

ارزیابی پوسیدگی درونی درخت بلندمازو به روش آزمون غیر مخرب توموگرافی آکوستیکی

چکیده

فناوری توموگرافی آکوستیکی روش غیر مخربی است که می‌تواند معایب مخفی درختان را آشکار سازد. در نتیجه هدف این تحقیق تشخیص معایب درونی درخت بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) با استفاده از روش توموگرافی آکوستیک است. برای این منظور تعداد ۱۰ درخت در کلاسه قطری ۴۰ الی ۶۰ سانتی‌متری به‌طور تصادفی در منطقه اسالم در استان گیلان انتخاب و سپس از آن‌ها دیسک تهیه گردید. فقدان پوسیدگی طبیعی باعث شد که به‌صورت مصنوعی در چوب درون این دیسک‌ها در چهار مرحله ۲۵٪ - ۵۰٪ - ۷۵٪ - ۱۰۰٪ پوسیدگی حفره‌ای ایجاد شد. با استفاده از دستگاه‌های تصویرسازی و سنجش امواج تنشی تصاویر توموگرافی و زمان عبور امواج صوت در نمونه‌های سالم و معیوب به دست آمد و از طریق معادله سرعت عبور امواج صوت محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که متوسط سرعت عبور امواج صوت از چوب بلندمازو ۱۵۰۰ متر بر ثانیه است که با افزایش معایب درونی این مقدار کاهش زیادی پیدا می‌کند. در صورت پیشرفت پوسیدگی چوب درون از ۲۵ درصد تا ۱۰۰ درصد مقدار کاهش در سرعت عبور امواج صوت از ۱۵ درصد تا ۳۶ درصد متغیر است. اندازه ترک یا شکاف نیز در کاهش سرعت عبور امواج صوت مؤثر است. به‌طوری‌که در شکاف‌های بزرگ بیش از ۵۰ درصد سرعت عبور امواج کاهش می‌یابد. سرعت عبور امواج در چوب برون و چوب درون متفاوت است. تصاویر توموگرافی در قسمت‌های سالم به رنگ سبز و در قسمت‌های باخته به رنگ زرد و در قسمت‌های پوسیده به رنگ نارنجی و قرمز دیده می‌شود. رنگ آبی در تصاویر نشان‌دهنده وجود حفره است. به‌طور کلی در تصاویر توموگرافی می‌توان میزان و وسعت معایب را تشخیص داد اما تفکیک پوسیدگی و ترک از روی رنگ کمی مشکل است.

واژگان کلیدی: بلندمازو، صوت، امواج تنشی، معایب درونی، توموگرافی آکوستیک.

مریم زادفلاح^۱

رامین نقدی^۲

جواد ترکمن^{۳*}

مهران روح نیا^۴

محمد هدایتی آینده^۵

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی جنگلداری، گرایش عمران و بهره‌برداری جنگل، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا، ایران

^۲ استاد گروه جنگلداری، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا، ایران

^۳ نویسنده مسئول، دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا، ایران

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

^۵ دانشجوی دکتری مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

مسئول مکاتبات:

Torkaman@guilan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴

مقدمه

هرروزه در اثر بادهای شدید و برف‌های سنگین شاهد سقوط درختان و آسیب‌های مالی و جانی هستیم. از سویی دیگر درختانی که با بازرسی چشمی مشکوک به سقوط تشخیص داده می‌شوند، برای جلوگیری از صدمات سقوط، قطع می‌شوند، درحالی‌که ممکن است لزومی به

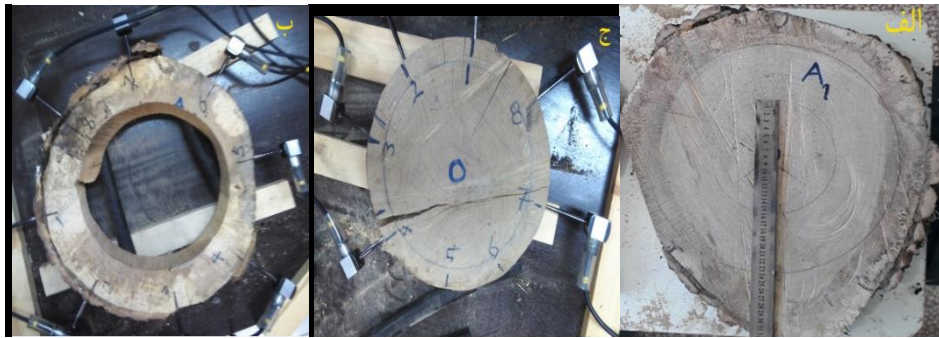
قطع درختان نباشد. آزمون‌های غیر مخرب آزمون‌هایی هستند که برای انجام آن‌ها نیازی به تخریب قطعه نیست به این دلیل آزمایش‌های غیر مخرب را در صورت لزوم بدون این‌که به قطعات آسیبی برسد، می‌توان بر روی تمامی آن‌ها انجام داد. با این روش می‌توان عیوب موجود در قطعات از قبیل تخلخل و حفره‌های داخلی، ترک و

