

## بررسی رابطه بین مدول الاستیسیته دینامیک در صفحات تخته خرده چوب با مدول الاستیسیته استاتیک و مقاومت خمشی

امیرهومن حصی<sup>۱</sup> و مصطفی کهن ترابی<sup>۲\*</sup>

۱- استاد، گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران  
۲- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، پست الکترونیک: mostafa.kohantorabi@yahoo.com

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۶

### چکیده

در این تحقیق به بررسی رابطه بین مدول الاستیسیته دینامیک حاصل از ارتعاش طولی صفحات تخته خرده چوب با مدول الاستیسیته استاتیک و مقاومت خمشی در دو جهت: خلاف جهت و جهت ماشین پرداخته شده است. بدین منظور در ابتدا ۴ صفحه تخته خرده چوب با ابعاد  $۱۲۴ \times ۹۰ \times ۱/۶$  (طول  $\times$  عرض  $\times$  ضخامت) سانتی متر انتخاب شدند و در دو جهت خلاف جهت ماشین و جهت ماشین مورد ارتعاش طولی قرار گرفتند. سپس از صفحات اولیه تعداد ۴ صفحه با ابعاد  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر انتخاب و آزمون ارتعاش طولی در دو جهت خلاف جهت ماشین و جهت ماشین دوباره بر روی صفحات انجام شد. در نهایت صفحات به تیرهای با ابعاد  $۳۶ \times ۱/۶ \times ۱/۶$  سانتی متر تبدیل شده و آزمون ارتعاش طولی و خمش استاتیک بر روی تیرها انجام گردید. نتایج حکایت از همبستگی مطلوب بین نتایج حاصل از آزمون ارتعاش طولی هر دو ابعاد صفحات در دو جهت ماشین و خلاف جهت ماشین و نتایج همبستگی مدول الاستیسیته دینامیک و استاتیک و همچنین مقاومت خمشی تیرهای مستخرج شده از صفحات بود. ضمن اینکه بین مدول الاستیسیته دینامیک صفحات با ابعاد  $۱۲۴ \times ۹۰ \times ۱/۶$  و  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر در دو جهت مورد آزمون همبستگی بسیار مطلوبی برقرار است. البته با کوچک تر شدن ابعاد نمونه‌های آزمونی مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک افزایش یافت که این امر به دلیل پراکندگی امواج در نمونه‌های با ابعاد بزرگ تر است. به طور کلی با توجه به نتایج می توان اذعان داشت که با اعمال ضرایب اصلاحی مناسب، روش ارتعاش طولی روشی کارا برای محاسبه مدول الاستیسیته و تخمین مدول گسیختگی صفحات تخته خرده چوب در ابعاد کامل است.

واژه‌های کلیدی: ارتعاش، صفحه، خمش استاتیک، مدول الاستیسیته، غیر مخرب

### مقدمه

صرفه جو در مصرف چوب و ضایعات چوبی مورد توجه فراوان قرار گرفته است. در ساخت این محصول عوامل مختلفی مانند نوع و میزان چسب مصرفی، درصد رطوبت خرده‌های چوب، نوع گونه مصرفی، شرایط پرس، تراکم

تخته خرده چوب یکی از مهمترین فرآورده‌های چندانساز چوبی است که به دلیل داشتن ساختار ویژه، بهره‌گیری از منابع کم‌ارزش و ایجاد ارزش افزوده فراوان به‌عنوان صنعت

اندازه‌گیری کردند. بدین ترتیب از دو تخته خرده چوب در دو دانسیته متفاوت (۵۰۰ و ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب) که با مواد اولیه در سه کلاسه قراردادی ریز، متوسط و درشت ذره قرار داشتند، استفاده کردند. نتایج حکایت از آن داشت که تخته خرده چوب‌های با دانسیته بالاتر نسبت به تخته خرده چوب‌های با دانسیته کمتر اضمحلال صوتی کمتری دارند. قاسمی و همکاران در سال ۱۳۹۳ تأثیر میزان استفاده از خرده کلزا بر روی خواص آکوستیک تیرهای تخته خرده چوب ساخته شده از مخلوط خرده کلزا و خرده چوب صنعتی را در درصد‌های متغیر اختلاط دو نوع ذره بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش درصد خرده کلزا در ترکیب تخته خرده چوب، ضریب آکوستیک تخته‌ها افزایش پیدا می‌کند ولی در مقادیر کمتر اختلاط خرده چوب و خرده کلزا در اثر ایجاد ناهمگنی در بافت تخته‌ها میرایی ارتعاش افزایش می‌یابد. آنان همچنین اعلام کردند که افزایش درصد خرده کلزا نسبت به خرده چوب‌های صنعتی سبب همگن‌تر شدن بافت محصول نهایی شده، در نتیجه میرایی ارتعاش در نمونه‌های حاصل کاهش می‌یابد. در جدیدترین تحقیق ارائه راهکار غیر مخرب برای ارزیابی صفحات فشرده چوبی، Mirbolouk and Roohnia در سال ۲۰۱۵ با استفاده از روش ارتعاش طولی توانستند همبستگی بسیار مطلوبی بین مدول الاستیسیته حاصل از صفحات تخته فیبر با دانسیته متوسط و تیرهای مستخرج از آنها نشان دهند. از این رو به روشنی مشخص است که آزمون‌های دینامیکی با توجه به نوع کاربرد در صنایع مختلف رونق فراوان یافته‌اند که صنعت اوراق فشرده نیز از این قاعده مستثنا نمی‌باشد. در این میان یکی از این روش‌های نوین آزمون‌های غیر مخرب دینامیکی، آزمون ارتعاشی است که به دلیل سادگی، قابلیت انعطاف و سرعت به‌طور گسترده‌ای مورد توجه می‌باشد. (Ross and Pellerin, 1994; Ayarkawa *et al.*, 2000; Alberktas & Vobolis, 2004). با توجه به تمامی پیشرفت‌های انجام شده در زمینه کنترل‌های غیر مخرب و در شرایط مصرف، متأسفانه صنعت چوب و فرآورده‌های حاصل از آن همچنان از شیوه‌های

