

تشخیص و تفکیک گره درخت راش (*Fagus orientalis Libsky*) به روش غیرمخرب امواج تنشی

نازنین صالحی^۱، جواد ترکمن^{۲*}، رامین نقدی^۳ و مهران روح‌نیا^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته جنگل‌داری، گرایش عمران و بهره‌برداری جنگل، دانشگاه گیلان، ایران

۲* - نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ایران. پست‌الکترونیک: torkaman@guilan.ac.ir

۳- استاد، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ایران

۴- استاد، گروه علوم صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۱

چکیده

گره اثر شاخه بر روی تنه درخت است که سبب کاهش کیفیت چوب می‌شود. گره‌ها یا همان شاخه‌های حبس شده مهم‌ترین عامل در درجه‌بندی چوب‌ها هستند. هدف این تحقیق تشخیص و تفکیک اندازه گره در ساقه درخت راش به روش غیرمخرب امواج تنشی است. در این پژوهش تعداد پنج ساقه یک متری بررسی شد، با توجه به اندازه گره، ساقه‌ها به چهار قسمت فاقد گره، دارای گره کوچک، متوسط و بزرگ طبقه‌بندی شدند. با به‌کارگیری دستگاه تایمر میکروثانیه فاکوپ امواج تنشی در راستای طولی ساقه و عرض گره‌های موجود در چهار قسمت ساقه عبور داده شد، با توجه به زمان عبور امواج تنشی مقدار سرعت و همچنین درصد کاهش نسبی سرعت عبور امواج محاسبه شد. آنالیز واریانس داده‌های سرعت امواج تنشی در بین چهار قسمت، نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بود. نتایج نشان داد که اندازه گره در کاهش سرعت عبور امواج تنشی در ساقه درخت راش مؤثر است. با بزرگ شدن گره، زاویه آن با محور ساقه اصلی کاهش می‌یابد. در نتیجه طول بیشتری در ساقه قرار می‌گیرد و سرعت حبس‌شدگی آن افزایش می‌یابد. در این روش گره‌های خیلی کوچک که درصد کاهش سرعت عبور امواج تنشی آنها کمتر از ۱۰ درصد بود تشخیص داده نشد؛ بنابراین برای گره‌های کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب محدوده کاهش نسبی سرعت عبور امواج تنشی ۱۰ تا ۲۰ درصد، ۲۰ تا ۴۵ درصد و بیش از ۴۵ درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز واریانس، درجه‌بندی، حبس‌شدگی، سرعت عبور امواج

مقدمه

از اهمیت بالایی برخوردار است (Torkaman et al., 2018). یکی از مهم‌ترین معایب مؤثر در درجه‌بندی و کیفیت گرده‌بینه راش، گره است. در واقع گره اثر شاخه بر روی تنه درخت است که سبب کاهش کیفیت چوب می‌شود. گره‌ها یا همان شاخه‌های حبس شده را می‌توان مهم‌ترین عامل در ارزشیابی و درجه‌بندی چوب‌ها به حساب آورد. گره به دو صورت گره زنده و گره مرده وجود دارد و بر روی کیفیت تنه تأثیر دارد و

یکی از مهم‌ترین گونه‌های خانواده راش (*Fagaceae*) درخت راش خزری (*Fagus orientalis*) است که موجودی آن از نظر تعداد و حجم به ترتیب ۲۴ و ۳۰ درصد جنگل‌های شمال ایران است (Amini et al., 2009). درخت راش یک گونه صنعتی است که در صنایع روکش، تخته لایه و مبلمان کاربرد فراوانی دارد، بنابراین ارزیابی کیفی آن برای خریداران

به تبع آن محصولاتی که از تنه درخت به دست می‌آیند نیز متأثر از گره هستند. در واقع گره جزء معایب ساختمانی به شمار می‌رود و سبب کاهش خواص استحکامی چوب‌ها می‌شود، به‌ویژه اگر اندازه و محدوده گره مرده زیاد باشد. گره ارزش و کیفیت الوار چوب ماسیو را کم می‌کند و باعث کاهش شدید مقاومت‌های آن می‌شود (Torkaman *et al.*, 2019). با توجه به رویش قطری درختان، شاخه در تنه حبس می‌شود که در سطح پوست درختان تغییراتی ایجاد می‌کند که این تغییرات می‌تواند به برآورد زمان ترمیم و تشکیل چوب عاری از گره کمک کند (Racko, 2013). مقدار طولی از شاخه را که در هر سال توسط لایه‌های چوب پوشیده می‌شود، سرعت حبس‌شدگی می‌گویند (Stangle *et al.*, 2014). تراکم کاشت بر هرس طبیعی درختان و در نتیجه بر اندازه شاخه حبس شده مؤثر است (Wang *et al.*, 2015). هرس مصنوعی و نحوه برش شاخه درختان نیز در کاهش اثرهای منفی گره و افزایش تشکیل چوب عاری از گره بسیار مؤثر است (Ohara, 2007). در حال حاضر در ایران ارزیابی کیفی گرده‌بینه‌ها توسط کارشناس به صورت بصری و دستی انجام می‌شود که در آن خطای برآورد زیاد است. با توجه به کم شدن ذخایر جنگلی و ارزشمند شدن این منابع، توجه به روش‌های ارزیابی دقیق‌تر لازم و ضروریست. روش‌های مختلفی برای ارزیابی اندازه، محل و شکل گره‌ها در داخل تنه درختان وجود دارد که به دو دسته کلی روش‌های مخرب و غیرمخرب تقسیم‌بندی می‌شوند. در روش مخرب گرده‌بینه در جهت‌های شعاعی و مماسی برش داده می‌شود و معایب بر روی سطوح برش داده شده مورد بررسی قرار می‌گیرند. در روش‌های مخرب پس از اعمال آزمایش، قطعه کارایی خود را از دست می‌دهد و نمی‌توان تمام محصولات را مورد آزمایش قرار داد، باید به صورت تصادفی تعدادی از نمونه‌ها را آزمایش کرد. در حالی که در روش غیرمخرب با استفاده از فنون عکس‌برداری (Sioma & Socha, 2016; Sioma, 2015)، رادیوگرافی (Sambulli *et al.*, 2003)، پرتونگاری (Thomas *et al.*, 2006; Oven *et al.*, 2008; Stangle *et al.*, 2014) و عبور امواج فراصوتی (Zadfalla *et al.*, 2021)؛