عبور موج فراصوت از ضخامت مشخص مواد می‌توان تعیین کرد [۱۲]. بر اساس آخرین نتایج به‌دست‌آمده در ایران، ۵۶٪ از درختان راش مورد بهره‌برداری، دارای انواعی از پوسیدگی درونی هستند که تنها ۲۲٪ از آن‌ها قابلیت شناسایی به‌صورت تجربی و بصری را دارند. این در حالی است که با استفاده از روش امواج غیر مخرب با فرکانس زیاد می‌توان وجود پوسیدگی تا بیش از ۹۰٪ از این درختان را قبل از قطع نهمین زد [۱۳]؛ بنابراین در مدیریت جنگل، استفاده از امواج تنشی به عنوان یک روش دقیق غیر مخرب برای شناسایی پوسیدگی در درختان زنده، همواره در مدیریت جنگل مهم تلقی می‌شود [۱۴]. پژوهش حاضر در نظر دارد که پارامتر موج فرا صوتی را در گونه بلندمازو بررسی نموده و پوسیدگی چوب درون را با استفاده از روش توموگرافی ردیابی نماید. در این مطالعه نمونه سالم و معیوب چوب درون مورد آزمایش قرار گرفته و تصاویر توموگرافی بدست آمده نمونه معیوب با نمونه سالم و واقعی آن تطبیق داده شده و قابلیت و توانایی روش اولتراسونیک در ارزیابی و تشخیص پوسیدگی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی برای ارزیابی و شناسایی معایب درون تنه درختان از گونه بلندمازو موجود در جنگل‌های اسالم استان گیلان استفاده شده است. باتوجه به طرح تنفس جنگل‌های شمال و محدودیت قطع و برداشت درختان تعداد ۱۰ درخت بلندمازو در کلاسه قطری ۴۰ الی ۶۰ سانتی متری بصورت تصادفی انتخاب و قطع شد. برای انجام آزمون از ارتفاع برابرسینه درختان بلندمازو یک عدد دیسک برش داده شد.

ناپیوستگی‌های سطحی و داخلی، ناخالصی‌ها و انواع عیوب که سریع فرآیند تولید و یا در حین کار تحت شرایط ویژه محیط کار ایجاد شده و شکل می‌گیرند را شناسایی کرد [۱]. با استفاده از روش‌های غیر مخرب می‌توان از قطع درختان مشکوک به سقوط جلوگیری کرد. یکی از قدیمی‌ترین روش‌های بررسی غیر مخرب، مقایسه طنین صدای حاصل از ضربه چکش کوچکی به قطعه مورد آزمایش با طنین صدای ضربه‌ای با همان شدت به قطعه سالم مشابه آن است. به این ترتیب سالم بودن یا نبودن قطعه مشخص می‌شود. البته این روش بسیار دقیقی نیست چون شناسایی عیوب ریز را ممکن نمی‌سازد و از طرف دیگر شناسایی عیب به حساسیت گوش شخص آزمایش‌کننده نیز بستگی دارد با دستایی به امواج فراصوتی با فرکانس‌های بالا شناسایی عیوب ریز داخلی قطعات امکان‌پذیر شده و کاربرد این روش به‌طور گسترده-ای نیز توسعه یافت است [۲]. در مطالعات بسیاری برای ارزیابی معایب درونی درختان از روش‌های رزیستوگراف و مته زنی، روش پرتو نگاری بر پایه موج تنشی و روش فراصوت استفاده شده است [۳-۹]. فناوری توموگرافی آکوستیکی روش غیر مخربی است که با وجود هزینه‌بر بودن آن مزایای زیادی از قبیل قابلیت تشخیص و دقت بالا، نداشتن آلودگی زیست‌محیطی، قابلیت اتصال به کامپیوتر را دارد که می‌تواند معایب مخفی را آشکار سازد. تصاویر توموگرام آزمون‌های آکوستیکی بیش از ۸۵ درصد با واقعیت انطباق دارند. Roohnia و همکاران (۱۳۹۷) از این فناوری برای شناسایی معایب چوب استفاده کردند [۱۰]. فرکانس‌هایی که به‌طور معمول در انجام آزمون‌های فراصوتی مورد استفاده قرار می‌گیرند در محدوده ۰/۵ تا ۲۵ مگاهرتز قرار دادند [۱۱]. در آزمون‌های فراصوت، سرعت امواج فراصوت را با اندازه‌گیری طول‌موج فراصوت در فرکانس مشخص و یا با اندازه‌گیری زمان مورد نیاز برای



شکل ۱. نشان دهنده: الف) نمونه سالم ب) نمونه بدون چوب درون ج) چوب درون دیسک درخت بلندمازو می باشد