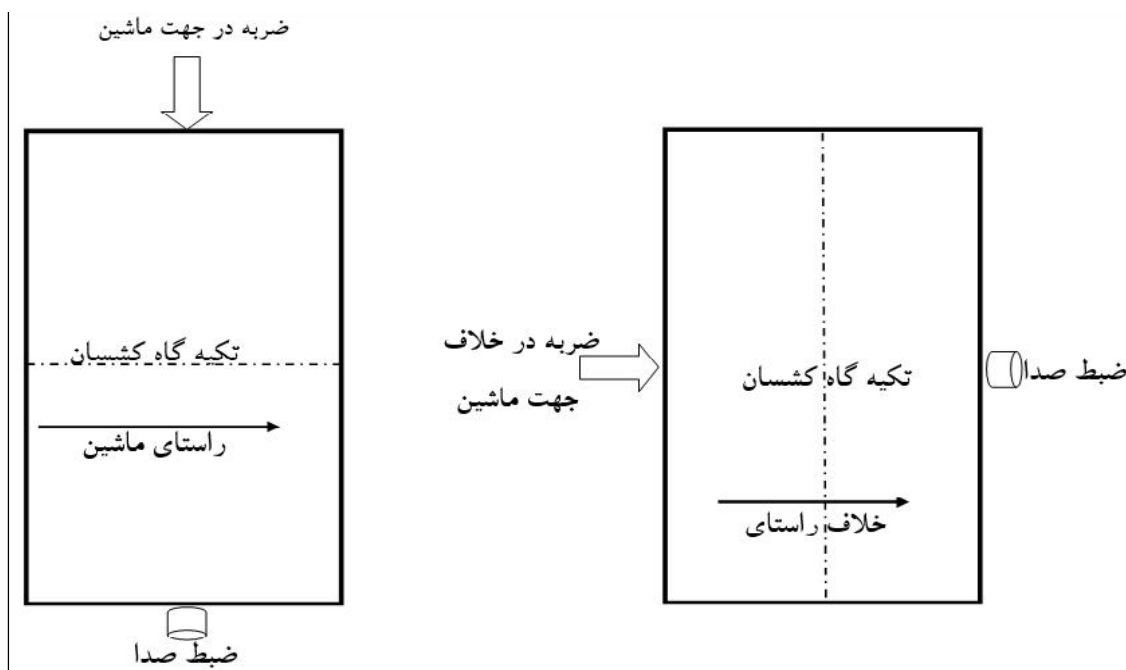
جرم تخته و غیره بر ویژگی‌های نهایی تأثیرگذار هستند (Doust Hosseini, 2007). تخته خرده چوب نیز همانند بیشتر محصولات چوبی برای ارائه به بازار مصرف، فرایندهای بازرسی مختلفی را طی می‌کند. در حال حاضر برای کنترل کیفی تخته خرده چوب از آزمون‌های مندرج در استانداردهای EN 310، EN 312، EN 319 و غیره استفاده می‌گردد که با رجوع به این استانداردها مخرب بودن و وقت‌گیر بودن مراحل نمونه‌گیری و انجام آزمون‌ها را می‌توان از جمله محدودیت‌های کنترل‌های کیفی الزامی این محصول پر مصرف دانست. به‌علاوه با رجوع به بیشتر استانداردهای کیفی تدوین‌شده، نمونه‌برداری از صفحات تخته خرده چوب برای اجرای هر آزمون الزامی بوده که این امر علاوه بر تخریب صفحه، سبب عدم قضاوت با اطمینان بالا در صفحات در ابعاد کامل آنها می‌گردد (Mirbolouk and Roohnia, 2015). امروزه تلاش‌های بسیاری برای یافتن روش‌های غیر مخرب آسان، ارزان و سریع در مقایسه با شیوه‌های مخرب سنتی در صفحات فشرده چوبی به دلیل تسهیل در فرایندهای کنترلی این‌گونه محصولات در حال پیگیری است (Grundström, 1998; Fenghu and Xiaodong, 2007; Karlinasari *et al.*, 2012; Grundstrom Mirbolouk and Roohnia, 2015) (۱۹۹۸) خواص الاستیک تخته خرده چوب را به دو روش فرکانس ویژه و آزمون فراصوتی بررسی کرده و به‌نتایج بسیار کارآمدی در این زمینه رسیده که حکایت از مناسب بودن این روش‌ها برای بررسی خواص کیفی تخته خرده چوب دارد. (Fenghu و Xiaodong (۲۰۰۷) به بررسی خواص مکانیکی تیرهای MDF با استفاده از دو روش ارتعاش طولی و روش استاتیک پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نیز حکایت از همبستگی بسیار مطلوب بین مدول الاستیسیته محاسبه‌شده از هر دو روش آزمونی دارد. Karlinasari و همکاران در سال ۲۰۱۲ بر روی خواص آکوستیک تخته خرده چوب ساخته‌شده با ذرات بامبو تحقیقی انجام دادند و میزان جذب صوت و میزان اضمحلال صوت را در هنگام انتقال صوت از یک اتاق آکوستیک

و تیرها، با نتایج حاصل از آزمون استاتیک نمونه‌ها در ابعاد تیر به منظور ارائه راهکاری غیر مخرب برای درجه‌بندی این پارامتر در صفحات تخته خرده چوب است.

### مواد و روش‌ها

در ابتدا چهار صفحه تخته خرده چوب صنعتی ساخت شرکت چوب شمال (تئویان گنبد) به ابعاد  $۱۲۴ \times ۹۰ \times ۱/۶$  (طول  $\times$  عرض  $\times$  ضخامت) سانتی‌متر انتخاب شدند. نمونه‌های آزمون پس از اندازه‌گیری وزن و ابعاد، مورد آزمون ارتعاش طولی در دو جهت (جهت ماشین و خلاف جهت ماشین) قرار گرفتند (شکل ۱).

