

## بررسی مقایسه ای روشهای برآورد چوب خالص در تنه درخت راش (*Fagus orientalis* Libsky)

### چکیده

راش خزری با ارزشترین گونه پهن برگ ایران است که عمدتاً در شمال ایران پراکنش دارد و تقاضای زیادی برای گرده‌بینه آن در بازار مخصوصاً برای گرده بینه های عاری از گره آن وجود دارد. درجه‌بندی گرده بینه با اندازه‌گیری معایب آن مرتبط است. شکل، محل و تعداد معایب در ارزیابی گرده‌بینه‌ها و چوب‌های بریده شده دارای اهمیت هستند. یکی از مهمترین معایب، گره‌ها می‌باشند. برای ارزیابی معایب درختان از روشهای مخرب (برش دادن) و روشهای غیر مخرب (سی تی اسکن) استفاده می‌شود. هدف این مطالعه برآورد مقدار چوب خالص و عاری از گره ساقه درخت راش با استفاده از چهار مدل درمقایسه با روش سی تی اسکن می‌باشد. در این بررسی تعداد پانزده ساقه درخت راش خزری انتخاب و مطالعه شد. در تجزیه و تحلیل آماری نتایج از طرح کاملاً تصادفی با توجه به تعداد تیمار و تکرار در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که قدرت تشخیص سی تی اسکن پزشکی برای قسمتهایی که اختلاف دانسیته زیادی با تنه اصلی دارند بالا است و همچنین دقت برآورد و محل یابی معایب در روش سی تی اسکن زیاد است. نتایج نشان می‌دهد که بین تمام روشهای برآورد چوب خالص همبستگی بالایی وجود دارد که بیشترین آن مربوط به همبستگی بین مدل چهارم با سی تی اسکن ( $r=0/994$ ) می‌باشد که مقدار برآوردی چوب خالص هر دو روش مشابه است. از بین مدل‌های مورد بررسی مدل یک ( $\Delta r = Ws - Ls$ ) که بر اساس پارامتر بیرونی است برای ارزیابی چوب خالص راش در فرآیند درجه بندی گرده بینه مناسبتر است.

**واژگان کلیدی:** چوب خالص، راش، سی تی اسکن، گرده بینه، گره.

جواد ترکمن<sup>\*۱</sup>

مژگان وزیری<sup>۲</sup>

دیک سندبرگ<sup>۳</sup>

سلیمان محمدی لیمایی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

<sup>۲</sup> استادیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع چوب دانشگاه Lulea، سوئد

<sup>۳</sup> استاد دانشکده علوم و مهندسی صنایع چوب دانشگاه Lulea، سوئد

<sup>۴</sup> دانشیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

مسئول مکاتبات:

[torkaman@guilan.ac.ir](mailto:torkaman@guilan.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۸

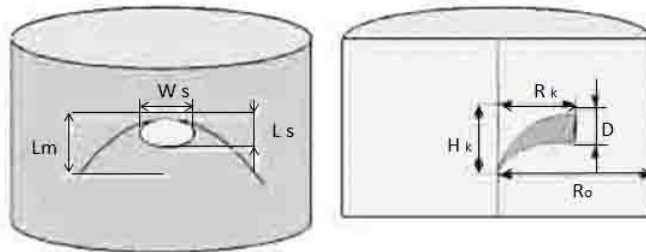
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۷

### مقدمه

چوب را در کشور دارد و در اغلب نواحی جنگلهای شمال می‌روید [۱]. راش درختی سایه پسند و پوست نازک دارای چوبی نیمه‌سنگین و نیمه‌سخت به رنگ کرم تا پیرنگ و خوش کاراست. ارتفاع راش به ۳۰-۴۰ متر و قطر آن به ۱/۵ متر می‌رسد و اغلب در محدوده ارتفاعی ۶۰۰-۲۲۰۰ متر از سطح دریا دیده می‌شود. تنه آن صاف و استوانه‌ای است که بیشتر تنه را چوب تشکیل می‌دهد و