کار هشت نقطه بر روی هر دیسک علامت گذاری شد. سپس به وسیله ضربه چکش مبدل های فرستنده و گیرنده در هر نقطه نصب و در مرحله بعد فاصله سنسورها با استفاده از متر نواری اندازه گیری شد. داده های حاصل از ضربه چکش به سنسورهای پیزو الکتریک از طریق میکروکروم مترهای متصل کننده آنها و فرستنده بلوتوث و ارسال به صورت داده های زمانی به نرم افزار فرستاده شد. نرم افزار برای هر سنسور میا نگیری از زمان اصلاح نشده را نمایش می دهد که بصورت دستی زمان اصلاح از طریق معادله شماره ۱ سرعت هر سنسور محاسبه شد. تصاویر توموگرافی براساس داده های زمانی مطابق شکل های ۲ و ۳ بدست آمده است. مبنای تشخیص عیب، ترک یا شکاف در چوب با استفاده از تصاویر توموگرافی نیز، تغییر رنگ در این تصاویر می باشد به این معنی که ناحیه ای از چوب که سالم است به رنگ سبز نمایان می شود و هر چقدر به سمت رنگ نارنجی برود نشان از پیشرفت عیب یا شکاف می باشد.

$$V = \frac{D}{T} \quad (1)$$

D- فاصله (متر)

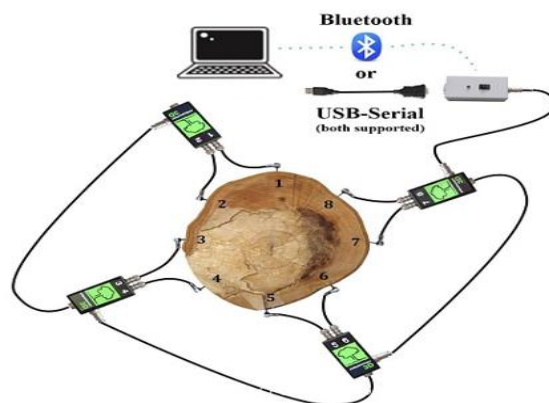
T- زمان (ثانیه)

چوب داخل تنه درخت از دو قسمت چوب درون و چوب برون تشکیل شده است که بیش از ۵۰ درصد حجم نمونه ها را چوب درون تشکیل می دهد. این قسمت بیشتر مورد حمله قارچ گوگردی اقرار گرفته و باعث پوسیدگی آن می شود. با توجه به اینکه دیسک های تهیه شده فاقد پوسیدگی طبیعی ناشی از قارچ گوگردی بودند. بصورت مصنوعی براساس حجم چوب درون در چهار مرحله حفره هایی در داخل هریک از دیسک ها ایجاد گردید (شکل ۱). در مرحله اول ۲۵ درصد در مرحله دوم ۵۰ درصد در مرحله سوم ۷۵ درصد و در مرحله چهارم ۱۰۰ درصد چوب درون خارج شد. در طی نقل و انتقال دیسک ها و از دست دادن رطوبت ترک هایی ایجاد شد که با توجه به اندازه طول ترک به سه دسته کوچک ($< 8 \text{ cm}$)، متوسط (cm) و بزرگ ($> 12 \text{ cm}$) تقسیم بندی شدند. برای دستیابی به تصاویر توموگرافی و سرعت عبور امواج از دستگاه تصویر سازی و دستگاه سنجش امواج تنشی با دقت میکرو ثانیه استفاده شده است. روش کار به این صورت است که برای دستیابی به داده های مرجع ابتدا در نمونه سالم و سپس در چوب درون جدا شده و قسمت چوب برون سرعت عبور امواج اندازه گیری شد. برای این

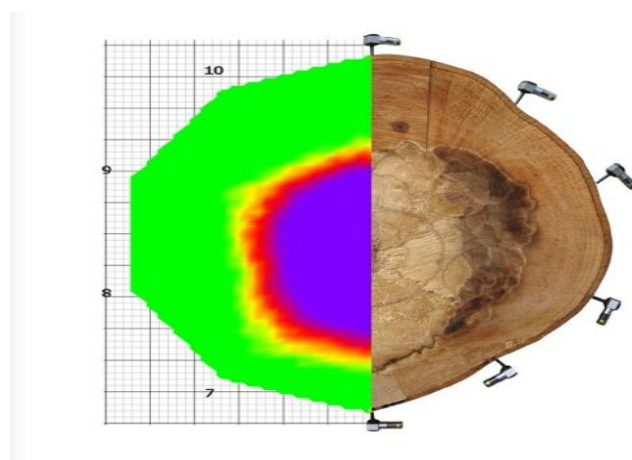
¹ Tricholoma Sulphureum

² FAKOPP Arborsonic 3D Acoustic Tomograph

³ FAKOPP Microsecond Timer



شکل ۲. روش اندازه گیری عبور امواج با استفاده از دستگاه میکروسند تایمر



شکل ۳. تصویر توموگرافی نرم افزار Arborsonic 3D Acoustic Tomograph

نتایج و بحث

اساس تشخیص وجود معایب در درختان با استفاده از امواج فراصوتی به این صورت است که در یک تنه درخت با قطری مشخص پس از ارسال امواج از سنسور یک سمت به سنسور سمت دیگر در صورت وجود شکاف، حفره و یا هر عارضه دیگری، امواج از جاهای پوسیده که وزن مخصوص کمتری دارند کندتر عبور می کند و زمان طولانی تر می شود. در نتیجه با توجه به ثابت بودن مسافت بین دو سنسور مقدار سرعت عبور امواج کاهش می یابد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده های حاصل از اندازه گیری سرعت عبور امواج بین مقادیر مختلف پوسیدگی و ترک در سطح اطمینان ۹۵ درصد از آزمون یک طرفه Anova و برای مقایسه بین چوب درون و چوب برون از آزمون تی مستقل استفاده شده است. برای بررسی نرمال بودن داده ها از آزمون کلموگراف اسمیرنوف او همگنی واریانس از آزمون لون ۲ و همچنین برای مقایسه میانگین ها از آزمون توکی ۳ استفاده شده است.