سابق و مخرب تبعیت بیشتری می‌کنند و با وجود این شیوه‌های ابداعی آزمون‌های غیر مخرب در صنایع چوب جایگاه واقعی خود را پیدا نکرده‌اند. مدول الاستیسیته یکی از پارامترهای الزامی در کنترل‌های کیفی تخته خرده چوب می‌باشد (ISIRI 9044; 1385). با توجه به استاندارد ملی شماره ۹۰۴۴، تعیین این پارامتر نیز از طریق نمونه‌برداری و برش نمونه و انجام آزمون مخرب انجام می‌شود. از این‌رو هدف از انجام این تحقیق، بررسی مدول الاستیسیته حاصل از روش طولی آزاد در تیر دو سر آزاد در ابعاد صفحه و تبدیل شده به تیر (در دو جهت: جهت ماشین و خلاف جهت ماشین) و مقایسه نتایج حاصل از آزمون دینامیک صفحات



شکل ۱- نحوه آزمون ارتعاش طولی در صفحات تخته خرده چوب

صوت را که محاسبه‌ی آن جهت برآورد مدول الاستیسیته‌ی دینامیک ضروری می‌باشد را به نمایش درآورده است. (Mirbolouk and Roohnia, 2015).

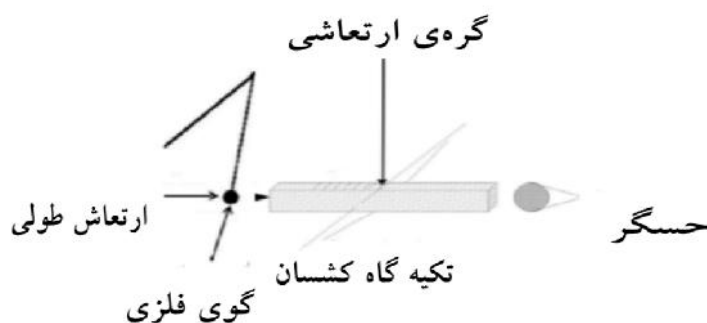
$$E = \dots v^2 \quad (۱)$$

$$V = 2lf \quad (۲)$$

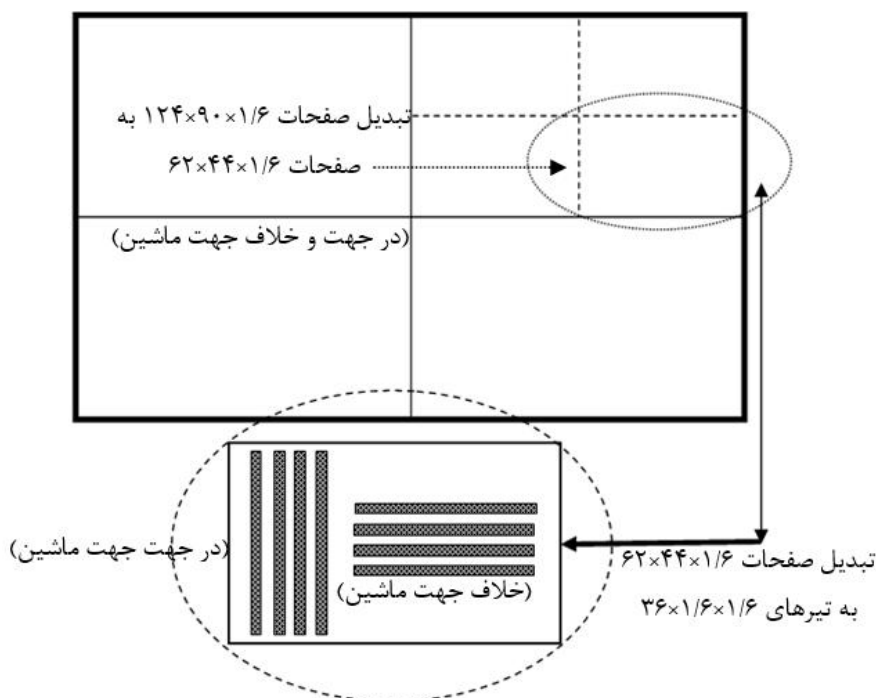
پس از انجام مرحله اول آزمون، تجزیه و تحلیل صدای حاصل از ارتعاش طولی نمونه‌ها توسط نرم‌افزار L-Stress<sup>®</sup> انجام شد (Roohnia et al, 2012) و مدول حاصل از ارتعاش طولی آزاد در دو جهت (جهت ماشین و خلاف جهت ماشین) در هریک از صفحات شناسایی شده و محاسبات مربوط به مدول الاستیسیته در هر دو جهت ارتعاشی توسط رابطه ۱ انجام گردید. رابطه‌ی ۲، سرعت

(جهت ماشین و خلاف جهت ماشین) همانند مرحله پیش انجام شد. پس از آن از هریک از صفحات، تعداد ۴ تیر در جهت ماشین و ۴ تیر در خلاف جهت ماشین با ابعاد  $۳۶ \times ۱/۶ \times ۱/۶$  سانتی متر (طول  $\times$  عرض  $\times$  ضخامت) تهیه شده و آزمون ارتعاش طولی در تیر دو سر آزاد مطابق با شکل ۲ بر روی تیرها انجام شد و مدول الاستیسیته دینامیک مورد محاسبه قرار گرفت (نحوه تهیه نمونه‌های آزمونی در شکل ۳ نمایش داده شده است).

که در آن:  $E$  مدول الاستیسیته دینامیک (Pa)،  $\rho$  جرم ویژه ( $\text{kg/m}^3$ )،  $F$  فرکانس طبیعی  $n$  امین مد ارتعاش (Hz)،  $m$  جرم نمونه (g)،  $V$  سرعت صوت در چوب (m/s) و  $l$  طول نمونه (mm) می‌باشد. پس از انجام مرحله اول آزمون، از هر صفحه اولیه، چهار صفحه با ابعاد  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر (طول  $\times$  عرض  $\times$  ضخامت) تهیه گردید. نمونه‌ها دوباره مورد اندازه‌گیری ابعاد و وزن قرار گرفتند و مراحل انجام آزمون ارتعاش طولی و شناسایی مدهای ارتعاشی در دو جهت



