

## بررسی ساخت اصولی سازه چوبی در مجتمع تحقیقاتی البرز

فرداد گلبابائی<sup>۱\*</sup>، رضا حاجی حسنی<sup>۲</sup> و کامیار صالحی

\*<sup>۱</sup> - نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: golbabaei.f@gmail.com

<sup>۲</sup> - دکترای صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> - کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۷

### چکیده

با رعایت کامل اصول اتصالات چوبی و حفاظتی در اجرای این طرح گونه کاج الدار را به دلیل دارا بودن خواص مکانیکی مناسب و در دسترس بودن برای ساخت یک سازه چوبی به شکل آلایچق انتخاب نمودیم. آلایچق مورد نظر به صورت هشت‌ضلعی بدون ستون داخلی با نرم‌افزار رایانه‌ای Sketch up طراحی شده و در محوطه مجتمع تحقیقاتی البرز با درختان قطع شده از این مجتمع بنا گردید. در ساخت این سازه کلیه مراحل آماده‌سازی قطعات چوبی از نظر خشک‌کردن به‌طور کاملاً اصولی و خشک‌کردن در هوای آزاد در طول شش ماه انجام شد. سقف سازه چوبی نیز با استفاده از چوب کاج الدار به صورت لمبه‌کوبی ساخته شد. در برپا کردن سقف از روش اتصال خورشیدی الوارها بر روی یک هشت‌ضلعی چوبی با استفاده از حالت کام و زبانه و کمکی فلزی استفاده گردید. پنجره‌ها به صورت کشویی ساخته شدند تا فضای کمتری را اشغال کنند. بعد از اتمام ساخت طی دوره سه ماه، با بازبینی قطعات مختلف در قسمت‌های مختلف سازه و اندازه‌گیری‌های فیزیکی مانند میزان دانسیته، هم‌کشیدگی و واکشیدگی و مکانیکی مانند آزمایش مقاومت به‌سختی و مقاومت به ضربه و حفاظتی، بازبینی قسمت‌های مختلف از نظر آلودگی قارچی و پوسیدگی سازه بررسی شد. با توجه به اینکه مدت کوتاهی از آغاز مرحله اندازه‌گیری می‌گذرد تغییرات در مراحل اولیه اندازه‌گیری از نظر آماری معنی‌دار نبود ولی در آخرین مرحله شاهد کاهش وزن مخصوص در حدود ۵٪ و کاهش مقاومت به‌سختی در حدود ۸٪ بودیم. علائم هم‌کشیدگی و واکشیدگی در قسمت‌های مختلف آن به چشم می‌خورد.

واژه‌های کلیدی: سازه چوبی، آلایچق، مقاومت به‌سختی، کاج الدار، پوسیدگی.

### مقدمه

ارتباط بشر با محیط زندگی‌اش ایفا کرده است. با مطالعه کاربرد چوب به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین مصالح در ساختمان‌ها، چوب به‌عنوان الگویی برای سیستم‌های ساختمانی قرار گرفته است. اطلاعات و تجربیات ساختمانی در طی سال‌ها در سراسر جهان و در همه

توسعه و پیشرفت جوامع شهری از یکسو و کمبود شدید چوب در کشور ما از سوی دیگر استفاده بهینه از چوب را به امری ضروری تبدیل کرده است. از آغاز تمدن بشری تا زمان صنعتی شدن چوب همیشه نقش مهمی در

اخیر پیشرفت‌های زیادی در زمینه ساختمان‌های چوبی وجود داشته است. از نظر طول عمر و ارزش می‌توان ساختمان‌های چوبی را هم‌ردیف با ساختمان‌های بتن آرمه به حساب آورد. این سازه‌ها مقاوم و شکل‌پذیر و اقتصادی می‌باشند. سبک چوب در مقایسه با دیگر مصالح متداول ساختمانی از نسبت مقاومت به وزن بهتری برخوردار است. به دلیل جرم کم ساختمان‌های چوبی نیروهای کمتری در هنگام زلزله تولید می‌شود. از این رو نیروهای ناشی از زلزله برای طراحی و محاسبات در ساختمان‌های چوبی کمتر است. در مقابل ساختمان‌های بتنی از نظر قدمت طول عمر کمتری از ساختمان‌های چوبی دارند. از این رو مقایسه فنی و اقتصادی سازه چوبی با سازه بتنی می‌تواند مشخص‌کننده این باشد که چه سازه‌هایی از نظر اقتصادی و چه سازه‌هایی از لحاظ فنی برتری دارند و به چه دلیل استفاده می‌شوند.

#### مقدمه‌ای بر سازه‌های مسکونی چوبی

در روش‌های نوین صنعتی‌سازی نه تنها به مسئله مسکن بلکه به بهره‌برداری بهینه از مصالح، سرعت و کیفیت ساخت نیز توجه شده است. یکی از راه‌های رسیدن به این اهداف بکارگیری مصالح چوبی سبک در ساختمان‌سازی است. در زمینه تولید این سازه‌ها فناوری‌های بسیاری در کشورهای پیشرفته جهان ایجاد شده است. یکی از جدیدترین این روش‌ها در زمینه ساخت، فناوری و بهره‌برداری از چوب به‌عنوان رایج‌ترین و فراوان‌ترین مصالح موجود در طبیعت است؛ به طوری که در آمریکا، کانادا و اروپا به‌ویژه در کشورهای اسکانندیناوی، ژاپن، چین و چند کشور دیگر به‌عنوان یک سیستم بسیار پیشرفته و مطلوب مورد توجه قرار گرفته است. ایجاد مسکن بدین طریق برای بیش از یک میلیارد نفر از مردم جهان خود گواه بر این مدعا است. سبک‌سازی و مقاومت بالا در مقابل زلزله، سرعت در ساخت و بازگشت سریع سرمایه، عایق‌بندی و کاهش چشمگیر مصرف انرژی، عمر طولانی سازه بیش از یکصد سال،

فرهنگ‌ها و تمدن‌ها و فراتر از مرزهای جغرافیایی گسترش و توسعه یافته است. تقریباً هیچ ماده‌ای نتوانسته این‌چنین در ابعاد مختلف مورد استفاده قرار گیرد. ساختمان‌های چوبی قدیمی که بیشتر به شیوه سنتی ساخته شده‌اند تا به امروز به‌طور مرتب توسعه یافته‌اند. امروزه به علت شیوه‌های مدرن در ساخت اتصالات و پرداخت چوب می‌توان از تولیدات چندسازه چوبی و با استحکام بالاتر استفاده نمود. به دلیل تحقیقات گسترده نه تنها طراحی تیرهای چوبی بهبود یافته بلکه انواع جدیدی از مواد چوبی با کیفیت بالا به بازار ارائه شده است. قابلیت سازه‌های چوبی را می‌توان نه تنها در سازه‌های تحسین‌برانگیز استاتیکی مانند پل‌ها و سالن‌های بزرگ بلکه در ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله هم مشاهده کرد.