درخت راش (*Fagus orientalis* Libsky) یکی از مهمترین گونه های پهن برگ ایران از تیره راش (*Fagaceae*) می‌باشد که از نظر تعداد ۲۳/۶ و حجم ۲۹/۹۶ درصد درختان جنگل های شمال را تشکیل می‌دهد. تعداد زیادی از تحقیقاتی که درباره جنگلهای شمال انجام می‌شود مربوط به این گونه است زیرا مرغوب ترین

عمل بر روی پوست درخت بصورت چین خوردگی و تغییر شکل بافت پوست است که تحت عنوان نشانگر بیرونی و ابعاد درونی گره نیز نشانگر درونی خوانده می شود (شکل ۱). پس از پوشیده شدن معایب نظیر گره ها و پوسیدگی در داخل تنه درخت هرساله یک لایه چوب بر روی آن قرار می گیرد که آن را چوب خالص یا عاری از عیب گویند. و برابر با عمق معایب از سطح تنه درخت می باشد مقدار چوب خالص در ارزیابی کیفی و درجه بندی گرده بینه و چوب آلات یدست آمده تاثیر عمده ای دارد.



شکل ۱- نشانگرهای درونی ( $R_k$  شعاع ساقه در زمان ترمیم زخم  $R_o$  شعاع ساقه  $H_k$  ارتفاع گره  $D$  قطر گره) و نشانگر بیرونی ( $L_m$  ارتفاع ریش چینی  $W_s$  عرض زخم  $L_s$  ارتفاع زخم) [۲]

دریافت می شود [۵]. یکی از روش های غیرمخرب که در زمینه علوم تشخیصی هم در حوزه های مختلف تحقیقاتی و هم درمانی نقش به سزایی را ایفا می کند، مقطع نگاری رایانه ای یا توموگرافی رایانه ای<sup>۱</sup> یا همان سی تی اسکن می باشد. به وسیله این تکنیک می توان از هر فرد یا شیئی تصاویری به صورت مقطعی و لایه لایه تهیه کرد و بخش های مختلف درونی را به صورت دقیقتر مورد بررسی قرارداد. توموگرافی فرآیند تولید تصویر دو بعدی از قطعه ای از یک شیء سه بعدی می باشد. در سی تی اسکن ها میتوان از رزنانس مغناطیسی، امواج صوتی و مافوق صوت استفاده نمود [۶]. برای دستیابی به اطلاعات مربوط به رابطه بین ویژگیهای درونی و بیرونی معایب درختان مطالعات گزارش شده، از روشهای مخرب و غیر مخرب استفاده کرده اند [۷-۱۰]. گزارشهای مربوط به معایب درختان سوزنی برگ بیشتر از پهن برگ است. با این وجود بیشتر گزارشها مربوط به گونه های کاج و نوئل [۱۱-۱۳] راش [۳، ۵، ۱۴] و سایر گونه ها [۱۵، ۱۶] است. در ایران حجم قابل توجهی از درختان راش (بیش از ۳۰ درصد)

بین ویژگیهای نشانگرهای بیرونی و درونی ارتباط و همبستگی قوی وجود دارد [۳، ۴، ۵]. در حال حاضر ارزیابی گرده بینه ها توسط کارشناس بطور بصری و دستی انجام می شود. این ارزش گذاری با توجه به علائم ناشی از گره بر روی پوست که شامل برجستگی ها و چین خوردگی ها است انجام می شود که در آن خطای برآورد زیاد می باشد. دستیابی به ارتباط دقیق بین ویژگیهای علائم روی پوست و ویژگیهای داخلی گره ها از طریق مدلسازی امری ضروری است. در ایران تاکنون این ضرورت احساس نشده است اما با توجه به کم شدن ذخایر جنگلی و ارزشمند شدن این منابع توجه به این امر لازم و ضروری است. روشهای مختلفی برای ارزیابی اندازه، محل و شکل گره ها در داخل تنه درخت وجود دارد که به دو دسته کلی روشهای مخرب و غیر مخرب تقسیم بندی می شوند. در روش مخرب گرده بینه در جهت های شعاعی و مماسی برش داده می شود و معایب بر روی سطوح برش داده شده مورد بررسی قرار می گیرد. در حالیکه در روش غیر مخرب از طریق عکس برداری، رادیوگرافی و پرتونگاری اطلاعات در مورد معایب از روی تصاویر دو بعدی و سه بعدی

