

بررسی برخی از خواص مکانیکی چوب افراپلت با استفاده از آزمون‌های غیر مخرب (NDT)

سید ولی‌الله موسوی^۱، حبیب‌الله خادمی‌اسلام^۲، مهران روح‌نیا^۳، محمد طلائی‌پور^۴

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۱

چکیده

در این بررسی چوب افرا پلت^۵ که به‌عنوان یکی از گونه‌های چوبی صنعتی کشور بوده مورد بررسی خواص مکانیکی از قبیل مدول الاستیسیته ویژه^۶، مدول الاستیسیته طولی^۷، مدول برشی^۸ و فاکتور میرایی^۹ و همچنین ارتعاش در مقابل عامل ارتعاش ضربه تحت شرایط دو سر آزاد قرار گرفت (۸). بدین ترتیب تاثیر حالت‌های مختلف قطعه چوب افرا در حالت خام و وجود سوراخ‌های به قطر ۰/۲۵ سانتی‌متر در گره ارتعاشی و مرکز نمونه و سوراخ‌های به قطر ۰/۵ و ۱ سانتی‌متر در مرکز نمونه بر این خواص مورد بررسی قرار گرفته و تغییر در فرکانس ارتعاش مدهای طبیعی و تغییر در نظم سری فوریه بر اثر ماهیت طبیعی ناهمگن چوب یا هر گونه عیب احتمالی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین ترتیب که به واسطه وجود عیب که به‌صورت مصنوعی ایجاد می‌گردد، ضریب همبستگی ویژگی‌های مورد نظر در دو جهت شعاعی و مماسی نسبت به حالت خام کاهش داشته و در بیشتر موارد میانگین ویژگی مورد آزمایش در جهت مماسی بیشتر از شعاعی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: افراپلت، مدول الاستیسیته طولی، مدول الاستیسیته ویژه، مدول برشی، فاکتور میرایی

۱- مربی گروه علوم صنایع چوب و کاغذ واحد چالوس دانشگاه آزاد اسلامی vahid_mosavi@ ymail.com

۲- استادیار گروه علوم صنایع چوب و کاغذ واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

۳- استادیار گروه علوم صنایع چوب و کاغذ واحد کرج دانشگاه آزاد اسلامی

۴- استادیار گروه علوم صنایع چوب و کاغذ واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

5- Acer velutinum bois

6- Specific module of elasticity

7- Longitudinal module of elasticity

8- Shearing module

9- Damping

مقدمه

مقاومت چوب در مقابل انتقال صوت و تاثیر آن بر خواص مکانیکی چوب از دیر باز مدنظر بوده و تاکنون تحقیقات مختلفی بر روی چوب گونه‌های مختلف و این که به چه شکل می‌توان از این گونه‌ها در مصارف صوتی استفاده نمود صورت گرفته‌است. در این بررسی با استفاده از آزمون‌های غیر مخرب (۱۱ و ۹ و ۷ و ۶) و به-کمک نرم‌افزار Ndt-Lab به بررسی همزمان خصوصیات مکانیکی اشاره شده در بالا به واسطه عامل ضربه می‌پردازیم. در این راستا می‌توان به تحقیقاتی مشابه که بر روی گونه‌های مختلف صورت گرفته نیز اشاره نمود از قبیل:

روح‌نیا و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی عوامل موثر بر ضریب آکوستیک و میرایی صوت در چوب گونه‌های سرو سیمین و توت سفید با استفاده از آزمون‌های غیرمخرب پرداختند و دریافتند که در توت سفید تحت تاثیر پهنای دواير سالیانه، فاکتور میرایی افزایش یافته و در سرو سیمین، ضریب آکوستیک، تحت تاثیر میزان مواد استخراجی می‌باشد.

لازم به توضیح است که در این آزمایش علاوه بر دو ویژگی مزبور، مدول الاستیسیته طولی، مدول‌های برشی شعاعی و مماسی و نسبت سرعت امواج مافوق صوت طولی به عرضی با استفاده از این آزمون مورد بررسی قرار گرفت (۲).

در تحقیقی که روح‌نیا و همکاران در سال ۲۰۰۸ بر روی چوب صنوبر (*Populus Deltoides*) انجام دادند، پارامترهای الاستیکی آنرا قبل و بعد از افزایش ترک که به صورت مصنوعی بوده مورد

آزمایش قرار دادند و دریافتند، زمانی که نمونه در جهت شعاعی تحت تاثیر قرار می‌گیرد، مدول-الاستیسیته طولی و مدول برشی تغییری نسبت به حالت خام نمی‌یابند و برای جهت مماسی این فاکتورها کاهش می‌یابند (۳).

