

پیش‌بینی خواص مکانیکی تخته خرده چوب و تحلیل رفتار متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب با استفاده از معادله‌های خطی و نمایی

محمد عربی^{۱*}، مهدی فائزی پور^۲، محمد لایقی^۳ و علی اکبر عنایتی^۴

*- مسئول مکاتبات، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

پست الکترونیکی: marabi2009@gmail.com

۲- استاد گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- استاد گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۸۸

چکیده

این تحقیق با هدف تعیین نوع معادله مناسب برای توضیح اثر متقابل اندازه ذرات و درصد چسب و همچنین پیش‌بینی خواص مکانیکی تخته خرده چوب انجام شد. بدین منظور از سه سطح دانسیته ۰/۶۵، ۰/۷، ۰/۷۵ g/cm^۳ و سه سطح درصد چسب ۸، ۹/۵ و ۱۱٪ و چهار سطح ضریب کشیدگی ۴۶/۳۵، ۳۳/۷، ۲۱/۵۱ و ۱۲/۸۷ استفاده شد. معادله مربوط به هر یک از خواص مکانیکی بر اساس سه متغیر مستقل درصد چسب، دانسیته و ضریب کشیدگی به روش رگرسیون چند متغیره با نرم افزار Shazam 9 به سه صورت خطی، درجه دو و نمایی بدست آمدند. براساس تحلیل نرم‌افزار و مقدار (P-Value)، در سطح یک درصد معادله درجه دو برای هیچکدام از ویژگی‌های مکانیکی تخته‌خرده چوب معنی‌دار نشد، ولی معادلات خطی و نمایی معنی‌دار شدند. نتایج بدست آمده همچنین نشان داد که معادله نمایی نسبت به معادله خطی هم اثر متقابل اندازه ذرات و درصد چسب را بهتر توصیف کرده و هم خواص مکانیکی تخته‌خرده چوب را با درصد خطای کمتری پیش‌بینی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: خواص مکانیکی، دانسیته، درصد چسب، ضریب کشیدگی، معادله نمایی

مقدمه

باشد. به طوری که تاکنون از روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی برای پیش‌بینی خواص مکانیکی تخته‌خرده چوب استفاده شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان روش‌های آماری، روش‌های غیر مخرب، مدل‌های مکانیکی و روش‌های هوشمند را نام برد. روش‌های آماری از جمله اولین روش‌هایی بودند که برای پیش‌بینی

امروزه تلاش برای پیش‌بینی خواص مکانیکی فراورده‌های مرکب چوبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا استفاده از این روش می‌تواند منجر به برآورد سریع و ارزان‌تر خواص این فراورده‌ها گردد و همچنین دارای آثار تخریبی کمتری نسبت به روش‌های استاندارد

ارتباط آن با چسبندگی داخلی تخته خرده چوب مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که امکان پیش‌بینی IB براساس سرعت انتشار امواج فراصوت وجود دارد. Yapici و همکاران (2009) به منظور تعیین مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسته فلیک‌برد از منطق فازی استفاده کردند. براساس الگوی منطق فازی مقادیر MOR و MOE به ترتیب با دقت $95/27\%$ و $96/78\%$ پیش‌بینی شدند. Estoloan و همکاران (2009) بیان داشتند که شبکه عصبی ساخته شده توسط آنها می‌تواند چسبندگی داخلی تخته خرده چوب را با استفاده از اطلاعات مربوط به دانسیته تخته، محتوای رطوبت، واکنشیدگی ضخامت و جذب آب در محدوده قابل قبولی پیش‌بینی می‌کند. در درصد چسب ثابت، مقدار سطح چسب خورده خرده چوب‌ها بین ذرات ریز (خاکه‌ها و ذرات با ضریب کشیدگی پایین) و ذرات درشت (تراشه‌ها و ذرات با کیفیت بالاتر)، به دلیل اختلاف در سطح ویژه آنها یکسان نیست (Lin و همکاران، 2004). بنابراین یک معادله خطی ساده نمی‌تواند به خوبی این پدیده را توضیح دهد. همچنین به نظر می‌رسد در نظر گرفتن اثر متقابل اندازه ذرات و درصد چسب و تأثیر آن بر مقاومت‌های مکانیکی تخته خرده چوب، درصد خطای پیش‌بینی را کاهش بدهد. از این رو، هدف از این مطالعه این است که ابتدا به بررسی اثر متقابل اندازه ذرات و درصد چسب و تأثیر آن بر چگونگی تغییرات خواص مکانیکی تخته خرده چوب در قالب معادله‌های خطی، نمایی و درجه‌دو پردازد و در نهایت بهترین معادله برای برآورد خواص مکانیکی تخته خرده ارائه شود.