<sup>1</sup> Computed Tomography

نمونه یک متری بدست آمد که برای آزمایش غیر مخرب (سی تی اسکن) در نظر گرفته شده است. در هرساقه دو یا سه گره و در مجموع ۳۴ گره بوسیله دستگاه سی تی اسکن پزشکی مدل E7252 ساخت شرکت توشیبا با قدرت تفکیک تصویر ۲/۵(mm)، در سه مقطع عرضی، شعاعی و مماسی مورد بررسی قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری مقدار چوب خالص در داخل تصاویر از نرم افزار Extreme-DR و ابعاد بیرونی از کولیس با دقت ۰/۱ استفاده شده است. برای برآورد مقدار چوب خالص از چهار مدل یا معادله‌ای استفاده شده که از روابط بین پارامترهای بیرونی و درونی گره بدست آمده و در منابع به آنها اشاره شده است [۳،۵،۱۹،۲۰].

$$\Delta r = Ws - Ls \quad (1) \quad \text{مدل اول}$$

$$\Delta r = \left( \frac{Ws}{Ls} - 1 \right) \quad (2) \quad \text{مدل دوم}$$

$$\Delta r = Ro \left( 1 - \frac{Ls}{Ws} \right) \quad (3) \quad \text{مدل سوم}$$

$$\Delta r = Ro - Rk \quad (4) \quad \text{مدل چهارم}$$

$\Delta r$  = مقدار چوب خالص (cm)

Rk = شعاع ساقه با پوست در زمان ترمیم معایب (cm)

Ws = پهنای نشانگر بیرونی (cm)

Ls = طول نشانگر بیرونی (cm)

Ro = شعاع فعلی ساقه با پوست (cm)

### تجزیه و تحلیل آماری نتایج

در تجزیه و تحلیل آماری نتایج از طرح کاملاً تصادفی با توجه به تعداد تیمار و تکرار در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شده است. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، همگنی واریانس از آزمون لون، مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانت و برای اندازه‌گیری همبستگی بین متغیرهای وابسته و مستقل از آزمون پیرسن استفاده شده است. نرم افزار بکار گرفته شده SPSS version 22 می‌باشد.

دارای پوسیدگی درونی هستند [۱۷]. که با توجه به سطح خیلی محدود جنگل‌های کشور و کاهش برداشت، تشخیص درختان حاوی پوسیدگی، گره و سایر معایب می‌تواند نقش بسزایی در افزایش بهره‌وری جنگل داشته باشد. بدین منظور دستیابی به اطلاعات دقیق در مورد روشهای غیر مخرب (برپایه امواج صوتی، راداری و اشعه ایکس) که در حداقل زمان دارای سرعت تشخیص بالا و دقیق هستند اهمیت بسیار پیدا می‌کند [۱۸]. بیشتر کارهای اولیه در مورد مدلسازی بین پارامترهای بیرونی و درونی توسط Schulz در سال ۱۹۶۱ انجام شده است که در آن شعاع ترمیم زخم  $[Rk \approx Ro \frac{Ls}{W}]$  و مقدار چوب خالص براساس پارامترهای بیرونی برآورد شده است [۱۹]. در ادامه از این مدلها برای برآورد چوب خالص راش جنگلی (*Fagus sylvatica* L.) در اروپا استفاده شده است [۵،۱۹،۲۰]. همچنین Torkaman و همکاران (۲۰۱۸) به روش مخرب بین پارامترهای بیرونی و درونی گره درخت راش مدلهای رگرسیونی را ارائه نمودند [۳]. هدف این پژوهش مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری چوب خالص و عاری از گره درخت راش به روش غیرمخرب سی تی اسکن با مقادیر برآوردی مدلهای بدست آمده در روش مخرب می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

