

## بررسی مقاومت‌های مکانیکی اتصال ساخته شده از دو بل ممرز و مقایسه آن با دو بل پالونیا و صنوبر فشرده شده

عبدالله نجفی<sup>1</sup>، حسن نصیری تمسکینی<sup>2</sup>، مجتبی سلطانی<sup>3</sup>

### چکیده

در این تحقیق مقاومت انفصالی، برشی و لنگرخمشی اتصالات ساخته شده از چوب راش (*Fagus orientalis*) و سه نوع دو بل از جنس ممرز (*Carpinus betulos*)، پالونیا (فشرده شده 30%) و صنوبر (فشرده شده 30%) بررسی شد. محل قرار گرفتن دو بل با دستگاه کم‌کن به قطر 10 میلی‌متر و به طول 25 میلی‌متر که فاصله سوراخ‌های تعبیه شده در این تحقیق در سه سطح 10، 12، 15 میلی‌متر مشخص گردید. دو بل با چسب آغشته و در داخل سوراخ جاسازی و سپس با پیچ‌دستی تحت فشار قرار گرفت. نمونه ساخته شده اتصالات تحت آزمون‌های انفصالی، برشی و گشتاور خمشی قرار گرفتند. اثرات مستقل و متقابل متغیرهای مورد بررسی در قالب طرح آماری با سطح اطمینان 95 درصد بررسی گردید. نتایج نشان داد که نوع دو بل بر مقاومت انفصالی اثر معنی‌داری دارد، به طوری که اتصالات ساخته شده از دو بل‌های پالونیا فشرده بیش از سایرین مقاومت نشان می‌دهد. نتایج مربوط به نیروی برشی نشان داد که نوع دو بل و فاصله بین دو دو بل بر آن اثر معنی‌داری دارد به طوری که اتصالات ساخته شده از دو بل ممرز بیش از سایرین مقاومت نشان می‌دهد. به علاوه اگر فاصله بین دو دو بل 10 میلی‌متر باشد نسبت به دو حالت دیگر مقاومت برشی بیشتری دارد در صورتی که نتایج مربوط به گشتاور خمشی حاکی است که اگر فاصله بین دو دو بل 15 میلی‌متر باشد بیش از دو حالت دیگر مقاومت نشان می‌دهد. اتصالات ساخته شده از دو بل ممرز گشتاور بیشتری را تحمل کردند.

**واژه‌های کلیدی:** اتصال دو بل، فشرده‌سازی، نیروی برشی، لنگرخمشی، نیروی انفصالی، فاصله بین دو دو بل

---

1- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

ab\_najafi@yahoo.com

2- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

3- عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

## مقدمه

طراحی مهندسی در سازه‌های مبلمان بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد.

متاسفانه هنوز در کشور ما بر ساخت و ساز مبلمان روال سنتی و استادکاری حاکم است و قطعات مبلمان از چوب‌آلاتی تهیه می‌شود که بر آنها فرآوری درست و درجه‌بندی کیفیت و طبقه‌بندی جایگاه مصرف اعمال نشده است [1]. لذا مصنوعات ساخته‌شده نیز از کیفیت لازم برخوردار نبوده و دارای ضایعات فراوانی می‌باشند. از دلایل عمده بی‌توجهی به طراحی علمی مبلمان می‌توان به این نکته اشاره نمود که ایمنی و حداقل وزن مصالح ساخت، کمتر مورد توجه بوده و بنابراین انگیزه برای تحلیل علمی موضوع وجود نداشته‌است. بدون وجود نیاز، انگیزه‌ای هم برای تحقیقات در زمینه سازه‌مبلمان وجود نداشت. در نتیجه اطلاعات تفصیلی لازم در طراحی تحلیلی مبلمان، به مقدار کم فراهم آمده و یا هنوز ناقص است. ولی این اطلاعات در مورد سایر سازه‌ها مانند پل‌ها و ساختمان‌ها فراهم آمده و نتایج پژوهش‌های علمی منسجم، باعث پیشرفت‌های متعدد و تدوین استانداردهای مختلفی گردیده که به اجتماعات انسان‌ها، بهره‌های فراوان می‌رساند. اما در مورد مبلمان، قیمت و خوش‌نامی سازنده آن، همچنان معیار قضاوت روی کیفیت سازه مبلمان می‌باشد. بنابراین به منظور استفاده معقول از این ماده پرارزش در صنعت و افزایش کیفیت و عمر مفید مبلمان یکی از راهکارهای بالابردن عمر مفید اتصالات می‌باشد. علی‌رغم این‌که در چوب و فرآورده‌های آن به سهولت می‌توان اجزای سازه‌ها را با دامنه‌ی

چوب ماده‌ی خام طبیعی است که بعد از ذغال‌سنگ و نفت جایگاه سوم را در دنیا به خود اختصاص داده‌است. به‌سختی می‌توان ماده خام مشابه چوب یافت که به‌طور گسترده در دسترس باشد و با کمترین کار پرداخت‌شده و به‌شکل دلخواه آماده شود. این ماده‌ی خام دارای خصوصیات منحصر به فردی است که با شناخت هرچه بیشتر آن می‌توان استفاده‌های بهتری از آن به‌عمل آورد [8]. از جهت دیگر چوب به‌عنوان ماده‌ای برتر در میان پر مصرف‌ترین مواد ساختمانی است و در مقیاس جهانی بین سایر مواد خام، از موقعیت بهتری برخوردار است. به‌دلیل تقاضای روزافزون برای فرآورده‌های چوبی به‌علاوه محدودیت تولید چوب، نیاز به فرآورده‌های چوبی واجد خواص مهندسی هر روز بیشتر از گذشته احساس می‌شود. در تمام سازه‌های چوبی، قطعات به‌طریقی به‌یکدیگر وصل شده‌اند و اتصالات یکی از بخش‌های اصلی و حلقه‌های حساس بین عناصر یک سازه به‌شمار می‌آیند و به‌اعضا پیوستگی داده ثبات و استحکام سازه را موجب می‌شوند [1]. اتصالات بار وارده را به‌طور پیوسته تحمل کرده و بنیان سازه را به‌وجود می‌آورند در نتیجه نادیده‌گرفتن اهمیت اتصال صحیح سبب شکست سازه خواهد شد. در گذشته کمتر توجهی به طراحی مهندسی سازه مبلمان صورت می‌گرفت، اما با توجه به کمبود چوب به‌خصوص در ایران و همچنین استقبال از مصنوعات چوبی سبک‌تر و با حجم کمتر، لزوم

