



مقایسه کارایی شبکه عصبی مصنوعی، سیستم فازی-عصبی، رگرسیون خطی محلی و رگرسیون خطی محلی دینامیک در تخمین مقاومت خمشی پارچه با در اختیار داشتن فاکتورهای ساختاری

جواد نوری^{۱*}، ایمان فتاحی^۲، حامد شریفی دارانی^۳، محمدعلی جعفری^۴

چکیده

در این مطالعه سعی شده تا کارایی هوش مصنوعی در تخمین مقاومت خمشی پارچه با در اختیار داشتن فاکتورهای ساختاری آن نظیر قطر نخ پود، درصد جمع شدگی نخ های تار، درصد جمع شدگی نخ های پود، مقدار ضخامت پارچه، تراکم نخ های پود و وزن پارچه مورد ارزیابی قرار گیرد. از این رو در این مطالعه از مدل های مختلفی همچون شبکه عصبی مصنوعی و شبکه فازی-عصبی و رگرسیون خطی-محلی و رگرسیون خطی-محلی دینامیک جهت برآورد مقاومت خمشی پارچه با در اختیار داشتن فاکتورهای ساختاری استفاده شده است. در این تحقیق ابتدا بهترین ترکیب ورودی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و همچنین بهترین اندازه مجموعه آموزش با استفاده از گزینه M-test تعیین گردید. برای این کار از نرم افزار Wingamma استفاده شد. در ادامه کارایی هر یک از مدلها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که مدل های رگرسیون خطی-محلی و رگرسیون خطی-محلی دینامیک در این مطالعه نتوانسته اند کارایی خوبی از خود نشان دهند و از بین شبکه های عصبی استفاده شده در این مطالعه شبکه عصبی MLP با یک لایه مخفی بهترین جواب را ارائه کرده است. در کل از بین مدل های استفاده شده در این مطالعه، مدل ترکیبی فازی-عصبی (ANFIS) بهترین برآورد را از مقاومت خمشی پارچه دارد.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، شبکه فازی-عصبی، مقاومت خمشی پارچه، مدل خطی محلی، مدل خطی دینامیکی

Abstract

In this study explores the efficiency of AI in estimation of fabric bending resistance with consideration of fabric structural factors such as weft yarn diameter, warp crimp%, weft crimp%, fabric thickness, weft yarns setting and fabric weight. In this study, we examined several Artificial Intelligence models, such as Artificial Neural Network, Fuzzy Neural Network, local liner regression, dynamic local liner regression for estimation of fabric Bending resistance when fabric structural factors are known. Therefore, in the first step, the best input data were calculated by Genetic Algorithm and the best gauge training collection by using the M-test function and Wingamma. In the next step, the functionality of each model was examined. The results showed that the ANFIS model had the best estimation of fabric Bending resistance.

Keywords: Artificial Neural Network, Fuzzy- Neural Network, fabric Bending resistance, local liner regression, dynamic local liner regression.

۱. دانش آموخته و کارشناس ارشد نساجی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

مسئول مکاتبات: E-mail: Nouritex@yahoo.com

۲. دانش آموخته و کارشناس ارشد نساجی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۳. دانش آموخته و کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۴. دانش آموخته و کارشناس ارشد نساجی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۱. مقدمه

مقاومت پارچه در برابر خم شدن در اثر نیروی خمشی وارده را مقاومت خمشی پارچه تعریف می‌کنند. در واقع مقاومت خمشی پارچه، آسان یا دشوار خم شدن پارچه در برابر نیروهای خمشی هم چون وزن پارچه تعریف می‌شود. این خاصیت از پارچه از اهمیت بالایی برخوردار است چرا که خواص دیگری هم چون زبردست و آویزش پارچه تحت تاثیر خاصیت خمشی آن قرار دارند. فاکتورهای ساختمانی نظیر تراکم، نمره نخ، جنس نخ، نوع طرح بافت و ... بر روی مقاومت خمشی پارچه تاثیر بسزایی دارند [۱]. یکی از مشکلات اصلی در بررسی مقاومت خمشی پارچه، برآورد و هم چنین اندازه گیری آن است. روش های موجود به سختی و با صرف زمان زیاد و با تعداد نمونه گیری بالا قادر به اندازه گیری مقدار مقاومت خمشی پارچه می-باشند. بنابراین اندازه گیری و پیش بینی مقاومت خمشی پارچه از روی فاکتورهای ساختمانی آن می تواند پیشرفت زیادی در بررسی و ارزیابی خواص مکانیکی و فیزیکی پارچه های تار-پودی باشد.