خواص مکانیکی تخته خرده چوب به کار رفتند. روش‌های آماری از سادترین شکل مثل رگرسیون‌های یک متغیره تا شکل‌های پیچیده‌تری مثل رگرسیون‌های چند متغیره برای پیش‌بینی خواص مکانیکی تخته خرده چوب به کار گرفته شده‌اند

(Wang and Lam 1999; Hoover et al. 1992; Lehmann, 1974)

روش‌های آماری به‌رغم داشتن معایبی نظیر (دقت کمتر، قابل استفاده در محدوده مطالعه، و نیاز به کالیبره شدن برای تعمیم به سایر شرایطها) در سال‌های اخیر نیز مورد استفاده قرار گرفتند

(کارگرفرد و همکاران، ۱۳۸۷; Fernandez et al., 2008).

از پرکاربردترین مدل‌های مورد استفاده در صنایع چوب، مدل‌های مکانیکی هستند. کاربرد این مدل‌ها بیشتر در تحلیل مکانیک شکست چوب و کامپوزیت‌های چوبی، تحلیل اتصالات و فرایند انتقال جرم و حرارت در چوب است. در بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۴ حدود ۳۰۰ مقاله در زمینه کاربرد تکنیک اجزای محدود برای تحلیل مکانیک چوب و کامپوزیت‌های چوبی انجام شده است (Mackerle, 2005). آزمون‌های غیرمخرب نیز روش‌های مفید و کارآمدی برای پیش‌بینی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب به حساب می‌آیند.

Lin و همکاران (2004) از تکنیک آنالیز تصویر به‌عنوان یک آزمون غیرمخرب برای برآورد سریع چسبندگی داخلی تخته خرده چوب استفاده کردند (SIMPA). آنها با آنالیز تصاویر و محاسبه نسبت سطح پوشیده شده با رزین به سطح پوشیده نشده از رزین بیان کردند که همبستگی قوی بین سطح چسب خورده ذرات و چسبندگی داخلی تخته خرده چوب وجود دارد. Sun & Arima (1999) نیز سازوکار انتشار امواج فراصوت و

مواد و روشها

برای ساخت تخته‌ها ابتدا چوب صنوبر با اره نواری به قطعات کوچک بریده شد و بعد با دستگاه پالمن به خرده چوب تبدیل شد. خرده چوب‌های تهیه شده توسط خشک‌کن استوانه‌ای دوار به میزان ۳ درصد خشک شده و بعد توسط سه الک دستی ۵، ۸ و ۱۲ مش الک شدند و بدین ترتیب چهار سطح اندازه ذرات +۵، -۵، +۸، -۸، +۱۲، -۱۲ مش به دست آمدند. برای اندازه‌گیری ابعاد مربوط به هر سطح از خرده چوب‌ها ابتدا میزان ۲ گرم از خرده چوب‌ها وزن و بعد طول، پهنا و ضخامت خرده چوب‌ها توسط کولیس

اندازه‌گیری شد. ضریب‌های کشیدگی، پهنی و ظاهری مربوط به هر سطح از خرده‌چوب‌ها در جدول (۱) آمده است. مقدار خرده‌چوب مورد نیاز برای ساخت هر تخته آزمایشی پس از توزین، درون چسب‌زن ریخته شد و بعد اسپری چسب توسط پیستوله انجام شد. خرده‌چوب‌های چسب خورده پس از توزین برای تشکیل یک در قالبی به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر ریخته شد و با استفاده از عمل پیش‌پرس فشرده و بعد برای ساخت تخته خرده‌چوب در پرس هیدرولیکی گرم قرار داده شدند.

جدول ۱- ضریب‌های ظاهری، کشیدگی و پهنی مربوط به هر سطح از خرده‌چوب‌ها

ضریب پهنی	ضریب لاغری	ضریب ظاهری	ضخامت (mm)	عرض (mm)	طول (mm)	مش
۵/۸۵	۴۶/۳۵	۶/۹۴	۱/۱۹ (۰/۳۱)	۷/۹ (۳/۵)	۵۵/۱ (۷/۷۸)	+ ۵
۵/۵۷	۳۳/۷	۶/۰۵	۰/۸۴ (۰/۰۹)	۴/۷ (۱/۳)	۲۸/۴ (۳/۱۶)	-۵ +۸
۳/۳۵	۲۱/۵۱	۵/۹۳	۰/۶۵ (۰/۲۲)	۲/۲ (۰/۴)	۱۳/۵ (۳/۸۱)	-۸ +۱۲
۲/۶۵	۱۲/۸۷	۴/۸۵	۰/۳۱ (۰/۱۴)	۰/۸۲ (۰/۲۲)	۳/۹۸ (۲/۳۳)	+۱۲

*اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهند.

تخته‌های ساخته شده پس از خروج از پرس شماره‌گذاری و جهت یکنواخت شدن رطوبت و متعادل‌سازی تنش داخلی به مدت دو هفته در اتاق کلیما (رطوبت نسبی ۶۵٪ و دمای ۲۰°C) قرار گرفتند. در این مطالعه با توجه به تعداد و سطح متغیرها (سه سطح دانسیته، سه سطح درصد چسب و چهار سطح ضریب کشیدگی) ۳۶ تیمار بدست آمد. از هر تیمار سه تکرار (سه تخته) و از هر تکرار سه نمونه تهیه شد. در نهایت برای هر یک از خواص مکانیکی ۳۲۴ نمونه آزمونی بدست آمد. نمونه‌های آزمونی با تبعیت از استاندارد EN ۳۱۰ برای مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته و با تبعیت از

استاندارد EN ۳۱۹ برای چسبندگی داخلی تهیه و با استفاده از دستگاه اینسترون آزمایش شدند.

