

## بررسی غیرمخرب خواص دینامیک چوب راش با روش ارتعاش آزاد در تیر دوسر آزاد

مصطفی کهن ترابی<sup>۱\*</sup>، فرداد گلبابائی<sup>۲</sup> و حسین حسین خانی<sup>۲</sup>

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای تخصصی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

پست الکترونیکی: mostafa.kohantorabi@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۲

### چکیده

در این مطالعه اثر شیوه آزمون بر روی اندازه‌گیری خواص دینامیک گونه راش با دو روش ارتعاش خمشی با روش تئوری تیر تیموشنکو و ارتعاش طولی آزاد مورد بررسی قرار گرفته است. تعداد ۲۹ نمونه با ابعاد  $2 \times 4 \times 36$  سانتی‌متر (شعاعی، مماسی، طولی) تحت آزمون ارتعاش خمشی و طولی آزاد در تیر دوسر آزاد قرار گرفته و خواص آکوستیک حاصل از هر روش مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حکایت از همبستگی مطلوب بین مدول الاستیسیته و ضریب آکوستیک محاسبه شده اندازه‌گیری شده از هر دو روش بود. مقادیر میرایی ارتعاش حاصل از ارتعاش خمشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده این فاکتور در ارتعاش طولی بود، درحالی‌که مقادیر اندازه‌گیری شده از کارایی تبدیل آکوستیک حاصل از ارتعاش خمشی کوچک‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده این فاکتور در ارتعاش طولی بود. بین مدول برشی حاصل از ارتعاش خمشی با مدول الاستیسیته حاصل از هر دو روش آزمون نیز همبستگی مطلوبی برقرار بود که این امر امکان تخمین مدول برشی را از روی مقادیر مدول الاستیسیته حاصل از ارتعاش طولی فراهم می‌نماید. همچنین نتایج حکایت از همبستگی بسیار مطلوب سرعت فاز بین مدهای اول تا سوم ارتعاش خمشی داشت. ضمن اینکه بین سرعت صوت حاصل از ارتعاش طولی و سرعت فاز هر سه مدول اول ارتعاش خمشی همبستگی بسیار مطلوبی برقرار بود.

واژه‌های کلیدی: ارتعاش آزاد، خواص دینامیک، سرعت فاز، مدول برشی، تئوری تیر تیموشنکو.

### مقدمه

آزمون غیرمخرب (NDE<sup>۱</sup>)، تکنیک تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی قطعه‌ای از ماده بدون تغییر در قابلیت استفاده نهایی از آن است که اطلاعات دقیقی در مورد خصوصیات، کارایی و یا شرایط مواد در هنگام مصرف تهیه می‌کند. استفاده از این تکنیک برای درجه‌بندی چوب‌آلات، بررسی چوب‌آلات زمان سرویس در سازه‌ها، با توجه به کمبود منابع چوبی و هزینه‌های ترمیم و بازسازی سازه‌ها در حال گسترش است (Ross & pellerin; 1994). همچنین

می‌توان از این آزمون‌ها در مقیاس صنعتی، برای بهبود فرایند کنترل کیفیت مواد خام و حتی پیش‌بینی خواص محصول نهایی استفاده کرد. آزمون‌های غیرمخرب به دلیل توانایی پیش‌بینی خصوصیات مواد چوبی از اهمیت قابل توجهی در صنعت چوب برخوردار هستند (Hu et al., 2005; Wang et al., 2008). بنابراین از این آزمون‌ها در دهه‌های اخیر، برای درجه‌بندی محصولات چوبی بسیار استفاده شده است. نمونه‌های کاربرد آزمون‌های غیرمخرب در صنعت چوب شامل تعیین مقاومت خمشی تخته تراشه‌های پوسیده‌شده در هنگام مصرف، تعیین مدول الاستیسیته اتصالات، بررسی کیفیت چوب‌های اشباع‌شده با کربن‌دایاکسید و تعیین مقاومت

1-Non Destructive Evaluation

استانداردها با توجه به گونه‌های غیربومی ایران تدوین شده است (Iso 338; Iso 384; Iso14081-1 and ect). بنابراین نمی‌تواند به صورت بومی به ما پاسخ دهند؛ از این رو در این تحقیق به دنبال راهی برای ارزیابی روش ارتعاش طولی نسبت به روش تیر تیموشنکو (تحقیقات بسیاری جهت کاربرد این روش روی گونه‌های داخلی انجام شده است) برای گونه راش ایران برای تعیین خواص دینامیک منطبق بر شرایط کشور و قوانین ملی استاندارد ایران و نیز یافتن رابطه معنی‌دار بین فاکتورهای محاسبه شده با هر دو روش غیرمخرب هستیم. این امر باعث می‌شود که جلوی قطع بی‌رویه درختان در جنگل‌های رو به زوال ایران را گرفته و واردات چوب را کاهش دهیم و همچنین در صورت لزوم به واردات این کالا، از ورود کالای با کیفیت نازل به کشور جلوگیری نماییم و حداقل نیاز داخلی خود را با توجه به این استانداردها و منابع موجود به بهترین نحو برطرف سازیم.