یکی از رایج ترین مشکلات در مدلسازی آماری، مواجه شدن با روابط غیرخطی پارامترهای مختلف منسوجات با خواص مختلف پارچه است. بنابراین مطالعه ای تاثیر یک پارامتر بر روی خاصیت پارچه بدون تغییر دیگر پارامترها کار بسیار مشکلی است. این مسئله نیاز به یک سیستم که بتواند خاصیت مورد مطالعه را از طریق پارامترهای تاثیر گذار بر آن بصورت همزمان پیش بینی کند بسیار احساس می‌شود. این محدوده جایی است که شبکه های عصبی مصنوعی بسیار موثر و کارآمد خواهند بود. شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی خصوصیات زیادی در منسوجات هم چون تشخیص و دسته بندی، تحلیل و بررسی عیوبات، بهینه سازی فرآیندها، بازاریابی و طرح ریزی بسیار مفید و کارآمد بوده اند [۲،۳،۴].

۲. مواد و آزمایشات

در این مطالعه برای تخمین میزان مقاومت خمشی موجود در پارچه از طریق فاکتورهای ساختاری قطر نخ پود، درصد جمع شده گی نخ های تار، درصد جمع شده گی نخ های پود، مقدار ضخامت پارچه، تراکم نخ های پود و وزن پارچه از شبکه عصبی مصنوعی، مدل های رگرسیون خطی- محلی (LLR) و رگرسیون خطی- محلی دینامیک (DLLR) و سیستم فازی-عصبی استفاده شده است. قبل از مدل سازی با هریک از مدل های نام برده شده، داده های موجود با استفاده از نرم افزار Wingamma مورد بررسی قرار گرفته و ترکیب مناسب ورودی با استفاده از الگوریتم ژنتیک تعیین شد. همچنین برای تعیین اندازه مناسب مجموعه آموزش مدل از گزینه M-test استفاده شد که یکی دیگر از توانایی های نرم افزار Wingamma می باشد. برای مقایسه نتایج حاصل از Wingamma از دو معیار مقدار گاما و خطای استاندارد (SE) استفاده گردید. برای مقایسه نتایج حاصل از مدل ها نیز از دو معیار ضریب همبستگی (رابطه ۱) و میانگن مجذور مربعات خطا (رابطه ۲) استفاده شد.

$$R^2 = \frac{\sum(o_i - \bar{o})(p_i - \bar{p})}{\sqrt{\sum(o_i - \bar{o})^2 \sum(p_i - \bar{p})^2}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{RMSE} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2}{n} \right]^{1/2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

۱.۲. نرم افزار Wingamma

این نرم افزار بر اساس آزمون گاما کار می‌کند. آزمون گاما در اصل یک مدل سازی غیر خطی است که اجازه می‌دهد رابطه بین ورودی و خروجی در یک مجموعه از داده مورد بررسی قرار بگیرد. بنابراین با استفاده از این نرم افزار به راحتی می‌توان رابطه بین پارامترهای ورودی در نظر گرفته شده در این تحقیق را با خروجی مورد نظر بررسی کرد و بهترین ترکیب ورودی را تعیین نمود. بدین منظور نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک بررسی شده و ترکیبی که دارای خطای استاندارد و مقدار گامای کمتر از سایر ترکیبات است به عنوان ترکیب ورودی مناسب انتخاب می‌شود. همچنین در استفاده از M-test، نرم افزار بعد از بررسی داده‌ها نمودار گاما را ایجاد می‌کند. در این نمودار منطقه افقی در نظر گرفته شده و در این منطقه کمترین اندازه گاما انتخاب شده و عدد مربوط به آن تعیین می‌شود. از اول مجموعه داده تا آن نقطه اندازه مناسب مجموعه آموزش می‌باشد.