نتایج

پس از انجام آزمایش‌ها و تهیه داده‌ها، ابتدا معادله مربوط به هر یک از خواص مکانیکی (مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی) براساس سه متغیر اندازه ذرات (ضریب‌کشیدگی) درصد چسب، و دانسیته به روش رگرسیون چند متغیره با نرم‌افزار Shazam9 به سه صورت خطی، درجه دو و نمایی بدست آمدند. معادله درجه دو برای هیچ کدام از خواص مکانیکی تخته‌خرده

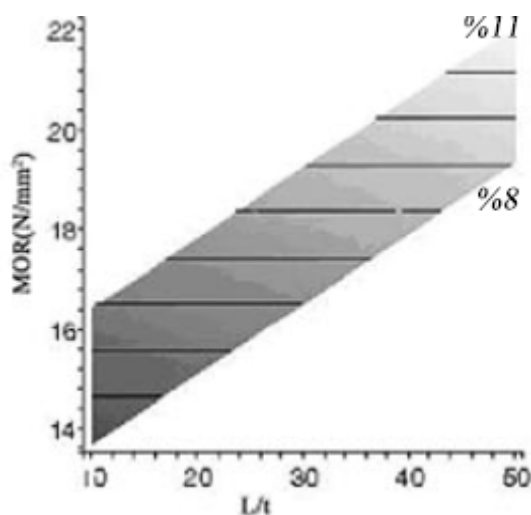
چسب را بر خواص مکانیکی تخته خرده بهتر توصیف کند از نرم‌افزار 9 Maple استفاده شد. بدین منظور با در نظر گرفتن دانسیته ثابت (0.7 g/cm^3) نمودارهای مربوط به اثر متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب با استفاده از معادله‌های خطی و نمایی به صورت دو بعدی (صفحه‌ای) رسم شد.

معنی‌دار نشد (مقدار P-Value در سطح ۱ درصد). ولی معادله‌های خطی و نمایی برای خواص مکانیکی تخته خرده معنی‌دار شدند. بدین ترتیب معادله‌های ۱ و ۲ برای مقاومت خمشی، ۳ و ۴ برای مدول الاستیسیته و ۵ و ۶ برای چسبندگی داخلی تخته خرده چوب بدست آمدند. برای بررسی اینکه از بین معادله خطی و نمایی کدامیک بهتر می‌تواند اثر متقابل ضریب کشیدگی و درصد

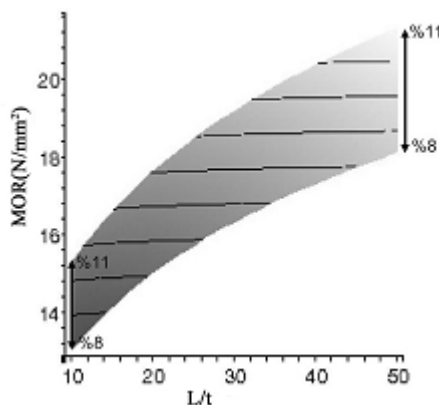
مقاومت خمشی

$$\text{MOR} = (61D) + (0.54851G) + (0.14082L/t) - 34.283 \quad \text{معادله ۱ (خطی)}$$

$$\text{MOR} = (D)^{2.4892} \cdot (G)^{0.3165} \cdot \left(\frac{L}{t}\right)^{0.20578} \cdot e^{2.3656} \quad \text{معادله ۲ (نمایی)}$$



شکل ۱- اثر متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب بر مقاومت خمشی (مدل خطی)



شکل ۲- اثر متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب بر مقاومت خمشی (مدل نمایی)

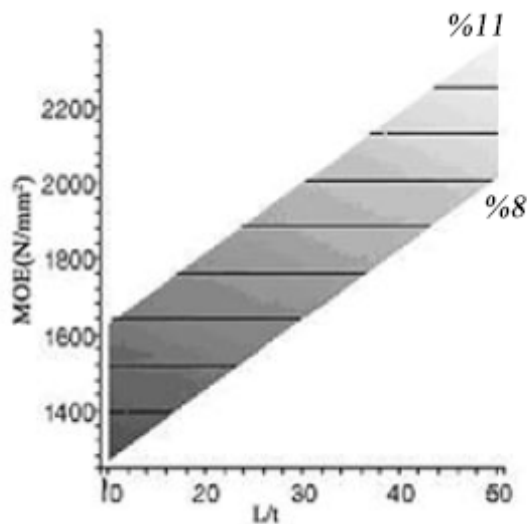
در معادله‌های ۱ و ۲ $MOR =$ مقاومت خمشی، $D =$ دانسیته، $G =$ درصد چسب، $L =$ ذرات طول، $t =$ ذرات ضخامت و $e =$ عدد نپر $= 2/718228$ می‌باشد.