در تحقیقی که عبداللهیان سهی (۱۳۸۵) بر روی چوب زبان گنجشک انجام داد به بررسی خصوصیات مکانیکی این چوب به روش NDT^۱ در سه منطقه نزدیک پوست، میانه و مغز پرداخت و چنین نتیجه گرفت که مدول برشی و فاکتور میرایی برای تمامی نمونه‌ها، به جهت مورد آزمایش بستگی دارد. برای مدول برشی در جهت شعاعی بزرگتر از جهت مماسی و برای فاکتور میرایی در جهت مماسی بزرگتر می‌باشد. (۵)

تحقیقی که Booker, Ridout & ball (۲۰۰۱) بر روی ۸۵ بینه از کاج رادیاتا به منظور تعیین همبستگی میان سرعت صوت و MOE انجام دادند، همبستگی خوبی (۰/۶۵) وجود داشته و انتقال سرعت صوت به عنوان معیاری، برای سختی گرده بینه مطرح گردید که این نتایج نیز می‌تواند در مورد این تحقیق بسط داده شود. (۵) در حقیقت هدف تحقیق حاضر علاوه بر شناسایی برخی از خصوصیات مکانیکی در جهات شعاعی و مماسی بر روی هر نمونه، مقایسه آنها در دو جهت می‌باشد و این که آیا در جهات شعاعی و مماسی اختلافی بین خصوصیات مکانیکی وجود دارد یا خیر؟.

¹ Non Destructive Test

مواد و روش‌ها

نمونه‌های مورد نظر، به صورت دو نیم الوار از منطقه آتشگاه اصفهان تهیه گردید که این گونه، از جنگل‌های گرگان به این منطقه ارسال گردیده بود. به دلیل بالا بودن رطوبت الوارها، اولین کار، خشک کردن آن‌ها بود، به همین منظور به مدت چند روز در شرایط محیط جدید قرار گرفت، تا با شرایط آب و هوایی متعادل با محیط جدید سازگاری پیدا کنند.

سپس بر طبق استاندارد (۱۹۷۵) ISO ۳۱۲۹ (۱۳) اقدام به برش الوارها به صورت تخته‌های ۳/۵ سانتی‌متری شد تا در کاهش رطوبت نمونه‌ها کمک نماید و در مرحله بعد اقدام به نمونه‌گیری بر طبق رابطه زیر و استاندارد مزبور شد.

$$n_{\min} = mn = \left[\frac{r^2 t^2}{p^2} \right] \left[\frac{n \sigma^2 b}{\sigma^2 i} \right] + \frac{1}{\left[\frac{\sigma^2 b}{\sigma^2 i} \right] + 1}$$

m : مقدار (تعداد) ماده اولیه انتخاب شده (بینه چوب بریده شده و ...)