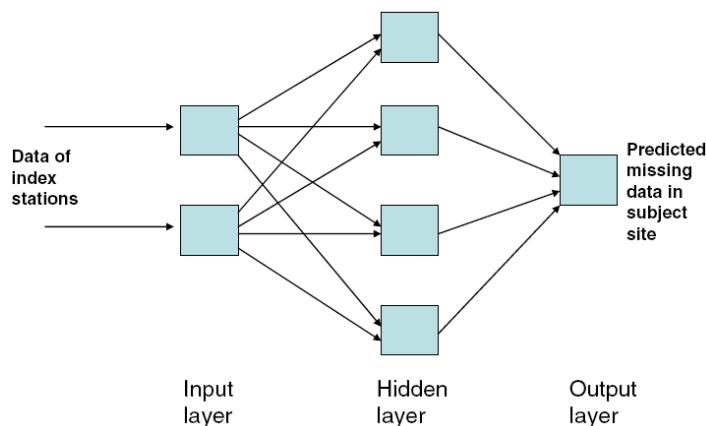
۲.۲. شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی الگویی برگرفته از شبکه عصبی انسان است که برای پردازش اطلاعات بوجود آمده است و مهمترین ویژگی آن قدرت یادگیری است [۵]. در این مطالعه از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه (Multi-Layer Perceptron) با الگوریتم آموزش پس انتشار خطا، شبکه عصبی با دو لایه برگشتی، شبکه عصبی با کاهش شیب توام و شبکه عصبی BFGS استفاده شد.

۱.۲.۲. شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP):

در این نوع شبکه اتصال فقط از جزء i به جزء $i+1$ برقرار بوده و در جهت عکس وجود ندارد. یکی از مزایای این نوع شبکه توانایی آنها در تخمین توابع دلخواه است. این خصوصیت در بررسی مسائل مرتبط با تغییرات غیر خطی عوامل ارزش زیادی دارد [۶]. در این تحقیق جهت یافتن مناسب‌ترین ترکیب ساختمانی برای شبکه پرسپترون چند لایه، ساختارهای مختلفی همراه با توابع انتقال مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و نهایتاً مشخص گردید که شبکه سه لایه‌ای (یعنی تنها یک لایه پنهان) مناسب‌ترین ساختمان برای این کاربرد است. تابع انتقال لایه میانی الگوریتم سیگموئید و تابع انتقال لایه دوم خطی

قرار داده شد. که مربوط به این شبکه در محیط نرم افزار MATLAB نوشته شده است. شکل (۱) ساختار شبکه MLP استفاده شده در این مطالعه را نشان می‌دهند.



شکل ۱. شبکه پرسپترون سه لایه استفاده شده در این مطالعه [۶]

۲.۲.۲. شبکه عصبی با دو لایه برگشتی (Back Propagation Two Layer Neural Network)

در این شبکه اتصال هر جزء می‌تواند با جزء قبل از آن نیز برقرار باشد. که این امر می‌تواند به کارایی بهتر شبکه کمک کند [۷].

۳.۲.۲. شبکه عصبی با کاهش شیب توام (Conjugate Gradient Neural Network)

این شبکه با مقداری تغییر و اصلاح در روش شبکه دو لایه برگشتی ایجاد شده و به حافظه بیشتری جهت یادگیری نیازمند است. با این حال فرآیند یادگیری در این دو شبکه بسیار شبیه به هم است [۷].