به ارزیابی معایب درونی تنه درختان و فرآورده‌های چوبی می‌پردازند. فناوری امواج تنشی یک روش غیرمخرب است که در گذشته از این فناوری برای مرتب‌سازی و درجه‌بندی الوارهای ساختمانی و ارزیابی وضعیت درونی اعضای سازه چوبی استفاده زیادی می‌شد (Jung, 1979; Armstrong *et al.*, 1991). فراصوتی، افزون بر بازرسی قطعات تکمیل شده، برای بازرسی و کنترل کیفیت مراحل مختلف تولید قطعات نیز به کار می‌روند. تحقیقات اخیر نشان داده است که تکنیک موج تنشی روش بسیار خوب و دقیقی برای ارزیابی پوسیدگی درونی و کیفیت چوب درختان ایستاده است (Lotfi *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2015). جدیداً از این روش برای ارزیابی میزان پوسیدگی درختان سرپای راش (Kartoolinejad *et al.*, 2013) و خواص مکانیکی چوب لاریکس ژاپنی (Barriola *et al.*, 2021) و زیتون تلخ (Duong & Ridley, 2021) استفاده شده است. همچنین از امواج تنشی برای پیش‌بینی خواص مقاومتی چوب‌آلات استفاده شده است (Guntekin *et al.*, 2014). در منابع خارجی و به‌ویژه داخلی منابع کمی را می‌توان مشاهده کرد که با استفاده از امواج تنشی به ارزیابی و تشخیص گره پرداخته باشد (Dackermann *et al.*, 2013). بنابراین، با توجه به این مسئله که امواج تنشی چگونه می‌توانند گره‌های کوچک و بزرگ را تشخیص دهند، هدف این پژوهش ارزیابی و تشخیص گره در ساقه درخت راش با استفاده از سرعت عبور امواج تنشی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: سری ۱۱ شفارود که در قسمت جنوب حوزه آبخیز شفارود 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 ۴۵/۵۷-۴۸/۵۲ درجه واقع شده است. مساحت کل مجموعه ۲۲۰۲/۹ هکتار که ۱۸۸۷/۱ هکتار آن قابل بهره‌برداری می‌باشد. به‌طور کلی منطقه مورد مطالعه جزء نواحی پر باران کشور بوده

تنشی به وسیله دوربین دیجیتالی کنن از نشانگر بیرونی ۴۳ گره تصویربرداری (شکل ۱-۱) شد. پس از عبور امواج تنشی، نمونه‌ها در راستای محور گره به وسیله اره فلکه‌ای از پوست به سمت مغز ساقه برش داده شد. به طوری که گره به دو قسمت مساوی تقسیم شد و از سطح شعاعی به دست آمده نیز تصویربرداری انجام گردید (شکل ۱-۲). ابعاد و زاویه درونی گره‌ها با به کارگیری نرم‌افزار Digimazer image4 اندازه‌گیری شد (شکل ۲).

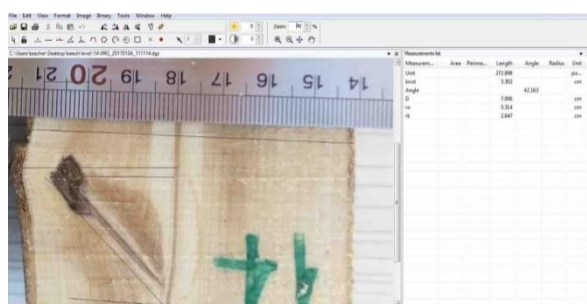
(۸۰۰ تا ۱۴۰۰ میلی‌متر) و در تقسیم‌بندی‌های اقلیمی در گستره اقلیم‌های مرطوب ایران قرار می‌گیرد.

نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه: تعداد پنج اصله درخت گونه راش در کلاسه قطری ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر انتخاب و قطع شد. در هر تنه از قسمت‌های پایین، وسط و بالا سه نمونه یک متری برش داده شد، در مجموع ۱۵ نمونه یک متری تهیه گردید. نمونه‌ها به آزمایشگاه جنگل‌داری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان منتقل شد. از بین نمونه‌ها، ۵ نمونه سالم فاقد پوسیدگی و ترک انتخاب و قبل از برش و عبور امواج



شکل ۱- تصاویر نشانگر بیرونی (A)، نشانگر درونی (B) و گره درخت راش

Figure 1. External (A) and Internal (B) indicator images of Beech tree knot



شکل ۲- ویژگی‌های درونی گره در داخل تنه درخت راش اندازه‌گیری شده به وسیله نرم‌افزار Digimazer

Figure 2. Internal attributes of the knot inside the beech trunk measured by the digimazer software.

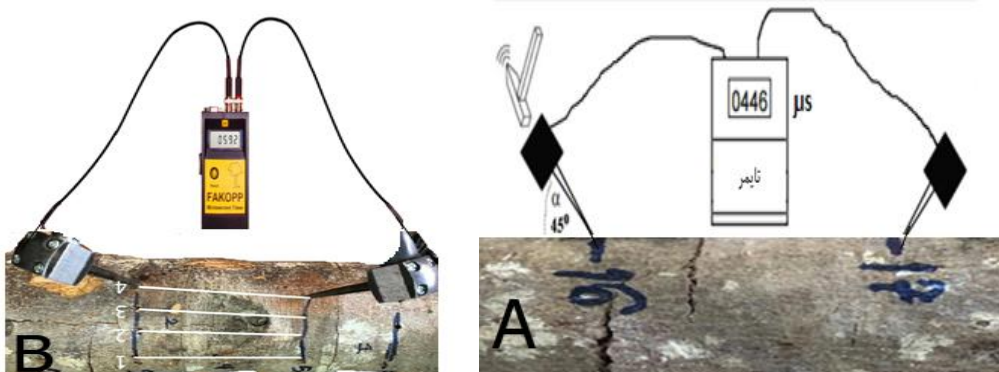
بسیست قسمت پنج سانتیمتری تقسیم و از یک تا ۱۹ شماره‌گذاری شد. با توجه به نشانگر بیرونی وجود یا عدم وجود گره در این فواصل تشخیص داده شد. سپس بین دو شماره با فاصله مشخص ابتدا با ضربات چکش سنسور شروع با زاویه ۴۵ درجه را در نقطه شماره اول به داخل تنه قرار داده و بعد سنسور توقف را با همان زاویه در نقطه شماره دوم

اندازه‌گیری زمان عبور امواج تنشی

برای اندازه‌گیری زمان انتقال امواج تنشی از دستگاه تایمر میکروثانیه فاکوپ ساخت کشور مجارستان واقع در آزمایشگاه صنایع چوب دانشگاه آزاد کرج استفاده شد. این دستگاه دارای دو سنسور و کرنومتر است که دقت آن در حد میلیونیم ثانیه ($\pm 1\mu s$) است. در ابتدا ساقه یک متری راش را به

(شکل ۳-۳-B). برای محاسبه سرعت عبور امواج تنشی در نمونه‌ها از فرمول شماره یک و برای کاهش نسبی سرعت امواج تنشی از فرمول شماره دو استفاده شده است.

به داخل تنه کوبیده شد، با ضربه زدن به سنسور شروع، زمان رسیدن امواج به سنسور توقف با فاصله ثابت و مشخص از روی تایمر میکروثانیه فاکوپ خوانده و ثبت گردید (شکل ۳-۳-A). این عمل در جهت عرض هر گره نیز انجام شده است



شکل ۳-۳- سرعت عبور امواج تنشی در جهت طولی ساقه (A) و در عرض گره (B)

Figure3. The velocity of Stress waves in the longitudinal direction of the stem (A) and the width of the knot (B).

$$V = \frac{L}{t} \times 1000000 \quad (1)$$

=V = سرعت عبور امواج (متر بر ثانیه)

L = فاصله بین دو سنسور (متر)

t = زمان (میکروثانیه)

$$D = \frac{V1 - V2}{V1} \times 100 \quad (2)$$

D = کاهش نسبی سرعت امواج تنشی (%)

V1 = سرعت عبور امواج در چوب بدون گره

V2 = سرعت عبور امواج در چوب دارای گره

جدول ۱- نتایج ویژگی‌های توصیفی گره‌های موجود در ساقه درخت راش

Table 1- Results of descriptive characteristics of knots in beech tree stem

ویژگی‌ها Characteristics	قطر (میلی‌متر) Diameter (mm)	طول (میلی‌متر) Length (mm)	زاویه گره (درجه) Knot angle (°)	سرعت حبس‌شدگی (میلی‌متر بر سال) Occlusion speed (mm/year)	سرعت عبور امواج تنشی (متر بر ثانیه) Velocity of stress waves (m/s)
فاقد گره No Knot	-	-	-	-	1578±50 a
گره کوچک Small Knot	<20	<30	50±3	2.5±0.5	1408±5 b
گره متوسط Medium Knot	20-40	30-50	45±2	3.5±0.2	1278±12 c
گره بزرگ Large Knot	>40	>50	35±2	4.5±0.3	897±6 d

حروف مختلف نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. Different letters indicate significant differences at the 95% confidence level.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای بررسی تأثیر اندازه گره در سرعت امواج تنشی و کاهش نسبی سرعت امواج تنشی از طرح کاملاً تصادفی در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شده است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانت در نرم‌افزار SPSS انجام شده است.