بار دوبل را بررسی کرده و نشان داد که تحمل بار دوبل بارگذاری شده در جهت الیاف متناسب با جرم ویژه چوب است ولی تحمل بار در دوبل-هایی که در جهت عمود بر الیاف بارگذاری شوند، متناسب با جرم ویژه و قطر دوبل است [21]. اکلمان<sup>2</sup> و همکاران (2002) مقاومت خمشی و کششی اتصال دوبل را در تخته لایه و OSB<sup>3</sup> ارزیابی کردند. بر اساس نتایج این تحقیق در-خصوص نمونه‌هایی با یک اتصال دوبل، مقاومت کششی به قطر و عمق نفوذ (طول) دوبل و دانسیته تخته وابسته است. در نمونه‌های ساخته-شده با دو اتصال دوبل، نامبردگان علاوه بر تعیین مقاومت اتصال نشان دادند که می‌توان مقاومت-خمشی سازه‌های ساخته‌شده از تخته لایه و OSB را باروش توسعه یافته برای چوب ماسیو محاسبه نمود [17]. جونگ<sup>4</sup> و همکاران (2009) در بهبود اتصال با استفاده از دوبل چوبی متراکم (فشرده-شده) بیان کردند که آن می‌توان جایگزین مناسبی برای دوبل‌های چوبی معمولی باشد. نتایج نشان-داد که دوبل چوبی متراکم نه تنها مقاومت انفصالی بلکه چسبندگی مناسبی نیز دارند [18]. لئیباری و همکاران (1382) به بررسی مقاومت کششی و برشی اشکال مختلف اتصال دوبل گونه‌ممرز در تخته‌خرده‌چوب پرداختند. نتایج نشان داد اثر مستقل عامل قطر بر مقاومت اتصال در برابر بار کششی و اثر متقابل عوامل نوع سطح، قطر و آزادی دوبل در سوراخ تخته بر مقاومت اتصال در برابر باربرشی و کششی معنی‌دار بودند. دوبل‌های

وسعی از اتصال‌دهنده‌ها، شامل چسب و اتصال-دهنده‌های مکانیکی به یکدیگر متصل نمود، اما در بسیاری از آنها دامنه عمل محدود می‌باشد [1]. امروزه تقاضای چوب برای مصارف مختلف مانند مبلمان و دکوراسیون و بسیاری موارد دیگر به‌طور گسترده‌ای در حال افزایش است. ولی محدودیت سطح جنگل‌های صنعتی، افزایش مصرف فرآورده‌های چوبی، طولانی‌بودن زمان بهره‌برداری گونه‌های جنگلی، روند روبه کاهش مجوز قطع سالیانه و تلاش برای حفاظت از جنگل‌ها موجب شده است که توجه مراکز تحقیقاتی برای تامین مواد اولیه، به سوی کاشت گونه‌های تند رشد (مانند پالونیا و صنوبر) جلب شود که در کوتاه‌مدت قابل بهره‌برداری هستند [14]. کمبود مواد اولیه چوبی در سال‌های اخیر صنعت چوب را با چالش‌های مهمی روبه‌رو کرده است [4 و 14]. زراعت درختان تندرشد یکی از راه‌های مقابله با این چالش‌ها است ولی از-طرف دیگر چوب این درختان به دلیل دانسیته کم در کاربردهایی که اولویت با مقاومت‌های مکانیکی است، ارزش چندانی ندارد [11]. فشرده‌سازی مکانیکی از جمله راه‌های افزایش دانسیته و متعاقب آن خواص مکانیکی چوب ماسیو است که می‌تواند با بهبود بخشیدن خواص مکانیکی ارزش اقتصادی چوب‌های سبک را افزایش دهد [7 و 11 و 13].

تحقیقات متنوعی در مورد اتصالات دوبل و روش‌های بهبود آن در چوب و فرآورده‌های چوبی انجام گرفت. ویلکینسون<sup>1</sup> (1991) تحمل-

<sup>2</sup> Eckelman

<sup>3</sup> Oriented Strand Board

<sup>4</sup> Jung

<sup>1</sup> Wilkinson

گونه بر مقاومت‌های مورد بررسی معنی‌دار بوده و اتصال ساخته‌شده از گونه راش بیش از سایر گونه‌ها ظرفیت گشتاورخمشی نشان می‌دهد [9]. بهمنی و همکاران با هدف بررسی متغیرها در اتصال با دوپل تعبیه‌شده روی تخته‌فیبر با دانسیته-متوسط (MDF) و به‌دست آوردن معادله تجربی با پیش‌بینی مقاومت‌کششی اتصال مذکور انجام دادند تا اطلاعات بنیادی و مقدماتی در رابطه اتصال با دوپل چوبی فراهم سازند. در این تحقیق، اثر متغیرهای قطر پین در سه سطح 6، 8 و 10 میلی‌متر و عمق نفوذ در دو سطح 9 و 12 میلی‌متر، بر نیروی انفصال بررسی شده‌است. نتایج نشان‌داد که بالاترین میزان مقاومت‌کششی اتصال با پین در تخته‌فیبر با دانسیته‌متوسط از پین با قطر 8 میلی‌متر در اعضای اتصال ایجاد می‌شود. در پایان با تحلیل‌های صورت‌گرفته معادله تجربی برای پیش‌بینی نیروی انفصال حاصل شد [5]. تحقیقات دیگری در زمینه فشردگی انجام گرفته‌است. شریفی‌نیا و همکاران (1388) اثر تیمار گرمایی مکانیکی را بر چوب صنوبر مورد ارزیابی قراردادند، چوب صنوبر پس از گرمادهی تحت پرس قرار گرفت و فشرده شد. نتایج تحقیق نشان‌داد که فشرده سازی منجر به افزایش دانسیته گونه‌چوبی مورد مطالعه و در نتیجه بهبود خواص مکانیکی آن می‌گردد [7]. جنینگز (2003) نیز دریافت با فشردگی خواص مکانیکی چوب افزایش می‌یابد. دانسیته مهم‌ترین خاصیت چوب است که افزایش آن افزایش خواص-مکانیکی را به‌همراه دارد [19]. ولزباکر<sup>1</sup> و