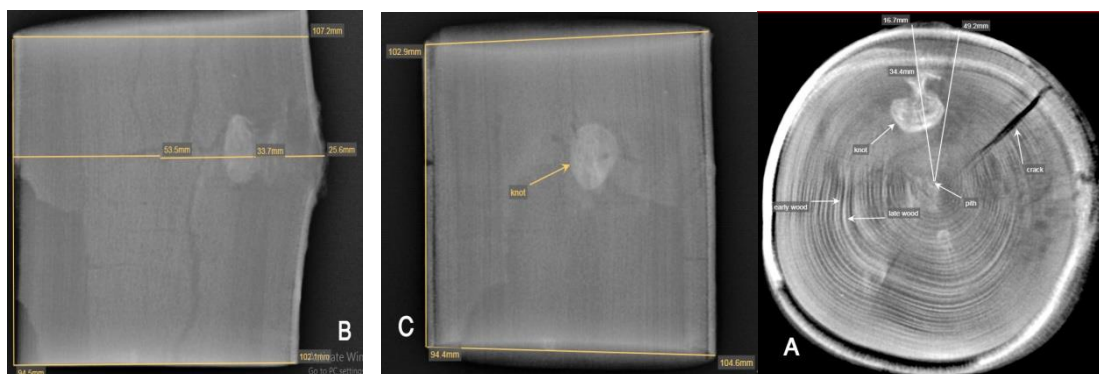
منطقه مورد مطالعه سری ۱۱ سفارود انتخاب شد که در قسمت جنوب حوزه آبخیز سفارود قرار داشته و از ارتفاع ۵۰۰ متر شروع و تا ارتفاع ۱۶۵۰ متر ادامه دارد. محدوده طرح در عرض جغرافیایی ۳۷/۲۸-۳۷/۳۲ و طول جغرافیایی ۴۸/۵۲-۴۵/۵۷ درجه واقع شده است، مساحت کل سری ۲۲۰۲/۹ هکتار که ۱۸۸۷/۱ هکتار آن قابل بهره برداری می‌باشد. بطور کلی منطقه مورد مطالعه جزء نواحی پرباران کشور (۸۰۰ تا ۱۴۰۰ میلیمتر) محسوب می‌شود.

### نمونه برداری

از منطقه مورد مطالعه تعداد ۵ اصله درخت گونه راش در کلاسه قطری ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر انتخاب، نمونه برداری و قطع گردید. درهرتنه از قسمت‌های پائین، وسط و بالا سه نمونه یک متری برش داده شد در مجموع ۱۵



شکل ۲- تصاویر بیرونی (A) و درونی (B) گره درخت راش



شکل ۳- تصاویر اسکن شده در سه مقطع عرضی (A)، شعاعی (B) و مماسی (C) ساقه راش در برنامه Extreme-DR

جدول ۱- نتایج آمار توصیفی ویژگیهای اندازه گیری شده گره درخت راش

$\frac{Ls}{Lm}$	$\frac{Rk}{Ro}$	$\frac{Ls}{Ws}$	طول گره (cm)	شعاع ترمیم (cm)	طول ریش چینی (cm)	طول زخم (cm)	پارامتر
۰/۴۶	۰/۷	۰/۷	۳/۰۸	۲/۹۲	۳	۱/۳	میانگین
۰/۳۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۱/۵۰	۱/۵۶	۱/۵۰	۰/۶۶	حداقل
۰/۶۹	۱	۱	۵/۸	۴/۷	۶	۲/۱۵	حداکثر
۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۱/۲۱	۱/۱۴	۱/۲۷	۰/۴۶	انحراف معیار
۰/۰۳	۰/۶۷	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۱۲	خطای استاندارد

Ls = طول زخم، Ws = پهناي زخم، Lm = طول ريش چيني، Rk = شعاع ساقه در زمان ترميم، Ro = شعاع فعلي ساقه

جدول ۲- نتایج آمار توصیفی مقدار چوب خالص بدست آمده در پنج روش بکار گرفته شده

روش	تعداد گره	میانگین (cm)	خطای استاندارد	واریانس	انحراف معیار
سی تی اسکن	۳۴	۲/۱۰	۰/۲۳	۱/۸۳	۱/۳۵
مدل ۱	۳۴	۱/۸۱	۰/۲۲	۱/۶۲	۱/۲۷
مدل ۲	۳۴	۱/۵۰	۰/۲۳	۱/۸۴	۱/۳۶
مدل ۳	۳۴	۲/۶۱	۰/۲۴	۱/۹۷	۱/۴۰
مدل ۴	۳۴	۲/۱۱	۰/۲۳	۱/۸۷	۱/۳۷