نتایج

گره‌ها یکی از مهمترین معایب مؤثر بر کیفیت چوب‌آلات هستند که شکل، ابعاد و فراوانی آنها در درجه‌بندی کیفی و تقسیم‌بندی گرده‌بینه و چوب‌آلات مؤثر است؛ بنابراین ویژگی‌های توصیفی که در این پژوهش اندازه‌گیری شده است در جدول یک مندرج است. نتایج جدول ۱ نشان‌دهنده مقادیر مختلف ویژگی‌های گره

از نظر قطر، طول، زاویه و سرعت حبس‌شدگی است. همچنین می‌توان تأثیر اندازه گره بر سرعت عبور امواج تنشی در چوب راش را نیز مشاهده کرد.

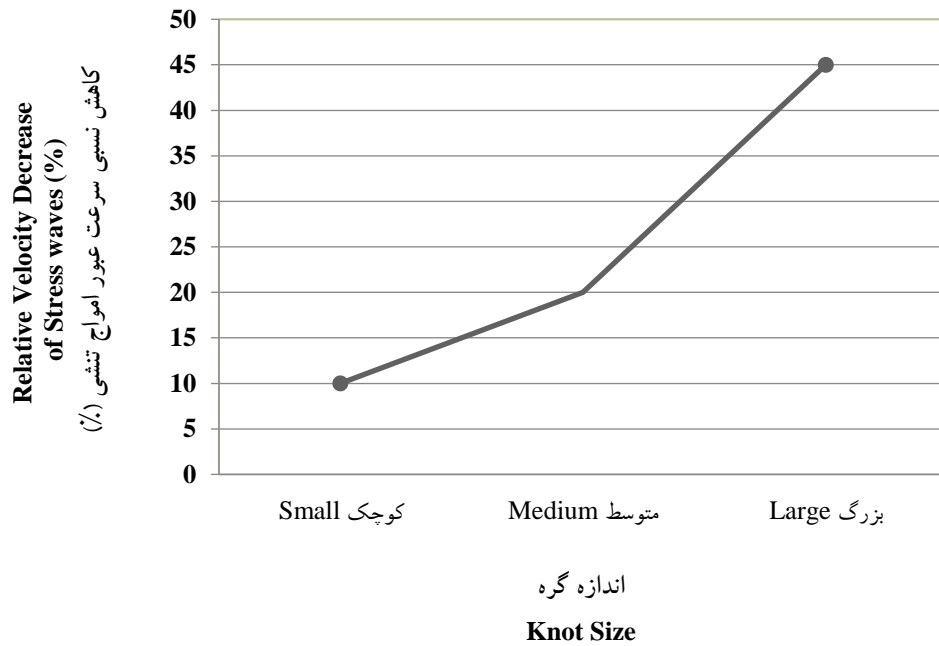
جدول ۲ نتایج آنالیز واریانس داده‌های حاصل از سرعت عبور امواج تنشی در چهار قسمت فاقد گره (شاهد) و دارای گره‌های کوچک، متوسط و بزرگ را نشان می‌دهد که بین آنها تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانت بین قسمت‌های دارای گره (کوچک، متوسط و بزرگ) در مقایسه با قسمت فاقد گره تفاوت معنی‌دار وجود دارد که در جدول شماره یک این تفاوت با حروف متفاوت نشان داده شده است.

شکل شماره ۴ نتایج حاصل از محاسبه کاهش نسبی سرعت عبور امواج تنشی با استفاده از فرمول شماره ۲ را برای سه دسته گره‌های ساقه راش نشان می‌دهد.

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس سرعت عبور امواج تنشی در ساقه درخت راش

