



نامه علمی

10.22092/ir.2017.112969

## استفاده از چوب برای تولیدات صنعتی در راستای بهبود خواص مهندسی آن به منظور حفاظت از منابع طبیعی

فرداد گلبابائی<sup>۱\*</sup>، رضا حاجی حسنی<sup>۲</sup>، امیر نوربخش<sup>۳</sup> و ابوالفضل کارگرفرد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰۵/۲۳  
تاریخ پذیرش ۱۳۹۵/۱۱/۰۶

### چکیده

اهمیت جنگل در زندگی انسان، محققان را بر آن داشته تا گام‌هایی در راستای پایداری محیط‌زیست به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین موضوعات پیرامون بشر بردارند. وجود جنگل با تأثیر شگرف بر محیط و مردم به‌گونه‌ای است که شرایط زندگی بشری دستخوش آن می‌شود. یکی از محصولات تولیدی مهم جنگل، چوب حاصل از درختان آن است که به‌دلیل اهمیت اقتصادی، این موضوع باعث قطع بی‌رویه درختان شده است. کاهش شدید سطح جنگل‌ها در شمال کشورمان هم حاصل این رویه است که از طرفی تعادل اکوسیستم را نیز برهم زده است؛ به‌طوری‌که از پدیده‌های طبیعی ناشی از تخریب جنگل‌ها در سال‌های اخیر می‌توان به چندین مورد سیل در قسمت‌های شمالی کشور اشاره کرد. باتوجه‌به مصرف روزافزون چوب و ظهور محصولات چوبی جدید، راهکارهایی برای کاهش مصرف آن پیشنهاد می‌شود. تولید محصولات چوبی با مقاومت‌های مکانیکی مناسب و رعایت اصول مهندسی در صنایع چوب یکی از راه‌های بهبود دوام محصولات چوبی است. دستاورد این بررسی به استفاده بهینه از منابع جنگلی و حفظ منابع طبیعی کشور کمک خواهد کرد. در این راستا بالا بردن سطح آگاهی مردم در خصوص چوب و خواص مختلف فیزیکی و مکانیکی آن باعث خواهد شد که آگاهانه اقدام به خرید کرده و محصول چوبی مناسبی تهیه کنند. در نهایت در این تحقیق برخی خواص مهم فیزیکی و مکانیکی چوب، کاربرد و روش‌های اندازه‌گیری آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: مقاومت مکانیکی، چوب، جنگل، طبیعت

### The use of wood for industrial products towards improving its engineering properties in order to protect natural resources

F. Golbabaei<sup>1\*</sup>, R. Hajihassani<sup>2</sup>, A. Nourbakhsh<sup>3</sup> and A. Kargarfard<sup>3</sup>

#### Abstract

The importance of forests in the life of living beings (humans) has convinced the researchers to take steps towards environmental sustainability as one of the main parameters. Forest has such an impact on the environment and life of people that makes the living conditions in that area easier. The wood obtained from trees is one of the most important forest products and due to the economic importance has led to indiscriminate felling of trees. This is resulted in reduced area of forests in the north of the country. In recent years, several floods in northern parts of the country are examples of a natural phenomenon caused by the destruction of forests. Considering the increasing use of wood and the fact that researchers offer new wooden products every day, the solutions are suggested in this research. These suggestions include the production of wood products with proper mechanical strength following the principles of wood industry engineering, so that the durability of the resulting products will be improved dramatically. The achievement of this research is the optimal use of forests and will help to preserve the nature of the country. In this regard, adding people's information about wood and its various physical and mechanical properties will enable people to buy consciously and get the right product at the right price. Finally, in current study, some physical and mechanical properties of wood as well as their application in industry were investigated.