شکل ۲- نحوه آزمون ارتعاش طولی در تیرهای تخته خرده چوب

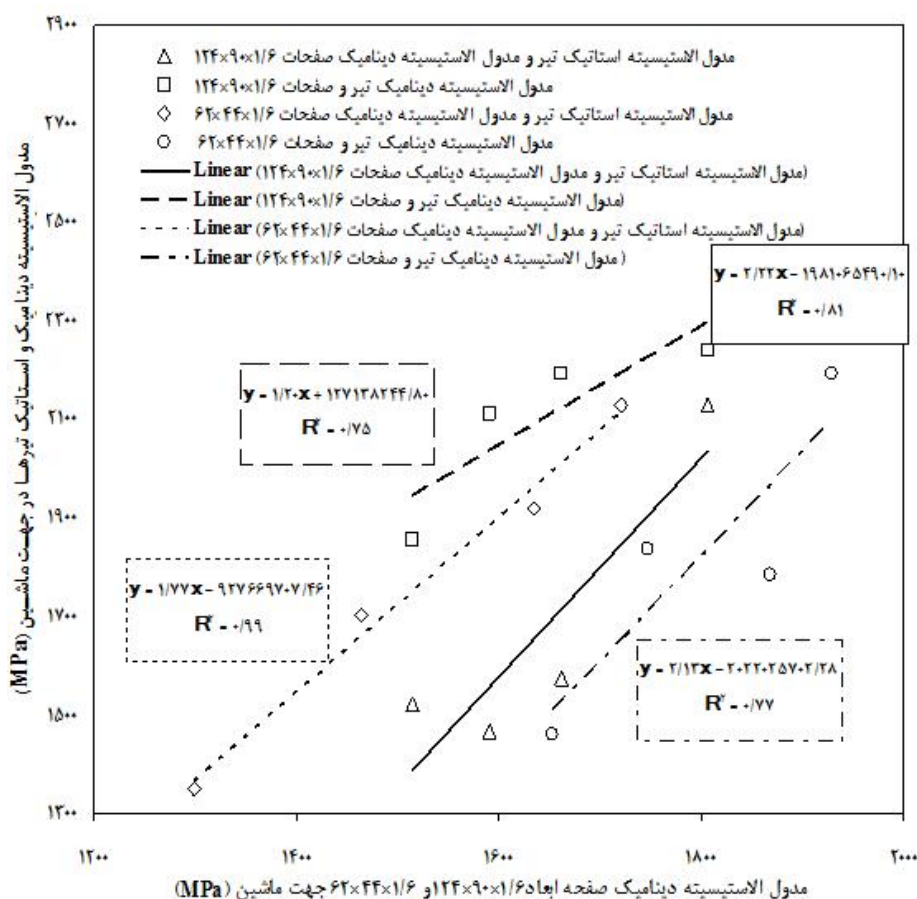


شکل ۳- نحوه تهیه نمونه‌های آزمون از صفحه تا تیر

در پایان و پس از اتمام مراحل آزمون دینامیک، نمونه‌ها مورد آزمون خمش استاتیک مطابق با دستورالعمل ۲۰۰۷-ASTM D ۱۰۳۷ قرار گرفتند. همبستگی بین مقادیر حاصل شده از ویژگی‌های دینامیک و استاتیک توسط آزمون همبستگی پیرسون و برازش مدل رگرسیونی بررسی شد. مقایسه میانگین‌های بین مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک و استاتیک نیز توسط آزمون آماری T test انجام گردید. برای انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS Ver. 11.5 و برای رسم نمودار و خط رگرسیون از نرم‌افزار MS EXCEL استفاده شد.

## نتایج

### مدول الاستیسیته دینامیک صفحات با ابعاد



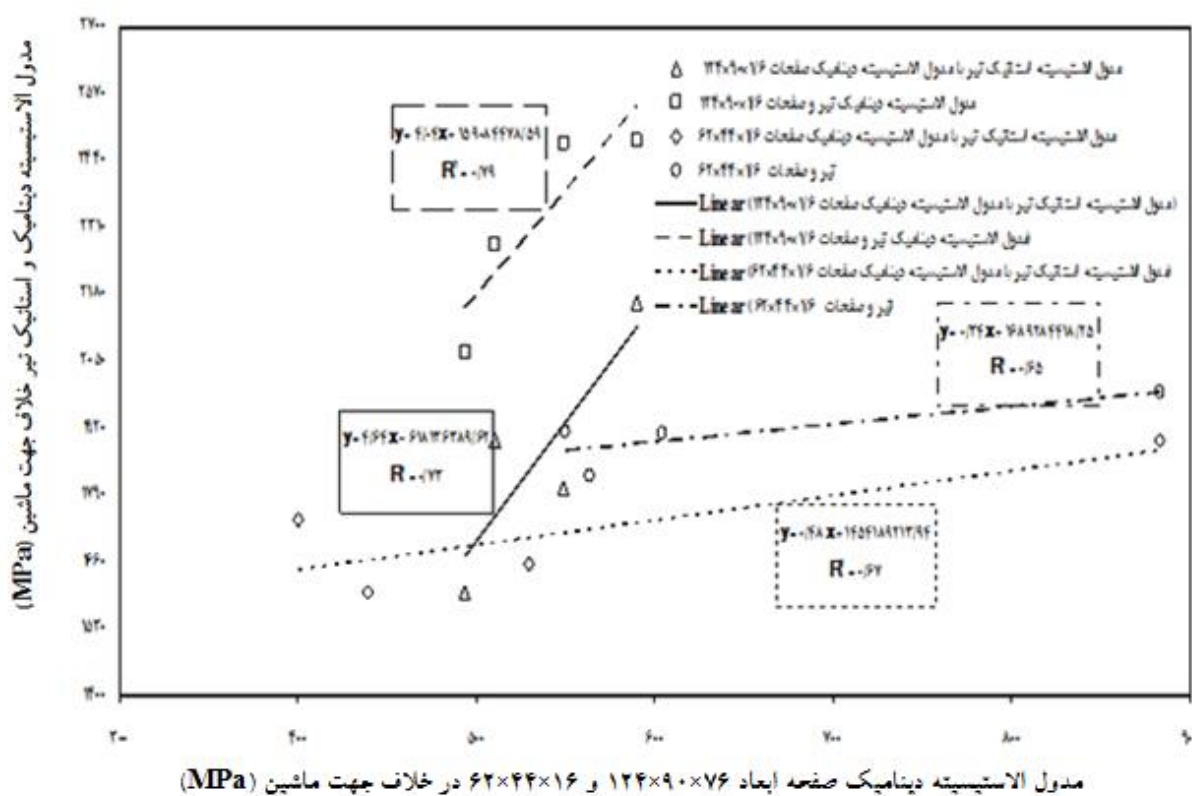
شکل ۴- مقایسه مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک صفحات با ابعاد ۱۲۴×۹۰×۱/۶ و ۶۲×۴۴×۱/۶ با مقادیر مدول الاستیسیته استاتیک در جهت ماشین

و در صفحات با ابعاد  $۱۲۴ \times ۹۰ \times ۱/۶$  کمترین مقادیر را دارا هست که این امر بیانگر تاثیر ابعاد بر مقادیر حاصل شده از مدول الاستیسیته دینامیک می باشد.