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس مقدار چوب خالص در بین پنج روش

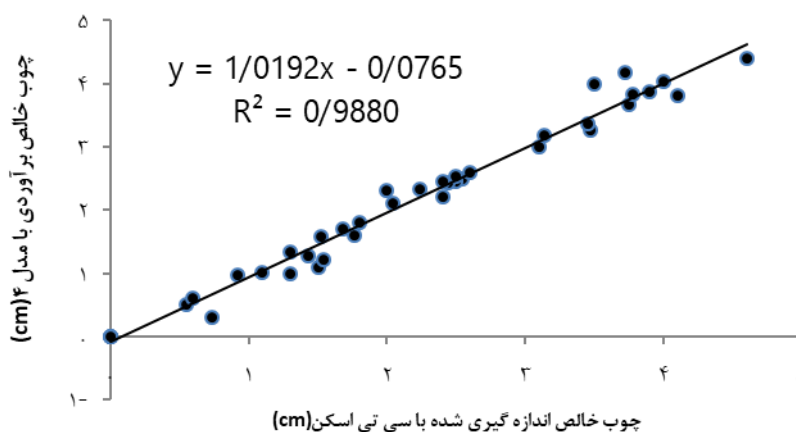
منابع	مجموعه مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
بین گروه	۳۲/۲۸	۴	۸/۰۷	۴/۹۳	۰/۰۰۱
داخل گروه	۲۶۶/۹۵	۱۶۳	۱/۶۴		
کل	۲۹۹/۲۳	۱۶۷			

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین بین مقادیر چوب خالص

دانت	اختلاف میانگین	خطای استاندارد	Sig
مدل ۱ سی تی اسکن	-۰/۲۸۶۲	۰/۳۱۰	۰/۷۶۵
مدل ۲ سی تی اسکن	-۰/۵۹۵۳	۰/۳۱۵	۰/۰۲۹
مدل ۳ سی تی اسکن	۰/۵۰۸۸	۰/۳۱۰	۰/۲۹۵
مدل ۴ سی تی اسکن	۰/۰۱۳۶	۰/۳۱۱	۰/۷۸۹

جدول ۵- نتایج حاصل از همبستگی پیرسن بین روشهای اندازه گیری مقدار چوب خالص

سی تی اسکن	مدل اول	مدل دوم	مدل سوم	مدل چهارم
سی تی اسکن	۱			
مدل اول	۰/۸۶۷**	۱		
مدل دوم	۰/۷۹۵**	۰/۸۴۹**	۱	
مدل سوم	۰/۹۵۲**	۰/۹۰۷**	۰/۸۲۶**	۱
مدل چهارم	۰/۹۹۴**	۰/۸۶۳**	۰/۷۸۲**	۰/۹۵۰**



شکل ۴- نمودار رابطه رگرسیونی مقدار چوب خالص بدست آمده از طریق سی تی اسکن و مدل چهارم

سیاه دارد بخش گره مرده است و قسمتی که روشنتر است بخش گره زنده را تشکیل می دهد. باتوجه به تصاویر گرفته شده توسط دستگاه سی تی اسکن پزشکی (شکل ۳) در این تصاویر می توان یک گره را در سه مقطع عرضی، شعاعی و مماسی مشاهده کرد. در تصاویر گرفته شده توسط سی تی

در شکل شماره ۲ تصاویر درونی و بیرونی گره درخت راش نشان داده شده است. که در تصویر بیرونی می توان چین خوردگی شبیه ریش چینی را در روی پوست مشاهده کرد که همان نشانگر بیرونی است. در تصویر درونی می توان مقطع شعاعی گره را مشاهده کرد. قسمتی که رنگ