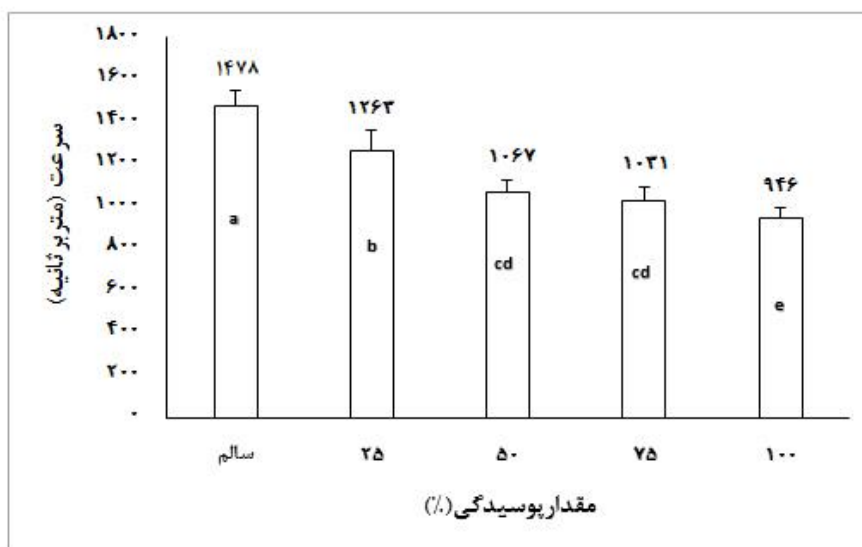
¹ Kolmogrov-Smirnov test

² Leven test

³ Tukey test

جدول ۱- آنالیز واریانس سرعت عبور امواج با توجه به مقدار پوسیدگی

منابع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
تیمار	۴۸۷۱۱۳۱/۰۴	۴	۱۲۱۷۷۸۲/۷۶	۹/۰۰۷	۰/۰۰۰۱
خطا	۴۷۳۲۴۰۰/۰۵	۲۵	۱۳۵۲۱۱/۴۳		
کل	۹۶۰۳۵۳۱/۰۹				



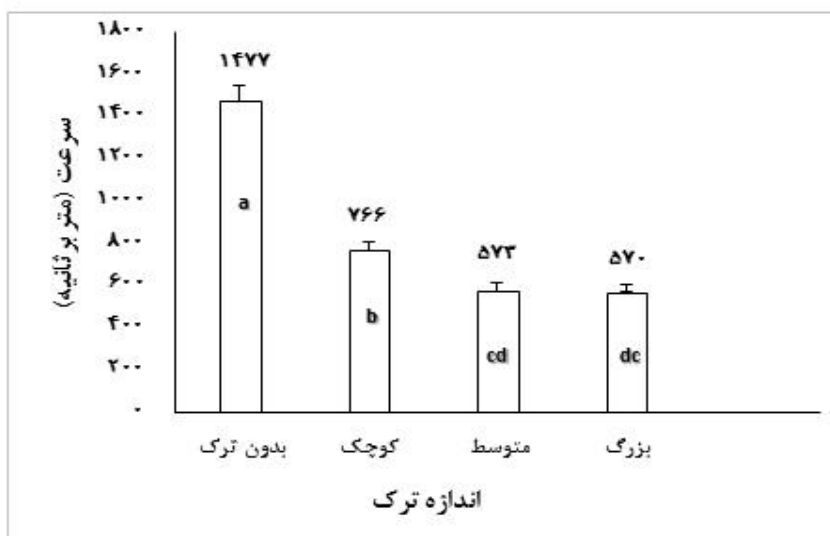
شکل ۴. متوسط سرعت عبور امواج با توجه به مقدار پوسیدگی

چوب درون پوسیده شود ۲۸ درصد کاهش در سرعت عبور امواج مشاهده می‌شود که میزان کاهش برای ۷۵ درصد پوسیدگی ۳۰ درصد می‌باشد که با توجه به نتایج آزمون مقایسه میانگین توکی تفاوت معنی‌داری با ۵۰ درصد پوسیدگی ندارد. در نهایت اگر کل چوب درون در اثر پوسیدگی از بین برود مقدار کاهش در سرعت مرجع ۳۶ درصد است. در مقایسه با سرعت مرجع از نظر آماری تمام مقادیر سرعت عبور امواج دارای تفاوت معنی‌داری هستند ($P < 0/005$) که این تفاوت با پیشرفت پوسیدگی بیشتر می‌شود که حکایت از تأثیر منفی پوسیدگی بر روی سرعت عبور امواج است.