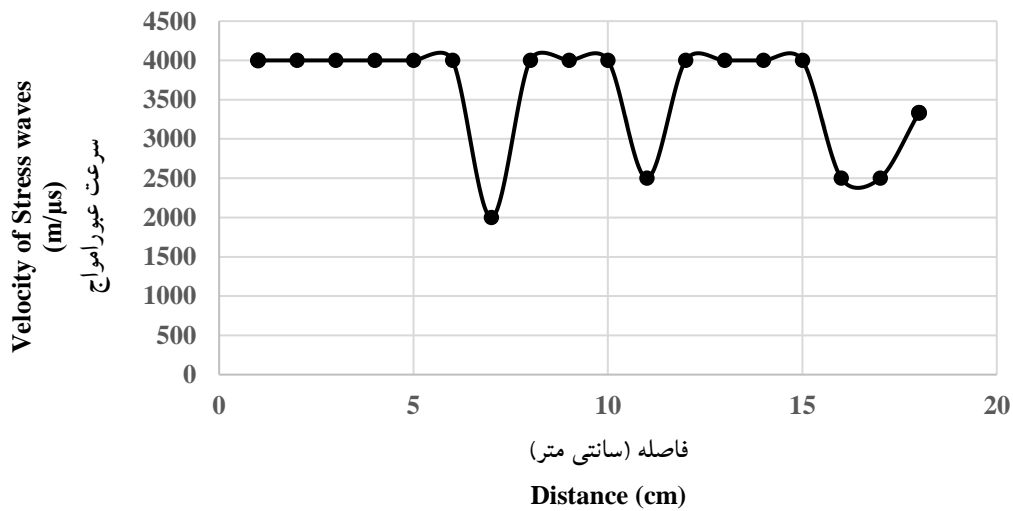
Table 2 - Results of analysis of variance of stress wave velocity in beech stem

منابع تغییرات Sources	مجموع مربعات Sum of Square	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Square	F	معنی‌داری (sig) Significant
بین گروه Between Group	1177538	3	392512	15	0.0001
داخل گروه Within Group	373534	15	24902		
کل Total	1551073				



شکل ۴- تأثیر اندازه گره بر کاهش نسبی سرعت عبور امواج تنشی

Figure 4-Effect of Knot Size on the Relative Velocity decrease of Stress waves

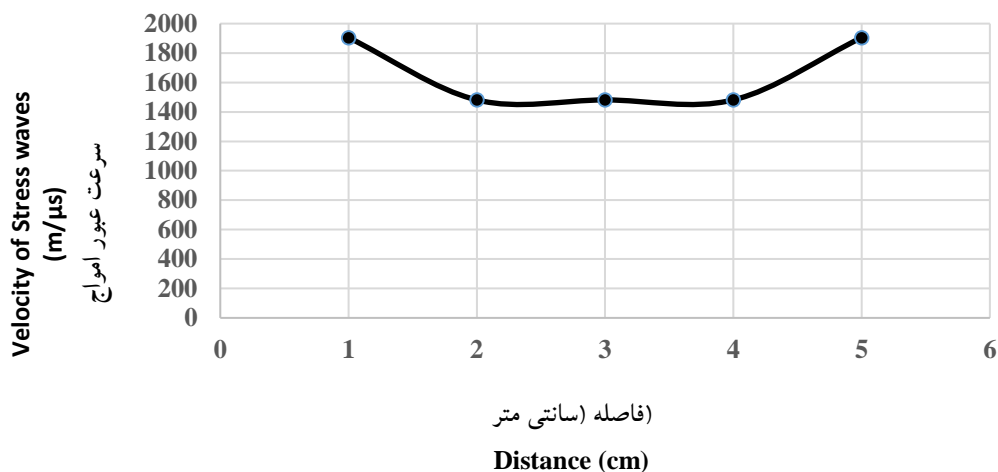


شکل ۵- اثر گره بر سرعت عبور امواج در جهت طولی ساقه (نمونه ۱)

Figure 5- The effect of the knot on the speed of the waves in the longitudinal direction of the stem (example 1)

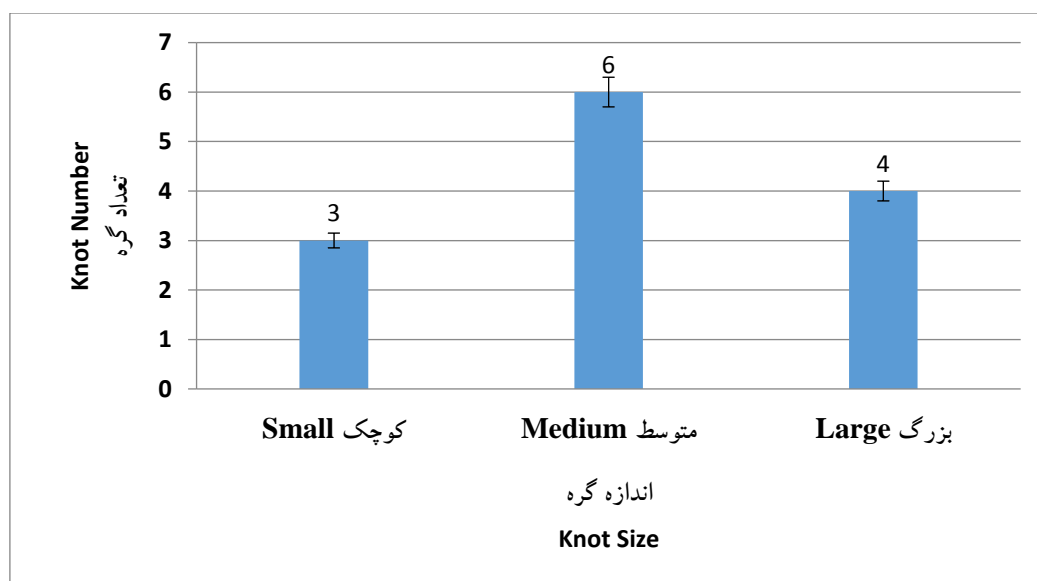
گره بزرگ، سه گره متوسط و یک گره کوچک) را در جهت طولی تشخیص داد.