آجدار با قطر 10 میلی‌متر و عمق نفوذ 40 میلی-متر مقاومت بیشتری در برابر بارهای وارد شده داشتند [10]. محمدپور فرد و همکاران (1388) با هدف بررسی مقاومت‌انفصالی اتصال با دوپل چوبی، دوپل‌هایی از جنس ممرز انتخاب و با استفاده از چوب راش اتصالات T شکل ساختند. آزمون‌انفصالی بر نمونه‌های آزمون‌ی انجام گرفت و تاثیر سطح اتصال (مماسی یا شعاعی) و قطر سوراخ (هم‌اندازه با قطر دوپل و نیم میلی‌متر کمتر) بر مقاومت‌انفصالی در دو سطح رطوبت تعادل (10 و 15 درصد) را بررسی کردند. نتایج نشان‌داد که در رطوبت تعادل 15 درصد مقاومت انفصالی به‌طور نامحسوسی کاهش یافت. همچنین قطر سوراخ به‌طور معنی‌داری بر مقاومت‌انفصالی موثر بود. تاثیر سطح اتصال بر مقاومت‌انفصالی نیز معنی‌دار بوده و سطح شعاعی مقاومت بیشتری را نشان‌داد [12]. سلطانی و همکاران (1389) به بررسی مقاومت انفصالی اتصال T شکل ساخته-شده از چوب راش و دوپل ممرز پرداخته و نتیجه گرفتند که سوراخ هادی اثر معنی‌داری بر مقاومت انفصالی می‌گذارد [6]. ویسی و همکاران تاثیر ارتفاع و ضخامت زبانه اتصال ساخته‌شده از گونه‌راش و ممرز را بر مقاومت‌خمشی اتصال کام و زبانه مورد توجه قرار داده و نتیجه گرفتند که بیشترین مقدار مقاومت‌خمشی در اتصال ساخته-شده از گونه ممرز بوده‌است [16]. لشگری و همکاران به مطالعه مقاومت‌کششی و گشتاور-خمشی در اتصال کام و زبانه در اتصال T شکل از گونه‌های راش، توسکا و نوئل پرداخته و نتیجه گرفتند که اثر متقابل دو عامل طول زبانه و نوع

<sup>1</sup> Welzbacher

### مواد و روش‌ها

مواد: برای ایجاد اتصال از چوب راش برداشت شده از طرح جنگلداری علی‌آبادکتول استان گلستان استفاده شده است. قبل از ساخت اتصال، نمونه‌های چوب راش تا رطوبت 13/5 درصد خشک گردیدند و جهت جلوگیری از تبادل رطوبت در نایلون قرار داده شدند.

در این بررسی از سه نوع دویل به قطر 10 میلی‌متر و با بدنه صاف استفاده شد. سه نوع دویل از گونه‌های ممرز، صنوبر فشرده شده و پالونیا فشرده شده ساخته شدند. چوب ممرز از طرح جنگلداری النگذره گرگان، چوب صنوبر از طرح دست‌کاشت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و چوب پالونیا از طرح دست‌کاشت دانشگاه منابع طبیعی گرگان مورد استفاده قرار گرفت. گونه‌های مورد اشاره تا رطوبت  $2 \pm 14$  درصد خشک شدند. در این تحقیق از چسب پلی‌وینیل استات (چسب سفید نجاری) با مارک مشهد برای استحکام اتصال استفاده شد.

### فشرده‌سازی و روش تهیه دویل

تخته‌های شعاعی چوب ممرز به ابعاد مقطع  $1/2 \times 1/2$  سانتی‌متر مربع و به طول 200 سانتی‌متر بریده و سپس از دستگاه دویل‌زن عبور داده شدند تا باریکه استوانه‌ای شکل به قطر 10 میلی‌متر به دست آید. گونه ممرز به دلیل این که گره کم و دانسیته بالا دارد جهت دویل استفاده می‌شود. از باریکه‌ها، دویل ممرز به طول 5 سانتی‌متر تهیه گردید. با استفاده از پرس سرد ضخامت 17 میلی‌متر تخته‌های شعاعی چوب صنوبر و پالونیا

همکاران (2007) در زمینه فشرده‌سازی مکانیکی-حرارتی صنوبر نروژ در مقیاس صنعتی تحقیقاتی انجام دادند. ایشان تیمار حرارت-روغن را در کاربردهای بیرونی ساختمان مناسب تشخیص دادند [20]. یو و همکاران در مورد فشرده‌سازی چوب پالونیا و برگشت‌پذیری آن تحقیقاتی انجام دادند. آنها دریافتند که چوب پالونیا در 1 دقیقه و دمای 200 درجه سانتی‌گراد یا 8 دقیقه در دمای 180 درجه سانتی‌گراد هیچ برگشتی ندارد و کمترین کاهش خواص مکانیکی را به همراه داشته و سختی آن نیز افزایش می‌یابد [22].

این تحقیق تلاش دارد رفتارهای مکانیکی شامل مقاومت‌های گشتاور خمشی، نیروی انفصالی و نیروی برشی، اتصال ساخته شده از چوب راش و دویل ممرز، پالونیا فشرده شده و صنوبر فشرده شده را مورد بررسی قرار داده و در پی اهداف زیر می‌باشد:

- 1- بررسی اثر دویل‌های چوبی فشرده شده پالونیا و صنوبر بر مقاومت‌های مکانیکی اتصال در مقایسه با دویل‌های ممرز؛ که به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند؛
- 2- بررسی اثر فاصله بین دویل‌ها بر مقاومت‌های مکانیکی اتصال؛
- 3- بررسی امکان جایگزینی دویل‌های چوبی اصلاح شده (فشرده شده) پالونیا و صنوبر به جای دویل‌های ممرز که معمولاً استفاده می‌شود.

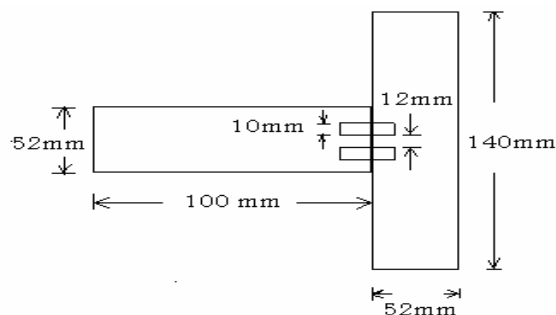
10 میلی‌متر و طول سوراخ 25 میلی‌متر سوراخ- شدند. فاصله سوراخ‌ها از هم در سه سطح 10 میلی‌متر، 12 میلی‌متر و 15 میلی‌متر در نظر گرفته شد. دو قطعه اتصال و دوپل‌ها به مقدار ثابت چسب سفید آغشته شده و در سوراخ قرار گرفته و اتصال ایجاد شده با گیره دستی به مدت 14 ساعت تحت فشار قرار گرفتند. شکل 1 ابعاد نمونه اتصال مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

اتصالات کدگذاری شدند (جدول 1) و سپس در نایلون قرار گرفته تا بدون تغییر رطوبت بر آنها آزمون‌های اتصال انجام گیرد.