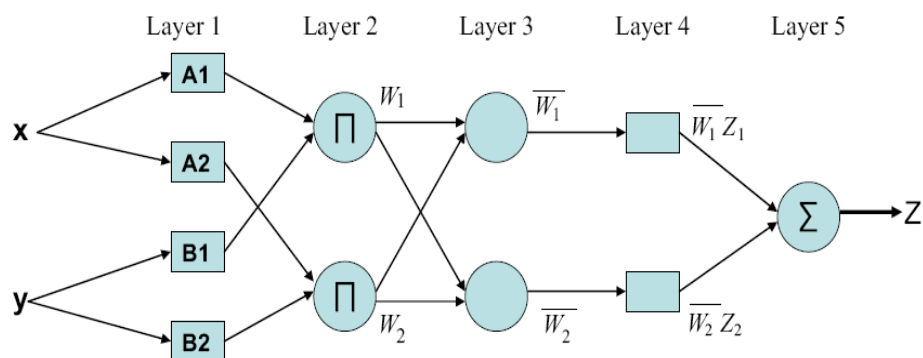
۴.۲.۲. شبکه عصبی BFGS

نوع مدل سازی این شبکه بر اساس روش یادگیری برودن - فلتشر - گلدفارب - شانو می باشد. از اهمیت این الگوریتم گاهی اوقات به واسطه وجود نویز زیاد در داده ها کاسته می شود [۷].

۲.۲. سیستم فازی - عصبی

با توجه به اینکه منطق فازی دارای قدرت یادگیری قابل توجهی نمی‌باشد و از طرفی شبکه های عصبی مصنوعی توانایی بسط وسیع داده ها را ندارند، استفاده از سیستم ترکیبی فازی - عصبی می‌تواند کارایی بهتری داشته باشد. در این مطالعه از سیستم استنتاج فازی - عصبی تطبیقی (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) استفاده گردید. شکل (۲) شکل کلاسیک سیستم استنتاج فازی - عصبی تطبیقی (ANFIS) را نشان می‌دهد. در این شکل X و Y ورودیهای سیستم

می‌باشند. در لایه اول گره‌های تطبیقی وجود دارد که توابع عضویت را در خود جای می‌دهند. در لایه دوم گره‌های محرک کننده‌ای قرار دارد که بسته به میزان W_1 و W_2 قدرت تحریک ورودی‌ها را دارند. در لایه سوم نرون‌های محرکی وجود دارد که حاوی اندازه تحریک نرمالیزه شده می‌باشند. در لایه چهارم نیز گره‌های تطبیقی به همراه توابع گره وجود دارند. مجموع خروجی‌های حاصل از هر گره در لایه چهارم مقدار Z را ایجاد میکند که خروجی سیستم تلقی می‌شود. در این مطالعه از ANFIS با تابع عضویت گوسی زنگوله‌ای استفاده گردید [۸].



شکل ۲. نمای کلی از سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی

در این مطالعه در ابتدا ۶۴ نمونه پارچه تهیه شد و در ادامه داده‌های مربوط به فاکتورهای ساختاری همچون قطر نخ، پود، درصد جمع شده‌گی نخ‌های تار، درصد جمع شده‌گی نخ‌های پود، مقدار ضخامت پارچه، تراکم نخ‌های پود و وزن پارچه از طریق روشهای آزمایشگاهی ارزیابی و ثبت گردید. در ادامه مقاومت خمشی مربوط به هر یک از نمونه پارچه‌ها نیز با استفاده از روش آزمایشگاهی موجود سنجش شد تا بدین ترتیب داده‌های مورد نیاز برای بررسی رابطه‌ی بین مقاومت خمشی پارچه‌ها و فاکتورهای ساختاری آن با استفاده از هوش مصنوعی تهیه گردد.

