
۱	$f_r = \frac{V}{g_{1/3} \times h}$
۲	$v_c = g \times h$
۳	$v_{co} = \frac{h}{3}\left(g_1 + \sqrt{g_1 + g_2} + g_2\right)$
۴	$v_s = \frac{g_1 + g_2}{2} \times h$
۵	$f_{1/3} = \frac{d_m^2}{d_{1/3}^2}$
۶	$f_{./1} = \frac{v_r}{g_{./1} \times h}$
۷	$f_h = ./2\left(1 + \frac{d_{./3}^2}{d_{./1}^2} + \frac{d_{./5}^2}{d_{./1}^2} + \frac{d_{./7}^2}{d_{./1}^2} + \frac{d_{./9}^2}{d_{./1}^2}\right)$
۸	$hd = \frac{h}{d_{1/30}} \times 100$

در روابط بالا: f_r : ضریب شکل دقیق درخت، v_c : حجم استوانه برحسب متر مکعب، $d_{1/3}$: قطر در ارتفاع برابرسینه برحسب سانتی‌متر، h : ارتفاع برحسب متر، g : سطح مقطع برحسب مترمربع، v_s : حجم اسمالیان برحسب متر مکعب، g_1 و g_2 : به‌ترتیب سطح مقطع پایینی و بالایی قطعهٔ مورد نظر برحسب مترمربع، v_{co} :حجم مخروط ناقص برحسب متر مکعب، $f_{1/3}$:

ضریب شکل مصنوعی، d_m: قطر در نصف ارتفاع درخت، $d_{1.3}$: قطر برابرسینه، $f_{0.1}$: ضریب شکل طبیعی، v_2: حجم واقعی درخت برحسب متر مکعب، $g_{0.1}$: سطح مقطع در ۰/۱ ارتفاع درخت و $d_{0.3}$، $d_{0.5}$، $d_{0.7}$ و $d_{0.9}$ به‌ترتیب قطر در ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ ارتفاع درخت از بن درخت برحسب سانتی‌متر است. برای تعیین مناسب‌ترین فرمول ضریب شکل برای جایگزینی با ضریب شکل واقعی، از آزمون t جفتی استفاده شد. در این تحقیق دسته‌بندی ساقه به‌صورت مضرب‌هایی از کل درخت (ارتفاع نسبی شامل ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹) انجام گرفت و سپس برای تعیین شکل هندسی هر یک از قطعات، قطر آنها در سه مقطع پایینی، میانی و بالایی مبنای مقایسه قرار گرفت. به این ترتیب که اگر میانگین قطری مقاطع بالایی و پایینی در وسط ارتفاع قطعهٔ مورد نظر واقع شود، شکل هندسی قطعه با مخروط تطابق دارد و درصورتی که در نیمهٔ پایین قطعه قرار گیرد، شکل هندسی قطعه نلوییدِ است و اگر در قسمت بالایی قطعه قرار گیرد، شکل قطعه با پارابلوییدِ انطباق دارد؛ چنانچه مقاطع بالایی، میانی و پایینی اختلاف قطر نداشته باشند شکل قطعه مورد بررسی استوانه در نظر گرفته می‌شود [۱۰]. در این مطالعه ۱۲۰ بینهٔ به‌دست‌آمده با طول‌های متفاوت بررسی شد.

نتایج و بحث

۳۰ اصله درخت در سه طبقهٔ قطری ۵ سانتی‌متری (۱۵، ۲۰ و ۲۵) بودند؛ متوسط، حداقل و حداکثر قطر برابرسینهٔ آنها به‌ترتیب ۱۷/۹، ۱۰/۷ و ۲۶/۱ سانتی‌متر و پراکنش درختان در طبقات قطری براساس آزمون کولموگروف- اسمیرنوف نرمال بود. با توجه به تعداد حلقه‌های سالیانه و سابقهٔ کاشت درختان، سن توده ۳۵ سال تعیین شد. پس از محاسبهٔ حجم واقعی ۳۰ اصله درخت به‌صورت بالا، ضریب شکل واقعی (f_2)، ضریب شکل طبیعی ($f_{0.1}$)، ضریب شکل مصنوعی ($f_{1.3}$) و ضریب شکل هوهنادل (f_h) تعیین شد که خلاصه‌ای از ویژگی‌های آماری آنها در جدول ۲ آورده شده است.