خالص هر دو روش ۲cm است. برآورد مدل چهارم براساس اندازه‌گیری پارامتر درونی شعاع ساقه در زمان ترمیم شاخه می‌باشد در نتیجه، کارایی آن صد درصد است در حالیکه مدل‌های یک تا سه براساس اندازه‌گیری پارامترهای بیرونی می‌باشند که به دلیل تغییر در شکل هندسی ساقه و زخم‌های حاصل از ترمیم کارایی صد درصدی را ندارند و برآورد آنها کمتر (مدل ۲) و یا بیشتر (مدل ۳) از مقدار واقعی است (جدول ۲). در حالیکه مدل یک با ۸۵ درصد کارایی دارای برآوردی متعادل است که تفاوت معنی‌داری با مدل چهارم و سی تی اسکن ندارد (جدول ۴). شکل ۴ رابطه رگرسیونی مقادیر چوب خالص حاصل از سی تی اسکن و مقادیر برآوردی مدل چهارم را نشان می‌دهد که پراکنش نقاط در اطراف مدل رگرسیونی نشان‌دهنده همبستگی بالا بین مقادیر اندازه‌گیری شده و برآوردی است. Racko (۲۰۱۳) مقدار همبستگی بین مقدار برآوردی و محاسبه شده چوب خالص راش (*Fagus sylvatica* L.) را با بکارگیری مدل سوم ۰/۷۵ عنوان کرده است که کمتر از مطالعه حاضر می‌باشد ( $r=0/952$ ) که نشان‌دهنده بالا بودن دقت مقدار محاسبه شده از طریق سی تی اسکن است. جدول آنالیز واریانس مقدار چوب خالص در بین روشهای مختلف (جدول ۳) نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ( $p\text{-value}<0/01$ ). که آزمون مقایسه میانگین دانت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین مدل دوم و سی تی اسکن است ( $p\text{-value}<0/05$ ) (جدول ۴). در حالیکه بین سایر مدل‌ها با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ( $p\text{-value}>0/05$ ) که نشان‌دهنده مناسب بودن مدل‌های اول و چهارم برای برآورد چوب خالص راش می‌باشد. که در این بین مدل یک به دلیل سادگی و بکارگیری دو پارامتر بیرونی برای برآورد مقدار چوب خاص راش مناسب و در درجه‌بندی گرده‌بینه کاربرد بیشتری می‌تواند داشته باشد.

### نتیجه‌گیری

بطور کلی باتوجه به نتایج جدول آنالیز واریانس و ضریب همبستگی بالا بین مقادیر برآوردی با مقادیر اندازه‌گیری شده چوب خالص بوسیله سی تی اسکن می‌توان نتیجه‌گیری نمود که نتایج مدل چهارم و سی تی اسکن

اسکن پزشکی بیشتر بخش مرده گره بدلیل اختلاف دانسیته زیاد با چوب اطراف قابل مشاهده است و تشخیص گره زنده توسط سی تی اسکن پزشکی بدلیل کم بودن اختلاف دانسیته آن با چوب اطراف ضعیفتر است. همانطور که در تصاویر مشاهده می‌شود بوسیله نرم‌افزار EXTREME می‌توان ابعاد گره، موقعیت، فاصله از مغز ساقه، مقدار چوب خالص وسایر پارامترها را اندازه‌گیری نمود. که نتایج آن در جدول ۲و۱ قابل مشاهده است. اطلاعات موجود در جدول شماره یک نشان‌دهنده متوسط پارامترهای مربوط به نشانگر درونی و بیرونی گره درخت راش می‌باشد. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود طول ریش چینی بعنوان نشانگر بیرونی برآورد کننده خوبی برای طول گره در داخل تنه درخت می‌باشد. دقت برآورد اندازه و محل‌یابی معایب در روش سی تی اسکن بالا است. استفاده از سی تی اسکن در خط تولید فرآورده‌های چوب و جنگل باعث افزایش راندمان تولید کاهش ضایعات و مدیریت بهتر برش گرده‌بینه و ارزیابی بهتر کیفیت گرده‌بینه و محصولات آن می‌شود. ارتقاء تکنولوژی همراه با هزینه است که با کاهش ضایعات خط تولید جبران می‌شود [۷]. چوب خالص که همان لایه‌های چوبی تشکیل شده بعد از حبس‌شدگی شاخه است بوسیله سی تی اسکن اندازه‌گیری شده و با نتایج برآوردی مدل‌ها مورد مقایسه قرار گرفته که نتایج در جداول ۲ الی ۴ آورده شده است. لازمه مقایسه میانگین مقدار چوب خالص در این روشها نرمال بودن داده‌ها است که آزمونهای کلموگراف-اسمیرنوف و شاپیرو ویلکس نشان‌دهنده نرمال بودن داده‌ها در پنج روش محاسبه چوب خالص می‌باشند ( $p\text{-value}>0/05$ ). همچنین متوسط مقدار چوب خالص برآوردی در پنج مدل بکاررفته به همراه سایر شاخصهای آماری در جدول ۲ نشان داده شده است. مدل دوم کمترین برآورد ( $1/5\text{cm}$ ) و مدل سوم بیشترین ( $2/6\text{cm}$ ) برآورد را داشته است و نزدیکترین مقدار به سی تی اسکن مربوط به مدل چهارم است. مقادیر همبستگی پیرسن در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان داد که بین تمام روشهای برآورد چوب خالص همبستگی بالایی وجود دارد (جدول ۵) که بیشترین مقدار آن مربوط به همبستگی بین مدل چهارم با سی تی اسکن ( $r=0/994$ ) می‌باشد. که مقدار برآوردی چوب