همان‌طور که در جدول آنالیز واریانس شماره ۱ مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری وجود دارد از نظر سرعت عبور امواج صوت در نمونه‌های با مقادیر متفاوت پوسیدگی همچنین شکل ۴ گویای این واقعیت است که با افزایش مقدار پوسیدگی چوب درون بلندمازو مقدار سرعت عبور امواج کاهش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. نتایج نشان می‌دهد که سرعت عبور امواج صوت در نمونه‌های سالم در حدود ۱۵۰۰ متر بر ثانیه می‌باشد که به‌عنوان مقدار مرجع برای چوب بلندمازو می‌توان در نظر گرفت. در صورتی که ۲۵ درصد چوب درون بر اثر حمله قارچ گوگردی از بین برود در حدود ۱۵ درصد از سرعت عبور امواج کاسته می‌شود در شرایطی که نیمی از

جدول ۲- آنالیز واریانس سرعت عبور امواج صوت با توجه به اندازه ترک

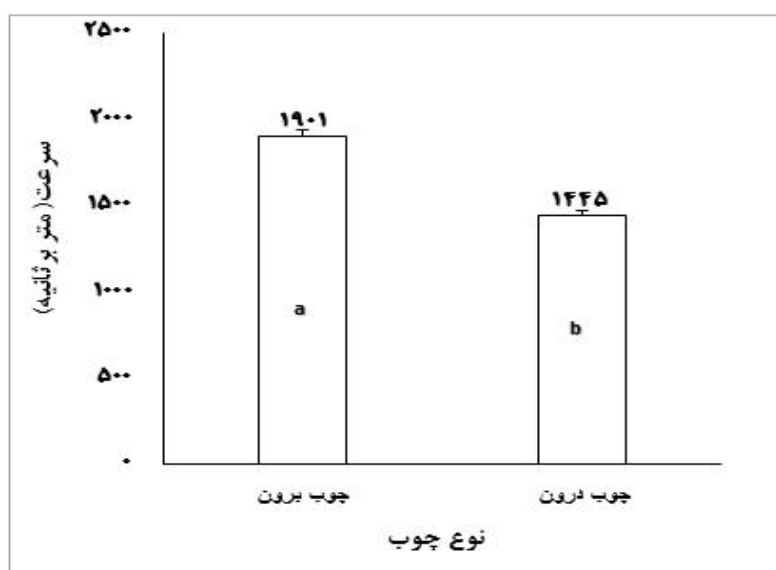
منابع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
تیمار	۵۴۸۶۳۲۹/۶۵	۳	۱۸۲۸۷۷۶/۵۵	۱۹/۴۷	-/۰۰۰۱
خطا	۲۹۱۰۸۵۸/۱۵	۳۱	۹۳۸۹۸/۶۵		
کل	۸۳۹۷۱۸۷/۸۰				



شکل ۵. میانگین سرعت عبور امواج صوت با توجه به اندازه ترک

ترک بیش از ۵۰ درصد از سرعت مرجع را کاهش داده است که این کاهش با بزرگ شدن ترک نیز افزایش می‌یابد اما از نظر آزمون مقایسه میانگین توکی بین ترک متوسط و بزرگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P > 0.05$).

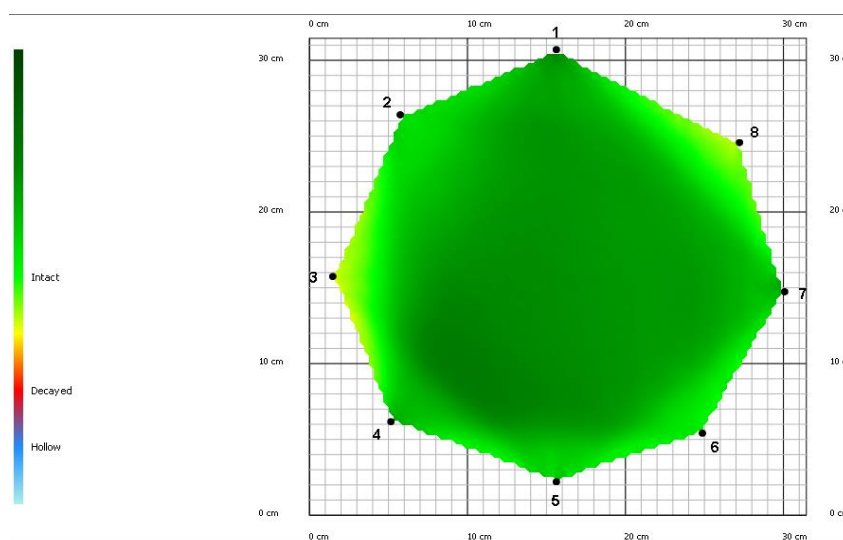
همانند پوسیدگی وجود ترک در چوب یا گسیختگی در تنه درختان می‌تواند بر سرعت عبور امواج صوتی مؤثر باشد. همان‌طور که در جدول آنالیز واریانس شماره ۲ مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری وجود دارد از نظر سرعت عبور امواج صوت در نمونه‌های دارای ترک که با توجه به شکل ۵ نشان‌دهنده این واقعیت است که وجود