به ضخامت 12/5 میلی‌متر رسانده شدند (30% فشرده سازی). سپس تخته‌های فشرده شده پالونیا و صنوبر جهت تهیه دوپل به ابعاد  $1/2 \times 1/2$  سانتی‌متر مربع و به طول 60 سانتی‌متر بریده و همانند ممرز از دستگاه دوپل زن عبور داده شدند. از هرگونه چوبی دوپل به طول 5 سانتی‌متر تهیه گردید.

### ساخت نمونه اتصال

اتصالات به صورت T شکل با 3 تکرار ساخته شدند. تخته‌های شعاعی راش به ابعاد  $14 \times 5/2 \times 3/5$  و  $10 \times 5/2 \times 3/5$  سانتی‌متر مکعب تهیه شدند. تخته‌ها به وسیله دستگاه کم‌کن به قطر



شکل 1- ابعاد نمونه اتصال مورد مطالعه

جدول 1- تیمارهای آزمون‌های مورد مطالعه

فاصله بین دو دوپل (میلی‌متر)	جنس دوپل	ردیف
10	پالونیا فشرده شده	1
12		2
15		3
10	صنوبر فشرده شده	4
12		5
15		6
10	ممرز	7
12		8
15		9

## آزمون‌های مکانیکی

جهت اندازه‌گیری مقاومت اتصالات ساخته شده در برابر بار برشی، گشتاورخمشی و بارانفصالی از دستگاه تست مکانیکی Schenck آزمایشگاه مکانیک چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، به کمک فک‌هایی که بارهای موردنظر را در هر آزمون وارد می‌کنند، استفاده گردید. سرعت بارگذاری براساس تحقیق Eckelman و همکاران (2002) 1/2 میلی‌متر بر دقیقه در نظر گرفته شد [17].

## طرح آماری

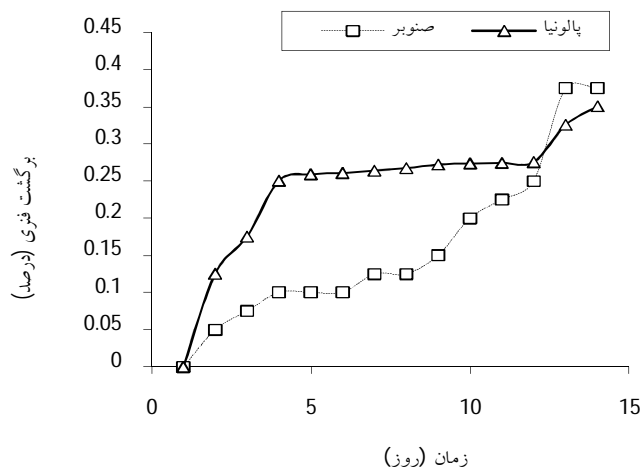
اثر مستقل و متقابل عوامل مورد مطالعه با- استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً- تصادفی و با سطح اطمینان 95 درصد مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج

### بازگشت فنری<sup>1</sup>:

متعاقب فشرده‌سازی از تخته‌های هر گونه 5 نمونه برداشت شده و تغییرات ضخامت آن در طی 14 روز در شرایط یکسان رطوبت و حرارت اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها در اتاق کليماتيزه در رطوبت 65 درصد و دمای 25 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. میانگین تغییرات ضخامت در شکل 1 نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود پالونیا در روزهای اولیه تغییرات بیشتری نسبت به صنوبر از خود نشان داده است.

<sup>1</sup> Spring Back



شکل 2- تغییرات ضخامت پالونیا و صنوبر بعد از فشرده‌سازی

پالونیا فشرده‌شده کمترین مقدار دانسیته را نشان می‌دهد.

تغییرات دانسیته بعد از فشرده‌سازی جدول 2 نتایج مربوط به تغییرات دانسیته بعد از عملیات فشرده‌سازی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود ممرز بیشترین مقدار دانسیته و

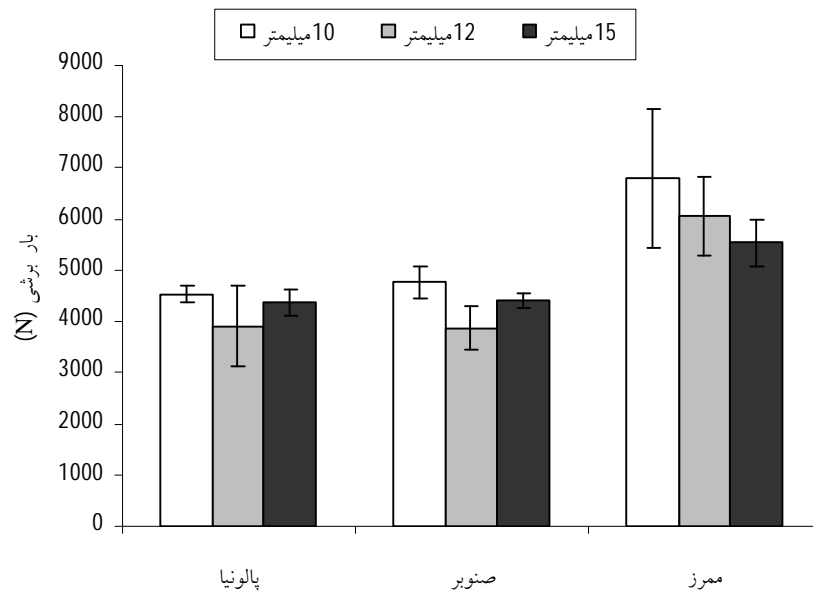
جدول 2- نتایج تغییرات دانسیته بعد از عملیات فشرده‌سازی

نوع گونه	قبل از فشرده‌گی ( $g/cm^3$ )	بعد از فشرده‌گی ( $g/cm^3$ )
ممرز	0/8	-
پالونیا فشرده	0/25-0/24	0/35-0/34
صنوبر فشرده	0/46	0/6

آزمون‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. در آزمون‌های اثر مستقل جنس دوپل و نیز اثر مستقل فاصله بین دو دوپل بر باربرشی وارد بر اتصال معنی‌دار می‌باشد. بر اساس جدول 3 اثر متقابل این دو عامل بر بار برشی معنی‌دار نبود.