که می‌تواند در فرآیند درجه بندی گرده بینه مورد استفاده قرار گیرد.

### تقدیر و تشکر

این پروژه با حمایت مالی مرکز مطالعات و همکاری‌های علمی و بین‌المللی انجام شده است.

یکسان و واقعی است ( $r = 0.994$ ). همچنین بدلیل برآورد کم مدل دوم و برآورد بیش از مقدار واقعی مدل سوم این دو مدل برای ارزیابی چوب خالص راش تشخیص داده نشدند. بنابراین مدل یک بدلیل اینکه براساس تفاضل دو پارامتر بیرونی عمل می‌کند و کارایی ۸۵ درصدی را دارد برای ارزیابی چوب خالص راش مناسب تشخیص داده شد

### منابع

- [1] Amini, M., Namiranian, M., Sagheb Talebi, Kh. and Amini, R., 2009. Investigation on The Homogeneity of Diameter Increment Models in *Fagus orientalis* L. Trees. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 16(4):1-23.
- [2] Stängle, S.M., Bruchert, F., Kretschmer, U., Spicker, H. and Sauter, U.H., 2013. Clear wood content in standing trees predicted from branch scar measurements with terrestrial LiDAR and verified with X-ray computed tomography. Canadian Journal of Forest Research, 44:145-153.
- [3] Torkaman, J., Vaziri, M., Sandberg, D. and Limaie, S.M., 2018. Relationship between branch-scar parameters and knot features of oriental beech (*Fagus orientalis Libsky*). Wood Material Science and Engineering, 13: 117-120.
- [4] Thomas, R.E., 2009. Modeling the relationships among internal defect features and external Appalachian hardwood log defect indicators. Silva Fennica, 43(3): 447-456.
- [5] Racko, V., 2013. Verify the accuracy of estimation the model between dimensional characteristics of branch scar and the location of the knot in the beech trunk. Forestry and Wood Technology, 84: 60-65.
- [6] Wei, Q., Leblon, B. and Rocque, A.L., 2011. On the use of X-ray computed tomography for determining wood properties: a review 1. Canadian Journal of Forest Research, 41: 2120-2140.
- [7] Oja, J., Grundberg, S., Fredriksson, J. and Berg, P., 2004. Automatic grading of sawlogs: a comparison between X-ray scanning, optical three-dimensional scanning and combinations of both methods. Scandinavian Journal of Forest Research, 19(1): 89-95.
- [8] Grundberg, S. and Grönlund, A., 1991. Methods for reducing data when scanning for internal log defects. In Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Scanning Technology in the Wood Industry, San Francisco, Calif. 28-29 October 1991. Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.
- [9] Grundberg, S. and Grönlund, A., 1992. Log scanning - extraction of knot geometry. In Proceedings of the 1st International Seminar/Workshop on Scanning Technology and Image Processing on Wood, Skellefteå, Sweden. 30 August - 1 September. Luleå University of Technology, Luleå, Sweden
- [10] Osterloh, K., 2006. Radiographic and Tomographic Testing of Wood, ECNDT 2006 - Th. 1.3.3
- [11] Oja, J., 2000. Evaluation of knot parameters measured automatically in CT-images of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). European Journal of Wood and Wood Products, 58(5): 375-379.
- [12] Oja, J. and Temnerud, E., 1999. The appearance of resin pockets in CT-images of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). European Journal of Wood and Wood Products 57(5): 400-406.
- [13] Oja, J., 1997. A Comparison between Three Different Methods of Measuring Knot Parameters in *Picea abies*. Scandinavian Journal of Forest Research, 12: 311-315.