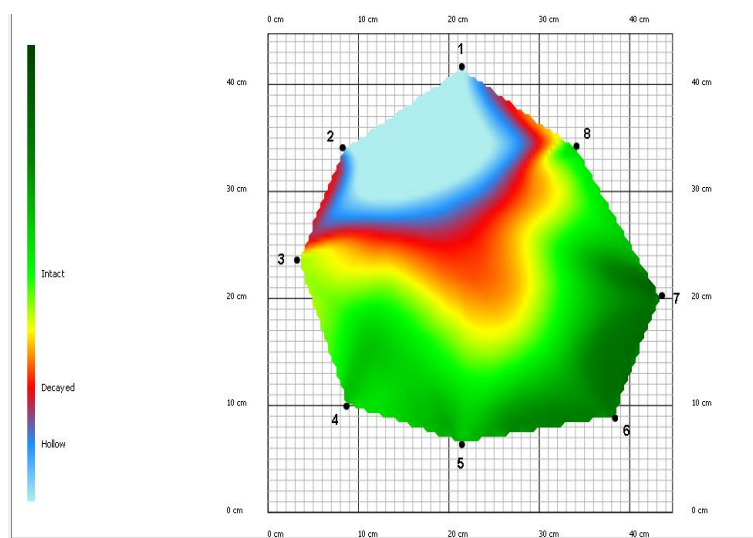
شکل ۶- میانگین سرعت عبور امواج صوت در چوب درون و چوب برون

نمونه‌های مورد آزمایش در حدود ۱۱ درصد به دست آمده تفاوتی بین آن‌ها مشاهده نشده است. علت تفاوت سرعت عبور امواج را بایستی در سایر عوامل جستجو کرد. در این رابطه گزارش شده است که بیشترین مقدار کندی و تضعیف امواج صوتی مربوط به نواحی مغزی می‌باشد که علت آن وجود بافت پارانشیم مغزی و چوب جوان با دانسیته کمتر و زاویه میکروفیبریل بیشتر در این منطقه است [۱۵].

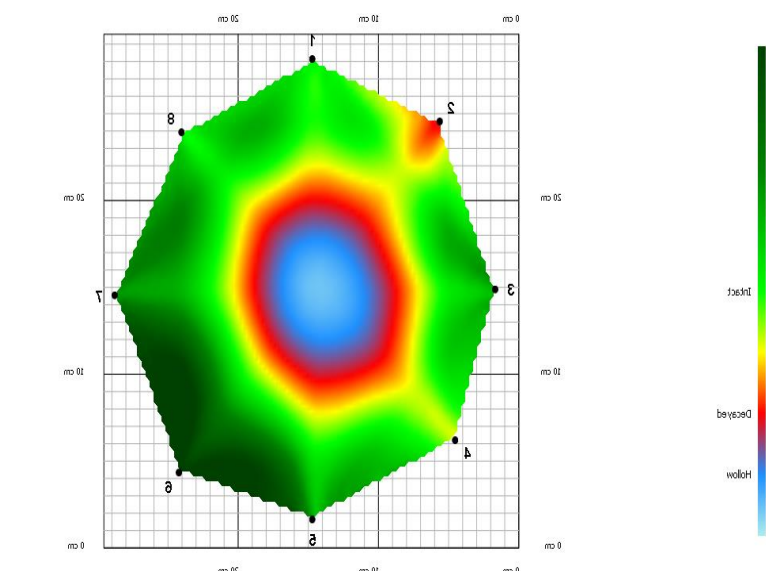
قسمت عمده چوب تنه بلندمازو را چوب درون تشکیل می‌دهد و چوب برون محدود به چند سال آخر رویش است. نتایج سرعت عبور امواج در شکل ۶ نشانی دهد که سرعت عبور امواج در چوب برون بیشتر از چوب درون است. به طوری که تفاوت آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار است ($P < 0.05$). مقدار سرعت عبور امواج در چوب برون نسبت به چوب درون ۳۰ درصد بیشتر است. با توجه به اینکه مقدار رطوبت بین چوب درون و چوب برون



شکل ۷. تصویر توموگرافی نمونه سالم



شکل ۸. تصویر توموگرافی نمونه دارای ترک



شکل ۹. تصویر توموگرافی نمونه دارای پوسیدگی درونی

۱۷]. با این وجود همان طور که در تصاویر توموگرافی به دست آمده مشاهده می شود تفکیک معایب پوسیدگی و ترک از روی رنگ کمی مشکل است که با نتایج به دست آمده توسط Wang و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت می کند Wang در بررسی معایب درخت بلوط قرمز از روش ترکیبی توموگرافی آکوستیک و رزیستوگرافی با مته استفاده کرده است که برای حل مشکل تفکیک پوسیدگی و ترک از یکدیگر کاربرد روش رزیستوگراف را به صورت مکمل پیشنهاد داده است [۱۸]. به طور کلی روش