### مواد و روش‌ها

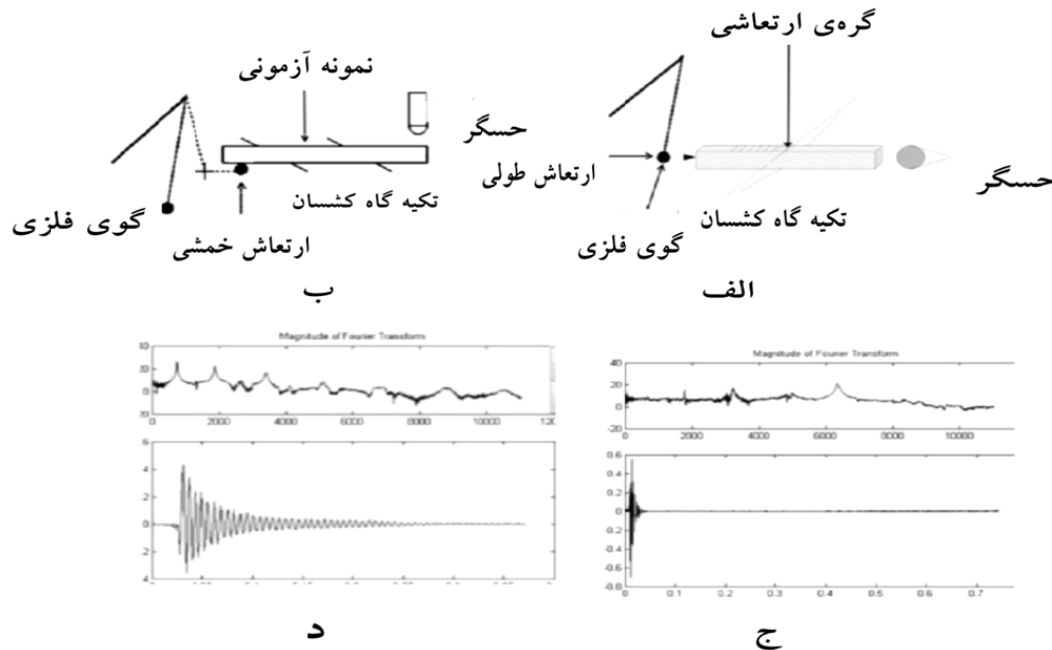
تعداد ۴۰ نمونه کاملاً سالم و راست تار از درون چوب یک گرده‌بینی راش (*Fagus orientalis* L.) بدون هرگونه عیب و ایراد ظاهری، از جمله گره، ترک، پوسیدگی و ... بر طبق استاندارد بین‌المللی ISO شماره ۳۱۲۹ و با ابعاد  $۲ \times ۴ \times ۳۶$  سانتی‌متر (طول، مماسی، شعاعی) و با سطح مقطع مستطیلی شکل برای انجام آزمون انتخاب شدند. نمونه‌ها به منظور یکسان‌سازی رطوبت به مدت ۲ هفته در اتاق کلیماتیزه ( $20 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد حرارت و  $65 \pm 5$  درصد رطوبت نسبی) قرار گرفتند. پس از طی مدت مذکور به منظور اطمینان بیشتر از عاری بودن نمونه‌ها از عیوب پنهان داخلی، نمونه‌های آزمونی تحت آزمون ارتعاش خمشی آزاد در تیر دو سر آزاد قرار گرفته و براساس تئوری تیر تیموشنکو نمونه‌هایی که دارای بیشترین همبستگی (همبستگی بالای  $0.98$ ) بین مدهای اول تا سوم ارتعاشی بودند برای ادامه‌ی آزمون انتخاب شدند. این معیار برای انتخاب نمونه‌ی آزمونی، در تحقیقات پیشین مورد استفاده قرار گرفته است (Kohantorabi *et al.*, 2011; Kohantorabi and Roohnia, 2013; Roohnia *et al.*, 2012; Hossein, 2009). بر این اساس تعداد ۲۷ نمونه از نمونه‌های اولیه حائز شرایط برای ادامه‌ی تحقیق بوده و پس از اندازه‌گیری ابعاد و وزن، مورد

الوارهای لایه‌ایست (Nzoku *et al.*, 2006). همچنین تحقیقات متعددی در رابطه با اندازه‌گیری مدول الاستیسیته دینامیک و مقایسه آن با مدول الاستیسیته استاتیکی تخته‌های چوبی و فراورده‌های مرکب‌چوبی انجام شده است که در تمامی این تحقیقات به همبستگی بالای بین نتایج حاصل از آزمون استاتیکی و دینامیک اشاره شده است (Hu *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2006; Brancheriau *et al.*, 2002).

اهمیت آزمون‌های غیرمخرب به گونه‌ای است که در اغلب کدها و استانداردهای بین‌المللی معتبر موجود در زمینه ساخت، تعمیر و نگهداری تجهیزات و قطعات، اجرای یک یا چند روش آزمون غیرمخرب در روال بازرسی و کنترل کیفی به صورت الزام آورده شده است. از طرفی یکی از مهمترین رویه‌ها در هر فرایندی رویه تضمین کیفیت است که باید بر اساس استاندارد یا دستورالعمل مشخصی اجرا گردد. سری استانداردهای ایزو ۹۰۰۰ به همین منظور تدوین شده‌اند و به عنوان معتبرترین و رایج‌ترین استانداردهای سیستم مدیریت کیفیت در جهان شناخته شده‌اند. به طوری که در بسیاری از کشورهای پیشرفته در زمینه صنایع چوب و محصولات وابسته به آن، اعمال استانداردهای فوق به نحو چشمگیری جایگزین روش‌های مخرب و وقت‌گیر استاتیکی (مانند: ASTM-D1037, EN-310 و ...) در زمینه درجه‌بندی نمودن و ارزیابی خواص مقاومتی چوب‌آلات گردیده است. از بین روش‌های غیرمخرب موجود، روش ارتعاش آزاد، به دلیل سهولت و سرعت به طور گسترده‌ای مورد توجه است (Ross & Pellerin., 1994; Ayarkawa., 2004). از سویی دیگر کشور ایران جزو مناطق فقیر از نظر پوشش جنگلی است. بنابراین ارائه روش‌های نوین برای آشنایی و ارزیابی خواص الاستیک منابع موجود قبل و در زمان مصرف، بدون ایجاد تغییر در ساختار و قابلیت استفاده نهایی آنها، علاوه بر اینکه موجب صرفه‌جویی در استفاده منابع چوبی و استفاده این منابع در کاربرد مناسب به خود می‌گردد، باعث حصول اطمینان از سلامت سازه تولیدشده در زمان دوره نیز مصرف می‌گردد که این موارد سبب استفاده منطقی و اقتصادی از منابع محدود چوبی کشور و جلوگیری از قطع بی‌رویه چوب از منابع جنگلی می‌گردد. از طرف دیگر، از آنجایی که استانداردها یک روش واحد برای گونه‌های مختلف است، بنابراین می‌توان از آن برای انواع گونه‌ها استفاده نمود ولی