به‌منظور مشخص کردن بهترین ضریب شکل جایگزین برای ضریب شکل واقعی، هریک از ضریب شکل‌های طبیعی، مصنوعی و هوهنادل با ضریب شکل واقعی با استفاده از آزمون مقایسات جفتی، مقایسه و نتیجه آن در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین میانگین ضریب شکل واقعی و سه ضریب شکل دیگر (طبیعی، مصنوعی و هوهنادل) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. به‌عبارت دیگر هیچ‌کدام از سه ضریب شکل محاسبه‌شده، قابلیت جایگزینی ضریب شکل واقعی را در منطقهٔ مذکور ندارد.

جدول ۲. خلاصهٔ نتایج مشخصات آماری ضریب شکل در تودهٔ کاج بروسیا

ضریب شکل	انحراف معیار	اشتباه معیار	میانگین	ضریب تغییرات
واقعی	۰/۰۴۵	۰/۰۰۸	۰/۵۲۴	۰/۰۸
طبیعی	۰/۰۴۶	۰/۰۰۸	۰/۵۰۰	۰/۰۹
مصنوعی	۰/۱۱۱	۰/۰۲۰	۰/۵۹۰	۰/۱۸
هوهنادل	۰/۰۹۵	۰/۰۱۷	۰/۵۹۸	۰/۱۵

جدول ۳. نتایج مقایسهٔ جفتی بین ضریب شکل‌های مختلف

مقایسهٔ جفتی بین ضرایب شکل	میانگین	انحراف معیار	آمارهٔ t	درجهٔ آزادی	معنی‌داری
واقعی- هوهنادل	-۰/۰۷۴۲	۰/۰۷۴۶	-۵/۴۴۶	۲۹	۰/۰۰۰
واقعی- طبیعی	۰/۰۲۴۳	۰/۰۱۶۵	۸/۰۶۴	۲۹	۰/۰۰۰
واقعی- مصنوعی	-۰/۰۶۶۱	۰/۰۸۶۹	-۴/۱۷۰	۲۹	۰/۰۰۰

قابلیت جایگزینی انواع ضریب شکل به‌جای ضریب شکل واقعی با توجه به نوع گونه، مراحل رویشی، سن و رویشگاه متفاوت است [۷]. به‌دلیل تفاوت شکل درختان در مراحل رویشی مختلف، هرگونه تغییر کوچک در شکل درختان، ممکن است بر ضریب شکل آنها تأثیر زیادی داشته باشد [۱۱]. در این زمینه، گونهٔ زربین در دو رویشگاه متفاوت بررسی شد که نتیجه، بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار ضریب شکل‌های واقعی و طبیعی بود و ضریب شکل طبیعی، بهترین جایگزین برای ضریب شکل واقعی در رویشگاه به‌دست آمد [۱۲]. نتیجهٔ بررسی جهانی و همکاران در تعیین معادلهٔ مناسب ضریب شکل تنه برای صنوبر دلتوئیدس در ایستگاه تحقیقات البرز نیز نشان داد که به‌جز ضریب شکل مصنوعی درخت، سایر ضرایب شکل تفاوت معنی‌داری با ضریب شکل واقعی درخت ندارند [۱۳]. همچنین بنیاد و همکاران، با بررسی تغییرات ضریب شکل درختان راش با توجه به مراحل رویشی و فیزیوگرافی رویشگاه در جنگل‌های طبیعی شفارود گیلان نتیجه گرفتند که بین ضریب شکل طبیعی ساقه و هوهنادل تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و با افزایش شیب رویشگاه، ضریب شکل نیز افزایش می‌یابد [۱۴]. نتایج این تحقیق و تحقیقات مشابه را فقط می‌توان برای گونهٔ تحت بررسی در همان سن و رویشگاه خاص به‌کار گرفت. به‌عبارت دیگر، علاوه‌بر رویش قطری، رویشگاه و رقابت نیز در تغییر ضریب شکل درخت مؤثر است [۱۱].