شکل شماره ۵ نمودار تغییرات سرعت عبور امواج تنشی در فواصل ۵ سانتی متری طول ساقه شماره یک را نشان می دهد، با این تغییرات می توان وجود پنج گره (یک



شکل ۶- اثر گره بر سرعت عبور امواج در جهت عرضی ساقه (گره شماره ۲)

Figure 6- The effect of the knot on the speed of waves passing in the transverse direction of the stem (Knot number 2)



شکل ۷- تعداد گره‌های تشخیص داده شده به روش غیرمخرب امواج تنشی

Figure 7- Number of knots have been recognized by the stress wave non-destructive method.

بحث

علائم گره‌ها در روی پوست درخت راش قبل از هر چیز به علت اینکه معمولاً شاخه‌ها در روی تنه به‌طور افقی قرار نگرفته بلکه کم‌وبیش حالت مایل دارند به وجود می‌آیند (شکل ۱- B). در زاویه بین شاخه و سطح تنه در اثر رویش قطری تنه و شاخه و همچنین جابجا شدن و یا به‌عبارت‌دیگر

شکل شماره ۶ نمودار تغییرات سرعت عبور امواج تنشی در اطراف گره شماره ۲ در ساقه شماره یک را نشان می‌دهد، با توجه به کاهش نسبی ۲۵ درصدی در سرعت عبور امواج تنشی آن را یک گره متوسط می‌توان در نظر گرفت. شکل شماره ۷ نشان‌دهنده تعداد گره‌های تشخیص داده شده به روش غیرمخرب امواج تنشی در ساقه درخت راش است.

جدول ۱ نشان می‌دهد با افزایش اندازه گره مقدار سرعت عبور امواج کاهش می‌یابد. زمانی که امواج تنشی ناحیه معیوب را دور می‌زنند مدت زمان افزایش می‌یابد و به همین دلیل سرعت امواج در چوب‌های معیوب کمتر از چوب سالم است (فرمول شماره ۱) که میزان این سرعت به حجم ناحیه معیوب نیز بستگی دارد. نتایج جدول آنالیز واریانس شماره ۲ گویای وجود تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین سرعت عبور امواج تنشی در چهار قسمت ساقه راش می‌باشد. با استفاده از آزمون مقایسه میانگین دانت مشخص گردید که بین هر سه قسمت دارای گره با قسمت عاری از گره (شاهد) در سرعت عبور امواج تنشی تفاوت معنی‌دار وجود دارد که با حروف متفاوت در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. تأثیر اندازه گره بر سرعت امواج تنشی از طریق محاسبه میزان کاهش نسبی سرعت عبور امواج تنشی مرجع مشخص می‌شود که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با بزرگ شدن گره‌ها درصد کاهش نسبی سرعت عبور امواج افزایش می‌یابد. نمودار شکل ۵ موقعیت پنج گره تشخیص داده شده در طول ساقه شماره یک به روش امواج تنشی را نشان می‌دهد. البته هرچه افت نسبت به سرعت امواج تنشی مرجع بیشتر باشد گره بزرگ‌تر است. اولین گره تشخیص داده شده با ۵۰ درصد کاهش در سرعت عبور امواج تنشی جزء گره بزرگ است؛ سه گره بعدی با ۳۷/۵ درصد کاهش جزء گره متوسط و آخرین گره با ۱۷ درصد کاهش جزء گره کوچک محسوب می‌شود. نمودار شکل ۶ نیز میزان کاهش سرعت امواج تنشی در اطراف گره شماره ۲ موجود در ساقه شماره یک را ۲۵ درصد نشان می‌دهد؛ با توجه به نتایج هر دو نمودار گره شماره ۲ یک گره متوسط می‌باشد. با توجه به نتایج ذکر شده در این پژوهش، تفکیک گره‌ها به روش غیرمخرب امواج تنشی می‌تواند بر مبنای درصد کاهش سرعت عبور امواج تنشی نسبت به سرعت مرجع انجام شود. گره‌های کوچک ۱۰-۲۰ درصد، گره‌های متوسط بین ۲۰-۴۵ و گره‌های بزرگ با بیش از ۴۵ درصد کاهش می‌دهند محدودیتی که در این روش دیده می‌شود این است که گره‌های با کاهش سرعت عبور امواج تنشی کمتر از ۱۰ درصد قابل