مزیت ساختمان‌های چوبی در اقتصادی بودن و آسانی کار با آن است. سازه‌های چوبی مقاوم در برابر زلزله نه به دلیل کاربرد زیاد مصالح بلکه بیشتر به علت طراحی و محاسبات اقتصادی جزئیات اتصالات قابل توجیه است. ساختمان‌های مدرن چوبی از اواسط قرن ۱۹ میلادی تا به امروز بر اساس دانش تجربی توسعه یافته است. از سوی دیگر یکی از مصالح مهم مورد استفاده در سازه‌ها، بتن است که سابقه استفاده از بتن به چند دهه اخیر برمی‌گردد. هر چند تفاوت بسیاری می‌توان بین سازه‌های چوبی و بتنی پیدا کرد اما بزرگ‌ترین تمایز در طراحی و محاسبه سازه‌های چوبی در مقایسه با سازه‌های بتنی در این است که شکل‌پذیری در سازه‌های چوبی نه به کمک المان‌ها بلکه به وسیله اتصالات حاصل می‌شود. در این بین تیرهای چوبی درختان سوزنی‌برگ از مصالح ساختمانی با کیفیت محسوب می‌شوند. این مواد با نقش پایه‌ای خود باعث موفقیت سازه‌های چوبی به‌ویژه ساختمان‌های مسکونی دارای اسکلت چوبی هستند. در مقایسه با مصالح ساختمانی بتنی چوب‌های مرغوب از خصوصیات مقاومتی و کاربردهای عالی برخوردارند و احتیاجات بالای مقاومت سازه‌های مدرن را برآورده می‌کنند. در سال‌های

زیبایی و سازگار با اقلیم‌های متفاوت، نداشتن نخاله ساختمانی و دیگر مزایا، خانه‌های چوبی را در ردیف خانه‌های زیبا و مورد قبول در دنیا قرار داده است. سیستم سازه‌ای ساختمان‌های چوبی از مقاطع چوبی مختلفی ساخته می‌شوند. این نوع ساختمانها جزء سازه‌های سبک شناخته شده است. در این نوع سیستم سازه‌ای، مقاطع چوبی چهار تراش با قرارگیری در فواصل حدود ۴۰ تا ۸۰ سانتی متری و اتصال تخته‌های چندلایه چوبی و تخته‌های ماسیو بر روی آنها تشکیل یکسری دیوارهای باربر و برشی را می‌دهند.

ساختمان‌های چوبی یکی از روش‌های ساخت با امتیازات سازه‌ای و زیست‌محیطی ویژه می‌باشد. پژوهش‌های بسیاری در رابطه با اثرهای زیست‌محیطی سازه‌های چوبی توسط مؤسسه تحقیقات پایداری مواد و مصالح در سال ۲۰۰۱ در کشور کانادا انجام شده است که نتیجه برتری چوب را نسبت به فولاد و بتن در مواردی مانند عمر مفید مصالح، تولید، قابلیت کاربرد در محل احداث و ضایعات نشان داده است. علاوه بر امتیازات زیست‌محیطی، ایمنی و سبک بودن سازه‌های چوبی در مواجهه با زلزله عملکرد خوبی داشته است. ساخت و ساز ساختمان‌های چوبی نوین در کشور آمریکا در دهه ۱۸۴۰ آغاز شده و در Platform Framing تکامل این سیستم در کشور سوئد به گونه ساخت طبقه‌ای پیشرفت و از آنجا به کشور انگلستان و کشورهای دیگر گسترش پیدا کرده است. سیستم ساختمانی قاب سبک چوبی یکی از پیچیده‌ترین سیستم‌های ساختمانی است که تنها شامل اجرای درست سازه چوبی از نظر مقاومتی نمی‌شود بلکه رعایت همه اصول فیزیک ساختمان برای کارکرد آن ضروریست. در این سیستم محافظت سازه چوبی از عوامل مخرب محیط از قبیل رطوبت، قارچ‌ها، حشرات که از چوب تغذیه می‌کنند، میکروارگانیسم‌ها، حرارت زیاد و آتش‌سوزی ضروری می‌باشد. شالوده این سیستم ساختمانی علاوه بر تحمل بار سبک سازه چوبی باید از نفوذ آب، رطوبت و حشرات به داخل سازه چوبی به نحو

#### مقاومت در برابر زلزله

زمین‌لرزه‌های فراوانی که در گوشه و کنار جهان به وقوع پیوسته است، نشان داده‌اند که خانه‌های با اسکلت چوبی مقاومت بسیار زیادی در برابر زمین‌لرزه دارند. در کشور آمریکا، ایالت کالیفرنیا یکی از ایالاتی با شرایط زلزله‌خیزی خیلی زیاد، مساحت مدارس عمومی بیش از چهارصد میلیون مترمربع است که بیش از هشتاد درصد آنها دارای اسکلت چوبی هستند. در زمین‌لرزه نورتریج که در سال ۱۹۹۴ به وقوع پیوست هیچ‌یک از سازه‌های چوبی این مدارس دچار آسیب جدی نگردید. تخریب جدی تنها در میان اجزای غیرچوبی این ساختمان‌ها به وقوع پیوست. تحقیقات و بررسی‌هایی که پس از زلزله نورتریج توسط بخش توسعه ساختمان و شهرسازی آمریکا انجام شده است، نشان می‌دهد که بیشتر ساختمان‌های چوبی مسکونی نو در زلزله خوب عمل کرده‌اند (Toker, 2005). در سال ۲۰۰۲ دولت ایالتی کالیفرنیا تصمیم گرفت در ساخت ساختمان‌های بتنی و آجری مدارس کالیفرنیا تجدیدنظر کند؛ زیرا که ساختمان‌های با اسکلت چوبی بهترین مقاومت را در برابر زلزله از خود نشان داده بودند. درحالی‌که بسیاری از خانه‌های چوبی با پی بتنی نتوانسته است در برابر زمین‌لرزه مقاومت نماید ولی سازه چوبی بدون آسیب زیاد پابرجا مانده است. یک اصل بسیار مهم در این سیستم ساختمانی، یکپارچگی سازه آن است. به طوری‌که همه دیوارها، سقف‌ها، سقف خارجی، شالوده و دیگر اجزای تشکیل‌دهنده سازه ساختمان باید به‌درستی و با دقت بسیار همانند جعبه‌ای یکپارچه به یکدیگر دوخته شوند. نیروی منتقل‌شده از سقف به شالوده باید به‌گونه‌ای خطی باشد و از ممان

