تکنولوژی نساجی

پیش‌بینی ضریب جذب صوت فرش با استفاده از شبکه عصبی

تهیه و تنظیم: سید حسن پاک‌نژاد[1]| مرتضی ودودی[1]| محمد قانع[2]| پرهام سلطانی[2]

چکیده

قرارگیری انسان در معرض صدا به مدت طولانی باعث کاهش شنوایی و بروز عوارضی در فرد می‌شود. فرش یکی از مهم‌ترین کفپوش‌های مورد استفاده در منازل است که دارای خاصیت جذب صوت نیز می‌باشد. از طرفی، فرش همواره تحت نیروهای استاتیکی و دینامیکی قرار دارد که باعث می‌شوند خواص آکوستیکی آن تغییر نماید.

در این تحقیق، جهت شبیه‌سازی اثر پاخوری فرش، بارگذاری‌های متفاوت با استفاده از دستگاه بار دینامیکی بر روی نمونه فرش‌های ۵۰۰ شانه آکریلیکی در تراکم‌های مختلف اعمال شد و جذب صوت نمونه‌ها با بهره‌گیری از روش لوله امپدانس تعیین گردید. در ادامه، با استفاده از آنالیز واریانس چند طرفه تأثیرگذاری پارامترها مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل‌سازی ضریب جذب صوت با روش رگرسیون خطی و شبکه عصبی (ANN) بررسی گردید و نتایج به دست آمده نشان دادند که مدل ANN می‌تواند با دقت بالایی ضریب جذب صوت را پیش‌بینی نماید.

۱- مقدمه

زمانی که فرد برای مدت زمان طولانی در معرض صدا قرار می‌گیرد، قدرت شنوایی انسان آسیب می‌بیند. این موضوع بر روی بیماری‌های قلبی، حرکات ارادی، صدمات احساسی و عاطفی اثرگذار است و در مراحل پیشرفته منجر به اختلالات ذهنی می‌شود. فرش یکی از مهمترین کفپوش‌های مورد استفاده در منازل است که دارای خاصیت جذب صوت نیز می‌باشد.

منظور از جاذب صوتی، ماده‌ای است که از انعکاس صوت از سطوح مختلف جلوگیری می‌کند. مواد متخلخل از قبیدل فرش‌ها و کفپوش‌ها انرژی آکوستیک را به گرما تبدیدل می‌کند،

به این طریق که مولکول‌های مرتعش هوا در تعادل و فعل و انفعال با الیاف ریز این ماده قرار می‌گیرند و از بهترین جاذب‌های صوت به شمار می‌روند.

فرش معمولاً در معرض نیروهای استاتیکی و دینامیکی قرار دارد که خصوصیات جذب فیزیکی و صوتی آن را تغییر می‌دهند.

در حال حاضر مطالعات بسیاری بر روی عوامل ساختاری فرش مانند تراکم، ارتفاع خاب و جنس صورت گرفته است که طبق نتایج به دست آمده هر کدام از این عوامل در خصوصیات مکانیکی فرش تأثیرگذار هستند.

روش‌های اندازه‌گیری جذب صدوت عبارتند از روش میدان پرانعکاس ، حالت پایا و لوله امپدانس که در این تحقیق از روش لوله امپدانس که روشی سریع و تجدیدپذیر است، استفاده شد.

در این روش فقط کافی است که نمونه به اندازه‌ای بزرگ باشد که بتواند به‌صورت کامل داخل لوله قرار گیرد و می‌توان از دو میکروفون ثابت، چهار میکروفون یا روش تابع انتقالی که اخیراً توسعه‌یافته است استفاده کرد.

به دلایلی مانند صرف هزینه زیاد برای تولید نمونه فرش و همچنین زمان‌بر بودن انجام آزمون‌های مختلف، استفاده از روش مدل‌سازی برای پیش‌بینی میزان جذب صوت نمونه‌ها با توجه به مشخصات معلوم امری بسیار سودمند است.

مدل‌ها به‌طورکلی به دودسته تجربی و ریزساختاری تقسیم‌می‌شوند.

مدل‌های تجربی مدل‌هایی هستند که در آنها معمولاً از یک عامل ورودی غیر آکوستیکی مانند مقاومت در برابر جریان هوا استفاده می‌شود و از برازش منحنی بر مجموعه وسیعی از داده‌ها به دست می‌آیند.