در زمینهٔ بررسی شکل ساقه با استفاده از حجم‌های هندسی تحقیقات اندکی صورت گرفته است؛ برای مثال پژوهش امینی و همکاران روی ۳۰ اصله درخت از گونهٔ راش در جنگل‌های هفتخال ساری نشان داد که ۸۵ درصد از ۱۱۸ گرده‌بینهٔ بررسی‌شده، به‌شکل مخروط ناقص بودند و در مواردی نیز کاملاً با استوانه مطابقت داشتند [۱۰]. نتیجهٔ تطبیق شکل ساقهٔ درختان (۱۲۰ قطعه) با حجم‌های هندسی در جدول ۴ ارائه شده است.

رویش قطری درختان بررسی‌شده در دهه پایانی عمر به‌دلیل قرار گرفتن در معرض خشکسالی‌های پی‌درپی به‌شدت کاهش یافته است. خشکسالی از طریق کاهش بارندگی و کاهش رطوبت خاک در ناحیهٔ ریشه‌های درختان جنگلی، بر حیات درختان تأثیر می‌گذارد و آنها را دچار تنش می‌کند [۱۵]. در دورهٔ خشکسالی با وجود در دسترس بودن مؤلفه‌های فتوسنتزی مانند Co_2، نور و حرارت، کاهش رطوبت مورد نیاز درختان سبب کاهش هدایت هیدرولیک گیاه می‌شود که این عامل نیز کاهش پتانسیل آب برگ و درنتیجه بسته شدن روزنه‌ها را در پی دارد [۱۶] بدین ترتیب با بسته شدن روزنه‌ها فرایند فتوسنتز با مشکل مواجه شده که موجب کاهش سوخت‌وساز درختان شده و نتیجهٔ آن تشکیل بافت چوبی ضعیف یا کاهش پهنای دوایر رویش سالیانه بوده است که خود عاملی مؤثر بر شکل ساقهٔ درختان است. با استفاده از رابطهٔ قطر برابرسینه و ارتفاع کل، متوسط ضریب قدکشیدگی برای تودهٔ بررسی‌شده ۵۵/۱ محاسبه شد که خلاصهٔ نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۴. نتیجهٔ بررسی تطبیق شکل ۱۲۰ بینهٔ بررسی‌شده با حجم‌های هندسی

تعداد قطعات	حجم هندسی	درصد
۱۲۰	پارابلوئید	۴۴/۲
	نلوئید	۵۰/۸
	مخروط	۵

جدول ۵. خلاصهٔ نتایج مشخصات آماری توده به‌منظور محاسبهٔ ضریب قدکشیدگی

متغیرها	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات	اشتباه معیار
قطر برابرسینه (cm)	۱۰/۷	۲۶/۱	۱۷/۹	۰/۲۰	۰/۶۸
ارتفاع درخت (m)	۶/۲	۱۱/۸	۹/۶	۰/۱۴	۰/۲۶
ضریب قدکشیدگی ($\frac{m}{cm}$)	۳۳/۹	۸۱/۳۱	۵۵/۱	۰/۱۸	۱/۹