n : میانگین تعداد قطعات بریده شده از هر بینه انتخابی

T : درصد ضریب تغییرات برای نمونه‌ها به منظور انتخاب شدن

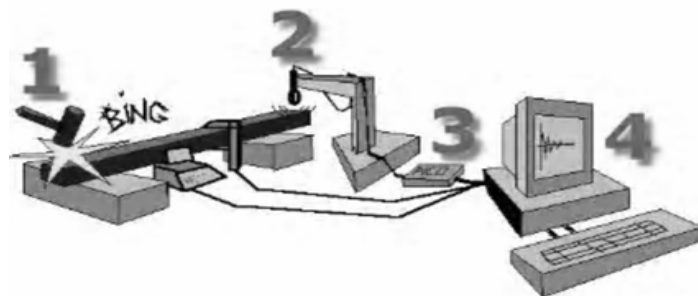
t : شاخص اصالت

p : شاخص دقت

$\sigma^2 b$: واریانس مورد انتظار در مواد انتخابی

$\sigma^2 i$: واریانس مورد انتظار در یک نمونه

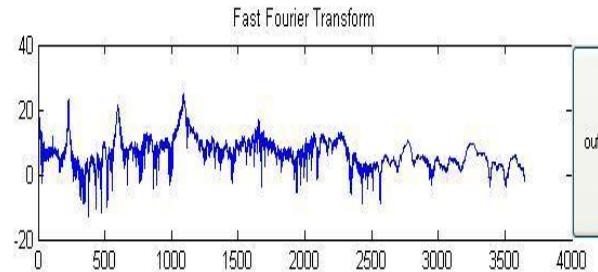
با برش تخته‌ها، تعداد ۳۵۰ نمونه نهایی به اندازه $(T \times R \times L) = 36.0^{mm} \times 20 \times 20$ طبق استاندارد (۱۹۷۵) ISO ۳۱۳۰ (۱۴) با حذف معیوب‌های موجود حاصل گردید؛ سپس با چیدمان دستک‌گذاری به مدت ۲ هفته در شرایط آزمایشگاهی تعداد ۱۰۰ نمونه کاملاً سالم تهیه شده و در مرحله اول، وزن و پهنای هر نمونه، در ۳ منطقه هر دو جهت شعاعی و مماسی توسط کولیس اندازه‌گیری و ثبت گردید. قدم بعدی به کمک قطعه چوبی همانند شکل زیر به ضبط صدای ایجاد شده پرداخته و با رجوع به نرم افزار Ndt-Lab و در محیط MATLAB تجزیه و تحلیل صداها صورت گرفت (۸).



شکل ۱- ارتعاش آزاد در تیر دو سر آزاد

طور عنوان می‌کنیم که با احتمال ۹۹٪ بین میانگین نمونه‌ها اختلاف وجود ندارد (جدول ۱).

بر این اساس سری فوریه (۴) یا FFT^۱ هر نمونه در دو جهت مانند نمونه شکل زیر می‌باشد.



شکل ۲- تصویری از یک سری فوریه بدست آمده

با انتخاب ۳ مداول از هر سری فوریه این نرم‌افزار خصوصیات مکانیکی مطرح شده را به صورت همزمان در اختیار ما قرار می‌دهد.

مراتب آزمایش بدین صورت می‌باشد که ابتدا نمونه‌های خام و سپس به ترتیب نمونه‌های با سوراخ به قطر ۰/۲۵ سانتی‌متر در گره ارتعاشی (۱) (۰/۲۲) و بعد نمونه‌های با سوراخ به قطرهای ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ سانتی‌متر در مرکز، مورد آزمایش صدا قرار گرفتند.

نتایج

در خصوص مدول الاستیسیته ویژه (MOE) تحت برنامه SPSS نمودارها و جداول آماری برای حالت‌های مختلف نمونه حاصل می‌گردد که با تامل در آنها می‌توان این طور بیان نمود که در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ مقدار محاسبه شده در منطقه معنی‌داری مقدار جدول قرار می‌گیرد و این

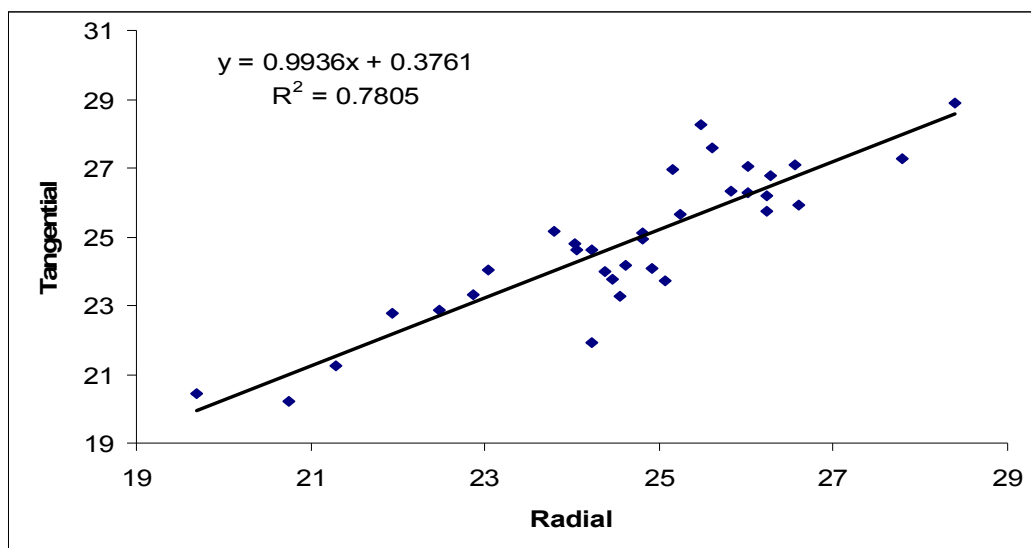
^۱ Fast Fourier Transform

جدول ۱- جدول آزمون t برای تعیین اختلاف معنی دار بین میانگین‌های مدول الاستیسیته ویژه محاسبه شده در جهات شعاعی و مماسی برای نمونه‌های خام