**Keywords:** Mechanical strength, wood, forest, nature

\*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
پست الکترونیک: golbabaei.f@gmail.com

۲- دکتری، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
۳- دانشیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

1\*- Corresponding author, M.Sc., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: golbabaei.f@gmail.com

2- PhD, Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Associate Prof., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

چوب یک

ماده مرکب طبیعی و تجدیدپذیر است که به دلیل دارا بودن ویژگی‌های منحصر به فرد، برای هزاران سال مورد توجه قرار گرفته است. این ماده طبیعی از دیرباز در جایگاه‌های مختلف از جمله ساخت ابزارهای اولیه، خانه، قایق، اشیا و ابزارهایی که انسان برای پیشرفت زندگی خود به آنها متکی بود، به کار گرفته شده است. در عصر حاضر نیز مزایای بی نظیر چوب از دید دانشمندان، مهندسان و طراحان پوشیده نمانده و آن را به یکی از پرطرفدارترین مصالح در ساخت سازه‌ها مانند خانه، پل، اسکله، مبلمان و غیره تبدیل کرده است. با این وجود، این حقیقت که چوب یک ماده طبیعی است و از درختان متفاوتی تهیه می‌شود، محدودیت‌هایی را در خواص فیزیکی و مکانیکی و نیز کاربرد آن ایجاد می‌کند. لذا شناخت ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب می‌تواند نوع و جایگاه کاربرد آن را مشخص کند به طوری که به کارگیری صحیح و مناسب این ماده طبیعی را به همراه خواهد داشت. این امر سبب افزایش بازدهی و در نتیجه ارتقای دوام چوب شده و به دنبال آن سبب کاهش مصرف چوب و کم شدن فشار بر منابع جنگلی خواهد شد. لذا این بررسی سعی بر آن دارد که با ارائه روش‌های اندازه‌گیری خواص مهندسی چوب، ذهن مخاطب را با ویژگی‌های مهم و کاربردی چوب آشنا کند. در نتیجه کمک شایانی به تولیدکنندگان محصولات چوبی در به کارگیری صحیح آن کرده و مصرف‌کننده نیز می‌تواند در انتخاب محصولات چوبی دقت نظر داشته باشد.

### ● خواص مهندسی چوب

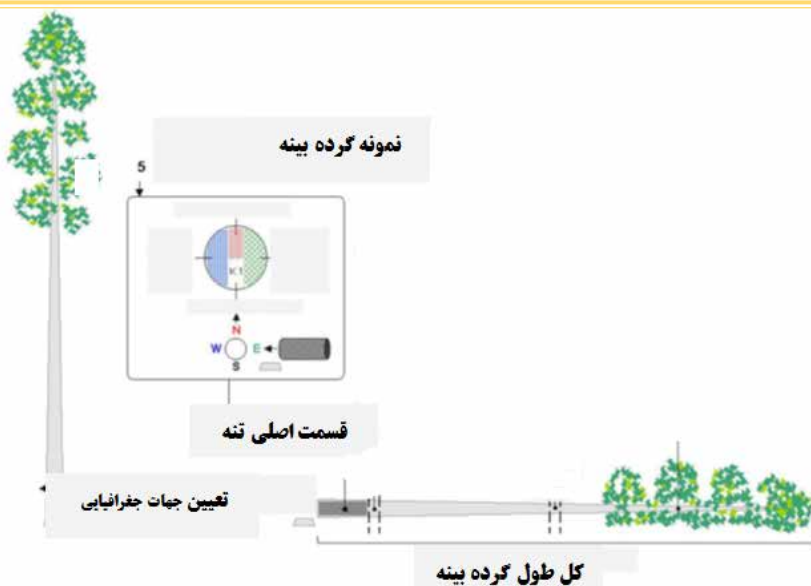
محدود بودن منابع جنگلی کشور و لزوم حفظ و صیانت از آن از یک سو و کمبود مواد اولیه چوبی برای تأمین نیاز صنایع چوب کشور از سوی دیگر محققان را بر آن داشته تا نسبت به تعیین خواص مهندسی مهم‌ترین گونه‌های چوبی بومی ایران و همچنین مهم‌ترین چوب‌آلات گونه‌های وارداتی به منظور کاربرد صحیح آنها