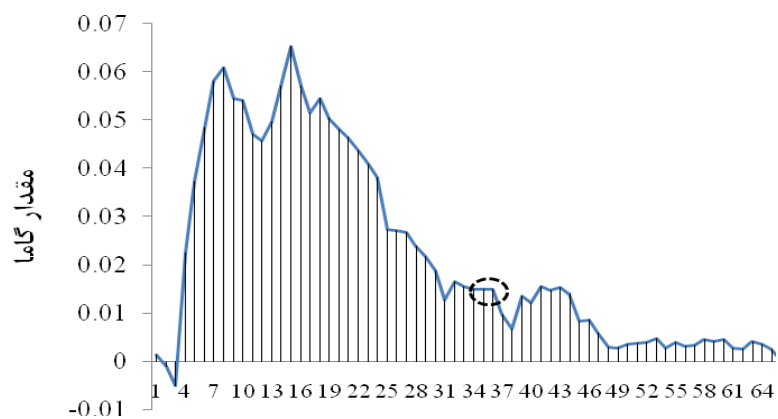
۳. تجزیه و تحلیل

همانطور که در قسمت مواد و روش‌ها بیان شد، در این تحقیق ابتدا بهترین ترکیب ورودی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و همچنین بهترین اندازه مجموعه آموزش با استفاده از گزینه M-test تعیین گردید. بخشی از نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک در جدول (۱) آورده شده است.

با دقت در نتایج جدول (۱) مشخص است که مقدار خطای استاندارد و گاما در ترکیب ورودی متشکل از تمامی پارامترهای در نظر گرفته شده کمتر از مقدار خطای استاندارد و اندازه گاما در باقی ترکیبات است. بنابراین برای مدل سازی از تمام پارامترهای ورودی استفاده شد. نتایج حاصل از M-test نیز در شکل (۳) آورده شده است.

جدول ۱. نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک برای تعیین بهترین ترکیب ورودی به مدل

SE	Gamma	ترکیب ورودی
۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۰۵	111111
۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۱۴	110111
۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۲۴	101111
۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۴۵	110101
۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۵۱	111101
۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۵۲	011111
۰/۰۱۱	۰/۰۰۱۲	110011
۰/۰۰۹۷	۰/۰۰۶۷	111011
۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۵۹	101011
۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۶۴	001111
۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۹۵	111110
۰/۰۰۸۱	۰/۰۰۹۱	100011
۰/۰۰۶۰	۰/۰۰۹۹	010111
۰/۰۰۷۰	۰/۰۱۰	110110



شکل ۳. نمودار حاصل از M-test برای تعیین اندازه مناسب مجموعه آموزش

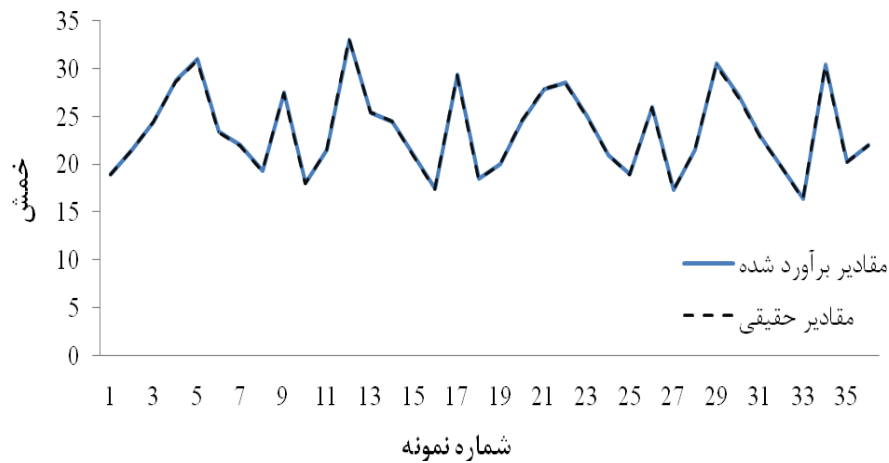
با بررسی شکل (۳)، از بین کل داده های موجود (یعنی ۶۴ داده از هر فاکتور ساختمانی)، ۵۷ درصد از داده ها (۳۷ عدد داده) در مرحله آموزش و مابقی داده ها در مرحله تست استفاده شد. پس از تعیین بهترین ترکیب ورودی و اندازه مناسب مجموعه آموزش با استفاده از مدل های مختلف اقدام به رابطه بین فاکتورهای ساختاری قطر نخ بود، درصد جمع شده گی نخ های تار، درصد جمع شده گی نخ های پود، مقدار ضخامت پارچه، تراکم نخ های پود و وزن پارچه و خمش مدل سازی گردید. نتایج حاصل از مدل های مختلف در مرحله آموزش و تست شبکه در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. نتایج حاصل از آموزش و تست مدل های مختلف