- [14] Wernsdorfer, H., Constant, T., Mothe, F., Badia, M.A., Nepveu, G. and Seeling, U., 2005. Detailed analysis of the geometric relationship between external traits and the shape of red heartwood in beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Trees*, 19: 482–491.
- [15] Wei, Q., Leblon, B., Chui, Y.H. and Zhang, S.Y., 2008a. Identification of selected log characteristics from computed tomography images of sugar maple logs using maximum likelihood classifier and textural analysis. *Holzforschung*, 62(4):441–447.
- [16] Wang, C., Zhao, Z., Hein, S., Zeng, J., Schuler, J., Guo, J., Guo, W. and Zeng, J., 2015. Effect of Planting Density on Knot Attributes and Branch Occlusion of *Betula alnoides* under Natural Pruning in Southern China. *Forests*, 6:1343-1361.
- [17] Kazemi-Najafi, S., Shalbfafan, A. and Ebrahimi, G.H., 2009. Internal decay assessment in standing beech trees using ultrasonic velocity measurement. *European Journal of Forest Research*, 128:345-350.
- [18] Li, W., Wen, J., Xiao, Z. and Xu, S., 2018. Application of Ground-Penetrating Radar for Detecting Internal Anomalies in Tree Trunk with Irregular Contours. *Sensors*, 18,649(open access).
- [19] Schulz, H., 1961. Die Beurteilung der Qualitätsentwicklung junger Bäume. *Forstarchiv*, 32:89–99
- [20] Wernsdorfer, H., Constant, T., Mothe, F., Badia, M.A., Nepveu, G. and Seeling, U., 2005. Detailed analysis of the geometric relationship between external traits and the shape of red heartwood in beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Trees*, 19: 482–491.



## Comparison study in the clear wood estimation of the Beech tree trunk (*Fagus orientalis* Libsky)

### Abstract

*Fagus orientalis* is a valuable deciduous tree species mainly distributed in northern of Iran. There is great demand in the market for its log especially for knot-free logs. The classification of roundwood is inextricably linked to the measurement of a particular single wood defect. The appearance, location, and number of defects are important in the quality evaluation of logs and sawn timber, and the most important defects are knots. To evaluate the defects of trees, destructive methods (cutting) and non-destructive methods (CT scans) are used. The purpose of this study was to calculate clear wood by four models and compared them with CT- scan. Fifteen stems of oriental beech trees were studied. The Pearson correlation coefficient and the Kolmogorov-Smirnov were used to check the normality of the data and the correlation between the parameters. The results showed that the detection of CT- scan is high at the organs having a significant difference in the density. The accuracy of detection and evaluation is high in the CT-Scan method. The results also showed that there is a high correlation between all methods of estimating clear wood. The highest correlation coefficient was obtained between the fourth model and CT-Scan method ( $r=0.994$ ) which their clear wood estimation are the same. Among the studied models, the first model ( $\Delta r = W_s - L_s$ ) which is based on the external indicator is more suitable for evaluating of the beech clear wood in the log grading process.

**Keywords:** beech, clear wood, CT-Scan, log, knot.

J. Torkaman<sup>1\*</sup>  
M. Vaziri<sup>2</sup>  
D. Sandberg<sup>3</sup>  
S. Iman M. Limaei<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Associate prof., Department of forestry, Faculty of natural resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

<sup>2</sup> Assistant prof., Wood science and engineering, Luleå University of technology, Skellefteå, Sweden

<sup>3</sup> Professor, Wood science and engineering, Luleå University of technology, Skellefteå, Sweden

<sup>4</sup> Associate prof., Department of forestry, Faculty of natural resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

Corresponding author:  
[torkaman@guilan.ac.ir](mailto:torkaman@guilan.ac.ir)

Received: 2018/07/09  
Accepted: 2018/09/08