آزمون ارتعاش خمشی در صفحه‌ی طولی - مماسی و آزمون ارتعاش طولی قرار گرفتند (شکل ۱). ضبط اصوات و ذخیره‌ی آن توسط نرم‌افزار Audacity<sup>®</sup> انجام شد و فایل صدا در ارتعاش خمشی توسط سیستم‌های NDT-lab<sup>®</sup> و LStress<sup>®</sup>

آزمون ارتعاش خمشی در صفحه‌ی طولی - مماسی و آزمون ارتعاش طولی قرار گرفتند (شکل ۱). ضبط اصوات و ذخیره‌ی آن توسط نرم‌افزار Audacity<sup>®</sup> انجام شد و فایل صدا در ارتعاش خمشی توسط سیستم‌های NDT-lab<sup>®</sup> و LStress<sup>®</sup>



شکل ۱- الف) ارتعاش خمشی آزاد در تیر دو سر آزاد (Berancheriau et al., 2010)، ب) ارتعاش طولی آزاد در تیر دو سر آزاد (Roohnia et al., 2012)، ج) سری فوریه به دست آمده شامل سه مد ارتعاشی به انضمام کاهش مد اول ارتعاش در واحد زمان، د) سری فوریه به دست آمده از تحلیل ارتعاش طولی

$$a_n = \frac{[4\pi^2 l^2 f_n^2 (1 + \alpha F_{1n})]}{\alpha m_n^4} \quad (3)$$

محاسبات مدول الاستیسیته و سرعت فاز، در ارتعاش خمشی از طریق روابط ذیل توسط سیستم NDT-lab<sup>®</sup> انجام شد (Bordonne, 1989).

$$v = \frac{\omega}{k} = f \cdot \lambda \quad (4)$$

$$a_n = \left(\frac{E}{\rho}\right) - \left(\frac{E}{K \times G}\right) b_n \quad (1)$$

K ضریب شکل است که در اینجا حدود ۰/۸۳۳ است. E مدول الاستیسیته (Pa)، G مدول برشی (Pa) و ρ جرم ویژه (g/m<sup>3</sup>) و f<sub>n</sub> فرکانس n امین مد ارتعاش، v سرعت فاز در مدهای ارتعاشی اول تا سوم (m/s)، ω = 2πf

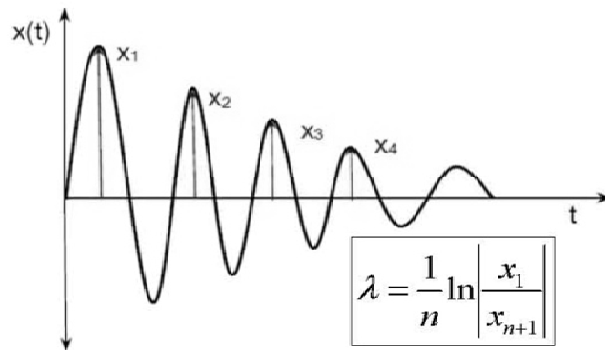
$$b_n = \frac{4\pi^2 l^2 f_n^2 F_{2n}}{m_n^4} \quad (2)$$

جرم نمونه (g)، V سرعت صوت در چوب (m/s) و l طول نمونه (mm)

میرایی حاصل از ارتعاش (شکل ۲) که شاخصی برای میزان افت ارتعاش در طول زمان است از طریق رابطه‌ی زیر با توجه به نوع شیوه‌ی روش آزمون از طریق سیستم مربوط به آن محاسبه گردید.

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \left| \frac{x_1}{x_{n+1}} \right| \quad (۷)$$

در آن:  $X_1$ : بلندی اولیه موج در حال کاهش و  $X_{n+1}$ : بلندی n امین موج پس از موج متناظر با  $X_1$ .



شکل ۲- نمایش فاکتور کاهش به روش لحظه‌ای با استفاده از کاهش لگاریتمی  $\lambda$

همبستگی بین مقادیر حاصل‌شده از ویژگی‌های دینامیک حاصل از دو آزمون ارتعاش خمشی و ارتعاش طولی آزاد در تیر دوسرآزاد توسط آزمون همبستگی پیرسون و برازش مدل رگرسیونی بررسی شد. مقایسه‌ی میانگین‌های هر یک از ویژگی‌های مکانیکی حاصل از دو روش آزمونی نیز توسط آزمون آماری T test انجام شد. برای انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS Ver. 11.5 و برای رسم نمودار و خط رگرسیون از نرم‌افزار MS EXCEL استفاده گردید.

زاویه‌ای و f فرکانس،  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  ثابت انتشار موج و  $\lambda$  طول موج است.