مدول الاستیسیته

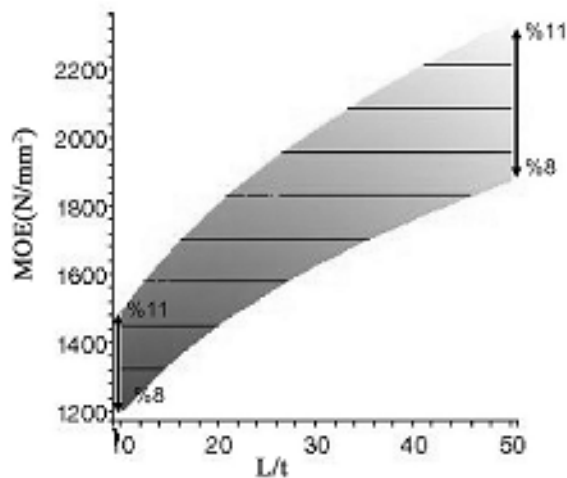
$$MOE = (71.94.g) + (18.572.L/t) + (6377.6.d) - 3882 \quad \text{معادله ۳ (خطی)}$$

$$MOE = (D)^{2.6809} \cdot (G)^{0.41046} \cdot \left(\frac{L}{t}\right)^{0.27956} \cdot (e)^{6.6005} \quad \text{معادله ۴ (نمایی)}$$

در معادله‌های ۳ و ۴ $MOE =$ مقاومت خمشی، $G =$ درصد چسب، $D =$ دانسیته، $L =$ ذرات طول، $t =$ ذرات ضخامت و $e =$ عدد نپر $= 2/718228$ می‌باشد.



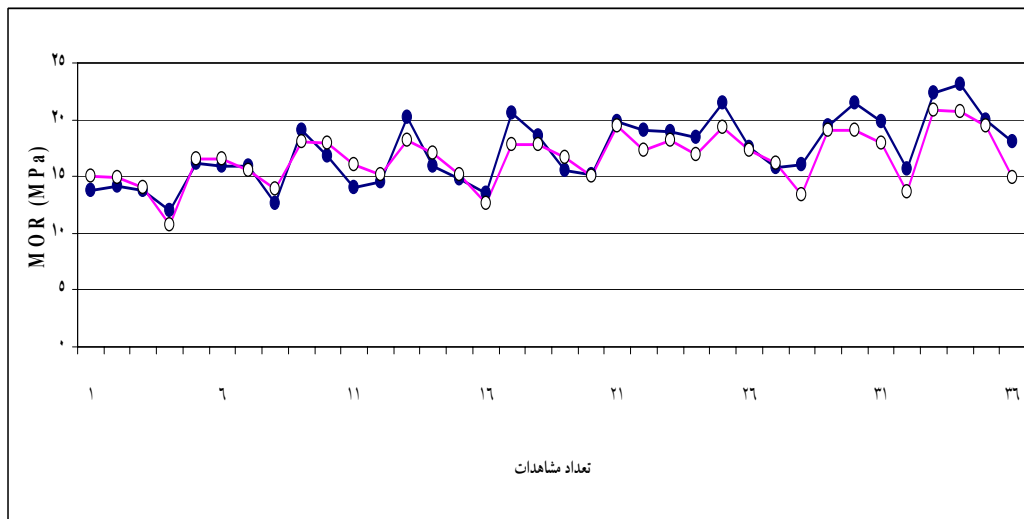
شکل ۳- اثر متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب بر مدول الاستیسیته (مدل خطی)



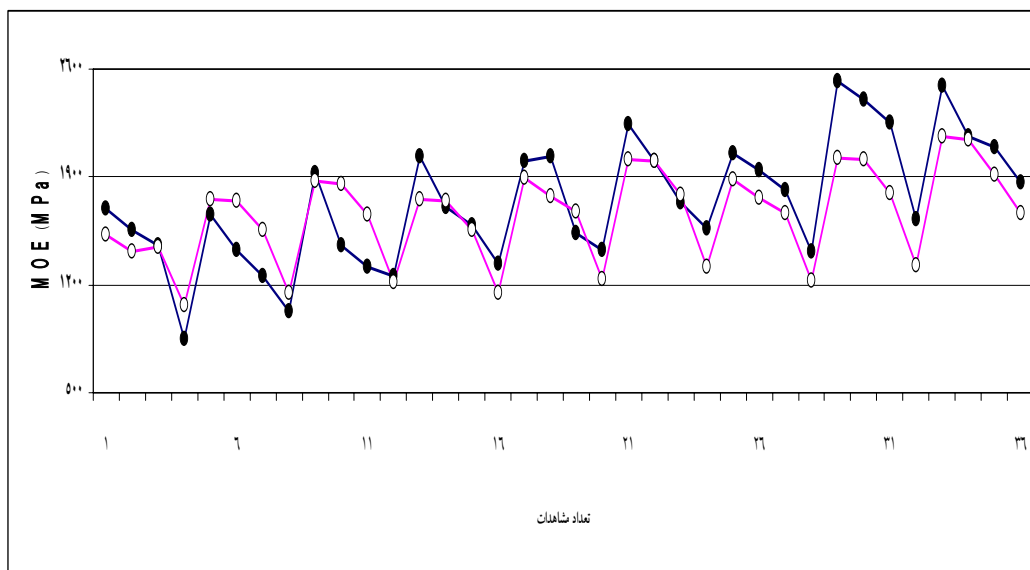
شکل ۴- اثر متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب بر مدول الاستیسیته (مدل نمایی)