ضریب قدکشیدگی، از عواملی است که به رابطهٔ بین ارتفاع کل و قطر برابرسینهٔ درخت بستگی دارد. به‌عبارت دیگر، این ضریب از مهم‌ترین مشخصه‌های یک توده است که برای قضاوت میزان پایداری آن استفاده می‌شود [۱۷]. براساس شاخص‌هایی که *Burschel* و *Huss* در زمینهٔ پایداری توده‌ها و درختان براساس ضریب قدکشیدگی (درختان و توده‌های خیلی ناپایدار $\frac{h}{d}>۱۰۰$ ، ناپایدار ۱۰۰ $>\frac{h}{d}>$ ۸۰، پایدار ۸۰$>\frac{h}{d}$ و پایه‌های روییده در فضای باز $\frac{h}{d}<$ ۴۵) ارائه کرده‌اند [۱۸]، درختان اندازه‌گیری‌شده در این پژوهش در گروه درختان پایدار قرار دارند، زیرا میانگین ضریب قدکشیدگی آنها ۸۰ > ۵۵/۱ است. این نتیجه با نتایج سایر پژوهش‌های مشابه همسوست. بررسی ضریب قدکشیدگی توده‌های کاج بروسیا در شهرستان کلاله (۵۶/۸۳) و نیز در حسن‌آباد چالوس (۵۵)، نشان از پایداری توده‌های کاج بروسیا در همین مرحلهٔ رویشی (تیرک) دارد [۱۹]. عکس این مسئله در گونه‌های پهن‌برگ تأیید شده است؛ نتیجهٔ پژوهش میرعبداللهی و همکاران در جنگل‌های لومیر نشان داده است که درختان راش در مرحلهٔ رویشی تیرک با توجه به میانگین ضریب قدکشیدگی (۱۰۰/۵)، ناپایدارترین مرحلهٔ رویشی را دارند [۲۰]. پژوهش اخوان و نمیرانیان بر روی پنج گونه از پهن‌برگان مانند راش و ممرز نیز نشان داد که در مرحلهٔ رویشی تیرک، ضریب قد کشیدگی زیاد است و درختان در گروه ناپایدار قرار می‌گیرند [۱۸]. امینی و همکاران نیز در بررسی درختان راش جنگل هفتخال ساری ناپایداری درختان راش در مرحلهٔ رویشی تیرک را تأیید کردند. در پژوهش آنان میانگین ضریب قدکشیدگی تا طبقهٔ قطری ۳۰ سانتی‌متر ۸۰ ($\frac{m}{mc}$) محاسبه شد که بر اساس شاخص‌های مذکور درختان در گروه ناپایدار جای می‌گیرند [۱۰].

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتیجهٔ بررسی بهترین ضریب شکل برای جایگزینی ضریب شکل واقعی کاج بروسیا در منطقهٔ تحقیق نشان داد که هیچ کدام از روش‌های محاسبهٔ ضریب شکل، دقت لازم را برای جایگزینی ضریب شکل واقعی درختان کاج بروسیا در جنگلکاری‌ها ندارند و برای محاسبهٔ دقیق حجم درختان در توده‌های مشابه، تعیین ضریب شکل واقعی درخت، ضروری به‌نظر می‌رسد. همچنین در شرایط توده‌های مشابه که تحت تأثیر کندی رویش ناشی از تنش خشکی‌اند، استفادهٔ عمومی از فرمول‌های تعیین حجم مبتنی بر پارابلوییدی بودن شکل تنه، توصیه نمی‌شود.

سپاسگزاری

از مدیریت فضای سبز شهری شهرستان خرم‌آباد که در فراهم آوردن شرایط بازدید از منطقهٔ تحقیق ما را یاری کردند و همچنین از خانم سمانه موسوی و دیگر عزیزانی که در مراحل میدانی تحقیق و داده‌برداری به یاری ما شتافتند، صمیمانه تشکر می‌کنیم.

References

[1]. Mosayeb Neghad, I., Rostami Shahraji, T., Kahneh, E., and Porbabaii, H. (2007). Evaluation of native broadleaved forest plantations in east of Guilan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 311-319.

[2]. Memarian, F., Tabari, M., Hosseini, S.M., and Shafiei, A.B. (2005). Comparison of growth in man-made pure and mixed Norway spruce stands of Kelardasht (north of Iran). Pajouhesh and Sazandegi, 73: 171-176.

[3]. Zare, H. (2001). Introduced and native conifers in Iran, Research Institute of Forests and Rangelands Press, Tehran.

[4]. Dastmalchii, M. (1995). Brutia Pine. Research Institute Forests and Range lands. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.

[5]. Pourshakouri Allahdeh, F., and Hasanzad Navroudi, I. (2007). Investigation of the best method of volume estimation for Guilan forests (Case study: District one of NAV Asalem). Pajouhesh and Sazandegi, 77: 24-31.

[6]. Zobeiri, M. (2005). Forest Inventory (Measurement of tree and forest). Tehran University Press, Tehran.

[7]. 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. Caspian Journal of Environmental Sciences, 6(1): 19-24.

[8]. Bonyad, A.S., and Rahimnejad, S. (2004). Volume table estimation for Loblolly Pine (Pinus Taeda) in the north of Iran. Pajouhesh and sazandegi, 66: 84-88.

[9]. Namiranian, M. (2006). Measurement of tree and forest biometry. Tehran University Press, Tehran.