مقاومت به خمش استاتیک، مقاومت به فشار موازی الیاف، مقاومت به فشار عمود بر الیاف، مقاومت به برش موازی الیاف و مقاومت به کشش عمود بر الیاف است. در گروه فرعی نیز شامل مقاومت به ضربه، مقاومت به نگهداری میخ در دو جهت انتهایی و جانبی، مقاومت به سختی در دو جهت انتهایی و جانبی و مقاومت به شکاف خوری است. برخی از مقاومت‌های مهم چوب به شرح زیر است:

این حقیقت که چوب یک ماده طبیعی است و از درختان متفاوتی تهیه می‌شود، محدودیت‌هایی را در خواص فیزیکی و مکانیکی و نیز کاربرد آن ایجاد می‌کند. لذا شناخت ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب می‌تواند نوع و جایگاه کاربرد آن را مشخص کند به طوری که به کارگیری صحیح و مناسب این ماده طبیعی را به همراه خواهد داشت.

اهتمام ورزند. برای تعیین خواص مهندسی گونه‌های چوبی ابتدا روش‌های ابتکاری توسعه پیدا کرد ولی با توجه به اینکه چوب یک ماده مرکب طبیعی بوده و فاکتورهای متعددی در تولید آن نقش دارند لذا خواص گونه‌های مختلف چوبی متفاوت است. بدین منظور و برای قابل مقایسه بودن نتایج آزمایش‌ها و همچنین امکان استفاده از یافته‌های تحقیقات در سایر نقاط جهان روش‌های استاندارد ابداع شد. برای مثال روش استاندارد ASTM در سال ۱۹۳۵ برای ارزیابی خواص مکانیکی چوب‌های ایالات متحده آمریکا روی نمونه‌های کوچک صورت گرفت. همچنین در کشورهای فرانسه و فرانسوی زبان آیین‌نامه‌های استاندارد AFNOR و در کشور آلمان استاندارد DIN برای ارزیابی خواص مکانیکی چوب و فرآورده‌های آن تدوین شد. به علاوه همه ساله استاندارد کردن آزمایش‌ها در سطح بین‌المللی انجام می‌شود که به نام ISO معروف است. در دستورالعمل‌های AFNOR, DIN و ISO ابعاد نمونه‌های آزمونی برای هر نوع آزمایشی کاملاً مشخص شده است. همچنین در هر روش استاندارد برای کاستن تغییرات، اقدام به تهیه نمونه‌هایی شده و نتایج حاصل را به کل جامعه تعمیم می‌دهند. لذا برای اندازه‌گیری خواص مکانیکی چوب بر اساس استاندارد مورد نظر، ابتدا باید نمونه‌های چوبی در ابعاد استاندارد تهیه شود. شکل ۱ نشان‌دهنده روش درست و استاندارد تهیه نمونه چوبی از تنه یک درخت است. خواص مکانیکی اصلی چوب‌آلات شامل

۱) آزمایش مقاومت به خمش استاتیک یکی از مهم‌ترین خواص مکانیکی چوب مقاومت خمش استاتیک است. این آزمون برای اندازه‌گیری مقاومت چوب در حالتی که به صورت افقی استفاده شده و تحت بار است به کار می‌رود. روش اندازه‌گیری این ویژگی در استانداردهای