محاسبه‌ی مدول الاستیسیته‌ی دینامیک نمونه‌ها از طریق ارتعاش طولی از طریق روابط زیر و توسط سیستم LStress<sup>®</sup> انجام شد.

$$E = \rho v^2 \quad (۵)$$

$$V = 2lf \quad (۶)$$

در آن: E مدول الاستیسیته‌ی دینامیک (Pa)،  $\rho$  جرم ویژه ( $\text{g/m}^3$ )، F فرکانس طبیعی n امین مد ارتعاش (Hz)، m

ضریب آکوستیک (AC) و کارایی تبدیل آکوستیک که از فاکتورهای مهم آکوستیکی چوب‌آلات است توسط روابط زیر محاسبه شدند.

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} \quad (۸)$$

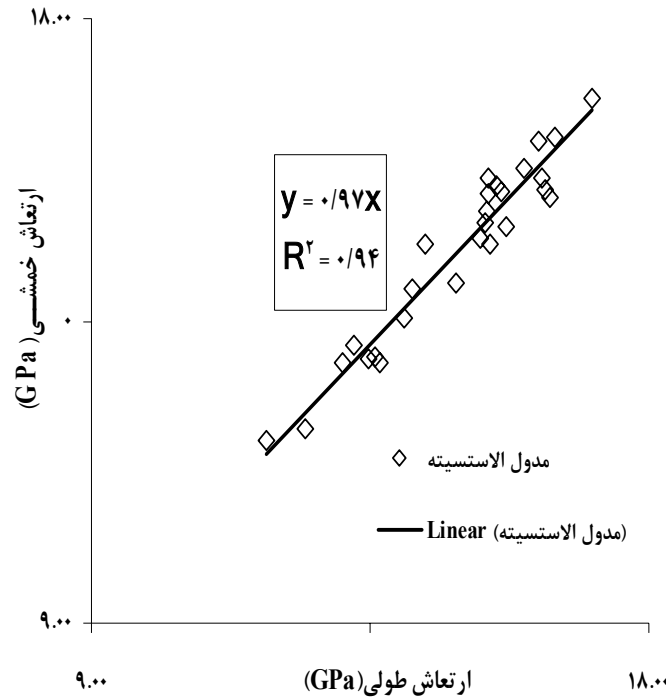
$$ACE = \frac{K}{\tan \delta} \quad (۹)$$

در آن K ضریب آکوستیک و واحد آن  $\text{M}^4/\text{s.Kg}$ ، E مدول الاستیسیته‌ی دینامیک (Pa) حاصل از ارتعاش خمشی و ارتعاش طولی،  $\rho$  جرم ویژه، ACE کارایی تبدیل آکوستیک و  $\tan \delta$  میرایی ارتعاش است.

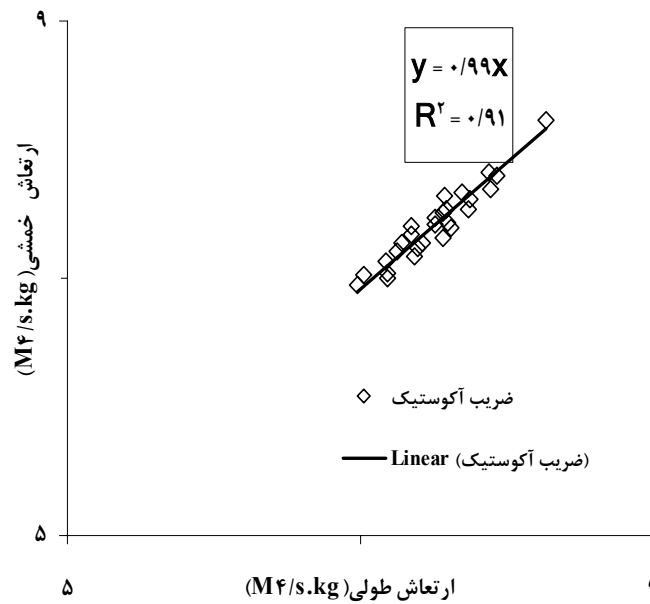
### نتایج

نشان می‌دهد. توسط آزمون پیرسون همبستگی معنی‌داری بین مدول الاستیسیته و ضریب آکوستیک محاسبه شده در هر دو شیوهی آزمونی مشاهده گردید.

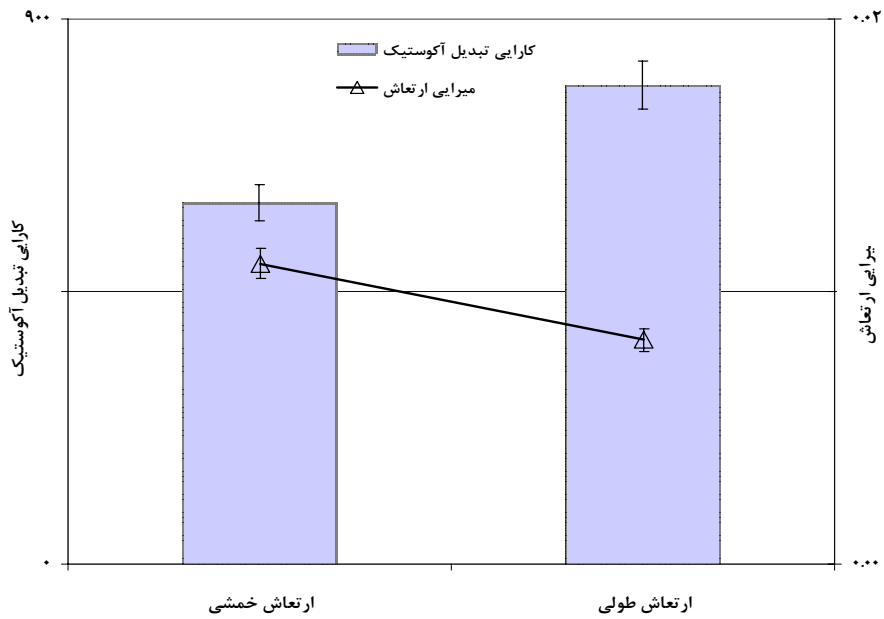
شکل ۳ و ۴ مقادیر محاسبه‌شده مدول الاستیسیته و ضریب آکوستیک حاصل از هر دو روش آزمونی ارتعاش خمشی و ارتعاش طولی را در مقایسه با یکدیگر