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	R - T	-.2185	.9949	.1706	-.5657	.1286	-1.281	33	.209

در دو جهت شعاعی و مماسی دارای ضریب همبستگی خوبی بوده و مقدار این ویژگی در جهت مماسی بیشتر از شعاعی می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۱- نمودار مدول الاستیسیته ویژه محاسبه شده در جهات شعاعی و مماسی برای نمونه‌های خام (محور افقی r و محور عمودی t)

احتمال و در همین سطح معنی داری بین میانگین نمونه‌ها اختلاف وجود ندارد.

در خصوص مدول الاستیسیته طولی (E_L) بر طبق جداول و نمودارهای حاصله می‌توان این‌طور بیان نمود، زمانی که سوراخی به قطر ۱ سانتی‌متر در مرکز نمونه داریم در سطح معنی داری ۰/۰۱ با احتمال ۹۹٪ بین میانگین نمونه‌ها اختلاف وجود دارد (جدول ۲) و برای بقیه حالت‌ها با همین

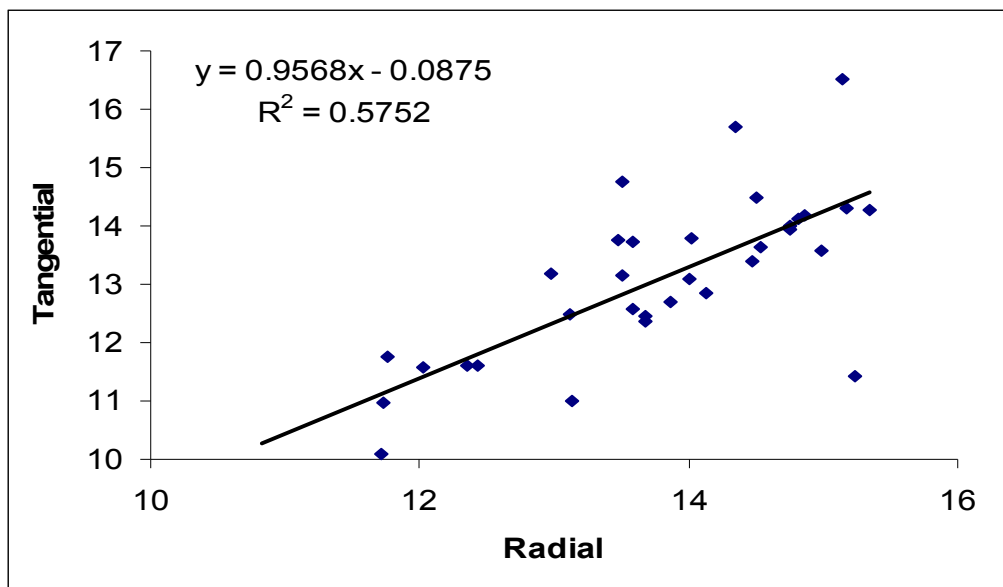
جدول ۲- جدول آزمون t برای تعیین اختلاف معنی دار بین میانگین های مدول الاستیسیته طولی محاسبه شده در جهات شعاعی و مماسی برای نمونه های با سوراخ با قطر ۱ سانتی متر در مرکز نمونه

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 R - T	.6797	.9710	.1665	.3409	1.0185	4.082	33	.000

صورت خطی با شیب مثبت ادامه یافته و دارای ضریب رگرسیون خوبی می باشد. (شکل ۲).

همانند مدول الاستیسیته ویژه در جهت مماسی میزان این ویژگی بیشتر از شعاعی می باشد که به



شکل ۲- نمودار مدول الاستیسیته طولی محاسبه شده در جهات شعاعی و مماسی برای نمونه های با سوراخ با قطر ۱ سانتی متر در مرکز نمونه

متر در مرکز نمونه داریم میزان مدول برشی محاسبه شده، در جهت مماسی کمتر از شعاعی می باشد و برای بقیه ی حالات، نتایج مانند وضعیت های قبل می باشد.