شکل ۱- طرح برش و نمونه‌برداری از گونه‌های مورد آزمایش



مختلف تقریباً مشابه یکدیگر است. به عنوان مثال برای اندازه‌گیری مقاومت خمشی بر اساس استاندارد ASTM آیین‌نامه D143-91، ابعاد نمونه‌ها برابر با  $25 \times 25 \times 40$  میلی‌متر (طول  $\times$  عرض  $\times$  ارتفاع)، طول دهانه بارگذاری ۱۴ برابر ضخامت (۳۵۰ میلی‌متر) و آزمایش بر اساس دو تکیه‌گاه انجام می‌شود. در این آزمایش مقاومت به خمش استاتیک در حد ماکزیمم بار و حد الاستیک و مدول الاستیسیته تحت تأثیر عوامل رطوبت، ارتفاع تنه درخت، جهات جغرافیایی و ارتفاع رویشگاه مورد اندازه‌گیری و آنالیز آماری قرار می‌گیرند. شکل ۲ فک دستگاه و نمونه مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

یادآور می‌شود که در این آزمایش چوب تحت تأثیر خمش به‌طور محسوسی تغییر شکل می‌دهد. اگر نیروی وارد شده بیش از تاب خمشی باشد باعث از هم گسیختگی الیاف می‌شود. در الوارهای افقی که تحت شرایط تنش خمشی قرار می‌گیرند، الیاف فوقانی متراکم شده و الیاف زیرین آن دچار

کشش می‌شوند.

## ۲ آزمایش مقاومت به فشار

در باره مقاومت فشاری چوب، آزمایش فشار در دو جهت موازی و عمود بر الیاف انجام می‌شود. این مقاومت در امتداد تارها افزایش می‌یابد و هر چه چوب فشرده‌تر شود، مقاومت آن بیشتر می‌شود. ابعاد نمونه‌ها برای آزمون مقاومت فشاری موازی الیاف چوب مطابق با استاندارد ASTM برابر با  $50 \times 50 \times 200$  میلی‌متر (طول  $\times$  عرض  $\times$  ارتفاع) و برای مقاومت فشاری عمود بر الیاف برابر با  $50 \times 50 \times 150$  میلی‌متر (طول  $\times$  عرض  $\times$  ارتفاع) است. این آزمون، مقاومت چوب را در حالتی که از دو سطح فوقانی و تحتانی تحت فشار قرار می‌گیرد ارزیابی می‌کند.

در آزمایش فشار موازی الیاف، تنش در حد الاستیک، تنش در حداکثر بار و مدول الاستیسیته طولی اندازه‌گیری می‌شود. در آزمایش فشار عمود بر الیاف نیز تنها عامل مورد بررسی مقاومت به فشار در

حد الاستیک است. شکل شماره ۳ فک‌ها و نمونه‌های آزمونی را نشان می‌دهد.

## ۳ آزمایش مقاومت کششی عمود بر الیاف

مقاومت کششی چوب در طراحی بسیاری از سازه‌های چوبی از جمله خرپاها، تیرها و پانل‌های پیش‌ساخته از اهمیت بسیاری برخوردار است. چوب یک ماده ناهمگن است بنابراین مقاومت چوب در هر نقطه از آن متفاوت بوده و به خواص آن نقطه بستگی دارد. مقاومت کششی چوب در جهت عمود بر الیاف کمتر از مقاومت کششی در جهت الیاف است. به همین دلیل معمولاً چوب را به‌ندرت در جهت عمود بر الیاف تحت بار کششی قرار می‌دهند.

آزمایش کشش عمود بر الیاف در استاندارد ASTM با نمونه کشش موازی الیاف کاملاً متفاوت است. در این آزمایش فقط تنش نهایی اندازه‌گیری می‌شود و توزیع تنش در نمونه یکنواخت نیست. شکل نمونه، مطابق استاندارد مذکور در نمای شماره ۴ آورده شده است.