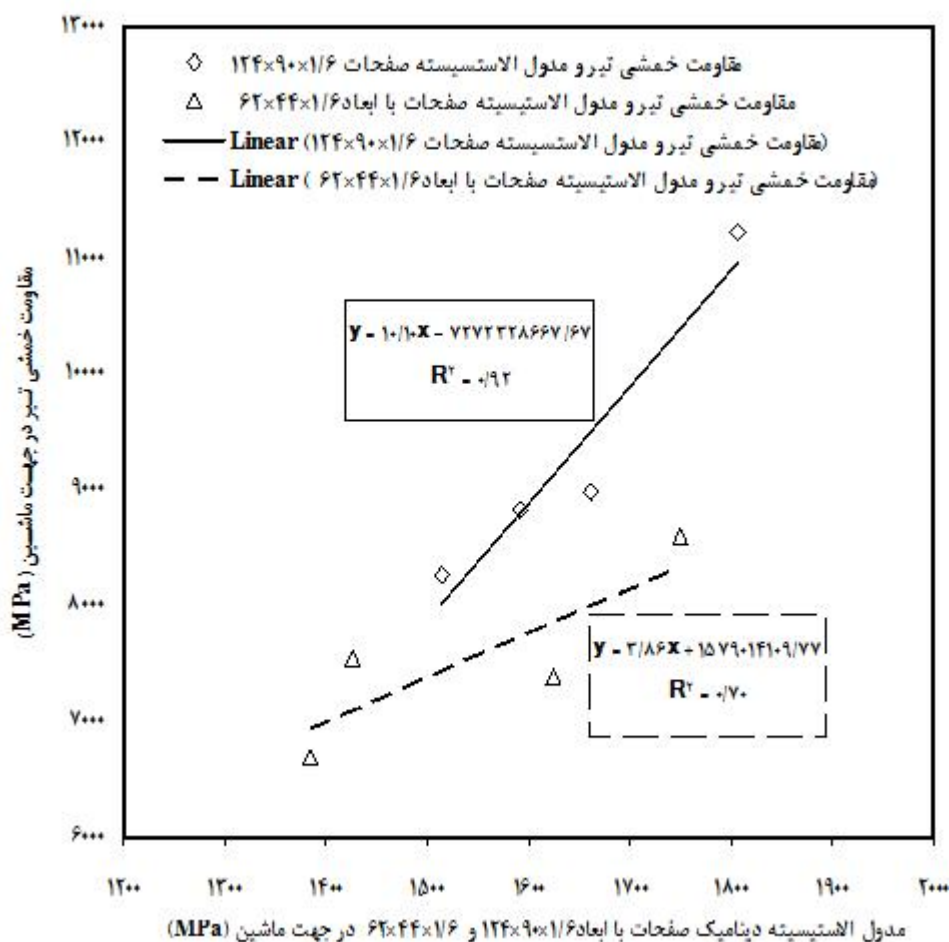
شکل های ۶ و ۷ مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک حاصل از صفحات با ابعاد  $۱۲۴ \times ۹۰ \times ۱/۶$  و  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر با مقاومت خمشی حاصل از تیرهای با ابعاد  $۳۶ \times ۱/۶ \times ۱/۶$  سانتی متر را در دو جهت ماشین و خلاف جهت ماشین به نمایش در آورده اند. همانطور که در این شکل نیز ملاحظه می گردد همبستگی مطلوبی بین مقادیر حاصل از دو آزمون وجود دارد. مقادیر حاصل از مقاومت خمشی نیز حاکی از بزرگتر بودن این مقادیر در جهت ماشین نسبت به خلاف جهت ماشین می باشد (نمادهای لوزی شکل ۶ و ۷).

همان طور که در این شکل مشاهده می گردد همچون نتایج آزمون های صورت گرفته در جهت ماشین، همبستگی مطلوبی بین مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک حاصل شده از صفحات با هر دو ابعاد آزمونی با مقادیر حاصل شده از آزمون های مدول الاستیسیته دینامیک و استاتیک تیرهای با ابعاد  $۱/۶ \times ۱/۶ \times ۳۶$  در خلاف جهت ماشین نیز وجود دارد.

نتایج با توجه به مقایسه و بررسی شکل های ۵ و ۶ حاکی از آن می باشد که مقادیر مدول الاستیسیته (استاتیک و دینامیک) در جهت ماشین به طور معنی داری بیش از مقادیر حاصل شده از خلاف جهت ماشین می باشد. ضمن اینکه نتایج حاصل از مقادیر مدول الاستیسیته (استاتیک و دینامیک) به ترتیب در تیرهای آزمونی بیشترین مقادیر،