در نهایت برای فاکتور میرایی (Q)، درست مانند مدول الاستیسیته طولی با مراجعه به جداول و نمودارهای حاصله، زمانی که سوراخی به قطر ۱

برای مدول برشی (G) در تمامی حالت ها در سطح معنی داری ۰/۰۱ با احتمال ۹۹٪ بین میانگین نمونه ها اختلاف وجود ندارد. ضریب همبستگی کاهش داشته و داده ها به صورت پراکنده تری در مقایسه با حالت قبل قرار گرفته اند. زمانی که سوراخی به قطر ۰/۲۵ سانتی - متر در گره ارتعاشی و سوراخی به قطر ۱ سانتی -

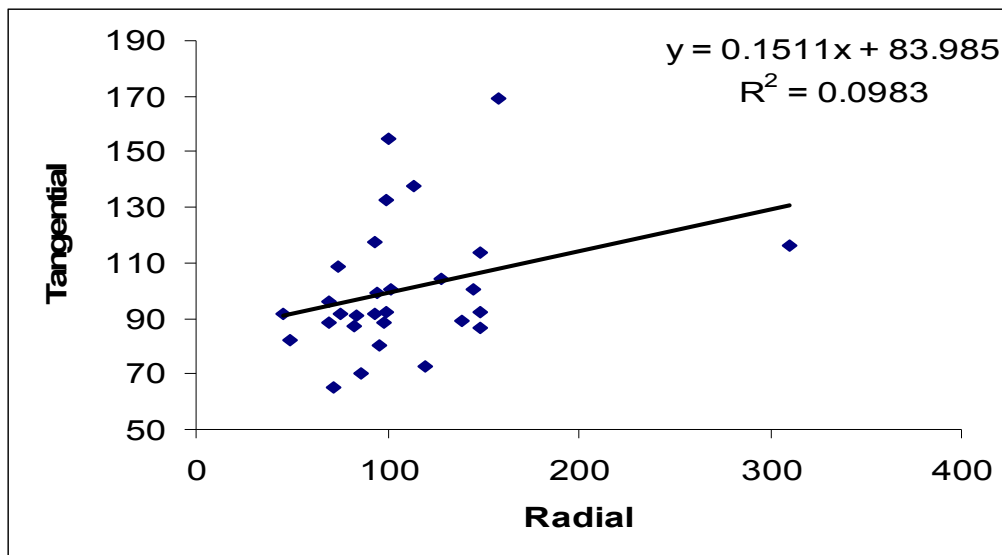
سانتی متر در مرکز نمونه داریم در سطح معنی-
 داری ۰/۰۱ با احتمال ۹۹٪ بین میانگین نمونه‌ها
 اختلاف وجود دارد (جدول ۳) و برای بقیه
 حالت‌ها و با همین احتمال و در همین سطح
 معنی‌داری بین میانگین نمونه‌ها اختلاف وجود
 ندارد.

جدول ۳- جدول آزمون t برای تعیین اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های میرایی محاسبه شده
 در جهات شعاعی و مماسی برای نمونه‌های با سوراخ به قطر ۱ سانتی متر در مرکز

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 R - T	1.1679	1.6464	.2824	.5935	1.7424	4.136	33	.000

به واسطه قطورتر شدن سوراخ میزان ضریب
 همبستگی کاهش داشته، و داده‌ها به صورت نقاط
 پراکنده‌تری حول خط میانگین قرار می‌گیرند.
 بیشتر موارد میزان میرایی محاسبه شده در جهت
 مماسی بیشتر از شعاعی می‌باشد (شکل ۵).



نمودار ۵- نمودار میرایی محاسبه شده در جهات شعاعی و مماسی برای نمونه‌های با
 سوراخ با قطر سانتی متر در مرکز نمونه (محور افقی r و محور عمودی t)

بحث و نتیجه گیری

در مورد ویژگی‌هایی از قبیل مدول الاستیسیته طولی و مدول الاستیسیته ویژه روابط معنی‌داری میان این ویژگی‌ها در حالت خام و وجود سوراخ‌های به قطرهای مختلف در نمونه‌ها وجود دارد، Booker و همکاران نیز با بررسی بر روی کاج رادیاتا در حالت خام، همبستگی خوبی (۰/۶۵) میان انتقال سرعت صوت و MOE گزارش کردند. در این بررسی به واسطه تغییر ابعاد سوراخ نمونه‌ها از ۰/۲۵ سانتی‌متر به ۱ سانتی‌متر از میزان ضریب همبستگی کاسته شده و داده‌ها که به صورت نقاط سیاه در نمودارها مشهود هستند به صورت پراکنده‌ای حول خط میانگین داده‌ها قرار می‌گیرند. در تمامی این موارد میزان این ویژگی‌ها در جهت مماسی بیشتر از شعاعی بوده و به صورت خطی با شیب مثبت افزایش می‌یابند. میانگین داده‌ها در صورتی که عیب در نمونه بزرگتر گردد کاهش داشته که حاکی از آن است که مقدار عددی این دو ویژگی کاهش می‌یابد.