بار برشی: شکل 3 نتایج آزمون‌های برشی اتصالات مورد مطالعه همراه با خطای استاندارد را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار باربرشی در اتصال ساخته‌شده از دوپل ممرز و با فاصله بین دو دوپل 10 میلی‌متر و کمترین مقدار در اتصال ساخته‌شده از پالونیا فشرده و با فاصله بین دو دوپل 12 میلی‌متر اندازه‌گیری شده‌است. جدول 3 نتایج آماری اثرات متغیرها در





شکل 3- نتایج آزمون باربرشی اتصالات مورد مطالعه

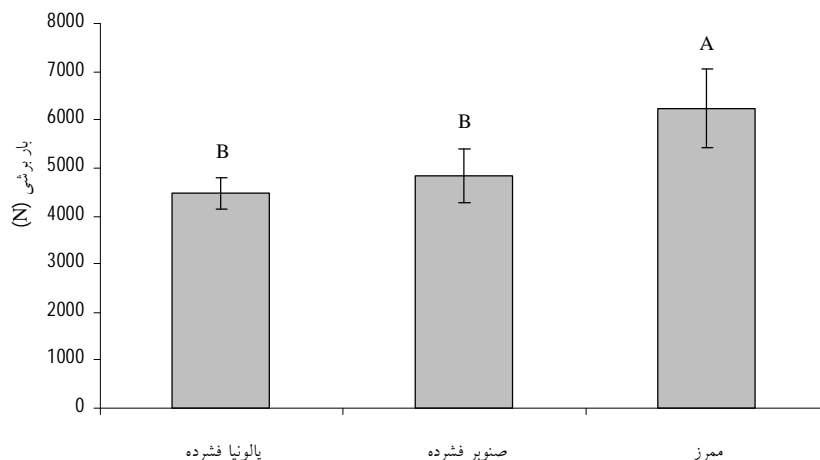
جدول 3- نتایج آماری اثرات متغیرها در آزمون های مورد بررسی

نوع آزمون	منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
بار برشی	جنس دوپل	$1/98 \times 10^7$	2	9925966	24/63	0/000
	فاصله دو دوپل	2806718	2	1403359	3/48	0/05
	جنس دوپل * فاصله دو دوپل	1433195	4	358298/8	0/889	0/490
بار انفصالی	جنس دوپل	6600872	2	3300435/8	13/265	0/000
	فاصله دو دوپل	86779/63	2	43389/8	0/174	0/841
	جنس دوپل * فاصله دو دوپل	1419611	4	354902/76	1/426	0/266
گشتاور خمشی	جنس دوپل	1951/79	2	975/90	13/24	0/000
	فاصله دو دوپل	1475/96	2	737/98	10/01	0/000
	جنس دوپل * فاصله دو دوپل	84/158	4	21/04	0/285	0/885

اساس گروه‌بندی میانگین‌های آزمون دانکن، اثر مستقل جنس دوپل بر باربرشی را در دو گروه دسته‌بندی کرده‌است. این آزمون دو دوپل پالونیا

شکل 4 اثر مستقل جنس دوپل بر باربرشی وارد بر اتصال را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار باربرشی در اتصال ساخته‌شده از دوپل ممرز می‌باشد. بر

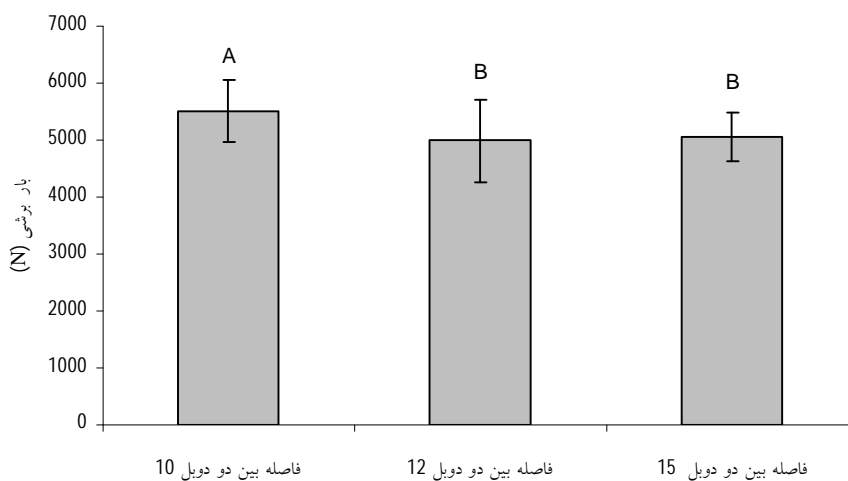
و صنوبر فشرده شده را در یک گروه و دوبل ممرز را به تنهایی در گروه دیگر قرار داد.



شکل 4- اثر جنس دوبل بر باربرشی اتصالات

میلی متر اندازه گیری شده است. گروه بندی میانگین ها بر اساس آزمون دانکن نیز فاصله 10 میلی متری دو دوبل را در یک گروه و دو فاصله 12 و 15 میلی متری را در گروه دیگر قرار داده است.

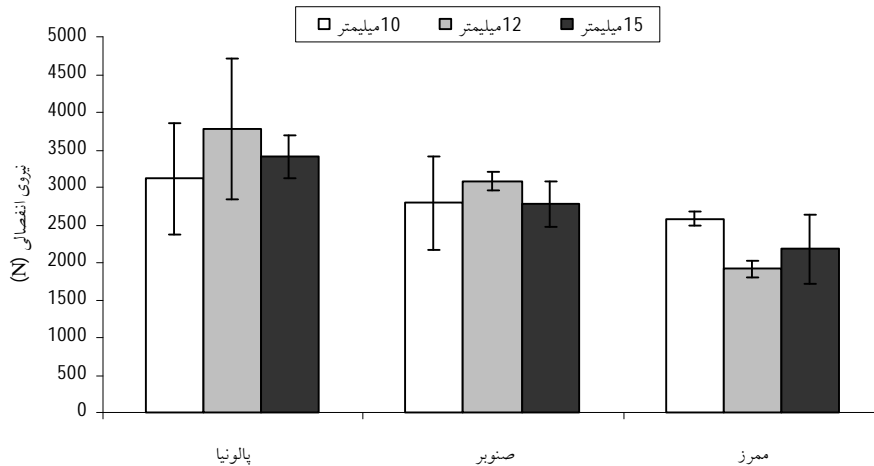
شکل 5 اثر فاصله بین دو دوبل بر باربرشی همراه با خطای استاندارد را نشان می دهد. بر طبق شکل افزایش فاصله بین دو دوبل کاهش مقدار باربرشی را به همراه دارد. بیشترین مقدار باربرشی در اتصال ساخته شده با فاصله بین دو دوبل 10



شکل 5- اثر فاصله بین دو دوبل بر باربرشی اتصالات

بارانفصالی در اتصال ساخته شده از دوپل پالونیای فشرده و با فاصله بین دو دوپل 12 میلی‌متر و کمترین مقدار در اتصال ساخته شده از دوپل ممرز و با فاصله بین دو دوپل 12 میلی‌متر اندازه‌گیری شده است.