مدل دلانی بازلی قدیمی‌ترین و جامع‌ترین مدل تجربی می‌باشد. علیرغم اینکه این مدل، مدل مناسبی جهت

ردیف	شرح	تراکم			
		۸۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۱۰۰
۱	نمره نخ خاب (متریک)	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۵
۲	وزن نخ خاب (گرم بر مترمربع)	۱۶۷۰	۱۸۲۰	۲۱۵۰	۲۳۰۰
۳	نمره نخ تار (متریک)	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰
۴	وزن نخ تار (گرم بر مترمربع)	۲۳۰	۲۵۴	۳۹۰	۴۲۰
۵	نمره نخ جوت (پوند بر ۱۴۴۰۰ یارد)	۴	۶	۶	۸
۶	وزن نخ جوت (گرم بر مترمربع)	۴۳۰	۴۴۰	۵۵۶	۵۸۵
وزن هر ۱ مترمربع قبل از تکمیل (گرم)		۲۳۳۰	۲۵۱۴	۳۰۹۶	۳۳۰۵

پیش‌بینی میزان جذب صوت می‌باشد ولی دارای نقطه ضعف‌هایی می‌باشد مانند اینکه در فرکانس‌های پایین ضریب را با خطا و بعضاً منفی گزارش می‌دهد.

دیگر مدل‌هایی که قدرت پیش‌بینی بالایی دارند، شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) هستند که خود انواع مختلفی دارند و تاکنون در بسیاری از تحقیقات نساجی مورد استفاده قرار گرفته‌اند اما استفاده از این مدل در جذب صوت فرش چندان مورد استفاده قرار نگرفته است و تاکنون تعداد کمی تحقیق در این رابطه انجام شده است.

لین و همکاران در سال ۲۰۰۹ میزان جذب صوت در پنل‌های چوبی با توجه به پارامترهای ساختاری را با استفاده از ANN پیش‌بینی کردند که طبق نتایج به دست آمده ضریب همبستگی ۸۵ ۸۵ درصد بود.

علی آبادی و همکاران در سال ۲۰۱۳ جهت پیش‌بینی میزان نویز در فرایند گلدوزی از روش شبکه‌های عصبی استفاده کردند و طبق نتایج حاصله در پیش‌بینی RMSE= ۰/۶۹ به دست آمد.

وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۹ نتایج تجربی به دست آمده از آزمون جذب صوت بی‌بافت‌های تولید شده از الیاف پشم و شیشه را با مدل‌های شبکه عصبی مورد مقایسه قرار دادند که تطابق خوبی را به دست آوردند

۲-مدل ANN

مدل ANN در واقع یک پردازنده اطلاعاتی است که کوچک‌ترین واحد تشکیل دهنده آن نورون نامیده می‌شود. نورون‌ها در ۳ لایه ورودی، میدانی یا مخفی و خروجی قرار می‌گیرند

سیگنال ورودی به نورون‌ها در لایه ورودی می‌رسد و از طریق انجام عملیات ریاضی در لایه‌های میانی مقدار نهایی در لایه خروجی محاسبه می‌شود.

معمولاً هنگام استفاده از مدل ANN داده‌ها به ۳ دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از: آموزش، اعتبارسنجی و آزمایش. گروه آموزش تنها برای تعیین وزن‌های شبکه استفاده می‌شوند و گروه آزمایش نیز برای ارزیابی دقت شبکه عصبی به هنگام پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. قابل ذکر است که داده‌های اعتبارسنجی برای به دست آوردن بالاترین دقت ممکن در طی مرحله آموزش استفاده می‌شوند.

۳-مواد و روش آزمایش

در این تحقیق نمونه فرش‌های ۵۰۰ شدانه آکریلیک با تراکم‌های مختلف تولید شدند. در جدول ۱ مشخصات فنی نمونه‌ها ارائه شده است.

آزمون بار دینامیکی براساس استاندارد ISO ۱۹۵۷ : ۲۰۰۰ جهت شبیه‌سازی پاخوری بر روی نمونه‌ها با ضربات مختلف صورت گرفت. جهت انجام آزمون از نمونه‌هایی با اندازه ۱۲/۵ ×۱۲/۵ سانتی‌متر و ضربات۵۰،۱۰۰،۱۵۰،۲۰۰ بر روی آن استفاده شد.

بعد از انجام آزمون ضخامت نمونه‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری ضخامت بر اساس استاندارد ISO ۵۰۸۴:۱۹۹۷ اندازه‌گیری شدند.