تغییر محل نقطه خروج شاخه در روی تنه سطح آن کوچک‌تر شده، در نتیجه پوست قسمت بین شاخه و تنه به هم کشیده شده و بعد فشردگی و موج‌دار شدن پوست نواحی اطراف را فراهم می‌کند (شکل ۱-۱). در نتیجه شکلی شبیه سیبل و ریش چینی تشکیل می‌شود که به آنها زخم‌های زاویه یا دایره‌ای نیز می‌گویند (Torkaman *et al.*, 2018; Torkaman *et al.*, 2019). ویژگی‌های این زخم‌ها با ابعاد درونی و محل استقرار گره‌ها در ارتباط است (Torkaman *et al.*, 2018; Racko, 2013). گره نتیجه حبس شدن شاخه در تنه است. همان‌طور که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود با بزرگ شدن شاخه ابعاد آن نیز از نظر طول و قطر افزایش می‌یابد که حالت غیرخطی دارد و زاویه بین شاخه و محور ساقه اصلی نیز با بزرگ شدن شاخه به علت کشش آن به سمت نور کاهش می‌یابد. البته هرچه این زاویه کمتر باشد طول بیشتری از شاخه در تنه قرار می‌گیرد، در نتیجه سرعت حبس‌شدگی افزایش می‌یابد. زمانی که درخت به‌طور طبیعی یا مصنوعی هرس می‌شود با افزایش رویش شعاعی درخت، باقیمانده شاخه در داخل تنه درخت حبس می‌شود، با گذشت زمان و رشد درخت شاخه حبس شده را لایه‌های چوب می‌پوشاند که می‌توان فاصله بین مغز و پوست گرده‌بینه را در این حالت به دو بخش چوب خالص و عاری از گره و چوب دارای گره خلاصه کرد (Duong & Ridley, 2021). سرعت عبور امواج تنشی در این دو بخش متفاوت است. همان‌طور که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود حداکثر سرعت عبور امواج تنشی حدود ۱۶۰۰ متر بر ثانیه (1578 ± 50) مربوط به قسمت‌های عاری از گره است که به‌عنوان سرعت مرجع نیز خوانده می‌شود. به‌طوری‌که با نتایج به‌دست‌آمده توسط Kartoolinejad و همکاران (۲۰۱۳) برای چوب سالم گونه راش (۱۶۲۶ متر بر ثانیه) مطابقت دارد. Zadfalla و همکاران (۲۰۲۱) سرعت عبور امواج از چوب سالم بلندمازو از همین خانواده را ۱۵۰۰ متر بر ثانیه گزارش کردند که در محدوده نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش قرار دارد. وجود گره در داخل ساقه درخت راش، سرعت عبور امواج تنشی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، همان‌طوری‌که

- Barriola, M.J., Aira, J.R. and Villanueva, J.L., 2021. Analytical models of the mechanical properties of Japanese larch (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) based on nondestructive testing and visual grading parameters. *Wood Material Science & Engineering*, 16(2):94-101.
- Dackermann, U., Crews, K., Kasal, B., Li, J., Riggio, M., Rinn, F. and Tannert, T., 2013. In situ assessment of structural timber using stress-wave. Measurements. *Materials and Structures*. DOI 10.1617/s11527-013-0095-4
- Duong, D.V. and Ridley-Ellis, D., 2021. Estimating mechanical properties of clear wood from ten-year-old *Melia azedarach* trees using the stress wave method. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79:941–949.
- Guntekin, E., Ozkan, S. and Yilmaz, T., 2014. Prediction of bending properties for beech lumber using stress wave method. *Maderas. Ciencia y tecnología* 16(1): 93-98, DOI 10.4067/S0718-221X2014005000008
- Jung, J., 1979. Stress wave grading techniques on veneer sheets. Gen. Tech. Rep. FPL.GTR.27. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Kartoolinejad, D., Najafi, A. and Kazemi-Najafi, S., 2013. Decay evaluation of damaged beech trees (*Fagus orientalis* L.) adjacent to skid trails by nondestructive stress wave technique, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(4):622-633 (In Persian).
- Lotfi, S., Saadatnia, M.A., Moradian, M.H. and Poursartip, L., 2021. Investigation on biomechanical properties of *Pinus nigra* Using stress wave technique and resistography, *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 36 (2):144-156(In Persian).
- Ohara, K.L., 2007. Pruning Wounds and Occlusion: A Long-Standing Conundrum in Forestry, *Journal of Forestry*, 105(3):131-138.
- Oven, P., Merela, M., Mikac, U. and Sers, A.I., 2008. 3D magnetic resonance microscopy of a wounded beech branch, *Holzforchung*, 62:322–328. DOI 10.1515/HF.2008.022
- Račko, 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.
- Roohnia, M.A., Tajdini N. and Manouchehri, N., 2011. Assessing wood in sounding boards considering the ratio of acoustical. *NDT&E International*, 44(1):13-20.
- Sambuelli, L., Socco, L.V., Godio, A., Nicolotti, G. and Martinis, R., 2003. Ultrasonic, electric and radar