### بررسی قابلیت چوب از نظر ساختمانی

در طراحی سازه‌های ساختمان‌های چوبی مسائل مربوط به ویژگی‌های چوب که روی کیفیت مکانیکی چوب تأثیر دارند، بسیار مهم هستند. شناخت و استفاده درست از مقاومت‌های مجاز چوب مهمترین مرحله در طراحی یک ساختمان چوبی می‌باشد. طبیعت خواص چوب سالم در شرایط مختلف محیطی از قبیل محل جغرافیایی، نوع خاک، مقدار نور و بارندگی و دیگر شرایط تغییر می‌کند و محصول تولید شده دارای خواص متغیر خواهد بود. به همین علت تحقیقات خواص مکانیکی چوب بر مبنای نمونه برداری و احتمالات آماری مورد مطالعه و خواص گونه مورد مطالعه تعیین می‌شود. معمول ترین خواص یا مقاومت‌های مجاز چوب عبارتند از: مقاومت خمشی، مقاومت کششی، مقاومت فشاری موازی با الیاف، مقاومت فشاری عمود بر الیاف، مقاومت برشی و مدول الاستیسیته است.

### عوامل عمده مؤثر در مقاومت چوب

برای نهایی شدن مقاومت‌های اندازه‌گیری شده با آزمایش نمونه‌های کوچک و بزرگ، اثرهای عوامل تأثیرگذار اعمال می‌شود. باید در نظر داشت که طراح هیچ سروکاری با مراحل آزمایش و نتایج آن ندارد. در مجموع مراحل درجه‌بندی و تدوین مقاومت‌های مجاز اسمی چوب توسط متخصصان چوب انجام می‌شود ولی تنظیم مقاومت‌های مجاز به عهده طراح گذاشته شده است. در احداث ساختمان‌های چوبی اعم از مسکونی یا تجاری بیشتر از گونه‌های درختان سوزنی‌برگ به دلیل سبک بودن و مقاومت بیشتر در برابر عوامل مخرب بیولوژیک استفاده می‌شود. در محاسبات سازه‌ای مقاطع چهار تراش چوبی چوب‌های نراد، نوئل، اسپيروس و یا هر نوع گونه سوزنی چوبی که با مشخصات این چند گونه ساختمانی مطابقت داشته باشند، می‌توان استفاده نمود.

چرخشی تا آنجا که امکان دارد اجتناب کرد (Toker, 2005) از مهمترین مزایای سازه‌های چوبی مقاومت بالای آنها در برابر انواع بلایای طبیعی (سیل، زلزله و ...) است. ضریب میرایی بالای چوب آن را مناسب‌ترین نوع مصالح برای طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله کرده است و نیز از اصول کلی مقاوم‌سازی سازه‌ها در برابر زلزله کاهش بار مرده ساختمان است که این امر در صورتی که سازه چوبی باشد در قیاس با سازه‌های دیگر (فولاد و بتن) به‌طور متوسط هفت برابر سبک‌تر خواهد شد (Toker, 2005).

### مقاومت در برابر آتش

اگر حرارت و زمان آتش‌سوزی و دسترسی به اکسیژن هوا به اندازه کافی باشد، چوب در حدود ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد آتش می‌گیرد. برای مشتعل شدن تحت تأثیر مستقیم آتش، چوب به درجه حرارتی بین ۴۰۰-۳۰۰ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد. اگر چوب تحت تأثیر تشعشع حرارتی قرار گیرد و حرارت آن بالا رود به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد نیازمندیم تا بتوانیم آن را شعله‌ور کنیم. با درجه حرارت در حدود ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد شعله‌ور شدن و سوختن چوب به گونه‌ای کنترل شده و با سرعتی ثابت انجام می‌شود.

### رفتار چوب در برابر آتش

مقاومت چوب در برابر آتش بستگی بسیار به حجم آن دارد. در سطح چوب هنگام سوختن لایه ضخیمی از ذغال با مقاومت حرارتی زیاد تولید می‌شود که مانع از نفوذ حرارت به داخل چوب می‌شود. در نتیجه با تداوم آتش ضخامت لایه ذغال بیشتر شده و باعث افزایش زمان مقاومت چوب در برابر آتش می‌گردد. مقاومت باقی‌مانده یک عضو چوبی سازه در هنگام آتش‌سوزی برابر است با مقاومت سطح مقطع قسمتی از آنکه هنوز ذغال نشده است. برخلاف سازه فولادی که مقاومت خود را با ازدیاد حرارت از دست می‌دهد.

## مواد و روش‌ها

هدف از اجرای این طرح افزایش تجربیات و استفاده از اصول صحیح اتصالات و حفاظت در ساخت، سازه‌های چوبی همانند خانه چوبی و در مقیاس کوچک‌تر آلچیق بوده است. بدین منظور در طراحی‌ها از نرم‌افزار Sketch up استفاده گردید که با این نرم‌افزار تمام مراحل کار به صورت سه‌بعدی تهیه شد. در اولین مرحله عملیات به منظور رعایت اصول حفاظتی و عدم تماس سازه با خاک که از عوامل انتقال آلودگی قارچی است؛ اقدام به طراحی و ساخت یک سکو به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و قطر ۹۰۰ سانتیمتر گردید و به منظور افزایش مقاومت سطح آن سنگ فرش شد. در مرحله دوم با توجه به سوابق تحقیقاتی در مورد ساخت سازه چوبی و بررسی‌های انجام شده، گونه کاج تهران الداریکا انتخاب و از مجتمع تحقیقاتی البرز اقدام به قطع ۱۲ اصله کاج گردید و به صورت گرده‌بینه‌های ۳ متری تبدیل و به کارگاه چوب‌بری انتقال یافت. در کارگاه با استفاده از اهر افقی بر آنها به تخته‌های به ضخامت ۶ سانتیمتر تبدیل شده و به صورت اصولی برای خشک شدن دپو گردیدند؛ بعد از گذشت ۶ ماه تخته‌ها به رطوبت میانگین ۱۱ درصد رسیدند که دارای ثبات ابعاد شده و شرایط کار کردن را بر روی این چوب‌ها راحت‌تر می‌کرد. چوب‌ها با توجه به نقشه طراحی شده به ابعاد مناسب تبدیل شدند. آلچیق مورد طراحی نسبت به انواع مشابه آن دارای ابعاد بزرگ‌تری بوده و دارای هشت ضلع می‌باشد و با طراحی و اتصالات اصولی و جدید همچنین سقف آن به صورت خورشیدی تهیه و برای جلوگیری از اشغال فضا داخل آلچیق از ستون نیز استفاده نشده است. همچنین از پنجره‌های کشویی در این طراحی استفاده گردیده است. قسمت سقف آلچیق نیز از چوب کاج به صورت لمبه‌کوبی شده ساخته شده است. در نهایت بعد از تکمیل شدن سازه آلچیق در طی بازدیدهای دوره‌ای ۳ ماهه و اندازه‌گیری مقاومت‌های فیزیکی مانند کاهش دانسیته، هم‌کشیدگی و واکشیدگی و مکانیکی مانند مقاومت به‌سختی و حفاظتی