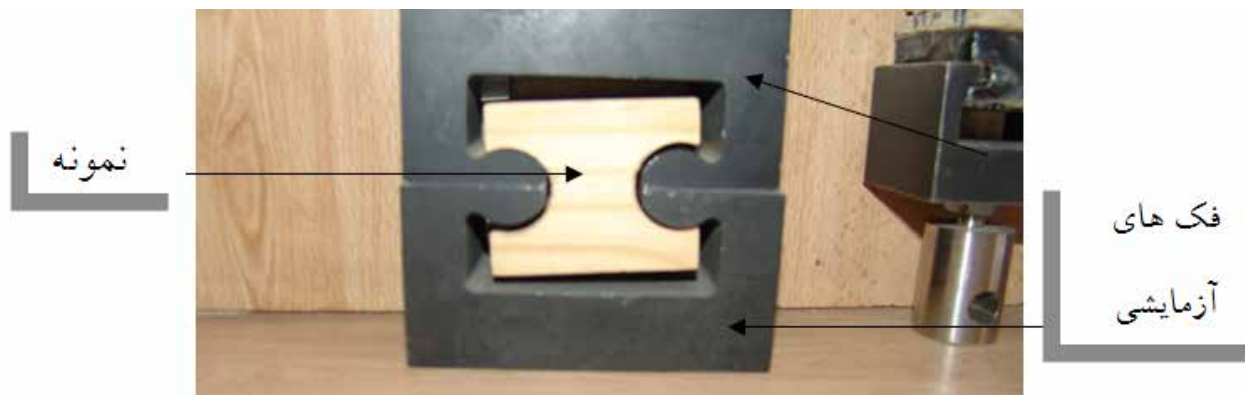
از آنجا که مقاومت چوب در جهت الیاف بسیار زیاد است در ساختمان‌سازی برای ستون‌ها



شکل ۳- نمونه‌ها و فک‌های آزمایش فشار موازی و عمود بر الیاف



شکل ۲- نمونه و فک آزمایش خمش استاتیک



شکل ۴- نمونه و فک آزمایش کشش عمود بر الیاف

و تیرها از آن استفاده می‌شود. مقاومت کششی در بعضی از گونه‌های چوبی در رطوبت ۱۲ درصد حداکثر به ۳۰۰۰ کیلو پاسکال می‌رسد. لازم به ذکر است که مقدار مقاومت کششی چوب پاییزه از چوب بهاره بیشتر است؛ مضاف بر این که با تغییر عوامل محیطی نظیر رطوبت و دما، مقاومت کششی در چوب پاییزه و بهاره دچار تغییر می‌شود.

**۴** آزمایش مقاومت نگهداری میخ در خصوص آزمایش اتصال دهنده‌ها نیز معمولاً قدرت نگهداری و بار جانبی و انتهای اتصال دهنده‌ها اندازه‌گیری می‌شود. قدرت نگهداری به صورت نیروی لازم برای بیرون کشیدن واحد طول میخ یا سایر اتصالات از چوب به ازای واحد طول نفوذ بیان می‌شود. در این آزمایش که در شکل شماره ۵ دیده می‌شود، از میخ به ضخامت ۲/۵ میلی‌متر که به طول ۳۲ میلی‌متر در چوب نفوذ کرده، استفاده می‌شود و برای محاسبه مقاومت چوب، مقدار نیرو بر طول نفوذ میخ (۳۲ میلی‌متر) تقسیم می‌شود.

**۵** آزمایش مقاومت به شکاف‌خوری بر اساس استاندارد، شکل نمونه برای آزمون شکاف‌خوری و نیز حالت قرار گرفتن فک‌ها مطابق شکل شماره ۶ است. در این آزمایش نیروی حاصله را تقسیم بر عرض نمونه کرده و مقاومت به شکاف‌خوری بر حسب نیوتن بر سانتی‌متر به دست می‌آید.