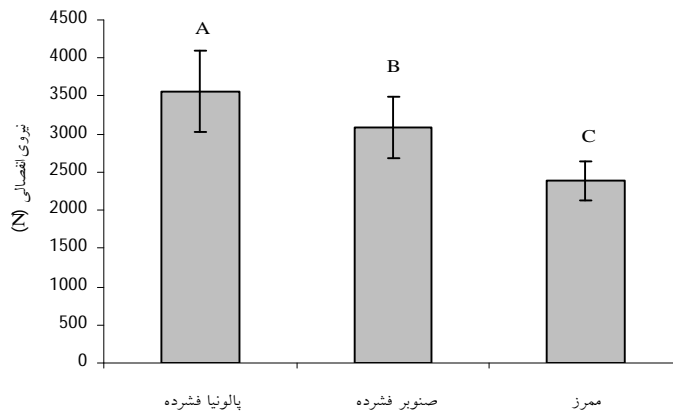
بارانفصالی: بر اساس جدول 3 تنها اثر جنس دوپل بر بارانفصالی وارد بر اتصال معنی‌دار می‌باشد. شکل 6 نتایج آزمون انفصالی اتصالات مورد مطالعه همراه با خطای استاندارد را نشان می‌دهد. بر اساس شکل، بیشترین مقدار



شکل 6- نتایج آزمون بارانفصالی اتصالات مورد مطالعه

فشرده شده و کمترین مقدار در اتصال ساخته شده از دوپل ممرز مشاهده می‌شود. گروه‌بندی میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن نیز هر یک از دوپل‌ها را در یک گروه قرار داده است.

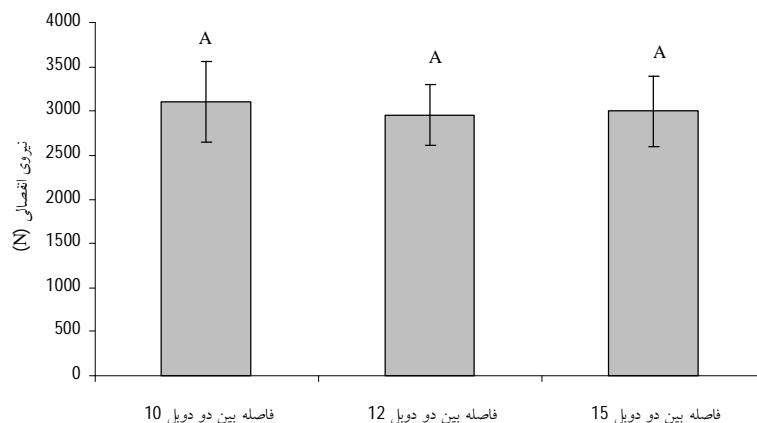
شکل 7 اثر جنس دوپل بر بارانفصالی اتصالات مورد مطالعه همراه با خطای استاندارد را نشان می‌دهد. بر اساس شکل 7 بیشترین مقدار باربرشی در اتصال ساخته شده از دوپل پالونیای



شکل 7- اثر جنس دوپل بر بارانفصالی اتصالات

بارانفصالی در شکل کاملاً روشن است. دانکن نیز هر سه را در یک گروه دسته‌بندی کرده‌است.

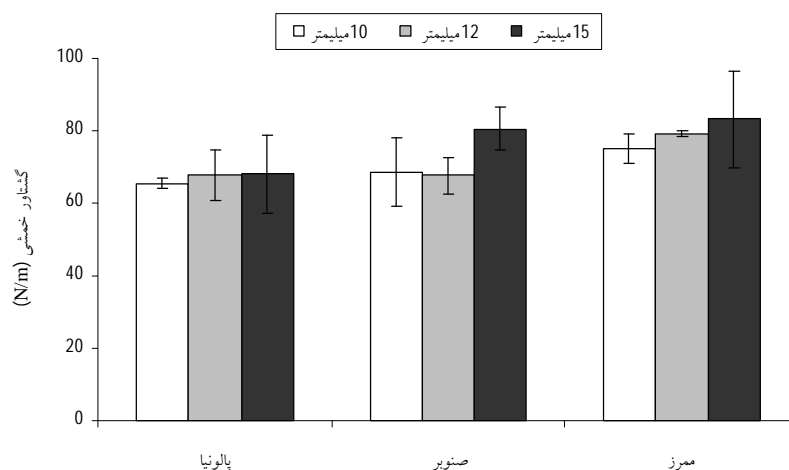
شکل ۸ اثر فاصله بین دو دوپل بر بارانفصالی همراه با خطای استاندارد را نشان می‌دهد. برطبق شکل، عدم تاثیر فاصله بین دو دوپل در



شکل ۸- اثر فاصله بین دو دوپل بر بار انفصالی اتصالات

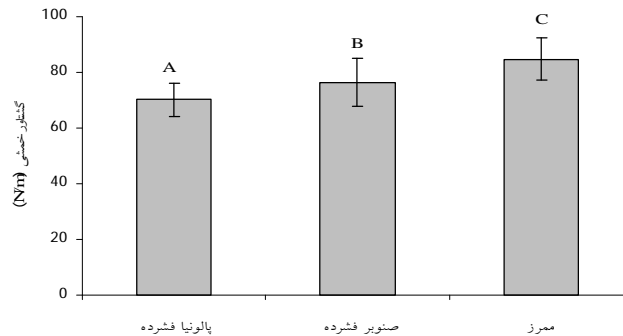
بیشترین مقدار گشتاور خمشی در اتصال ساخته شده از دوپل مرمرز و با فاصله بین دو دوپل ۱۵ میلی‌متر و کمترین مقدار در اتصال ساخته شده از دوپل پالونیا فشرده و با فاصله بین دو دوپل ۱۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شده‌است.