مانند مشاهده آلودگی قارچی انجام گردید که نتایج به صورت گزارش ارائه شده است.

## نتایج

### شناسایی گونه کاج الداریکا

بیشتر منابع علمی عقیده دارند که این نوع کاج خارج از کشور وارد ایران شده است. تاریخ احتمالی ورود این درخت به ایران به ۸۰۰ سال قبل می‌رسد و وجود پایه‌های مسن و تنومند درخت ذکر شده در نواحی از ایران مانند کاشمر، زنجان و نیشابور نشان‌دهنده قدمت آن و تأییدکننده این مطلب است. بنابر گزارش سرچنگلداری کل استان زنجان و براساس اندازه‌گیری به‌عمل آمده در سال ۱۳۵۳ (هجری شمسی) در امام‌زاده عبدالله روستای سماور طارم سفلی، کاج الداریکا وجود دارد که سن آن حدود ۸۰۰ سال است. گروهی گسترش کاج الداریکا را به زمان مهاجرت ارامنه از گرجستان به ایران در قرن هفدهم میلادی نسبت می‌دهند. Hejazi (۱۹۵۸) با مطالعه کاج‌های مناطق مختلف و آثار تاریخی اظهار داشته که قدمت آن به زمان هخامنشیان می‌رسد که از کشورهای حوزه مدیترانه و از جنوب ایران وارد کشور شده و انتشار یافته است. Khavari (۱۹۸۲) موقعیت کاج الداریکا را از لحاظ رده‌بندی علمی و چگونگی پراکنش جغرافیایی آن مبهم می‌داند؛ احتمالاً دلیل آن ادعا گزارش‌هایی در مورد وجود کاج الداریکا در ایران در دوره‌ای است که هنوز تفکیک *P. brutia* از *P. halepensis* قطعیت علمی نداشته و کاج الداریکا نیز هنوز به‌عنوان گونه جدید تأیید نشده بود؛ زیرا کاج‌های پراکنده ایران در سال ۱۸۸۵ به‌عنوان *P. brutia* و در سال ۱۹۲۸ با عنوان *P. halepensis* گزارش شده‌اند. Parsapazhoh (۱۹۵۰) ضمن نقل گزارش‌های فوق معرفی دو گونه کاج کاشته شده در ایران را *P. eldarica* می‌داند؛ اما از معرفی آنها به‌عنوان دو گونه جداگانه خودداری می‌کند. بر اساس اطلاعات موجود رویشگاه طبیعی الدار در یک منطقه محدود جغرافیایی در جنوب کوه‌های قفقاز قرار دارد

آسمانی بین ۲۵۰-۳۰۰ میلی متر با پراکنش خوب بین دو فصل زمستان و تابستان است.

#### گیاه‌شناسی

کاج الداریکا از خانواده Pinaceae بوده و شامل ۹ جنس و ۳۰۰ گونه می‌باشد؛ که اغلب در نیمکره شمالی زمین پراکنده‌اند. جنس آن Pinus بوده و خود شامل حدود ۱۰۵ گونه و زیرگونه است. کاج الدار درختی است معمولاً به ارتفاع ۱۲-۱۵ متر که تنه آن مستقیم و خوش‌فرم و گاهی کج می‌باشد.

(۴۱ درجه شمالی و ۴۵ درجه شرقی). این رویشگاه در ارتفاعی به نسبت کم به نام الیار اوجی (Eliae -ugi) در انتهای شرقی رشته‌کوه (Choban-Daghi) در جنوب شرقی تفلیس در نزدیکی جمهوری آذربایجان و گرجستان است. منطقه حدود ۵۵۰ هکتار بوده و حدود ۲۰۰-۶۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد که یک پنجم این منطقه به حالت توده خالص است (Mirou, 1967).

اقلیم منطقه نیمه خشک و با تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های سرد همراه است. میانگین دما در تابستان ۳۰ درجه و در زمستان صفر درجه سیلیسیوس است. نزولات

جدول ۱- مشخصات متوسط درختان قطع شده

شماره درخت	مجموع تحقیقاتی البرز	ارتفاع درخت (متر)
	قطر برابر سینه (سانتیمتر)	رطوبت (درصد)
۱	۲۶	۱۴۵
۲	۲۵	۱۶۸
۳	۲۵	۱۸۹
۴	۳۵	۱۳۵
۵	۳۷	۱۵۰
۶	۳۰	۱۶۹
۷	۳۵	۱۲۵
۸	۳۶	۱۴۹
۹	۳۱	۱۶۸
۱۰	۳۵	۱۳۹
۱۱	۳۶	۱۲۹
۱۲	۳۴	۱۳۲
میانگین	۳۲	۱۴۹