تشخیص نیستند. Dackermann و همکاران (۲۰۱۳) در گزارش خود بیان کردند که اولاً سرعت عبور امواج تنشی در جهت طولی بیشتر از جهت عرضی است. ثانیاً روش امواج تنشی در کاهش نسبی سرعت امواج تنشی ۱۰ درصد قادر به تشخیص معایب نیست. همچنین در تفکیک گره بزرگ از چند گره کوچک که به صورت خوشه‌ای هستند دارای محدودیت است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که وجود گره در ساقه درخت راش باعث کاهش سرعت عبور امواج تنشی شده است. میزان این کاهش نشان‌دهنده اندازه گره است. البته هرچه بیشتر باشد گره بزرگ‌تر است. با بزرگ شدن گره زاویه آن با محور ساقه اصلی کاهش می‌یابد، در نتیجه طول بیشتری در ساقه قرار می‌گیرد و سرعت حبس شدگی بیشتر می‌شود. سرعت عبور امواج تنشی در چوب خالص و عاری از گره که به آن سرعت مرجع گفته می‌شود برای چوب راش در حدود ۱۶۰۰ متر بر ثانیه به دست آمد. گره‌های خیلی کوچک که کاهش نسبی سرعت امواج تنشی آنها کمتر از ۱۰ درصد بود در این روش قابل تشخیص نبودند؛ بنابراین مبنای تفکیک گره‌های کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب ۲۰، ۱۰ و ۴۵ درصد در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه معیار تشخیص معایب در روش امواج تنشی، کاهش نسبی سرعت عبور امواج می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای تفکیک معایبی مانند پوسیدگی، گره و گسیختگی از یکدیگر بررسی‌های بیشتری انجام شود.

منابع مورد استفاده

- Amini, M., Sagheb-Talebi, Kh., Namiranian, M. and Amini, R., 2009. Investigation on increment of *Fagus orientalis* Lipsky using time series analysis, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(3):404-421 (In Persian).
- Armstrong, J.P.; Patterson, D.W.; Sneckenberger, J.E. 1991. Comparison of three equations for predicting stress wave velocity as a function of grain angle. *Wood and Fiber Science*, 23(1):32.43.

- orientalis Libsky*), Wood Material Science & Engineering. Article in Wood Material Science and Engineering . DOI: 10.1080/17480272.2018.1424731
- Torkaman, J., Vaziri, M., Sandberg, D. and Mohammadi Limaei, S. 2019. Comparison study in the clear wood estimation of the Beech tree trunk (*Fagus orientalis Libsky*), Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 10(1):11-19 (In Persian).
- 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.
- Zadfallh, M., Naghdi, R., Torkaman, J., Roohnia, M., Hedayati-Ayandeh, M., 2021. Evaluation of the internal decay of the oak tree (*Quercus castaneifolia*) via the non - destructive test of the acoustic tomography, Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 12(1):163-173(In Persian).
- measurements for living trees assessment, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 44(3): 253-279.
- Sioma, A., 2015. Assessment of wood surface defects based on 3D image analysis. Wood Research, 60(3):339–350.
- Sioma, A. and Socha, J., 2016. Automation of annual tree increment measurement using vision system, Drewno, 59(196):19–30.
- Stängle, S.M., Brüchert, F., Kretschmer, U., Spiecker, H. and Sauter, U.H., 2014. 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(2):145– 153.
- Thomas, L., Milli, L., Thomas, R.E. and Shaffer, C.A., 2006. Defect detection on hardwood logs using laser scanning. Wood & Fiber Science, 38(4): 682–695.
- Torkaman, J., Vaziri, M., Sandberg, D. and Mohammadi Limaei, S., 2018. Relationship between branch-scar parameters and knot features of oriental beech (*Fagus*

Detection and differentiation of the beech wood knot (*Fagus orientalis Libsky*) by non-destructive stress wave method

N. Salehi¹, J. Torkaman^{2*}, R. Naghdi³ and M. Roohnia⁴

1- MSc.in forestry, Natural Resources Faculty, University of Guilan, Iran

2*-Corresponding Author, Associate Professor of Forestry Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Iran, Email: torkaman@guilan.ac.ir

3-Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Iran

4-Professor, Faculty of Natural Resources, Azad university of Karaj, Karaj, Iran

Received: May, 2022

Accepted: July, 2022

Abstract

The knot originate from branch on the tree's trunk which reduces the quality of the wood and the knots or inclusion of branches are the most important factor in the grading of woods. The purpose of this study is to detect and distinguish the size of the knot in the beech tree stem by non-destructive stress wave method. In this research, five one-meter stems were examined and according to the knot size, the stems were classified into four parts without knots, with small, medium and large knots. By using the FAKOPP microsecond timer device, stress waves were passed along the length of the stem and the width of the knots in the four parts of the stem. The stress wave's velocity were calculated based on the transit time of the stress waves and also percentage of the Relative Velocity decrease of Stress waves were calculated. Analysis variance of the data showed between the four parts, there is a significant difference at the 95% confidence level. The results showed that the size of knot is effective on the Relative Velocity decrease of Stress waves in the beech tree stem. At larger sizes of the knots t, its angle decreases with the main stem axis, its length along the stem increases, and the share of its occlusion increases. In this method, very small knots with less than 10% Influence in Relative Velocity decrease of Stress waves was were not detected. For small, medium and large knots, the range of Relative Velocity decrease of Stress waves were obtained 10-20%, 20-45% and more than 45%, respectively.

Keywords: Analysis variance, grading, occlusion, stress waves velocity.