جهت اندازه‌گیری ضخامت، ۱۰ مکان مختلف در نمونه به‌صورت تصادفی اندازه‌گیری و میانگین آنها در نظر گرفته شد. جذب صوت از روش لوله امپدانس و با دستگاه BSWA SW ۴۷۷ SW / ۴۲۲ (SW ۴۷۷ برای قطر ۳ سانتی‌متر و ۴۲۲ SW برای قطر ۱۰ سانتی‌متر) بر اساس استانداردهای بین‌المللی اندازه‌گیری گردید. محدوده طول موج که توسط این دستگاه اندازه‌گیری می‌شود بین ۸۰ تا ۶۳۰۰ هرتز می‌باشد.

نمونه‌ها در ۳ تکرار و در ۲۰ فرکانس مورد آزمون قرار گرفتند و در مجموع ۴۰۰ ضریب جذب صوت به ازای پارامترهای مختلف فرکانس، ضربه، ضخامت و تراکم اندازه‌گیری شد.

جدول۲- نتایج آنالیز واریانس چند طرفه بر روی ضریب جذب صوت

منشاء تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F آماره	مقدار احتمال
فرکانس	۱۱۴/۶۳۱	۱۹	۶/۰۳۳۲۳	۳۵۴۶/۴۰۱	۰
ضربه	۰/۱۱	۴	۰/۰۲۷۵۶	۱۶/۱۹۷۱۶	۰
ضخامت	۰/۰۰۹	۱	۰/۰۰۹۰۲	۵/۳۰۳۸۸۵	۰/۰۲
تراکم	۰/۱۱	۴	۰/۰۲۷۵۱	۱۶/۱۷۰۸۵	۰
خطا	۱/۹۹۲	۱۱۷۱	۰/۰۰۱۷	-	-
کل	۱۱۷/۱۷۸	۱۱۹۹	-	-	-

(۱) جذب صوت = -۰/۰۵۷ - ۰/۰۰۰۰۹۴۳× ضربه + ۰/۰۰۰۰۱۶۶× فرکانس - ۰/۰۰۰۰۱۵۱× تراکم + ۰/۰۱۱۱× ضخامت

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(P_i - T_i\right)^2 \qquad (۲)$$

جدول۳- کمترین خطاهای به دست آمده در مدل ANN به ازای لایه‌های مختلف میانی

تعداد لایه میانی	۱	۲	۳
کمترین MSE	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳۳
تعداد نورون‌ها	[۸]	[۶-۹]	[۹-۱۷-۱۷]

٤-نتایج بحث

بعد از به دست آمدن نتایج در اولین مرحله اثرگذاری پارامترها بر روی جذب صوت بررسی شده است.

برای این منظور از آزمون آنالیز واریانس چند طرفه با فاصله اطمینان ۹۵ ٪ استفاده شد و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. اگر مقدار احتمال" (جدول ۲) بیشتر از ۵٪ باشد به معنای عدم اثرگذاری پارامتر مربوطه است، اما با توجه به جدول ۲ تمامی پارامترها همان‌طور که انتظار می‌رفت اثرگذار هستند.

بنابراین، در مدل‌سازی ضرایب جذب صوت می‌توان از تمام آنها استفاده کرد. برای شروع مدلسازی رگرسیون خطی در نظر گرفته شد و معادله به دست آمده در رابطه ۱ ارائه شده است.

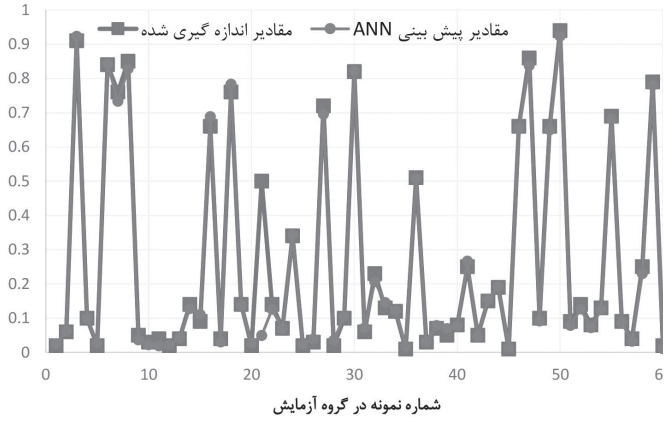
لازم به ذکر است این معادله بر اساس کل داده‌ها به دست آمده است و میانگین مربع خطای آن بر اساس معادله۰ P(۲ ANN مقدار پیش‌بینی شده توسط می‌باشد. / مقدار متناظر واقعی اندازه‌گیری شده) برابر ۰/۰۱۲ می‌باشد.