با توجه به تصاویر توموگرافی به دست آمده از نمونه های سالم (شکل ۷)، دارای ترک (شکل ۸) و دارای پوسیدگی درونی (شکل ۹) می توان به راحتی از روی تغییر رنگ مقدار معایب را تشخیص داد. تغییر رنگ بر اساس تغییر دانسیته چوب رخ می دهد. تصاویر نمونه های سالم و بدون عیب به رنگ سبز است و با کاهش دانسیته ناشی از عیب رنگ تصویر تغییر کرده که در حالت باختگی به صورت زرد و نارنجی و در شرایط وجود پوسیدگی و حفره به حالت قرمز و آبی درمی آید؛ بنابراین بدون قطع درخت از روی تصاویر توموگرافی می توان مقدار معایب درونی را تشخیص و در قطع یا نگهداری درخت تصمیم گیری نمود [۱۶ و

^۱ -Resistance Microdrilling

درصد تا ۳۶ درصد متغیر است. اندازه ترک یا شکاف نیز در کاهش سرعت عبور امواج صوت مؤثر است. به طوری که با بزرگ شدن شکاف بیش از ۵۰ درصد سرعت عبور امواج کاهش می‌یابد. چوب درون بیش از نیمی از حجم تنه درختان بلندمازو را تشکیل می‌دهد که سرعت عبور امواج صوت در آن کمتر از چوب برون است؛ که علت آن وجود قسمت مغز و چوب جوان در آن می‌باشد. در تصاویر توموگرافی قسمت‌های سالم و عاری از عیب بارنگ سبز و با پیشرفت پوسیدگی به رنگ زرد، نارنجی و قرمز نشان داده می‌شود و در صورت وجود حفره به رنگ آبی دیده می‌شود که تشخیص اینکه این حفره مربوط به پوسیدگی است یا شکاف کمی مشکل است که پیشنهاد می‌شود جهت رفع آن بررسی‌های بیشتری در آینده صورت بگیرد.

غیر مخرب اولتراسونیک قادر به پیش بینی وضعیت درونی درختان هست و تصویرهای توموگرافی به دست آمده، همخوانی خوبی را با وضعیت واقعی نمونه‌ها از خود نشان می‌دهد. در این راستا مطالعات زیادی گزارش شده که تأیید کننده نتایج به دست آمده است [۱۰، ۱۳، ۱۹ و ۲۰].

نتیجه‌گیری

به طور کلی از این بررسی می‌توان نتیجه گرفت که متوسط سرعت عبور امواج صوت از چوب بلندمازو ۱۵۰۰ متر بر ثانیه است که با افزایش پوسیدگی درونی در اثر عوامل قارچی خصوصاً قارچ گوگردی این مقدار کاهش زیادی پیدا می‌کند. کاهش در سرعت عبور امواج صوت تابع کاهش در وزن مخصوص چوب است. در صورتی که پیشرفت پوسیدگی چوب درون از ۲۵ درصد تا ۱۰۰ درصد مقدار کاهش در سرعت عبور امواج صوت از ۱۵

منابع

- [1] Honarvar, F. 2009. Ultrasonic test, Tehran page 136, (in Persian)
- [2] Reyahi, M., Fraji, M. 2005. Introducing principles of Non - destructive testing, Tehran University of Technology, Iran, Page 184, (in Persian)
- [3] Larsson, B., Bengtsson, B and Gustafsson, M. 2004. Nondestructive detection of decay in living trees. Tree physiology, 24:853-858
- [4] Divos, F., Szalai, L. 2002. Tree evaluation by Acoustic Tomography. In: Proceedings of the 13th International symposium on nondestructive testing of wood; 2002 August 19-21; Berkeley, CA. Madison, WI: Forest Products Society: 251-256.
- [5] Ross, J., Zerbe, Z., Xiping, W., Green, D., Pellerin, R. 1997. Stress wave nondestructive evaluation of Douglas fir peeler cores. Forest Prod. J. 55(3):90-94.
- [6] Dolwin, J.A., Lonsdale, D and Barnett, J. (1999). Detection of Decay in Trees. Arboriculture Journal. 23: 139-149.
- [7] Ross, J., Zerbe, Z., Xiping, W., Green, D., Pellerin, R. 1997. Stress wave nondestructive evaluation of Douglas fir peeler cores. Forest Prod. J. 55(3):90-94.
- [8] Grabianowski, M., Manley, B., Walker, J. 2006. Acoustic measurements on standing trees, logs and green lumber. Wood Sci. & Tech. 40(3):205-216.
- [9] Ahmad, NI., Almuin, N., Fakhurazi, M. 2012. Ultrasonic Characterization of Standing Tree. 18th World Conference on Nondestructive Testing, 16-20 April 2012, Durban, South Africa. 2-8.