گشتاور خمشی: اثر مستقل جنس دوپل و نیز اثر مستقل فاصله بین دو دوپل بر گشتاور خمشی در اتصالات مورد بررسی معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). شکل ۹ نتایج آزمون گشتاور خمشی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود،



شکل ۹- نتایج آزمون گشتاور خمشی اتصالات مورد مطالعه

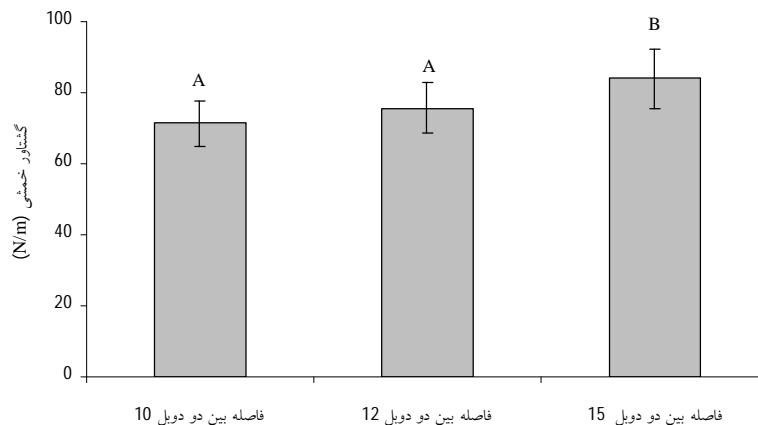
از دوپل پالونیا فشرده شده مشاهده می‌شود. اتصال ساخته از صنوبر فشرده شده در حالت بینابین قرار دارد. گروه بندی میانگین‌ها براساس آزمون دانکن نیز هریک از دوپل‌ها را در یک گروه جای داد.



شکل 10 اثر جنس دوپل بر گشتاور خمشی اتصالات مورد مطالعه همراه با خطای استاندارد آن را نشان می‌دهد. براساس شکل بیشترین مقدار ظرفیت گشتاور خمشی در اتصال ساخته شده از دوپل ممرز و کمترین مقدار در اتصال ساخته شده

شکل 10- اثر جنس دوپل بر گشتاور خمشی اتصالات

بین دو دوپل بر مقدار گشتاور خمشی افزوده می‌شود. گروه بندی میانگین‌ها براساس آزمون دانکن نیز اتصالی که فاصله بین دو دوپل 15 میلی‌متر بوده را به تنهایی در یک گروه و اتصالی که فواصل بین دو دوپل 10 و 12 میلی‌متر بودند را در گروه دیگر جای داد.



شکل 11 اثر فاصله بین دو دوپل بر گشتاور خمشی همراه با خطای استاندارد را نشان می‌دهد. برطبق شکل بیشترین مقدار گشتاور خمشی در اتصالی که فاصله بین دو دوپل 15 میلی‌متر بوده و کمترین مقدار گشتاور خمشی در اتصالی که فاصله بین دو دوپل 10 میلی‌متر بوده، اندازه‌گیری شده‌است. مشاهده می‌شود که با افزایش فاصله

شکل 11- اثر فاصله بین دو دوپل بر گشتاور خمشی اتصالات

## بحث و نتیجه‌گیری

باربرشی: بررسی آماری متغیرهای مورد بررسی بر باربرشی وارد بر اتصالات نشان داد که اثر مستقل نوع دوبل (با اطمینان 99 درصد) و نیز فاصله بین دو دوبل (با اطمینان 95 درصد) بر بار برشی معنی‌دار است. عامل مهم در بار برشی وارد بر اتصال دانسیته دوبل‌هاست. دوبل ممرز دانسیته بیشتری نسبت به دو دوبل دیگر دارد با ثابت بودن چسب در اتصال، نیروی برشی وارد بر اتصال تنها بر دوبل اثر می‌گذارد [1]. بنابراین با در نظر گرفتن تنها عامل جنس دوبل، دوبل ساخته شده از ممرز به دلیل داشتن دانسیته بیشتر تحمل باربرشی بیشتری را می‌نماید. اثر دانسیته بر مقاومت‌های مکانیکی چوب در بسیاری از منابع قابل ذکر است [2 و 3]. در بررسی آماری، فاصله دوبل‌ها نیز بر مقاومت برشی اثر معنی‌داری داشته است. اگر فاصله دو دوبل 10 میلی‌متر باشد نسبت به دو حالت دیگر نیروی برشی بیشتری لازم داشته و به تنهایی در یک گروه دسته‌بندی شده است و دو حالت فاصله 12 و 15 میلی‌متر در گروه دیگر قرار دارند.

بارانفصالی: در واقع بارکششی دو قطعه اتصال در خلاف جهت یکدیگر را بارانفصالی می‌نامند. عامل جنس دوبل بر نیروی انفصالی اثر معنی‌داری نشان داده است (در سطح اطمینان 99 درصد). اثر غیر معنی‌دار فاصله بین دو دوبل بر نیروی انفصالی کاملاً منطقی به نظر می‌رسد و هر سه سطح فاصله بین دو دوبل در یک گروه دسته‌بندی شده‌اند. تاثیر نوع گونه از آنجا ناشی می‌شود که

به دلیل فشردگی پالونیا و صنوبر و مختصر افزایش بعد در داخل سوراخ تعبیه شده برای دوبل، می‌تواند بر نیروی انفصالی اثرگذار باشد. در حالت عکس نیز نتایج محمدپور و همکاران (1388) در هنگامی که سوراخ برای اتصال دوبل نیم میلی‌متر تنگ‌تر تعبیه شده بود که افزایش معنی‌دار نیروی انفصالی وارد بر اتصال را در پی داشت نیز، دلیلی برای افزایش نیروی انفصالی در اتصالات ساخته شده از دوبل‌های فشردگی شده می‌باشد [6 و 12].