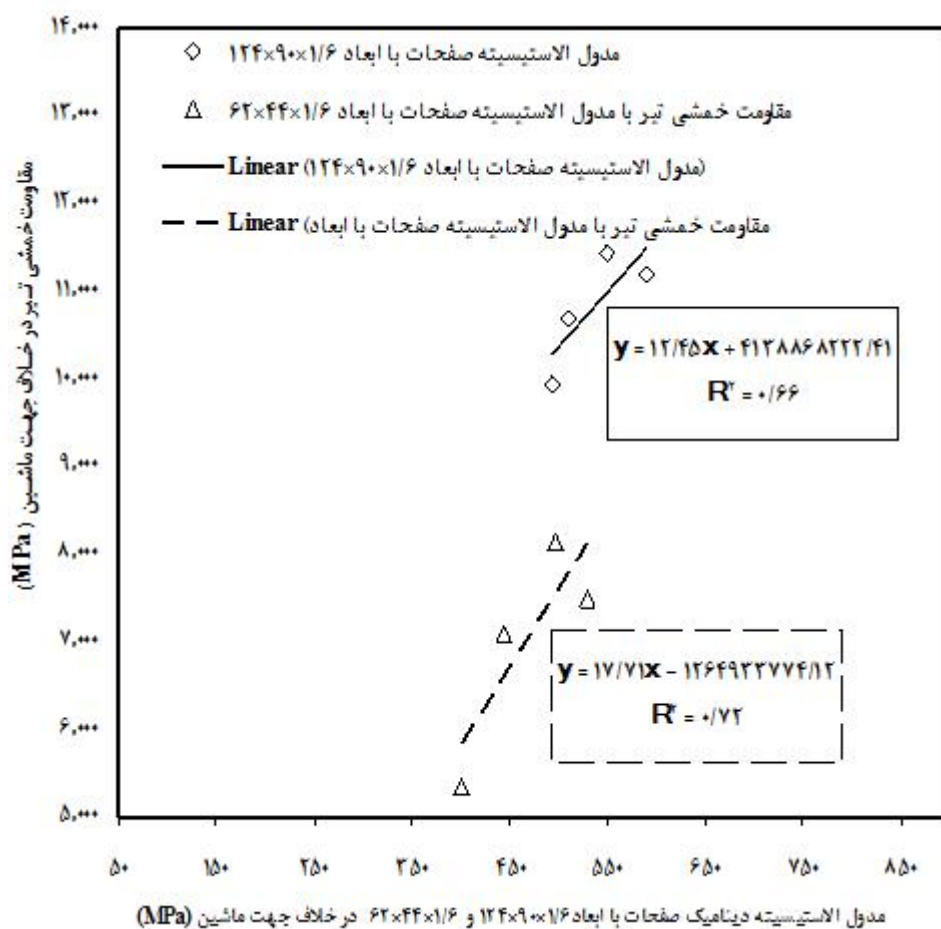
شکل ۵- مقایسه مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک صفحات با ابعاد  $۱۲۴ \times ۹۰ \times ۱/۶$  و  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  با مقادیر مدول الاستیسیته استاتیک در جهت خلاف ماشین



شکل ۶- مقایسه مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک صفحات با هر دو ابعاد آزمونی ابعاد با مقادیر مقاومت خمشی تیرها در جهت ماشین

حاصل از ارتعاش طولی صفحات با ابعاد: ۱۲۴×۹۰×۱/۶ و ۶۲×۴۴×۱/۶ در دو جهت (جهت ماشین و خلاف جهت ماشین) در هر دو ابعاد صفحه‌ای همبستگی مطلوبی مشاهده می‌گردد. ضمن اینکه مقادیر حاصل شده در صفحات با ابعاد ۶۲×۴۴×۱/۶ (در جهت ماشین) به طور معنی‌داری بیش از مقادیر حاصل از صفحات با ابعاد ۱۲۴×۹۰×۱/۶ می‌باشد. ضمن اینکه نتایج مبین آن می‌باشد که مدول الاستیسیته دینامیک خلاف جهت ماشین در صفحات با ابعاد ۱۲۴×۹۰×۱/۶ به طور معنی‌داری کمتر از مقادیر مدول الاستیسیته حاصل از جهت ماشین در صفحات با ابعاد ۶۲×۴۴×۱/۶ می‌باشد.

با توجه به مقایسه‌ی تلفیقی بین شکل‌های ۴ و ۵ و ۶ و ۷ با یکدیگر، می‌توان گفت مدول الاستیسیته دینامیک محاسبه شده در دو جهت: جهت ماشین و خلاف جهت ماشین در سه مرحله ابعادی مورد آزمون (صفحات با ابعاد: ۱۲۴×۹۰×۱/۶ و ۶۲×۴۴×۱/۶ و تیر) همبستگی بسیار مطلوبی بین مقادیر حاصل شده در دو جهت (جهت ماشین و خلاف جهت ماشین) از خود به نمایش گذارده‌اند. ضمن اینکه مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک در جهت ماشین همچون مقادیر حاصل شده از آزمون استاتیک به طور معنی‌داری بزرگتر از مقادیر حاصل شده در خلاف جهت ماشین می‌باشند. همچنین با مقایسه‌ی مدول الاستیسیته دینامیک



شکل ۷- مقایسه مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک صفحات با هر دو ابعاد آزمونی ابعاد با مقادیر مقاومت خمشی تیرها در خلاف جهت ماشین

## بحث

دینامیک اشاره شده است (Hu et al., 2005; Liu et al., 2006; Brancheriau et al., 2002). در این تحقیق نیز همانند تحقیقات پیشین همبستگی بسیار مطلوبی بین مقادیر حاصل شده از آزمون دینامیک و استاتیک در تیرهای مورد آزمون به دست آمد (Divos et al., 1998; Zhiyong et al., 2000; Ghasemi et al., 2014). مدول الاستیسیته دینامیک حاصل شده از تیرهای مورد آزمون به طور معنی داری بیش از مقادیر مدول الاستیسیته حاصل از آزمون استاتیک بود که این امر به دلیل خیز برشی تکیه گاه های آزمون خمش استاتیک و همچنین تمرکز تنش در ناحیه ای مشخص از نمونه آزمونی است. همچنین در آزمون دینامیک برخلاف آزمون استاتیک

روش ارتعاش طولی برای برآورد مدول الاستیسیته دینامیک در صفحات با ابعاد:  $124 \times 90 \times 1/6$  و  $62 \times 44 \times 1/6$  و تیرهای استخراج شده از صفحات با ابعاد  $124 \times 90 \times 1/6$  سانتی متر در جهت ماشین و خلاف جهت ماشین مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از آزمون دینامیک با نتایج حاصل از آزمون خمش استاتیک مورد مقایسه قرار گرفت. پیش از این نیز تحقیقات متعددی در رابطه با اندازه گیری مدول الاستیسیته دینامیک و مقایسه آن با مدول الاستیسیته استاتیک تخته های چوبی و فراورده انجام شده است که در تمامی این تحقیقات به همبستگی بالای بین نتایج حاصل از آزمون استاتیک و