مکانیکی را تحت تأثیر قرار داده است. به طوری که با افزایش درصد چسب، ذرات درشت‌تر با داشتن سطح ویژه کمتر، مقدار رزین بیشتری دریافت می‌کنند و مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را بیشتر افزایش می‌دهند. بنابراین نتایج نشان داد که فقط یک تابع نمایی قادر به توضیح اثر متقابل درصد چسب و اندازه ذرات است (شکل ۲ و ۴). شکل‌های ۵ و ۶ داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های پیش‌بینی شده بر اساس تابع نمایی را به ترتیب برای مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نشان می‌دهند.

شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ چگونگی افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته با افزایش متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب را نشان می‌دهند. شکل ۱ و ۳ نشان می‌دهد که با افزایش درصد چسب و ضریب کشیدگی مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته به طور خطی افزایش می‌یابند. شکل‌های ۲ و ۴ نشان می‌دهند که به ازای افزایش یک درصد چسب، ذراتی که ضریب کشیدگی بالاتری دارند در مقایسه با ذراتی که ضریب کشیدگی پایین‌تری دارند مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را به مقدار بیشتری افزایش می‌دهند. تفاوت بین سطح ویژه ذرات مختلف و اثر آن بر توزیع و پراکندگی رزین مقاومت‌های



شکل ۵ - مقایسه داده‌های آزمایشگاهی و پیش‌بینی شده بر اساس تابع نمایی (● آزمایشگاهی ○ پیش‌بینی شده).



شکل ۶ - مقایسه داده‌های آزمایشگاهی و پیش‌بینی شده براساس تابع‌نمایی (● آزمایشگاهی ○ پیش‌بینی شده).

چسبندگی داخلی

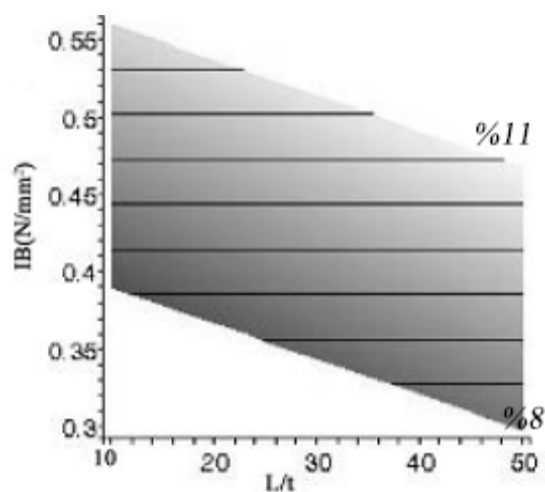
$$IB = (0.6924D) + (0.034079G) - (0.0022851L/t) - 0.31083$$

معادله ۵

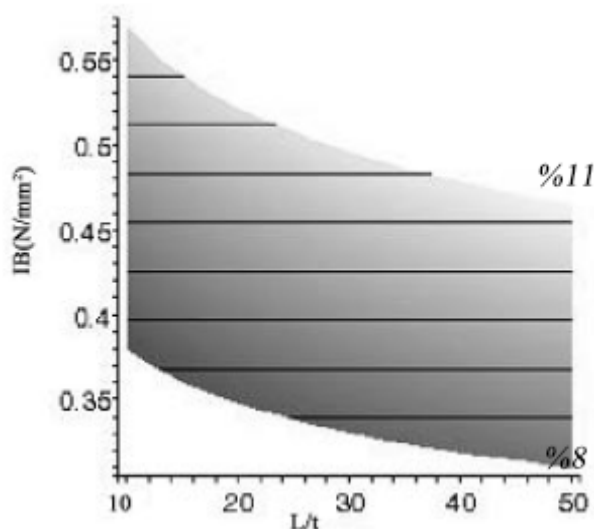
$$IB = (D)^{1.1843} \cdot (G)^{0.75245} \cdot \left(\frac{L}{t}\right)^{-0.12489} \cdot e^{-1.7228}$$

معادله ۶

به ترتیب در معادله‌های ۵ و ۶ IB = چسبندگی داخلی، D = دانسیته، G = درصد چسب، L = ذرات طول، t = ذرات ضخامت و $e = ۲/۷۱۸۲۲۸$ عدد نپر = e می‌باشد.