گشتاورخمشی: نقش گشتاورخمشی در مقاومت اتصال ترکیبی از دو حالت بار انفصالی و برشی است. زیرا بر دوبل در محل اتصال باربرشی و انفصالی وارد می‌گردد [1]. در اکثر مواقع اتصال دسته‌های صندلی بر پایه عقبی آن در معرض گشتاورخمشی است. اثر مستقل جنس دوبل، فاصله بین دو دوبل بر گشتاورخمشی در این مطالعه معنی‌دار بوده است (با اطمینان 99 درصد). دوبل‌های ممرز به دلیل داشتن دانسیته بیشتر نسبت به دوبل‌های فشردگی پالونیا و صنوبر ظرفیت گشتاورخمشی بیشتری دارند. آزمون دانکن نیز هر یک از دوبل‌های مورد مطالعه را در یک گروه قرار داد. صنوبر فشردگی شده به دلیل داشتن دانسیته بیشتر نسبت به پالونیا در گروه میانه قرار گرفته است. اثر فاصله بین دو دوبل بر گشتاورخمشی نیز معنی‌دار بوده است. عضو افقی اتصال شبیه به یک تیر گیردار عمل می‌نماید، پس هنگامی که فاصله بین دو دوبل تغییر می‌کند می‌توان دوبل‌ها را دو تکیه‌گاه فرض نمود که

بر اتصال وارد می‌گردد عامل دانسیته دویل عامل مهمی خواهد بود و دویل ممرز با داشتن دانسیته بیشتر مقاومت بیشتری بوجود می‌آورد. دویل ممرز نیز ظرفیت گشتاورخمشی بیشتری نسبت به سایر دویل‌ها نشان داد. هنگامی که عرض قطعه کار محدودیت ایجاد نکند و فاصله بین دو دویل قابل تغییر باشد پیشنهاد می‌شود فاصله بین دو دویل بیشتر در نظر گرفته شود تا تحمل گشتاورخمشی بیشتری بنماید.

هرچه فاصله آن دو بیشتر شود بر ظرفیت گشتاورخمشی افزوده می‌شود. گروه‌بندی میانگین‌ها نیز دو اندازه 10 و 12 میلی‌متری را در یک گروه و فاصله 15 میلی‌متری را به‌تنهایی در گروه دیگر قرار داد. نتایج فوق با نتایج سایر محققین نیز سازگاری دارد [17].

نتیجه‌گیری کلی نشان داد که در اتصالاتی که بیشتر در معرض بارانفصالی قرار می‌گیرند استفاده از دویل‌های پالونیا و صنوبر فشرده‌شده می‌تواند تحمل بار را افزایش دهد. در هنگامی که باربرشی

## منابع

- 8- عنایتی ع، 1385: فیزیک چوب، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ص. 293.
- 9- لشگری، ا، خادمی اسلام، ح، حمصی، ا، 1388. بررسی مقاومت کششی و گشتاور خمشی در اتصال زانه و کم در سازه‌های چوبی، دو فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد 24، شماره 2، 285-294.
- 10- لئیاری، ج، ا، نوری، ح، غفرانی، م، 1384، بررسی مقاومت برشی اتصال دوبل در اتصال تخته خرده چوب، مجله علوم کشاورزی، شماره (1): 135-148.
- 11- محمدی، ع، ر، 1387، اثرات جهت فشردگی درصد فشردگی تیمار بخار بر خواص مکانیکی چوب پالونیا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی گرگان، دانشکده چوب و کاغذ
- 12- محمد پور فرد، ک، 1388، مقایسه رفتارهای مکانیکی اتصال پینی با دوبل چوبی اصلاح شده و اصلاح نشده، پایان نامه کارشناسی- ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، دانشکده کشاورزی
- 13- محبی، ب، 1382. اصلاح چوب و مواد لیگنو سلولزی و فناوری‌هایشان، همایش ملی فراوری و کاربرد مواد سلولزی 9 تا 10 مهر، رضوان شهر 405-40/12
- 14- مشیر وزیری ه،، مخدومی ع،، 1371: صنوبرهای ایران پشوانه حیات جنگل و توسعه صنعت، دفتر فنی صنایع چوب، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ص. 336.
- 1- ابراهیمی، ق، 1386. طراحی مهندسی سازه مبلمان، انتشارات دانشگاه تهران، 491 صفحه
- 2- ابراهیمی ق. 1367: مقاومت‌های مکانیکی چوب و عناصر آن و تحلیل تاب اوراق لایه‌ای چوب، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ص 380.
- 3- ابراهیمی، ق، 1368، مکانیک چوب و فرآورده‌های مرکب آن، ترجمه، انتشارات دانشگاه تهران، 680 صفحه
- 4- بی‌نام، 1385، گزارش صنوبر کارهای ایران، دفتر فنی صنایع چوب، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور.
- 5- بهمنی، م، فتحی، لیلا، ابراهیمی، ق،، 1389، بررسی امکان استفاده از گونه چوبی ممرز برای ساخت اتصال با دوبل چوبی در تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)، نخستین همایش ملی فناوری‌های نوین در صنایع چوب و کاغذ، اردیبهشت 1389.
- 6- سلطانی، م، نجفی، ع، محمدپور فرد، ک، 1389. بررسی مقاومت انفصالی اتصال T شکل چوب راش و دوبل ممرز، مجله علوم و فنون منابع طبیعی.
- 7- شریفی نیا، ح، 1387، بررسی اثر تیمار ترکیبی گرمایی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی صنوبر دلتوئیدس پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی.



17- Eckelman, C.A., Y.Z. Erdil, and J. Zhang. 2002. Withdrawal and Bending Strength of Dowel Joints constructed of Plywood and Oriented Strand Board. *Forest Products Journal* 52(9):66-74

18- Jung, K., Murakami, S., Kitamori, A., Komatsu, K., (2009). Improvement of Glued in Rod (GIR) joint system using compressed wooden dowel.

19- Jennings, J.D., 2003: Investigation the Surface Energy and Bond Performance of Compression Densified Wood, M. Sc. Thesis, Virginia Polymeric Institute and State University, 147 pages.

20- Welzbacher, C.R. J, Wehsener. A.O, Rapp & P, Haller. 2007. Thermo-mechanical densification combined with thermal modification of norway spruce (*picea abies karst*) in industrial scale- Dimensional stability and durability aspects. *Holz Roh werkst.* vol 66:39-49.

21- Wilkinson, T. L., 1991. Dowel bearing strength . Research paper forest products laboratory. No.FPL-505, 9P.

22- Yuhe, C. & James H, Meehl. 1999. Factors of affecting the spring back of compressed Paulownia wood. *J of Forestry Research*, volume 10, No 3

15- نوری. ح، 1382 بررسی مقاومت برشی جانبی انواع اتصالات دابل، پیچ و گوشه‌ای فلزی در تخته خرده‌چوب روکش‌دار و بدون- روکش، مجله پژوهش و سازندگی، شماره 72- 2-5

16- ویسی، ج، ابراهیمی، ق، بهمنی، م، 1389، بررسی تاثیر ارتفاع و ضخامت زبانه اتصال ساخته شده از گونه‌های راش و ممرز روی مقاومت خمشی اتصال کام و زبانه، دو فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد 25، شماره 1، 128-137.