- [10] Roohnia, M. 2018. development technology of the log - tree tomography, science quarterly, Research of the Iranian Studies and Paper Research, volume33, number 1, page100-111. (in Persian)
- [11] Khademislam, H., Ghodrati, A., Naeli, S. 2012. Application of Tree Tomography Technique for Detection in Picea abies. Renewable Natural Resources Research .J. Volume2, Number4, p:55-63. (in Persian)
- [12] Masoudifar, S., Kazemi Najafi. S., Ghofrani, M., and Zaki Dizaji, H., 2011. Effect of finger joint And scarf joint on ultrasonic parameters, journal of forest and Wood Products. Iranian journal of Natural Resources. 46(1):77-89. (in Persian)
- [13] Kazemi – najafi, S., Bolandbakht, F and Nagafi, A. 2009. Detection of internal decay in standing Beech trees using ultrasonic technique. 16th International Symposium on Nondestructive testing and Evaluation of Wood 12-14 October 2009 Beijing, China:16-19
- [14] Lin, c.j., Kao, Y.C., Lin, T.T., Tsai, M.j., Wang, S.Y., Lin, L.D., Wang, Y.N. and Chan, M.H., 2008. Application of an ultrasonic tomographic technique for detecting defects in standing trees. International Biodeterioration and Biodegradation, 62:434-441
- [15] Khademi Eslam, H., Ghodrati, A., Naeli, S. 2012. Application of Tree Tomography Technique for Defect Detection in Picea Abies, Renewable Natural Resources Research, Volume 2, Number 4, P:55-63. (in Persian)
- [16] Kartolinegad, D. 2010. valuation of decay trees decay by using non - destructive techniques of stress waves, journal of science, Research by the Iranian Forest and Forest Research, Page 622-633, (in Persian)
- [17] Kazeminajafi S. 2016. Nondestructive evaluation of standing trees. Tarbiat Modares University Press. 436p. (in Persian)
- [18] Wang, X and Alison, R. B. 2008. Decay Detection in Red Oak Trees Using a Combination of Visual Inspection, Acoustic Testing, and Resistance Microdrilling, Arboriculture & Urban Forestry 34(1):1-4
- [19] Roohnia, M., Jahan latibari, A., Behnam, B., Zarrinmehr, J., Kohantorabi, M., Manouchehri, N and Tajdini, A. 2018. Development of tomographic technology (case study: trees from Karaj city) Iranian Journal of Wood and Paper Science Research Volume 1 Issue 33 Pages 117-130. (in Persian)
- [20] Ghodrati, A., Khademi-Eslam, H., Brancheriau, L and Talaeipour, M. 2011. A Study of the Sound Properties of Picea Abies Wood by Using (NDT) Ultrasound Test. Renewable Natural Resources Research .J. Volume2, Number2, p:25-36. (in Persian)

Evaluation of the internal decay of the oak tree (*Quercus castaneifolia*) via the non - destructive test of the acoustic tomography

Abstract

Acoustic tomography technology is a non-destructive method that can reveal the hidden defects of trees. As a result, the aim of this study is to detect the internal defects of the oak tree (*Quercus castaneifolia*) using acoustic tomography. For this purpose, samples were randomly prepared from ten trees in the Asalem region of Gilan province and then discs were cut from trunks. Due to the lack of natural decay, artificial cavities were drilled inside the disks in four stages: 25% - 50% - 75% - 100%. Healthy and defective samples were obtained and the sound wave velocity was calculated using FAKOPP Microsecond Timer device. The results show that the average speed of sound waves passing through the oak wood is 1500 meters per second, which decreases greatly with increasing internal defects. If internal decay progresses from 25% to 100%, the amount of reduction in the speed of sound waves varies from 15% to 36%. The size of the crack or shake is also effective in reducing the speed of sound waves. In large shakes, the speed of waves was reduced by more than 50%. The speed of waves is different in the sapwood and the heartwood. Tomographic images are green in the healthy parts, yellow in the primary decay, and orange and red in the decay, and blue in the cavity parts. Generally, The Acoustic Tomograph accurately revealed the presence and magnitude of the defect without differentiating between decay and crack.

Keywords: *Quercus castaneifolia*, sound wave velocity, internal decay acoustic tomography.

M. Zadfallh¹
R. Naghdi²
J. Torkaman³
M. Roohnia⁴
M. Hedayati- Ayandeh⁵

¹ MS.c student of Forestry, Somehsara Natural Resources Faculty, Uuniversity of Guilan, Iran

² Professor of Forestry Department, Somehsara Natural Resources Faculty, Uuniversity of Guilan, Iran

³ Corresponding author, Associate Professor of Forestry Department, Somehsara Natural Resources Faculty, University of Guilan, Iran

⁴ Professor of wood and paper industries, Faculty of Natural Resources, Azad university of Karaj, Karaj, Iran

⁵ Ph.D. student of material science and engineering, Faculty of Metallurgy and Mines, Yazd University, Yazd, Iran

Corresponding author:
Torkaman@guilan.ac.ir

Received: 2020/11/19
Accepted: 2021/03/14