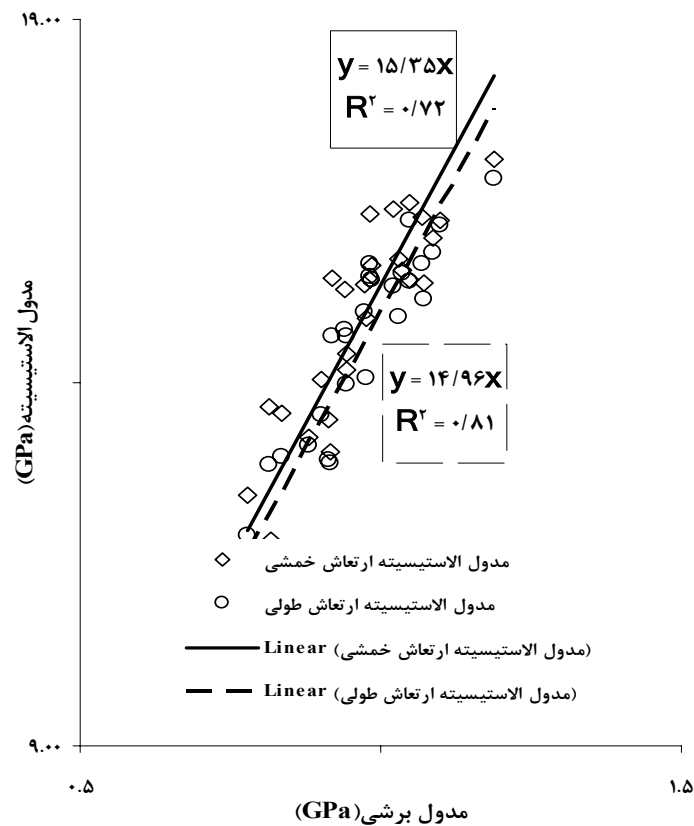
شکل ۳- مقایسه‌ی اثر شیوهی آزمون در اندازه‌گیری مقادیر مدول الاستیسیته‌ی دینامیک



شکل ۴- مقایسه‌ی اثر شیوهی آزمون در اندازه‌گیری مقادیر ضریب آکوستیک



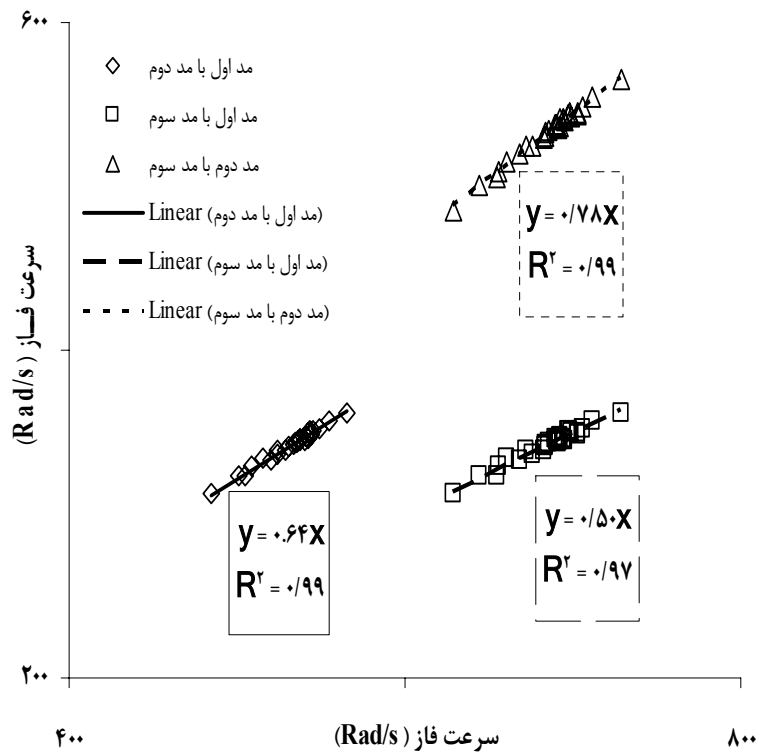
شکل ۵- مقایسه‌ی اثر شیوه‌ی آزمون در اندازه‌گیری مقادیر میرایی ارتعاش و کارایی تبدیل آکوستیک