حاصل شده از جهت ماشین بیش از خلاف جهت ماشین بود. هرچند در ابعادی متفاوت، ولی نتایج تحقیقات پیشین بر روی تخته فیبر با دانسیته متوسط نیز حکایت از تأیید نتایج حاصل شده از این تحقیق دارد (Mirbolouk and Roohnia, 2015). به ویژه اینکه در مقایسه نتایج حاصل از مدول الاستیسیته دینامیک خلاف جهت ماشین صفحات با ابعاد  $۱۲۴ \times ۹۰ \times ۱/۶$  سانتی متر با نتایج حاصل از مدول الاستیسیته دینامیک جهت ماشین صفحات  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر نیز این پاسخ دینامیکی حاصل گردید؛ بنابراین پاسخ دینامیکی ناهمگن ارتعاش طولی صفحات در دو جهت (جهت ماشین و خلاف جهت ماشین) نیز گامی جدید و مؤثر برای ارائه راهکاری غیر مخرب برای کنترل کیفی صفحات تخته خرده چوب بدون نیاز به نمونه برداری و تخریب نمونه است. نتایج همچنین حکایت از تأثیر معنی دار ابعاد نمونه های آزمونی بر روی مقادیر حاصل شده از مدول الاستیسیته دینامیک دارد. به طوری که بیشترین مقادیر در تیرها و کمترین مقادیر در صفحات  $۱۲۴ \times ۹۰ \times ۱/۶$  سانتی متر حاصل شد. مدول الاستیسیته ویژگی ای از یک ماده محسوب می شود که به تنهایی بعد از دست کاری مصنوعی تغییر نمی کند (Bodig and Jayne, 1993). در این مطالعه به عنوان تغییر ابعاد از صفحه تا تیر به عنوان پاسخ دینامیکی تخته خرده چوب در سه ابعاد مورد آزمون معرفی شده است. رابطه معکوس بین ابعاد آزمونی و مقادیر حاصل شده از مدول الاستیسیته دینامیک را می توان به اثر حرکت جانبی ناشی از پدیده انقباض پواسون ناشی از تغییر شکل به وجود آمده در صفحات تبدیل شده به تیر که موجب عدم پراکندگی موج در تیرهای مورد آزمون نسبت به صفحات در دو ابعاد مورد آزمون می گردد، مرتبط دانست (Brancheriau, 2011). به همین دلیل هم مقادیر حاصل شده در صفحات با ابعاد  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر بیش از مقادیر حاصل شده در صفحات با ابعاد  $۹۰ \times ۱/۶ \times ۱۲۴$  سانتی متر بود. صفحه در ابعاد کوچک تر پراکندگی موج کمتری داشته، در نتیجه سرعت صوت حاصل شده

امکان تمرکز تنش بر ضعیف ترین ناحیه هر نمونه آزمونی کمتر است که این دلایل منجر به افزایش مقادیر حاصل از آزمون دینامیک نسبت به آزمون استاتیک می گردد (Bodig and Jayne, 1993). بررسی مدول الاستیسیته دینامیک حاصل از صفحات با ابعاد:  $۱۲۴ \times ۹۰ \times ۱/۶$  و  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر (خلاف جهت ماشین و جهت ماشین) حکایت از همبستگی بسیار مطلوب با نتایج حاصل از آزمون دینامیک و استاتیک تیرهای مستخرج از صفحات داشت. در تحقیقات پیشین نیز همبستگی مطلوبی بین نتایج آزمون دینامیک حاصل از صفحات و تیرهای مستخرج شده از صفحات محصولات مرکب چوبی با استفاده از روش های غیر مخرب و همچنین با استفاده از فن Finite Element گزارش داده بودند (Vobolis, et al., 2007). همچنین Yoshihara در سال ۲۰۱۰ نیز به نتایج مشابه با نتایج حاصل شده از این تحقیق دست پیدا کرده بود. ضمن اینکه در سال های اخیر نیز تحقیق با روش ارتعاش طولی بر روی صفحات و تیرهای تخته فیبر با دانسیته متوسط حکایت از همبستگی بسیار مطلوب بین نتایج حاصل از آزمون دینامیک در دو ابعاد متفاوت صفحه و تیر و از سوی دیگر نتایج حاصل شده با آزمون خمش استاتیک حاصل از تیرهای مستخرج شده از صفحات داشت (Mirbolouk and Roohnia, 2015)؛ بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق و پیرو تحقیقات پیشین می توان اذعان کرد که امکان تخمین مقاومت خمشی در صفحات تخته خرده چوب بدون تبدیل شدن به تیر با انجام تحقیقات بیشتر و محاسبه ضرایب اصلاحی مناسب فراهم است. در تیرهای مورد آزمون مقادیر مدول الاستیسیته (دینامیک و استاتیک) حاصل از جهت ماشین به طور معنی داری بیش از مقادیر حاصل از خلاف جهت ماشین بود که البته این امر با توجه به منابع پیشین امری بدیهی است (Doust Hosseini, 2007). پدیده مذکور در صفحات مرتعش در هر دو ابعاد  $۹۰ \times ۱/۶ \times ۱۲۴$  و  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر نیز در نتایج حاصل از آزمون دینامیک رخ داده و نتایج مدول الاستیسیته