جدول ۲- وزن مخصوص خشک و بحرانی گونه کاج الداریکا

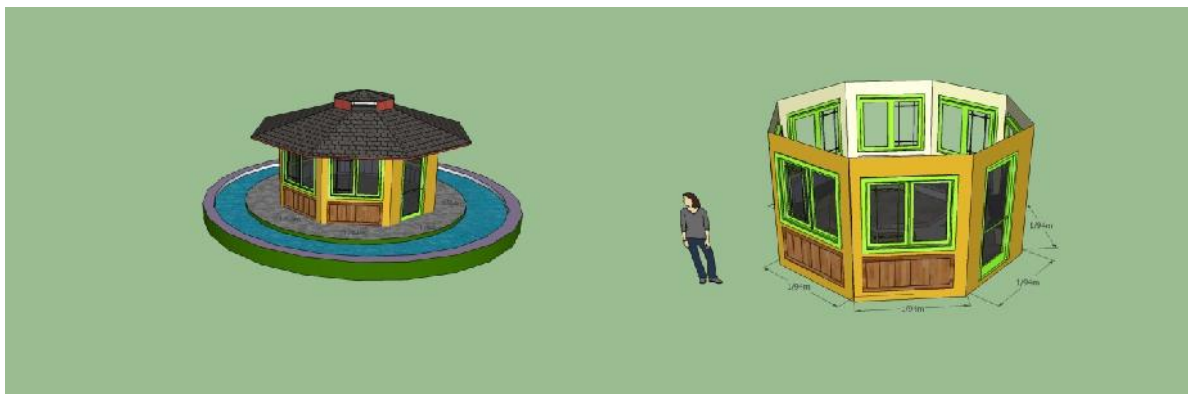
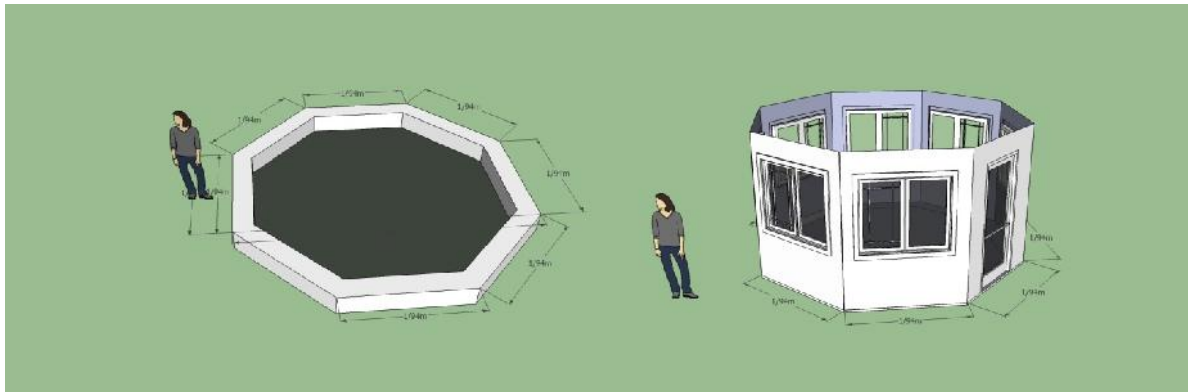
مجموع تحقیقاتی البرز	فاکتور اندازه‌گیری
۰/۴۰	وزن مخصوص خشک
۰/۳۹	وزن مخصوص بحرانی

جدول ۳- مقاومت‌های مکانیکی گونه کاج الداریکا

در حالت خشک ( خشک‌شده در هوای آزاد)						در حالت تر (رطوبت بیش از ۳۰٪)					
مقاومت به کشش موازی الیاف (Mpa)	مدول الاستیسیته ظاهری (E) (Mpa)	مقاومت به فشار موازی الیاف در حداکثر بار (Mpa)	مقاومت به فشار موازی الیاف در حد الاستیک (Mpa)	مدول الاستیسیته (Mpa)	مقاومت به خمش در حداکثر بار (Mpa)	مقاومت به کشش عمود بر الیاف (Mpa)	مدول الاستیسیته ظاهری (E) (Mpa)	مقاومت به فشار موازی الیاف در حداکثر بار (Mpa)	مقاومت به فشار موازی الیاف در حد الاستیک (Mpa)	مدول الاستیسیته (Mpa)	مقاومت به خمش در حداکثر بار (Mpa)
۲/۱۳	۲۸۸۰	۲۳/۲۷	۱۹/۱۲	۵۶۶۱	۵۳/۴۶	۳/۹	۱۹۱۲	۱۲/۲۳	۱۰/۶۲	۴۵۶۹	۲۹/۸۵

در حالت خشک ( خشک‌شده در هوای آزاد)						در حالت تر (رطوبت بیش از ۳۰٪)					
مقاومت به سختی در جهت انتهایی (KN)	مقاومت به سختی در جهت جانبی (KN)	مقاومت به ضربه (Kg.m)	مقاومت به شکافخوری (KN.cm)	مقاومت برش موازی الیاف (Mpa)	مقاومت به فشار عمود بر الیاف در حد الاستیک (Mpa)	مقاومت به سختی در جهت انتهایی (KN)	مقاومت به سختی در جهت جانبی (KN)	مقاومت به ضربه (Kg.m)	مقاومت به شکافخوری (KN.cm)	مقاومت به برش موازی الیاف (Mpa)	مقاومت به فشار عمود بر الیاف در حد الاستیک (Mpa)
۳/۹	۳/۲۳	۲/۵۲	۰/۶۹۳	۹/۴۴	۳/۲۶	۲/۱۰	۲/۲۳	۲/۹۸	۰/۳۶۹	۶/۷۰	۵/۱

مراحل طراحی و ساخت سازه:  
کار کردن با نرم افزار Sketch up



شکل ۱- مراحل طراحی و ساخت سکو برای نصب آلاچیق





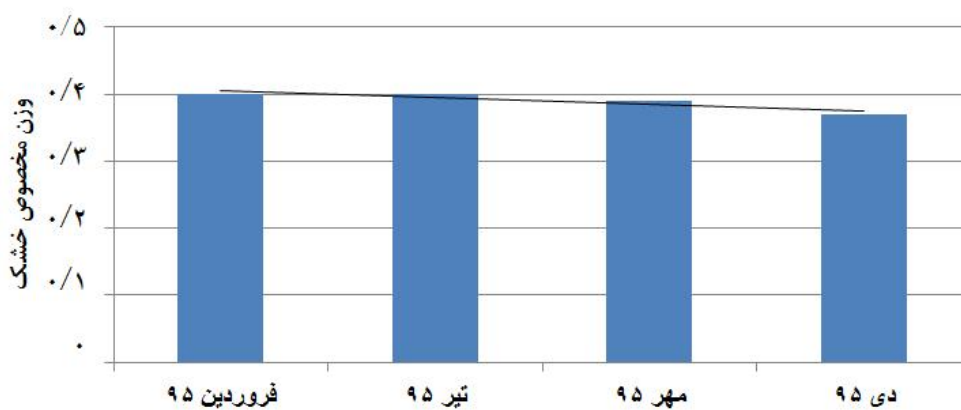
شکل ۲- مراحل ساخت دیواره و سقف خورشیدی



شکل ۳- طرح نهایی ساخته شده و دستگاه آزمایشگر مقاومت مکانیکی Instron 1196

آن از تاریخ ۱۳۹۵/۴/۲۵ آغاز و هر سه ماه یکبار تکرار شده است. درصدهای مختلف تغییرات به شرح جدول زیر است.