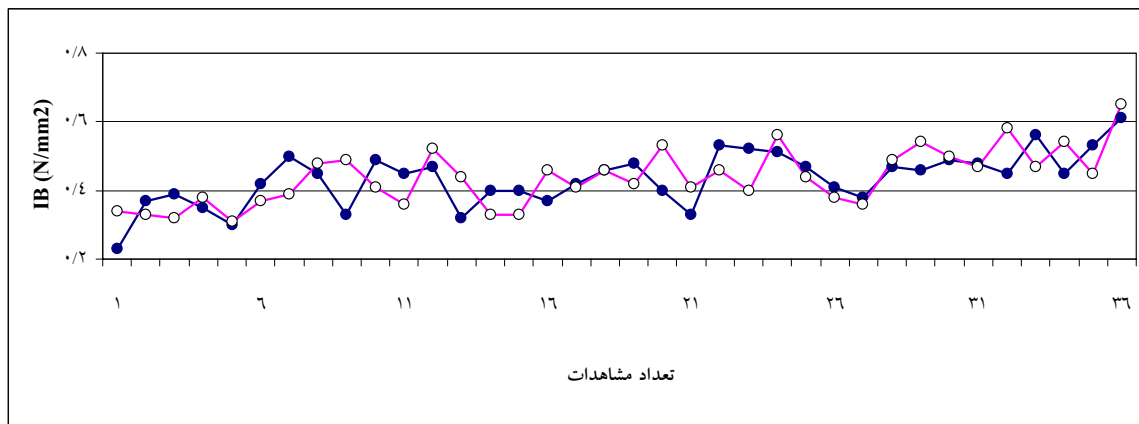
شکل ۷- اثر متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب بر چسبندگی داخلی (مدل خطی)



شکل ۸- اثر متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب بر چسبندگی داخلی (مدل نمایی)

بدین ترتیب از طرفی دیگر با افزایش اندازه ذرات، حجم خلل و فرج در تخته خرده چوب نیز به‌طور غیر خطی افزایش پیدا می‌کند. با افزایش اندازه ذرات از ۲۴ مش به ۱۳+ مش سطح چسب‌خورده ذرات و حجم فضای خالی به ترتیب ۷ و ۳/۰۹ درصد افزایش می‌یابد و در همین مطالعه با افزایش اندازه ذرات از ۱۲ مش به ۸+ مش سطح چسب‌خورده ذرات و حجم فضای خالی به ترتیب ۵/۶۵ و ۱۱/۶ درصد افزایش یافته است (Lin و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین با افزایش اندازه ذرات، درصد پوشش رزین و حجم فضای خالی که از مهم‌ترین عوامل دیگر تأثیرگذار در کاهش چسبندگی داخلی هستند به‌طور غیر خطی تغییر می‌کنند. تابع‌نمایی نیز نشان می‌دهد که با افزایش اندازه ذرات چسبندگی داخلی به‌طور غیر خطی کاهش می‌یابد. شکل ۹ داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های پیش‌بینی شده براساس تابع‌نمایی را برای چسبندگی داخلی نشان می‌دهد.

روابط ۵ و ۶ چگونگی تغییرات چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب را با افزایش متقابل ضریب کشیدگی و درصد چسب نشان می‌دهد. در هر دو معادله (خطی و نمایی) با افزایش ضریب کشیدگی چسبندگی داخلی کاهش پیدا می‌کند (دوست حسینی، ۱۳۷۹؛ Maloney 1976). اما در شکل ۵ که مربوط به معادله‌نمایی است کاهش چسبندگی داخلی شیب ثابتی ندارد. به عبارت دیگر، در ابتدا با افزایش ضریب کشیدگی شیب تندتر و در ادامه شیب نمودار ملایم‌تر و نهایتاً ثابت می‌گردد. اگر چه با افزایش اندازه ذرات (کاهش سطح ویژه) نسبت سطح چسب‌خورده ذرات به سطح کل آن افزایش می‌یابد، اما مشاهده می‌شود که با افزایش ضریب کشیدگی چسبندگی داخلی کاهش می‌یابد. بنابراین با افزایش ابعاد ذرات به‌ویژه پهنا، امکان کنترل فاکتورهای مثل قطر و فاصله بین قطرهای چسب‌اسپری شده روی سطح کاهش می‌یابد و باعث می‌شود که سطح چسب‌خورده ذرات کاهش و در نتیجه چسبندگی داخلی کاهش یابد (Groves, 1998).



شکل ۹- مقایسه داده‌های آزمایشگاهی و پیش‌بینی شده براساس تابع نمایی (● آزمایشگاهی ○ پیش‌بینی شده).

بررسی دقت معادلات خطی و نمایی

برای بررسی دقت معادله‌های خطی و نمایی در برآورد مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌خرده‌چوب از روش محاسبه میانگین درصد خطا (رابطه‌ی ۷) استفاده شد. و نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

معادله ۷

$$\% MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{z(x_i) - z(x_j)}{z(x_i)} \right| \times 100$$

MAE = متوسط درصد خطا

$z(x_j)$ = مقدار برآورد شده متغیر مورد نظر (پیش‌بینی

شده)

$z(x_i)$ = مقدار اندازه‌گیری شده متغیر مورد

نظر (آزمایشگاهی)

n = تعداد داده‌ها.