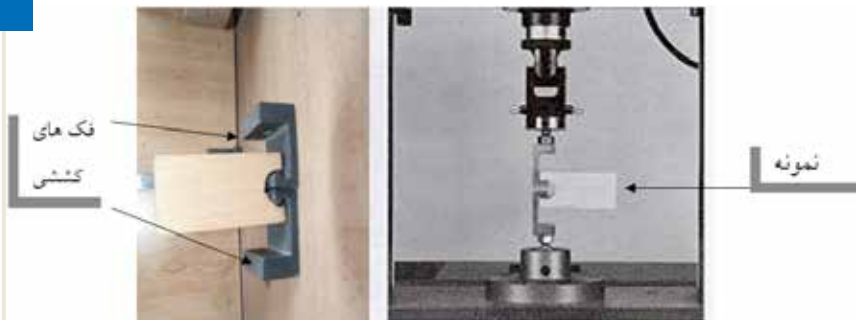
**۶** آزمایش مقاومت برشی موازی الیاف نمونه آزمایش مقاومت برشی موازی الیاف مطابق شکل شماره ۷ است که بر اثر نیروی وارده در دو جهت خلاف هم، سبب جدا شدن سطح مورد نظر می‌شود. در این آزمایش تنش حداکثر محاسبه می‌شود که حاصل تقسیم نیرو بر سطح جدا شده است.

**۷** آزمایش سختی این آزمون برای ارزیابی مقاومت چوب نسبت به نفوذ یک ماده سخت است. این ویژگی در مصارفی نظیر پارکت که پیوسته تحت تأثیر سایش هستند بسیار مهم است. در این روش بر اساس استاندارد میزان مقاومت چوب در

برابر نفوذ ضخامت معینی از یک ساچمه فلزی به قطر ۱۱/۲ میلی‌متر در جهت‌های جانبی و انتهایی نمونه بررسی می‌شود (شکل ۸). طبق استاندارد قید شده آزمون مقاومت به سختی دارای ابعاد ۱۵×۵×۵ (طول×عرض×ارتفاع) سانتی‌متر است.

**۸** مقاومت به ضربه آزمایش مقاومت به ضربه در میحث مکانیک (بخش مربوط به حرکت اجسام) شامل دو قسمت سینماتیک و دینامیک می‌شود. بخش سینماتیک به بحث در خصوص حرکت ذرات مواد و اجسام صلب و بخش دینامیک به فاکتورهای علت می‌پردازد. در مورد چوب به رفتار مکانیکی آن در برابر ضربه می‌پردازیم.

به برخورد ناگهانی دو جسم به یکدیگر ضربه گفته می‌شود که باتوجه به میزان نیروی وارده، شاهد رفتارهای متفاوتی در آنها خواهیم بود. از انواع کاربردهای مقاومت به ضربه می‌توان مقاومت به ضربه دسته ابزار که باید بتواند انرژی‌های تکراری را جذب کند، قنداق تفنگ، تراورس راه آهن، شمع‌های چوبی معادن