دانسیته و وزن میانگین وزن و دانسیته نمونه‌های آزمون برای سازه چوبی ساخته شده با کاج الداریکا از قسمت‌های مختلف



شکل ۴- میانگین وزن و تغییرات دانسیته

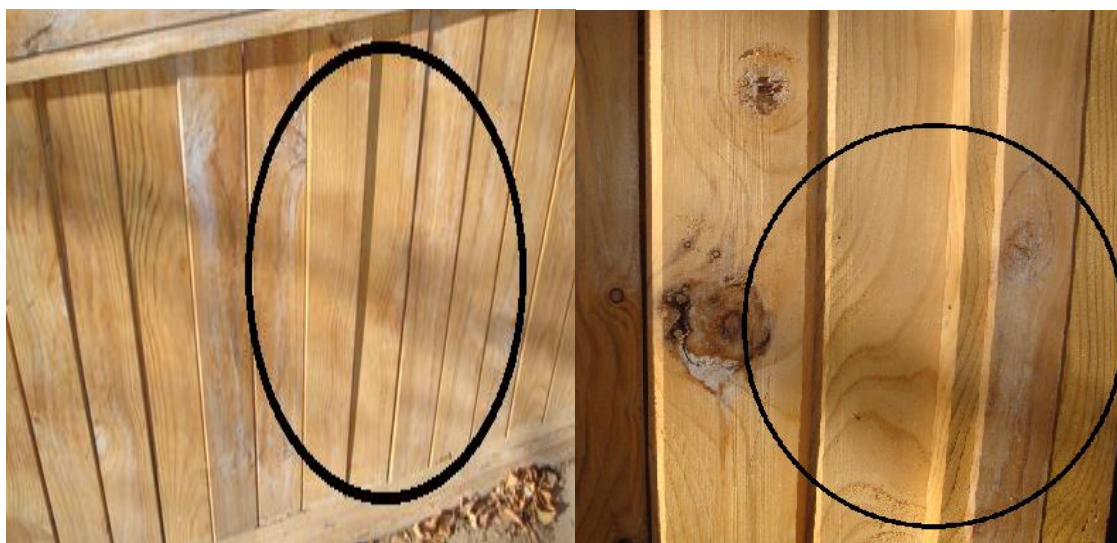
جدول ۷- آنالیز واریانس وزن و دانسیته

ویژگی	وزن	دانسیته
مقدار F	۲۲۵/۲۳	۱۹/۴۵
ضریب تغییرات	۱/۵۲۵	۱/۲۳۶

در سطح احتمال ۵٪

هم‌کشیدگی شده بودند و تخریب شده‌اند.

در بررسی ظاهری نمونه‌ها در داخل ساختمان سازه چوبی برخی از قطعات دچار واکنشیدگی و برخی دچار



شکل ۵- ایجاد واکشیدگی در دیواره سازه (تخریب مشاهده می شود)

جدول ۴- میانگین نتایج انجام آزمایش‌ها بر روی نمونه‌های سازه چوبی

نوع آزمایش	شهریور	مهر	بهمن
مقاومت به ضربه	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۴۵
مقاومت به سختی	۲/۲۳	۲/۲۳	۲/۱۳
مقاومت به نگهداری میخ	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	۰/۱۸۵

## بحث

مقاوم لبنان و چنار کرمان استفاده شده بود؛ متأسفانه پس از یورش اسکندر مقدونی به پارسه به آتش کشیده شد. هرودوت دانشمند یونانی در کتاب خود از فارس و پارسه سرزمین بسیار سرسبز و دارای جنگل‌های انبوه می‌باشد یاد کرده؛ اما متأسفانه امروزه این سرزمین خشک و بی‌آب و علف شده است. در دوره ساسانی در کاخ‌های بزرگ کسری و قصر شیرین از چوب استفاده شده است. در مواردی نیز از درهای چوبی با پوشش مسی و طرح‌های چوبی با روکش فلز که نشان عظمت بنا بود استفاده شده است. از جمله مهمترین کاربردهای چوب در ساختمان‌های چوبی، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

استفاده از چوب در ساخت مصنوعات چوبی  
استفاده از چوب برای اعضای باربر

استفاده از چوب در سازه در کشور ما قدمت زیادی دارد، همان‌گونه که می‌دانیم در زمان‌های دورتر به دلیل نبود فلز، چوب کاربرد فراوان و اثرگذاری در ساختمان‌ها داشته است. آثار چوبی ۴۲۰۰ سال پیش از میلاد در ایران کشف شده است، در کاوش‌های شوش شواهدی را دال بر کلبه‌های چوبی یافته‌اند. در حوالی رود هیرمند شهری با اسلوب شهرسازی و به‌طور منظم در هزاره سوم قبل از میلاد وجود داشته است. این شهر در یک آتش‌سوزی و زلزله منهدم شده است، کاوش‌های باستان‌شناسی نشان می‌دهد که چوب در پوشش خارجی برخی از بناها، سقف‌ها و نعل درگاه‌ها و تیرها به‌کاررفته است. در ۵۵۰ سال پیش از میلاد در سقف کاخ‌های بزرگ و زیبای تخت جمشید چوب‌هایی از سدر



تجزیه آن مواد مختلفی مانند کاغذ، ابریشم مصنوعی، الکل، گاز چوب و ... به دست می آید و از ضایعات آن مانند خاکاره و تراشه می توان برای ساخت محصولاتی مانند فیبر و نئویان استفاده کرد.