نتایج نشان داد که به طور کلی تابع نمایی مقاومت‌های مکانیکی (مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی) را نسبت به تابع خطی بهتر پیش‌بینی

می‌کند (شکل ۷ و ۸). مقدار درصد خطای بدست آمده برای مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته با تابع نمایی به ترتیب ۱۴/۸۲ و ۱۰/۱۳ است (جدول ۲). در مطالعه‌های قبلی نیز پیش‌بینی مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌خرده‌چوب براساس متغیرهای ساختاری (ضریب کشیدگی، درصد چسب و دانسیته) با کمتر از ۱۲٪ خطا پیش‌بینی نشدند. Fernandez و همکاران (۲۰۰۸) مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را براساس خواص فیزیکی به ترتیب با ۱۳/۷۹ و ۱۲/۲۰ درصد خطا برآورد کردند. به طور کلی چسبندگی داخلی فاکتوری بسیار حساس بوده و تحت تأثیر متغیرهای زیادی قرار دارد که کنترل همه این متغیرها برای پیش‌بینی آن تقریباً غیرممکن به نظر می‌رسد. نتایج درصد خطای نسبتاً زیادی را به‌ویژه با چسبندگی داخلی نشان می‌دهد. در مطالعات گذشته پیش‌بینی چسبندگی داخلی بر پایه روش‌های رگرسیونی با حدود ۳۶ درصد خطا همراه بود است (Cook & Chiu, 1993) و این مقدار مشابه با مقدار خطای بدست آمده با تابع خطی است (۳۵/۶ درصد).

Cook & Chiu (۱۹۹۳) مقدار خطای نسبتاً زیاد در پیش‌بینی IB را به حساسیت زیاد این فاکتور به تغییرات

اندازه ذرات نسبت دادند. مشاهده می‌شود که با استفاده از تابع‌نمایی مقدار درصد خطا برای پیش‌بینی

چسبندگی داخلی نیز کاهش یافته است (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین درصد خطای روابط خطی و نمایی در برآورد خواص مکانیکی تخته خرده چوب

خواص مکانیکی تخته خرده چوب	قدر مطلق میانگین درصد خطا	
	رابطه نمایی	رابطه خطی
مقاومت خمشی	۱۴/۸۲	۱۸/۱۳
چسبندگی داخلی	۱۰/۱۳	۱۶/۹
مدول الاستیسیته	۱۹/۱۷	۳۵/۶

بحث

تابع‌نمایی و چه بر اساس تابع خطی با درصد خطای نسبتاً زیادی همراه است. براساس مطالعات Semple & Smith (2006) دلیل عمده آن به عدم همبستگی کافی بین دانسیته و چسبندگی داخلی بر می‌گردد. از این رو، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده از متغیر مناسب‌تری مثل دانسیته لایه میانی و ظرفیت نگهداری پیچ (عمود بر سطح و لبه) برای پیش‌بینی چسبندگی داخلی تخته خرده چوب استفاده شود. دقت یک مدل به تعداد متغیرها، نوع متغیرها و نوع معادله‌ای که برای پیش‌بینی خواص ارائه می‌شود بستگی دارد. به طوری که تاکنون مدل‌های آماری زیادی برای پیش‌بینی خواص مکانیکی تخته خرده چوب براساس متغیرهای ساختاری ارائه شده است ولی تاکنون در بیشتر این مطالعات خطای کمتر از ۱۲٪ برای پیش‌بینی این خواص مکانیکی ذکر نشده است (Lehmann و همکاران 1974؛ Hoover و همکاران 1992؛ Fernandez و همکاران 2008). زیرا که پیش‌بینی بر اساس متغیرهای ساختاری به دلیل وجود اثرهای متقابل شدیدتر مشکل‌تر است. به طوری که Cook and Chiu (1993) پیش‌بینی خواص مکانیکی تخته خرده چوب را

همان طور که در شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ می‌شود بین مدل‌نمایی و مدل خطی در توضیح فرضیه مطالعه، تفاوت زیادی وجود دارد. زیرا مدل‌نمایی فرضیه این مطالعه را به خوبی توضیح می‌دهد. یعنی به ازای افزایش یک درصد چسب ذرات با ضریب کشیدگی بالاتر در مقایسه با ذرات با ضریب کشیدگی پایین‌تر، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را بیشتر افزایش می‌دهند. زیرا ذرات ریز-تر سطح ویژه بالاتری دارند و برای افزایش مقاومت نیاز به درصد چسب بالاتری دارند (Lin و همکاران ۲۰۰۴؛ دوست حسینی، ۱۳۷۹؛ Maloney, 1976). از طرفی در آزمون صحت‌یابی مدل‌ها، مدل‌نمایی نسبت به مدل خطی قدرت برآورد بهتری از خود نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد که معادله‌نمایی در مقایسه با معادله خطی به طور مؤثرتری اثر افزایش ضریب کشیدگی را بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بیان می‌کند. همچنین مشاهده می‌شود که پیش‌بینی چسبندگی داخلی تخته خرده چوب نیز بر اساس تابع‌نمایی با درصد خطای کمتری همراه است، هر چند که برآورد این ویژگی تخته خرده چوب چه براساس

Properties of Single-Layer, Aligned, Mixed Hardwood Strand Panels. For. Prod. J., 42, 12-18.