برای استفاده از ANN، در ابتدا کل داده‌ها به‌طور تصادفی و به نسبت ۷۰ درصد، ۱۵ درصد و ۱۵ درصد در سه دسته آموزش، اعتبارسنجی و آزمایش تقسیم‌بندی شدند.

در مدل ANN مهم‌ترین عوامل تعداد لایه‌های میانی و تعداد نورون در آنها است. برای به دست آوردن ANN با بالاترین دقت، نیاز است که این ویژگی‌ها بهینه شوند. برای این منظور از روش سعی و خطا استفاده شده است ب

به این ترتیب که شبکه‌هایی با یک، دو و سه لایه میانی و تعداد نورون در هر لایه میانی از ۱ تا ۲۰ عدد در نظر گرفته شدند.

به این ترتیب ۲۰ مدل ANN تک لایه، ۴۰۰ مدل دولایه و ۸۰۰۰ مدل سه لایه به



شکل ۱- نتایج پیش‌بینی ANN و مقادیر متناظر واقعی (گروه آزمایش)

دست آمد و به ازای هر مدل ANN برای گروه آزمایش محاسبه گردید.

کمترین خطای به دست آمده از مدل MSE با لایه‌های مختلف میانی در جدول ۳ نشان داده شده است؛ به دست آمد؛به‌طور مثال[۹-۶] نشان دهنده تعداد ۹ نورون در لایه اول و تعداد ۶ نورون در لایه دوم می‌باشد.

همانطور که ملاحظه می‌شود نتیجه ANN با ۳ لایه میانی از بقیه بهتر است، اما دقت آن اختلاف چندانی با بهترین شبکه تک لایه ندارد.

از این رو، انتخاب شبکه تک لایه با ۸ نورون در لایه میانی که دارای پیچیدگی کمتری است به‌عنوان مدل مطلوب، بهتر است. دیگر عامل مؤثر در ANN نوع تابع انتقال در لایه‌های میانی و خروجی و همچنین نوع الگوریتم ، آموزش است.

تا این قسمت برای لایه‌های میانی تابع انتقال تانژانت هایپربولیب، برای لایه خروجی تابع خطی و الگوریتم Levenberg-Marquardt در نظر گرفته شده بودند.

به منظور ارزیابی اثر تابع انتقال در شبکه تک لایه انتخاب شده و همچنین اثر الگوریتم آموزش از سایر گزینه‌های در دسترس در نرم‌افزار Matlab R ۲۰۱۶ استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد استفاده از الگوریتم traingdx به همراه تابع traingdx برای لایه مخفی و تابع تانژانت هایپربولیک برای لایه خروجی، بالاترین دقت در پیش‌بینی گروه آزمایش را نتیجه می‌دهند(MSE=.۰,۰۰۳۸).

همانطور که قابل مشاهده است تغییر توابع انتقال و الگوریتم آموزش تفاوت چندانی در دقت پیش‌بینی حاصل ننموده است.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت به‌طور کلی در پیش‌بینی ضریب جذب صوت فرش، مدل ANN عملکرد بهتری نسبت به رگرسیون خطی دارد و همچنین مدل ANN تک لایه نشان داده شده در جدول ۳ می‌تواند به‌عنوان مدل مطلوب در نظر گرفته شود.

شکل ۱ نتایج پیش‌بینی شده ضریب جذب صوت فرش توسط ANN مطلوب و مقادیر متناظر واقعی را به ازای گروه آزمایش نشان می‌دهد.

۵-نتیجه

در این تحقیق، جذب صوت نمونه فرش‌های مختلف تحت بارگذاری‌های دینامیکی متفاوت با استفاده از روش لوله امپدانس در فرکانس‌های مختلف اندازه‌گیری شد.

نتایج آزمون آنالیز واریانس چند طرفه نشان داد که تمام پارامترهای در نظر گرفته شده که عبارتند از تراکم، تعداد ضربه، ضخامت و فرکانس بر روی جذب صوت اثرگذار هستند

با استفاده از مدل رگرسیون خطی و ANN ضریب جذب صوت مدل‌سازی شد و مشخص گردید که دقت مدل ANN با بهینه‌سازی از طریق سعی و خطا نسبت به رگرسیون خطی بسیار بالاتر است. قابل ذکر است بهترین ANN به دست آمده دارای یک لایه مخفی با ۸ نورون، تابع انتقال لایه مخفی تانژانت هایپربولیک و خروجی خطی بود.

پی‌نوشت

۱-دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد،

۲-دانشکده مهندسی نسا جی، دانشگاه صنعتی اصفها ن

منبع در دفتر ماهنامه موجود است.