- Technology, 36: 347-365.
- Brancheriau, L., 2011. Corrections For Poisson effect in longitudinal vibrations and shearing deformations in transverse vibrations applied to a prismatic orthotropic body. 205-223. Ed: Galloway, A., Mechanical Vibrations: Types, Testing and Analysis, Nova Science Publishers. 412pp.
- Divos, F., Tanaka, H., Nagao, H., and Kato, H. 1998. Determination of shear modulus on construction size timber," Wood Science and Technology 32(6), 393-402.
- Doust Hosseini, K. 2007. Production technology and application of wood compressed pages, Tehran University Press, Volume II, page 708.
- European Standard EN 310, 1996. Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength, European Standardization Committee, Brussell
- European Standard EN 312. 2003. Particleboards- Specifications. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- European Standard EN 319, 1996. Wood based panels, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Standardization Committee, Brussell.
- Fenghu, W., Xiaodong, Z., 2007. Applications of wavelet transformation in the nondestructive test of medium density fiberboard., Frontiers of Forestry in China. 2(2): 227-230.
- Ghasemi, H., Jahanlatibari, A., Roohnia, M., Kohantorabi., M. 2014. Investigating the Effect of Canola on Acoustic Properties of Particleboard. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research., 29: (3).399-410
- Grundstrom, F., 1998. Non-destructive testing of wood with ultra sound eigen frequency method. Master s thesis of Science programme in Mechanical Engineering Wood technology. 64pp.
- 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.
- ISIRI 9044. 1386, Wood – Wood-based panels – Particleboards – Specifications (Amendment No.1). 21pp.
- Karlinsari, L., Hermawan, D., Maddu, A., Martianto, B., Lucky, LK., Nugroho., Hadi YS. 2012 Acostical Properties of Particleboards Made From Betung Bambo (dendrocalamus asper) as Building Construction Material. BioResources 7(4): 5700-5709
- Liu, ZY., Liu, H., Yuan, J., 2006. Measurement of the dynamic modulus of elasticity of wood panels; Holz als Roh- und Werkstoff; 4: 1-6.
- افزایش یافته و مقادیر مدول الاستیسیته افزایش بیشتری از خود نشان می دهند که البته این پدیده با اعمال ضرایب اصلاحی قابل اغماض خواهد شد (Brancheriau, 2011., Mirbolouk and Roohnia 2015).
- بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می توان اذعان کرد که مدول الاستیسیته دینامیک حاصل از ارتعاش طولی صفحات تخته خرده چوب در دو ابعاد  $۹۰ \times ۱/۶$  و  $۱۲۴ \times ۱/۶$  و  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر همبستگی بسیار مطلوبی با نتایج حاصل از آزمون دینامیک و خمش استاتیک تیرهای مستخرج شده در دو جهت: خلاف جهت ماشین و جهت ماشین هریک از صفحات دارد. نتایج مدول الاستیسیته حاصل از صفحات در دو ابعاد  $۹۰ \times ۱/۶ \times ۱۲۴$  و  $۶۲ \times ۴۴ \times ۱/۶$  سانتی متر نیز با یکدیگر از همبستگی بسیار مطلوبی در دو جهت: جهت ماشین و خلاف جهت ماشین داشتند؛ اما با توجه به اثر تغییر ابعاد بر مقادیر حاصل شده از هریک از صفحات برای خنثی کردن این اثر بر روی تغییرات فرکانس ناشی از پراکندگی امواج نیاز به محاسبه ضرایب اصلاحی است که این امر مستلزم مطالعات تکمیلی در این زمینه است.

#### منابع مورد استفاده

- Alberktas, D. Vobolis., J. 2004. Modeling and Study of Glued Panel. Materials Science (medziagotyra).10: (4). 370-373
- ASTM Standards: 1037., 2007. Standard Methods for Evaluating the Properties of Wood –Based Fiber and Particleboard panel materials American Society of Testing and Materials, 146pp.
- 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.
- Ross, RJ., Pellerin, RF., 1994. Nondestructive Testing Assessing Wood Members in Strucyures. USDA Society Review.
- Bodig, J., Jayne, B.A., 1993. Mechanics of wood and wood composites. Publishing KriegerCo, Malabar Florida. 712 pp.
- Brancheriau, L., Bailleres, H., 2002. Natural vibration analysis of clear wooden beams: a theoretical review, Wood Science and

- applying vibration-based methods. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70: . -
- Vobolis, J., Albrektas, D., 2007. Analysis of Wood Peculiarities by Resonant Vibration Method. *Baltic Forestry*, 13(1):109-115.
- Yoshihara, H., 2010. Examination of the edgewise shear modulus of wood measured by dynamics square-plate twist, *BioResource*, 6(4):4871-4885.
- Zhiyong, C., Michael, O.H., Ross, R.J. 2000. Static and vibration modulus of elasticity of salvaged and new joists. *For. Prod. J.*, 50: 35-40.
- Mirbolouk, P., and Roohnia, M., 2015. Dynamic modulus of elasticity in medium density fiberboard: Exciting the whole plate in longitudinal vibration. *Bioresources*, 10: (1): 613-621.
- Ross, R.J. Pellerin, R.F., 1994. *Nondestructive Testing for Assessing Wood Members in Structures*; USDA Society Review.
- Roohnia, M., Kohantorabi, M., Jahan-Latibari, A., Tajdini, A. and Ghaznavi, M., 2015. Nondestructive assessment of glued joints in timber

## Investigation on the relationship between dynamic modulus of elasticity and the static bending properties of particleboard plates

A.H. Hemmasi<sup>1</sup> and M. Kohantorabi<sup>2\*</sup>

1- Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology College of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2\*-Corresponding Author: PhD., Student, Department of Wood and Paper Science and Technology College of Agriculture and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran  
Email: Mostafa.Kohantorabi@yahoo.com

Received: Nov., 2016

Accepted: June, 2017

### Abstract

In this study, the relationship between dynamic modulus of elasticity derived from longitudinal vibration method and static modulus of elasticity and bending strength in two directions: Parallel to machine direction and cross machine direction have been investigated. For this purpose, 4 plates of particleboard with the dimensions of 124× 90 ×1.6 cm (length× width× thickness) were selected and free longitudinal vibration test in PMD and MD were performed on each plates. Then, the primary plates were cut to four plates with dimensions of 62× 44 ×1.6 cm (length× width× thickness) and longitudinal vibration test in PMD and MD were performed on each plates again. Finally, each plates were cut to samples with the dimensions of 36× 1.6 ×1.6 cm and longitudinal vibration test and static bending test were measured. The results showed good correlation between dynamic modulus of elasticity from longitudinal vibration test and static modulus of elasticity and bending strength (result of beams extracted from each plates) in both sizes of the plates (in two size, 124× 90 ×1.6 and 62× 44 ×1.6 cm) and samples cut from each plates in two directions (PMD and MD). In addition, there was good correlation between dynamic modulus of elasticity of longitudinal vibration from two size plates (124× 90 ×1.6 and 62× 44 ×1.6 cm). When the samples were smaller, the dynamic modulus of elasticity values were increased, due to the diffusion of waves in samples with larger dimensions. In general, according to results of this research it can be concluded that by applying the appropriate correction factors, longitudinal vibration method can be an efficient method for calculation of dynamic and static modulus of elasticity and to estimate of the modulus of rupture in full size plates..

**Keyword:** Vibration, Plate, Static bending, Modulus of elasticity, Non-destructive