#### ویژگی های کلی سازه

این سیستم با توجه به شاخصه هایی که دارد می تواند در مواقع اضطراری که نیاز مبرم به ساخت و ساز و بهره وری سریع به ویژه در مناطقی که منابع عظیم چوب همانند امریکا، کانادا، استرالیا، اروپای شرقی و حتی شمال ایران وجود دارد مورد استفاده قرار گیرد؛ متأسفانه امروزه شاهد هستیم در ساخت و سازهای امروزی در این منطقه به هیچ وجه به سازه های چوبی اهمیت داده نمی شود که مهمترین عامل این موضوع می تواند به دلیل عدم شناخت و آگاهی مردم از سازه های چوبی و اطمینان به آن و همچنین کوتاهی سازمان های مربوطه در زمینه ساخت و ساز در کشورمان باشد که به این سیستم توجهی نمی کنند. همچنین در مواردی که منطقه ای زلزله خیز است با توجه به ویژگی های سازه چوبی می توانیم از این سیستم استفاده کنیم.

مهمترین دلایل کاربرد و ویژگی های این سیستم عبارت است از:

- ۱- سبک سازی؛
- ۲- کاهش وزن ساختمان؛
- ۳- ارزان بودن مصالح نسبت به سایر مصالح ساختمانی؛
- ۴- محدود بودن خسارتهای اقتصادی به هنگام زلزله؛
- ۵- سازگار با محیط زیست؛
- ۶- عایق مناسب در برابر صوت؛
- ۷- امکان بازیافت به چرخه طبیعت؛
- ۸- زیبایی بصری و نمای جذاب؛
- ۹- نیاز به نیروی انسانی کمتر در ساخت سازه؛
- ۱۰- اجرای آسان و سریع سازه های چوبی؛
- ۱۱- ایمنی سازه به هنگام زلزله به دلیل سبک بودن سازه و قابلیت بالای جذب انرژی زلزله.

استفاده از چوب برای نماسازی و تزئین استفاده از چوب برای کارهای کمکی در ساخت و ساز، مانند قالب سازی، چوب بست و ... نکته قابل توجه این است که در تعیین مشخصه های مکانیکی چوب ها باید مواردی همانند جهت الیاف چوب، مقدار رطوبت، نوع چوب، محل رویش، پهنی دایره سالانه، درجه حرارت، تعداد گره های روی چوب، شرایط نمونه گیری، شرایط لحظه ای آزمایش و دستورالعمل آزمایشی را در نظر گرفت. چوب یک ماده ایدئال ساختاری است. سبک تر و بادوام تر از فولاد یا بتن است. اغلب تصور می کنند که چوب دارای استحکام کمتری نسبت به این دو می باشد. در حالی که وزن چوب کمتر و مقاومت آن بیشتر است. مقاومت کششی چوب ۴ برابر بیشتر از فولاد و ۲۲۵ برابر بیشتر بتن می باشد. مقاومت فشاری این سه ماده نیز نشان می دهد که الوار ۱۶ برابر قوی تر از فولاد و ۴۰۰ برابر قوی تر از بتن است.

#### محاسن عمومی چوب:

- ۱- مقاومت فیزیکی بالا، ماده ای سبک و شکل پذیر
- ۲- چوب به علت ساختمان متخلخلی که دارد پیچ و میخ به آسانی در آن فرو می رود و چسباندن و پرداخت آن به آسانی انجام می شود.
- ۳- چوب از نظر خاصیت آکوستیک در درجه بالایی قرار دارد و از آنجایی که قابلیت هدایت صوت را ندارد در معماری جای شایسته ای یافته است.
- ۴- انبساط چوب در برابر عوامل حرارتی بسیار کم است.
- ۵- میزان مقاومت چوب در برابر ضربه بسیار زیاد است، به همین دلیل از میان صدها نوع مصالح موجود، چوب بهترین ماده برای تراورس های راه آهن و ... است.
- ۶- رفع معایب سطحی چوب مثل خوردگی، پوسیدگی، سوراخ و ... به آسانی انجام می شود و امکان پذیر است.
- ۷- چوب نه یخ می زند نه اکسید می شود و نه مانند بقیه مصالح در سرما و گرما زیاد آسیب می بیند.
- ۸- چوب همچنین یک ماده تجزیه پذیر است، بر اثر

رسیده است. در ساخت سازه از چوب، کیفیت درختان مورد استفاده به عنوان شاخص اصلی می‌باشد. با توجه به کیفیت انواع چوب‌ها می‌توان نتیجه گرفت که چوب درختانی که در منطقه کمربندی واقع در مدار ۶۶ درجه و ۳۳ درجه شمالی رشد نموده‌اند، مناسب‌ترین نوع چوب برای ساخت خانه می‌باشد. علت مرغوب بودن این چوب‌ها رشد کند درختان در مناطق سردسیر و بالا بودن چگالی و سخت شدن بافت‌های چوب می‌باشد. سبک‌سازی، مقاومت بالا در برابر زلزله، سرعت در ساخت و بازگشت سریع سرمایه، عایق‌بندی و کاهش چشمگیر مصرف انرژی، عمر طولانی و بالای ۱۰۰ سال سازه، زیبایی و سازگاری با اقلیم و آب‌وهوای مختلف، نداشتن نخاله ساختمانی از جمله مواردی هستند که ساخت خانه‌های چوبی را در ردیف خانه‌های جذاب و مورد اقبال در دنیا قرار داده است

#### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آزمایش‌های مکانیکی بر روی نمونه‌ها ملاحظه شد که سازه با گذشت زمان دچار کاهش مقاومت در برابر عوامل مخرب بیولوژیکی و فیزیکی می‌شود. نکته مهم در ساخت سازه چوبی استفاده از مواد حفاظتی بوده تا بتوان آن را در برابر این عوامل مخرب محافظت کرد. به طور معمول چوب سالم در شرایط عادی سرویس، بعد از مدت حدود ۴ سال شروع به آلودگی و تخریب می‌کند. در نمونه‌های آزمونی که از سازه جدا و خواص مقاومتی آنها اندازه‌گیری شده در سال‌های دوم و سوم آلودگی و کاهش در حد معنی‌داری دیده نشد و مقدار کم پوسیدگی و کاهش دانسیته ۵٪ و مقاومت به سختی چوب در حدود ۸٪ ملاحظه شد.

#### پیشنهاد

در هنگام ساخت سازه چوبی حتماً به موارد زیر دقت کنید.

- ۱- گونه چوبی مناسب انتخاب گردد؛
- ۲- از فردی مطلع و آگاه به صنایع چوب و سازه چوبی

#### معایب سیستم سازه‌های چوبی

با توجه به محاسباتی که هر سیستم سازه‌ای دارد، به طبع معایبی را نیز دارا می‌باشد که می‌توان این معایب را به حداقل رساند. متأسفانه به دلیل عدم آشنایی عمومی در بین جامعه به این سیستم ساختمانی و همین‌طور عدم اطمینان به آن و نمونه‌هایی از پروژه‌های این در کشور ما جایگاهی ندارد. به‌طورکلی این سیستم دارای معایب زیر می‌باشد.