شکل ۶- نمونه شکاف‌خوری و طرز اعمال نیرو



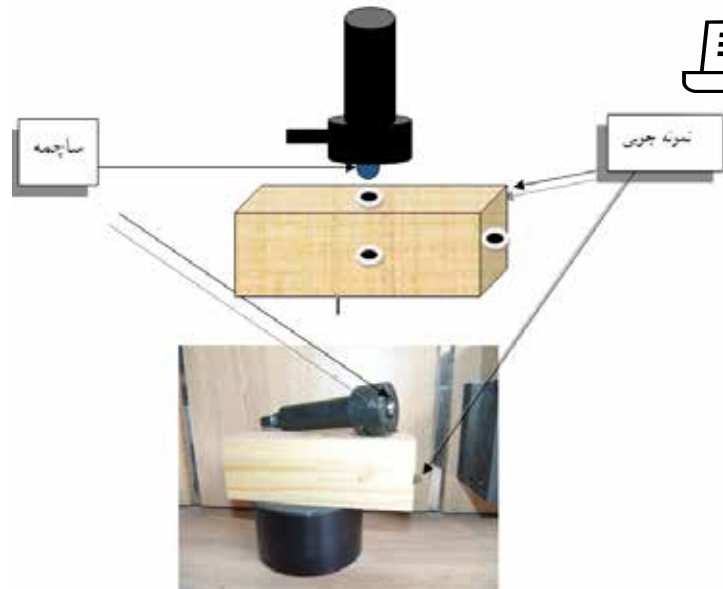
شکل ۵- نمونه مقاومت به خروج میخ



شکل ۷- طرح شماتیک نمونه آزمایش برش موازی الیاف



شکل ۹- دستگاه آزمایش مقاومت به ضربه



شکل ۸- طرح شماتیک نمونه آزمایش مقاومت به سختی

خاصیت آبدوستی است لذا ویژگی‌های آن دستخوش تغییرات بسیاری خواهد شد. بنابراین بررسی خواص مهندسی چوب می‌تواند کمک شایانی در استفاده صحیح از آن بکند. اندازه‌گیری خواص مهندسی گونه‌های مختلف چوبی می‌تواند اطلاعات مفیدی در اختیار مصرف‌کننده قرار داده و چوب و محصولات چوبی با قابلیت‌هایی فراتر از آنچه که تاکنون داشته به‌کار رود.

### ● منابع

- ابراهیمی، ق. ۱۳۷۶، مکانیک چوب و فرآورده‌های مرکب آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۰۶ صفحه.
- ابراهیمی، ق. (۱۳۸۸)، طراحی مهندسی سازه‌های چوبی، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۹۲ صفحه.
- حسین‌زاده، ع.، جهان‌تنبیاری، ا.، ۱۳۸۹، خواص فیزیکی و مکانیکی چوب، وزارت آموزش و پرورش، ۱۵۸ صفحه.

ASTM Standard Test Methods. 1999. American Society For Testing Materials, Standard methods for Testing small clear specimen of timber; ASTM-D142-83. Philadelphia, Pa.

اندازه‌گیری  
خواص مهندسی  
گونه‌های مختلف چوبی  
می‌تواند اطلاعات مفیدی در اختیار  
مصرف‌کننده قرار داده و چوب و  
محصولات چوبی با قابلیت‌هایی  
فراتر از آنچه که تاکنون داشته  
به‌کار رود.

عوامل جوی و حتی مقاومت در برابر آتش‌سوزی را به‌همراه داشته باشد و باعث افزایش دوام و عمر فرآورده چوبی شود. این امر منجر به کاهش مقدار مصرف چوب و در نتیجه کاهش فشار بر منابع جنگلی کشور عزیزمان که جزء کشورهای فقیر به‌لحاظ منابع جنگلی است، می‌شود. لذا برای رسیدن به این هدف، شناخت خواص مهندسی چوب از جمله ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی گونه چوبی ضروری است. باتوجه‌به اینکه چوب یک ماده مرکب طبیعی، از هر سو نایکسان و دارای

و غیره را نام برد. آزمون مقاومت به ضربه با استفاده از دستگاه آزمایشگر ضربه انجام می‌شود که دارای یک چکش با حرکت پاندولی است. در این آزمایشگر با حذف اصطکاک‌های موجود تلاش شده چکش بدون هیچ مقاومتی حرکت کند. شکل شماره ۹ دستگاه اندازه‌گیری مقاومت به ضربه را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که روش‌های متفاوتی در خصوص این آزمایش وجود دارد. یکی از این روش‌ها که بسیار متداول است، روش شارپی است که نمونه چوبی در بین دو تکیه‌گاه قرار می‌گیرد (شکل ۹). این روش بیشتر در آمریکا به‌کار گرفته می‌شود. روش متداول دیگری که نمونه به‌صورت عمودی در دستگاه قرار می‌گیرد به روش آیزود معروف است که آن هم بیشتر در اروپا استفاده می‌شود.

### ● نتیجه‌گیری

باتوجه‌به ویژگی‌های منحصر به فرد چوب و نیز ظهور طیف گسترده‌ای از محصولات و فرآورده‌های چوبی، انتخاب گونه چوبی مناسب برای موارد مختلف مصرف، می‌تواند مقاومت در برابر عوامل مخرب بیولوژیکی،