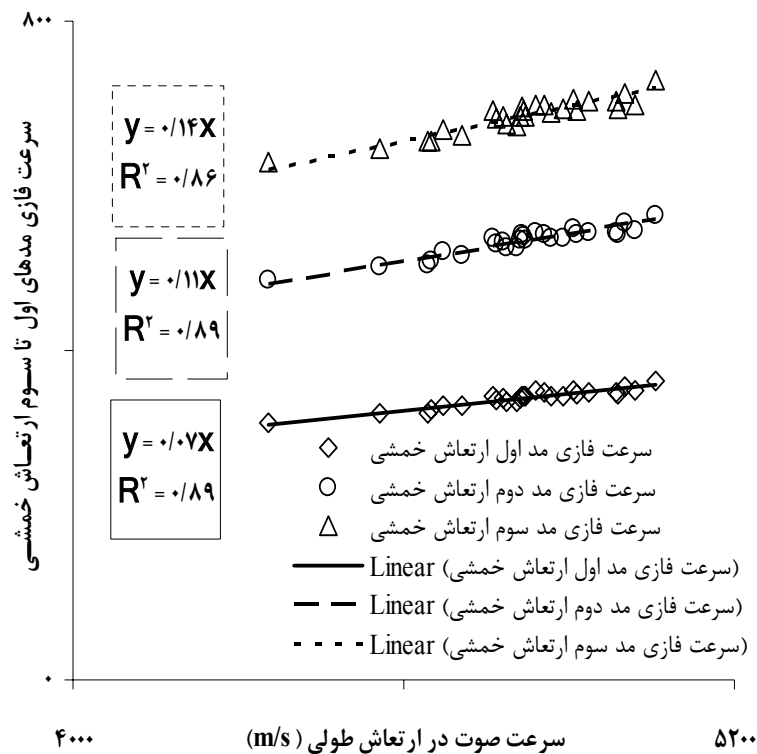
شکل ۶- مقایسه‌ی مدول الاستیسیته محاسبه شده از دو روش ارتعاش خمشی و طولی با مقادیر مدول برشی حاصل از ارتعاش خمشی

خمشی را به نمایش گذاشته است. همان طور که در این شکل مشاهده می شود بین سرعت فازی حاصل از مد اول ارتعاش خمشی و مدهای دوم و سوم، همبستگی مطلوبی برقرار است. در شکل ۸ مقایسه ی سرعت صوت حاصل از ارتعاش طولی به سرعت فازی مدهای اول تا سوم ارتعاش خمشی به نمایش درآمده است. آزمون پیرسون همبستگی معنی داری را بین سرعت خطی صوت در ارتعاش طولی و سرعت زاویه ای (سرعت فاز) مدهای اول تا سوم خمشی نشان داد که این همبستگی به صورت رگرسیون خطی در این شکل به نمایش درآمده است.

تأثیر روش آزمونی بر نتایج حاصل از میرایی ارتعاش و کارایی تبدیل آکوستیک در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می گردد، به ترتیب مقادیر میرایی ارتعاش و کارایی تبدیل آکوستیک حاصل از ارتعاش خمشی به طور معنی داری بزرگ تر و کوچک تر از مقادیر محاسبه شده توسط آزمون ارتعاش طولی می باشند. آزمون پیرسون همبستگی معنی داری بین مدول برشی با هر یک از مدول الاستیسیته های حاصل از ارتعاش خمشی و ارتعاش طولی نشان داد که این همبستگی به صورت رگرسیون خطی در شکل ۶ مشاهده می شود. شکل ۷ مقادیر سرعت فاز مدهای اول تا سوم ارتعاش



شکل ۷- مقایسه ی سرعت فاز مدهای ارتعاش خمشی



شکل ۸- مقایسه‌ی سرعت صوت حاصل از ارتعاش طولی با سرعت فازی مدهای اول تا سوم ارتعاش خمشی

جدول ۱- میانگین مقادیر کمی ویژگی‌های آکوستیکی محاسبه شده

سرعت فازی (Rad/s)		سرعت صوت (m/s)		مدول برشی (GPa)		کارایی تبدیل آکوستیک		میرایی ارتعاش		ضریب آکوستیک (m <sup>4</sup> /s.kg)		مدول الاستیسیته (GPa)	
L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L <sup>2</sup>	F <sup>1</sup>
-	۵۱۴/۸۰	۴۸۱۵/۰۸	-	-	۰/۰۹۷	۷۹۱/۸۰	۵۹۶/۷۵	۰/۰۰۹۹	۰/۰۱۳۲	۷/۵۱	۷/۴۱	۱۴/۹۲	۱۴/۵۳

۱: ارتعاش خمشی - ۲: ارتعاش طولی

## بحث

خمشی، خصوصیات ویسکوالاستیک و همچنین اختلاف سرعت ارتعاش در دو جهت مورد ارتعاش بوده و میزان این اختلاف را بین ۳-۵ درصد بیان داشته‌اند (Hashemi 2010). بنابراین هر چند هر دو روش به کار رفته جهت محاسبه مقادیر مدول الاستیسیته‌ی دینامیک مناسب است، اما با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد در درجه‌بندی نمودن چوب‌آلات، به دلیل اختلاف موجود بین مقادیر حاصل از دو روش مورد استفاده، گزارش روش مورد استفاده در محاسبه‌ی مقادیر مدول الاستیسیته‌ی دینامیک ضروریست. ضریب آکوستیک یکی از پارامترهای

روش‌های محاسباتی بکار برده شده برای تعیین ویژگی‌های دینامیکی در جهات شعاعی- طولی و طولی نمونه‌های آزمونی مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در نتایج مشاهده گردید بین مدول الاستیسیته‌ی حاصل از دو روش ارتعاش خمشی و طولی آزاد همبستگی بسیار مطلوبی برقرار است. مقادیر مدول الاستیسیته‌ی حاصل از ارتعاش طولی اندکی بزرگ‌تر از نتایج مشابه حاصل از ارتعاش خمشی است که علت این امر در تحقیقات پیشین خیز برشی ایجاد شده در تکیه‌گاه‌های مورد استفاده در آزمون ارتعاش