- ۱- ضعف در مقابل آتش‌سوزی؛
- ۲- عدم استفاده در همه مناطق کشور؛
- ۳- نیاز به ماشین‌آلات متنوع در مواقعی که ساختمان به روش پیش‌سازی انجام می‌شود؛
- ۴- عدم استفاده در همه اقلیم‌های منطقه‌ای موجود در ایران؛
- ۵- عدم استفاده دولت از این سیستم در پروژه‌های خود؛
- ۶- نبودن نمونه‌های موفق این سیستم در کشور حتی در مناطق شمالی کشور؛

#### عوامل گرایش به سمت ساخت ساختمان‌های چوبی

در روش‌های نوین صنعتی‌سازی نه تنها به مسئله مسکن بلکه به بهره‌برداری بهینه از مصالح، سرعت و کیفیت ساخت نیز توجه شده است. یکی از راه‌های بهبود ایجاد مسکن استفاده از سیستم‌های ساخت و ساز صنعتی یا نیمه‌صنعتی می‌باشد که در اصطلاح فنی به آن به‌کارگیری مصالح پیش‌ساخته و نیمه‌پیش‌ساخته گفته می‌شود. در زمینه تولید ساختمان‌های نیمه‌پیش‌ساخته فناوری‌های بسیاری در کشورهای پیشرفته جهان ایجاد شده است. یکی از بهترین روش‌های تولید ساختمان نیمه‌پیش‌ساخته، فناوری و بهره‌برداری از چوب به عنوان رایج‌ترین و فراوان‌ترین مصالح موجود در طبیعت می‌باشد. به‌طوری‌که در آمریکا، کانادا، اروپا، ژاپن، چین و دیگر ممالک پیشرفته به‌عنوان یک سیستم پایدار و مطلوب مورد توجه قرار گرفته است. ایجاد مسکن بدین‌صورت برای حدود ۲ میلیارد نفر از مردم جهان گواه بر این ادعا می‌باشد. امروزه انسان در ساخت خانه‌های چوبی با تکیه بر علم و تکنولوژی به کیفیت و اهداف ویژه‌ای

2006. x,863p. [S 628(73) A512A 2006]
- Concrete construction engineering handbook.- 2nd ed/  
Edited by: Edward G. Nawy.- Boca Raton: CRC  
Press, 2008. various pagings . [R 693.5 (02) C744]
- A study of seismically resistant eccentrically braced  
steel frame systems/ Kazuhiko Kasai, Egor P.  
Popov.- Berkeley, California: Earthquake  
Engineering Research Center; University of  
California, 1986. xv ,281P. [699.841: 624.016.7  
K19S]
- Theory and design for mechanical measurements/  
Richard S. Figliola and Donald E. Beasley.- 4th. ed.-  
Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. xvi, 542 p.  
[681.2 0287 F472T 2006]
- Basic structures for engineers and architects/ Philip  
Garrison.- Oxford: Blackwell, 2005. xiii, 278 p.  
[624.9 G242B]
- Weathering behaviour of wood- faced construction  
materials/ K. de la Caba ... [et al]. In 'Construction  
and Building Materials'. 2007, June; Vo1.21, No.6:  
P. 1288-1294.
- Gangei S., 1989. A study of greep of wood. Taking into  
account the influence on constant as well as  
cyclically varying relative humidity. Doctoral thesis,  
institute of building materials, the royale institute of  
thechnology, Stockholm, Sweden.
- Gangei S. and Toratti, T., 1993. Long term bending  
creep of wood in cyclic relative humidity. Wood  
science and thechnology, Springer verlag 27:94-95.
- H.L. Frandsen, Wood Science and Timber Engineering,  
Paper No. 1 (annual report), Dept. of Building  
Technology and Structural Engineering, Aalborg  
University, Denmark 2005.

در طراحی و ساخت استفاده شود؛

۳- حتماً بعد از ساخت سازه با رنگ مناسب حفاظت  
شود؛

۴- قسمت‌های پایینی سازه که در ارتباط با خاک و  
زمین است و محل‌های آلودگی است قبل از نصب با  
ماده حفاظتی کاملاً عایق گردد؛

۵- تلاش شود تا سازه روی سکو بنا شود؛

۶- در قسمت اتصالات سازه از بست‌های فلزی استفاده  
شود؛

۷- بعد از اتمام ساخت سازه هر ۶ ماه تا یکسال حتماً  
توسط یک نجار سازه بازدید و قسمت‌های  
آلوده شده تعویض و مرمت گردد.

#### سیاسگزاری

لازم می‌دانم در اجرای این طرح تحقیقاتی از محققان  
بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن و مسئولان  
مجتمع تحقیقاتی البرز و به‌ویژه همکاران گرانقدرم (آقایان  
حسین کریمی و مهدی طهانی) سیاسگزاری نمایم.

#### منابع مورد استفاده

- ASTM standards related to environmental sampling.-  
3rd. ed.- West Conshohocken: ASTM International,

## Study the building wooden structures to withstand the effects of weather and destructive biological agents

F. Golbabaei<sup>1\*</sup>, R. Hajihassani<sup>2</sup> and K. Salehi<sup>3</sup>

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

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

Received: June, 2017

Accepted: Nov., 2017

### Abstract

With full respect for the principles of linking wood and conservation project Eldar pine because having good mechanical properties and availability of a wood structure in the form of pavilions chose alcove to the octagon without internal column with computer software Sketch up of Alborz research center with trees and landscaping of the complex was built. In making these structures all stages of the preparation of the wooden parts of drying are quite principled and dried in the open air during the six months were roof wood structure with the use of Eldar pine just Lambe was made in setting up the ceiling of solar connection on an octagonal timber wood using mortise and tenon mode and auxiliary metal was used. Sliding windows can be made to occupy less space. After completion of the period of three months to review the different pieces in different parts of the structure and measurements of physical densities, shrinkage and swelling and mechanical testing of hardness and impact resistance and protection review different parts of the fungal infection and decay structures was investigated. Since shortly after the beginning of the measure is going to change in the early stages of measuring statistically Darnbvdh but in the last stage of a decrease in density of about 5% and reduce the hardness of about 8% were signs of shrinkage and swelling in various parts of it to be seen.

**Keywords:** Wooden structures, pergolas, hardness, Eldar pine, rot.