- Lehmann, W.F.(1974). Properties of structural particleboards. For. Prod. J., 24, 19-26.
- Lin, H, C., and Huang J, C., (2004) Using Single Image Multi-Processing Analysis Techniques to Estimate the Internal Bond Strength of Particleboard. Taiwan J For Sci 19(2): 109-17, 2004.
- Kate, E. S., and Smith, G. D., (2006) Prediction of internal bond strength in particleboard from screw withdrawal resistance models. Wood and Fiber Science, 38(2), 2006, pp. 256 – 267.
- Esteban, L, G., and (2009) Artificial neural networks in variable process control: application in particleboard manufacture Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 2009 18(1), 92-100.
- Mackerle, J., (2005). Finite element analyses in wood research: a bibliography Wood Sci Technol 39: 579–600.
- Maloney, T, M., (1977). Modern particleboard and dry process fiberboard manufacturing, Miller Freeman Publications, San Francisco, CA. 672 pp.
- Nirdosha, G, Setung, S, (2006). Formulation and process modeling of particleboard production using Hardwood saw mill wastes using experimental designs. Composite Structures 75: 520 – 525.
- Sun, Y, G., and Arima, T., (1999). Structural mechanics of wood composite materials II: Ultrasonic propagation mechanism and internal bonding of particleboard J Wood Sci 45:221-226.
- Wang., K. & Lam, F. (1999). Quadratic RSM Models of Processing Parameters for Threelayer Oriented Flakeboard. Wood Fiber Sci. 31: 173-186.
- Yapici, F. Ozcifici, A. Akbulut, T. Bayir, R. (2009). Determination of modulus of rupture and modulus of elasticity on flake board with fuzzy logic classifier. Mater. Des. 30: 2269-2273.

براساس متغیرهای ساختاری تا ۱۵٪ خطا قابل قبول دانستند.

منابع مورد استفاده

- دوست حسینی، ک.، ۱۳۷۹، فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۴۸.
- کارگرفر، ا.، دوست حسینی، ک.، و نوربخش، ا.، ۱۳۷۸. استفاده از مدل‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی ویژگی‌های تخته خرده چوب. دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۳ (۱۰): ۱-۱۱
- Andre, N., Hyun, C., Seung, B., and Young, T, (2008). prediction of internal bond strength in a medium density fiberboard process using multivariate statistical methods and variable selection, Wood Science Journal,42:521- 534.
- Cook, D.E., and Chiu, C. C., (1997) Predicting the Internal Bond Strength of Particleboard, Utilizing a Radial Basis Function Neural Network. Engng Applic. Artif. InteU. Vol. 10, No. 2, pp. 171-177.
- Fernández, G.F., Esteban L.G., DE Palacios P., Navarro N., Conde M., 2008b. Prediction of standard particleboard mechanical properties utilizing an artificial neural network and subsequent comparison with a multivariate regression model. Invest. Agrar. Sist. Rec. For. 17(2), 178-187.
- Groves, CK .(1998). A new method for measuring resin distribution in OSB. Technical Report, Forintek Canada Corp. pp 58.
- Hoover, W.L. Hunt, M.O. Lattanzi, R.C. Bateman, J.H. Youngquist, J.A.(1992). Modeling Mechanical

Prediction mechanical properties of particleboard and analysis the interaction effect of slenderness ratio and resin content, using linear, quadratic and exponential equation.

Arabi, M.^{1*}, Faezipour, M.², Layeghi, M.³ and Enayati, A.k.⁴

1*- MS.c candidates of Wood Technology, Department of Wood Science and Technology, University of Tehran, Karaj, IRAN. P.O. Box 31585-4314, Email: marabi2009@gmail.com

2 -Professor, Department of Wood Science and Technology, University of Tehran, Karaj, IRAN.

3- Assistant professor, Department of Wood Science and Technology, University of Tehran, Karaj, IRAN.

4- Professor, Department of Wood Science and Technology, University of Tehran, Karaj, IRAN.

Received: Oct., 2009

Accepted: Oct., 2010

Abstract

The purpose of this study was to investigate which equation (Linear, Exponential equation and quadratic) can describe exactly the interaction effect of particle size and adhesive percent and predict mechanical properties of particleboard (modulus of rupture, modulus of elasticity and bending strength). For this work three levels of density including 0.65, 0.7, and 0.75 g/cm³ and also, three levels of adhesive content including 8, 9.5, and 11% and four levels of slenderness ratio of particles including 46.35, 33.7, 21.51 and 12.87 were used. After conducting the experiment and preparing the data, three kind of equation (linear, quadratic and Exponential equation) for each mechanical property based on slenderness of particles, density and adhesive percent obtained. The result indicated there was no correlation between mechanical properties of particleboard and quadratic equation but there were good correlations between linear and Exponential equation. Also the result indicated that Exponential equation can describe efficiently the simultaneous effect of slenderness and adhesive present on the mechanical properties of particleboard, and it can predict better mechanical properties than linear equation.

Keywords: Mechanical properties, density, multiple regressions, exponential equation.