عدم کارایی این روابط و معادلات برای محاسبه‌ی فاکتور ذکر شده شوند (Roohnia et al., 2010a). بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، در هنگام بروز مشکلاتی از قبیل وجود معایب داخلی که سبب کاهش ضریب همبستگی بین سه مد اول ارتعاش خمشی به واسطه‌ی جابه‌جایی ایجاد شده در موقعیت قرارگیری مدهای ارتعاشی اول تا سوم و حتی در مواردی منجر به عدم دسترسی به مدهای دوم و سوم ارتعاشی در نمونه‌های آزمونی می‌گردند نتایج حاصل از محاسبات مدول الاستیسیته توسط روش ارتعاش طولی می‌تواند برای تخمین مدول برشی دینامیک مؤثر و کارا باشد. با توجه به فاصله‌ی مشخص بین مدهای ارتعاشی در نمونه‌های سالم و عاری از عیب و از سوی دیگر، تأثیر معایب موجود در جسم مورد ارتعاش بر روی سرعت فازی هر مد ارتعاشی، به نظر می‌رسد فاکتور مذکور گزینه‌ای مناسب برای تشخیص معایب درونی چوب در راه درجه‌بندی نمودن چوب باشد. شایان ذکر است که در منابع موقعیت تقریبی قرارگیری هر مد ارتعاشی در جسم مورد ارتعاش تعیین گردیده است (Harris; 2009) بنابراین به نظر می‌رسد می‌توان از روی تغییرات به وجود آمده در سرعت فازی هر مد ارتعاشی که در تحقیق حاضر همبستگی مطلوبی را از خود نشان دادند، مکان تقریبی عیب‌های احتمالی موجود را نیز تعیین نمود که البته این امر مستلزم تحقیقات بیشتر است. نتایج همچنین حکایت از همبستگی مطلوب سرعت صوت حاصل از ارتعاش طولی با سرعت فازی حاصل از هر سه مد اول ارتعاش خمشی دارد. پیش‌ازاین تحقیق مشابهی مبنی بر مقایسه این دو فاکتور با یکدیگر مشاهده نشده است، اما به نظر می‌رسد با توجه به همبستگی مناسب این دو فاکتور و اختلاف ایجاد شده در نسبت بین این دو فاکتور می‌توان برای درجه‌بندی چوب‌آلات استفاده نمود که البته این امر نیز مستلزم مطالعات بیشتر بر روی گونه‌های بیشتر و مقایسه‌ی نتایج چوب‌آلات سالم با چوب‌آلات معیوب است.

منابع مورد استفاده

- Alberktas, D. Vobolis., J. 2004. Modeling and Study of Glued Panel. Materials Science (medziagotyra). Vol. 10(4). 370-373
- ASTM, 2002, Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's

مهم در برآورد ویژگی آکوستیکی یک جسم است که تحت تأثیر مدول الاستیسیته ( $E$ ) و جرم ویژه ( $\rho$ ) است. البته هرچه مقدار این ضریب در چوب و فراورده‌های آن بالاتر باشد آن محصول برای استفاده در مصارف آکوستیکی مناسب‌تر است. در یک نمونه‌ی چوبی مورد آزمون، هرچه مقدار جرم ویژه کمتر باشد و در عوض مدول الاستیسیته آن بالاتر باشد، ضریب آکوستیک در آن نمونه بالاتر بوده و طبق تئوری راحت‌تر مرتعش شده و ارتعاش آن دیرتر میرا می‌شود؛ بنابراین با توجه به توضیحات ارائه شده در مورد اختلاف نتایج حاصل از دو روش مورد تحقیق، اندکی بزرگ‌تر بودن مقادیر حاصل از ارتعاش طولی نسبت به ارتعاش خمشی بدهی است. صدایی که از ارتعاش یک جسم ساطع می‌شود، یا از یک منبع بیرونی به جسم برخورد می‌کند و آن را مرتعش می‌سازد، به مرور میرا می‌شود که ناشی از مصرف انرژی آکوستیکی ارتعاش آن است. محققان تاکنون کمتر بودن مقادیر حاصل از ارتعاش طولی این فاکتور را نسبت به ارتعاش خمشی تعدادی از گونه پهن‌برگ گزارش نموده‌اند (Tsoumis; 1991) که نتایج این تحقیق نیز مبین همین امر است. کارایی تبدیل آکوستیک نیز مانند ضریب آکوستیک فاکتوری کارا در درجه‌بندی نمودن چوب‌آلات مورد استفاده در مصارف آکوستیکی از قبیل صفحات تشدید صدا، سالن‌های آمفی‌تئاتر و غیره بوده که با میرایی ارتعاش نسبت عکس دارد. البته هرچه مقدار ACE بیشتر باشد، آن چوب از لحاظ آکوستیکی دارای شرایط بهتری برای انتخاب به‌عنوان کارکرد در مصارف مذکور را خواهد داشت (Obataya et al., 2000). بنابراین با توجه به اختلاف موجود بین مقادیر حاصل از میرایی ارتعاش در دو روش مورد تحقیق بزرگ‌تر بودن مقادیر حاصل از ارتعاش طولی نسبت به ارتعاش خمشی قابل توجیه است. نتایج حکایت از همبستگی بسیار مطلوب مقادیر مدول الاستیسیته حاصل از هر دو روش ارتعاش خمشی و طولی آزاد با مقادیر حاصل از مدول برشی حاصل از ارتعاش خمشی دارد. روابط و معادلات مورد استفاده در آزمون ارتعاش خمشی، برای محاسبه و برآورد مدول برشی چوب‌های عاری از عیب‌های ظاهری و داخلی کاربرد دارند و هنگامی که نمونه‌ی آزمونی حاوی این‌گونه عیب‌ها باشد، به دلیل نقش معایب در کاهش همگنی نمونه‌ی آزمونی، به تبع تأثیر بر روی ضریب همبستگی سه مد اول ارتعاش خمشی، ممکن است سبب