[10]. Amini, M., Namiranian, M., Sagheb Talebi, KH, Parsapajouh, D., and Amini, R. (2007). Trunk morphology of beech trees (Fagus orientalish Lipsky) on biometrical and silvicultural criteria (Case study: Haftkhal Forest, Sari, north of Iran). Journal of the Iranian Natural Res, 60(3): 843-858.

[11]. Marvie mohadjer, M.R. (2006). Silviculture. Tehran University Press, Tehran.

[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]. Jahani, A., Kalagari, M., Modirrahmati, A.R., and Ghasemi, R. (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): 216-224.

[14]. Bonyad, A.E., Torkaman, J., and Rohi, A. (2013). Growth stages and site components influence on form factors of beech (Fagus orientalis Lipsky). Iranian Journal of Forest, 5(2):109-117.

[15]. Hosseini, A. (2017). Variability of nitrogen and phosphorous in Persian oak trees and soil of dieback affected stands in Ilam. Forest and Wood Products, 70(2): 231-240.

[16]. Brodribb, TJ., and Holbrook, M. (2006). Declining hydraulic efficiency as transpiring leaves desiccate: two types of response. Plant, Cell and Environment, 29(12): 2205-2215.

[17]. Hosseini, S., and Aghajani, H. (2017). An investigation on the quantitative and qualitative characteristics of Alnus subcordata with changing the elevation above sea level (Case study: Pahne Kolla district, Sari). Forest and Wood Products, 70(2): 293-301.

[18]. Akhavan, R., and Namiranian, M. (2007). Slenderness coefficient of five major tree species in the Hyrcanian forests of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(2): 165-180.

[19]. Sadeghzadeh Hallaj, M.H., and Rostaghi, A.A. (2011). Study on growth performance of Turkish pine (Case study: Arabdagh afforestation plan, Golestan province). Iranian Journal of Forest, 3(3): 201-212.

[20]. Mirabdollahi, M., Bonyad, A.E., Torkaman. J., and Bakhshandeh, B. (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): 177-187.

The best form factor formula for Pinus brutia Ten. in Khorramabad city

E. Ostakh; Ph.D. Student of forestry, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad I.R.Iran.

J. Soosani*; Assist. Prof., Department of forestry, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad I.R.Iran.

B. Pilehvar; Assoc. Prof., Department of forestry, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad I.R.Iran.

M. Khosravi; Ph.D. Student of forestry, Faculty of Agricultural, Ilam University, Illam, I.R.Iran.

L. Poursartip; Assist. Prof., Pulp and paper sciences department, Faculty of Environment and Natural Resources, Behbahan University, Behbahan, I.,R.Iran.

S. Hedayati; M.Sc. Graduate of Forestry, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad I.R.Iran.

(Received: 16 August 2016, Accepted: 06 October 2016)

ABSTRACT

Form factor is one of the most important factors for determining the tree volume. Numerical value of the form factor depends on factors such as tree species, habitat, stand density, age, and some environmental factors and is calculated using various formulas. This study was performed to determine the most appropriate form factor formula in the plantation stands of Turkish pine (Pinus brutia Ten.) located in the northern city of Khorramabad. Totally 30 trees were selected and cut. The actual volume of each tree was determined by using the volume of cylinder, Smalian and cone formulas. For each tree, the form factors: Actual (f_r), Natural ($f_{0.1}$), Artificial ($f_{1.3}$) and Hohenadel (f_h) and Slenderness coefficient was calculated. Three coefficients natural, artificial and Hohenadel, using pair-wise comparison test were compared with the actual form factor. The results showed that there is a significant difference between the actual form factor and the three other coefficients (natural, artificial, and Hohenadel) at the 95% probability level, and therefore none of them can replace the actual form factor. The stand slenderness coefficient (H/DBH) is 55.1 and therefore it was stable at this stage. Comparing the geometric shape of the 120 pieces measured with geometric volumes showed that 50.8% of the parts were in the form of neloeid, 44.2 % in the form of paraboloid and 5% in the form of cones.

Keywords: Turkish pine (Pinus brutia Ten.), Form factor, Pair-wise comparison tests, Khorramabad.

* Corresponding Author, Email: Soosani.j@lu.ac.ir, Tel: +989163678468