در مورد ویژگی مدول برشی زمانیکه سوراخی به قطر ۰/۲۵ سانتی‌متر در گره ارتعاشی و سوراخی به قطر ۱ سانتی‌متر در مرکز نمونه داریم نسبت به حالت خام ضریب همبستگی با افزایش قطر سوراخ‌ها کاهش داشته و عکس دو ویژگی دیگر که بحث شد، میزان مدول برشی محاسبه شده در جهت مماسی کمتر از شعاعی بوده و برای حالت خام و سوراخ‌های به قطر ۰/۲۵ سانتی‌متر و ۰/۵ سانتی‌متر در مرکز نمونه

کاهش ضریب همبستگی ولی میزان مدول برشی در جهت مماسی بیشتر از شعاعی می‌باشد. در نهایت برای فاکتور میرایی زمانی که سوراخی به قطر ۰/۲۵ سانتی‌متر در گره ارتعاشی داریم ضریب همبستگی کاهش خود را نسبت به حالت قبلی داشته ولی میزان آن در جهت مماسی کمتر از شعاعی می‌باشد.

در حقیقت ناهمگونی (سوراخ) موجود در بافت چوب در گره ارتعاشی تأثیر قابل ملاحظه‌ای در سری فوریه نمونه‌ها ندارد و برای سوراخ‌های با ابعاد مختلف، تأثیر آن بر مُدهای سری‌های فوریه قابل لحاظ می‌باشد، این عیب نیز در حقیقت از میزان ضریب همبستگی فاکتورهای مورد بررسی در دو جهت شعاعی و مماسی می‌کاهد.

از نظر کاربردی، نتایج این بررسی را می‌توان به‌عنوان مثال در به‌کارگیری پانل‌های چوبی متشکل از چوب افرا در ساخت دکوراتیو دیوارهای سالن‌های آمفی‌تئاتر و همایش که عدم انعکاس صوت بسیار مورد توجه می‌باشد، مورد لحاظ قرار داد.

منابع

- (۶) ورنون جان بری، ه، مترجم: دکتر ناصریان ریایی، م، تهران ۱۳۷۵، آزمونهای غیر مخرب
- 7) Burke, J .1979, Non Destructive evaluation of materials (New York)
- 8) Brancherau, L. Bailleres, H. 2002, Natural vibration analysis of clear wooden beams: a theoretical review, Wood Science and Technology, Springer- Verlag Vol. 36, 7p
- 9) Golis, M, J.1991, An Introduction to Non Destructive testing.
- 10) Gordon & Breach. 1983, International Advances in Non Destructive testing.
- 11) Halmshaw, R.1991, Non Destructive testing, second edition._7) Krautkramer, J & H. 1990, Ultrasonic Testing of Materials, Fourth Edition.
- 12) Siu- F- 2004- Application of Microwaves in Non Destructive Testing- (Institute of Vocational Education- China).
- 13) Wood Sampling methods and General requirment for physical and Mechanical tests- 1975- 11- 01- International standard ISO 3129.
- 14) Wood determination of moisture content for physical and mechanical tests- 1975-11- 01- International standard ISO 3130 .
- (۱) ابراهیمی، ق، ۱۳۷۶، مکانیک چوب و فرآورده‌های مرکب آن، انتشارات دانشگاه تهران
- (۲) روح‌نیا، دوست‌حسینی، خادمی‌اسلام، Gril ,Bremaud (۲۰۰۶)، مجله منابع طبیعی Vol ۵۹، No : ۴
- (۳) روح‌نیا، م و آ، یآوری و آ، تاج‌دینی Elastic Parameters of Poplar Wood with End-Cracks, Annals of Forest Science, 67 (2010): 409p1-p6
- (۴) فرخ‌پیام، ح، ۱۳۸۲، مبانی ارتعاشات و امواج، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب
- (۵) عبداللهیان سهی، ا، ۱۳۸۵، بررسی خصوصیات مکانیکی چوب زبان گنجشک با استفاده از آزمونهای غیر مخرب (NDT)، پایان نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