- Liu, Z. Y. Liu, H. Yu & J. Yuan., 2006. Measurement of the dynamic modulus of elasticity of wood panels; Holz als Roh- und Werkstoff; 4: 1-6.
- Nakao, T. Okano, T. Asano, I. 1985, Theoretical and experimental analysis of flexural vibration of the viscoelastic Timoshenko beam, Journal of Applied Mechanics Vol.52, p728-731
- Nzokou, P. Freed, J. & Kamden, DP., 2006. Relationship between non destructive and static modulus of elasticity of commercial wood plastic composites; Holz als Roh- und Werkstoff; 64: 90-93.
- Obataya, E., T. Ono & M. Norimoto . 2000 , Vibrational properties of wood along the grain . Journal of materials science . 35: (2993 – 3001)
- Roohnia, M. Yavari, A, Tajdini, A., 2010a. Elastic Parameters of Poplar Wood with End-Cracks, Annals of Forest Science., 67: 409p<sub>1</sub>-409p<sub>6</sub>.
- Roohnia, M. Tajdini, A. and Manouchehri, N., 2010b. Effect of drilling as artificial defects on dynamic shear modulus of wood, November 10 - 12, 2010 - Hotel Angelo, Pilsen - Czech Republic.
- Roohnia, M. Kohantorabi, M. Jahan Latibari, A. Tajdini, M. Ghaznavi, M., 2012., Nondestructive assessment of glued joints in timbers applying vibration-based methods. European Journal of Wood and Wood Products, 70: 791-799
- Ross, RJ. Pellerin,RF., 1994. Nondestructive Testing for Assessing Wood Members in Structures; USDA Society Review.
- Tsoumis, G. 1991., Science and technology of wood: Structure, properties, utilization. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Vobolis, J. Aleksiejūnas, M., 2003. Investigation of Wood Mechanical Properties by the Resonance Vibrations Method; Journal of Materials Science; 9: 139-143.
- Wang, S. Chen, J. Tsai, M. Lin, C & Yang, T., 2008. Grading of softwood lumber using non-destructive techniques; Journal of Material Processing Technology; 208: 149-158.
- Ratio of Refractory Materials by Impulse Excitation of Vibration, Designation C1548. 7p.
- Ayarkwa, J. Hirashima, Y. and Sasaki, Y., 2001. Predicting modulus of rupture of solid and finger jointed tropical African hardwoods using longitudinal vibration, Forest Prod. J. 51(1), 85-92.
- Bodig, J. Jayne, B., 1989, Mechanics of wood and wood composites (Persian translation). Tehran University press.
- Bordonné PA., 1989. Module dynamique et frottement intérieur dans le bois: Mesures sur 638outers flottantes en vibrations naturelles Thèse de doctorat de l'INP de Lorraine soutenue à Nancy. 154 p.
- Brancheriau, L. Bailleres, H., 2002. Natural vibration analysis of clear wooden beams: a theoretical review, Wood Science and Technology, 36 pp. 347-365
- Harris, Cyril M. 1998, Shock and vibration handbook (6th Edition), 2009. McGraw-Hill, New York. 1168 pages.
- Hashemi tabalvandi, S M., 2010. Young and Shear moduli, in static and dynamic standard approach. Msc thesis in Islamic Azad University Karaj Branch. 124pp
- Hossein.MA, Roohnia, M . Shahverdi, M. 2009, Some footprints of wood internal defects on three first mode-shapes of free vibration.16<sup>th</sup> international symposium on nondestructive testing and evaluation of wood, Beiging, China.
- Hu, Y. Nakao, T. Nakai, J. Gu ,F., 2005. Dynamic properties of three types of wood-based composites; Journal of Wood Science and Technology; 51: 7-12.
- Kohantorabi, M. Ghaznavi, M. Roohnia, M, Tajdini, M, Kazemi Najafi, S., 2011. The effect of joint type on acoustical properties of jointed beam; Iranian Journal of sciences and techniques in natural resources; 6(4): 117-128
- Kohantorabi, M. Roohnia, M., 2013. Detection of defects in joints using the variations in dynamic shear modulus and correlation coefficient factor in beech wood; Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 28 (2): 239-251

## Nondestructive evaluation of the dynamic properties of beech wood using free vibration method on free- free bar

M. Kohantorabi<sup>1\*</sup>, F. Golbabaie<sup>2</sup> and H. Hosseinkhani<sup>2</sup>

1\*-Corresponding author, PhD Candidate, Department of wood science and technology, College of agriculture and natural resources, Science and research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: mostafa.kohantorabi@yahoo.com

2- Faculty member, Wood Science and its products research division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran ,Iran

Received: March, 2014

Accepted: Nov., 2014

### Abstract

In this study the effect of different NDT methods on dynamic properties (flexural vibration of Timoshenko beam theory and longitudinal vibration method) of beech wood were evaluated. Twenty nine clear samples with nominal dimension of 2×4×36 cm were selected and bending vibration in free-free beams and longitudinal vibration tests was performed on the samples. Results showed strong correlation between dynamic Young's modulus and acoustic coefficient measured with both longitudinal vibration and flexural vibration method. The measured damping factor values were significantly higher in flexural vibration compared to longitudinal vibration method, While the acoustic converting efficiency values from flexural vibration was smaller than values of this factor in longitudinal vibration method .There was good correlation between dynamic shear modulus of elasticity from flexural vibrations and dynamic modulus of elasticity in both methods. This finding provides possibility of estimating the shear modulus of elasticity values based on dynamic Young's modulus of elasticity values from longitudinal vibration test. The results also indicated the existence of good correlation between the phase velocity in first to third modes from the bending vibration. In addition there was good correlation between sound velocity from longitudinal vibration and the phase velocity in first to third modes from the bending vibration.

**Keywords:** Free vibration method, dynamic properties, phase velocity, shear modulus, timoshenko beam theory.