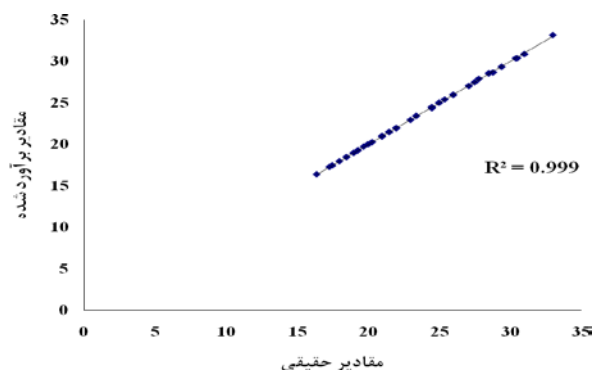
نتایج مرحله تست		نتایج مرحله آموزش		مدل مورد استفاده
RMSE	R ²	RMSE	R ²	
۲۷/۸۳	۰/۰۶۰	۰/۰۵۱۷	۰/۹۵۷	LLR
۲۷/۸۳	۰/۰۶۰	۰/۰۶۳۴۱	۰/۹۳۵	DLLR
۲/۲۴	۰/۷۳۴	۰/۰۵۴	۱	MLPNN
۲/۸۳	۰/۶۴۴	۲/۰۶	۰/۷۸۴	BPTLNN
۳/۶۱	۰/۵۴۵	۱/۹۶	۰/۶۹۸	CGNN
۲/۷۶	۰/۶۳۴	۱/۸	۰/۷۷۲	BFGSNN
۱/۹۴	۰/۸۶۱	۰/۰۰۰۱۵۴	۱	ANFIS

همانطور که از نتایج جدول (۲) بر می آید، سیستم فازی-عصبی نتایج بهتری نسبت به باقی سیستم ها از خود نشان داده است. طبق نتایج حاصل، همانطور که مشاهده می شود مدل های خطی-محلی و خطی-محلی دینامیک علیرغم ارائه نتایج بسیار خوب در مرحله آموزش مدل، در مرحله تست ضعیف ترین نتیجه در بین مدل های بررسی شده را از خود نشان داده اند. دلیل این موضوع را می توان اینگونه بیان کرد که مدل های خطی-محلی و خطی محلی دینامیک دارای قدرت آموزش پذیری و یادگیری مناسبی نیستند و بنابراین با وجود اینکه توانسته اند رابطه مناسب بین ورودی ها و خروجی را در مرحله آموزش پیدا کنند، ولی در برابر داده هایی غیر از داده های آموزش توانایی کمی از خود نشان می دهند. بنابراین برای برآورد خمش از روی فاکتورهای ساختاری قطر نخ بود، درصد جمع شده گی نخ های تار، درصد جمع شده گی نخ های پود، مقدار ضخامت پارچه، تراکم نخ های پود و وزن پارچه نمی توان از این مدل ها استفاده کرد. از طرفی از میان شبکه های عصبی بررسی شده شبکه عصبی پرسپترون چند لایه بهترین جواب را داده است. نتایج نشان می دهد که این شبکه در مرحله

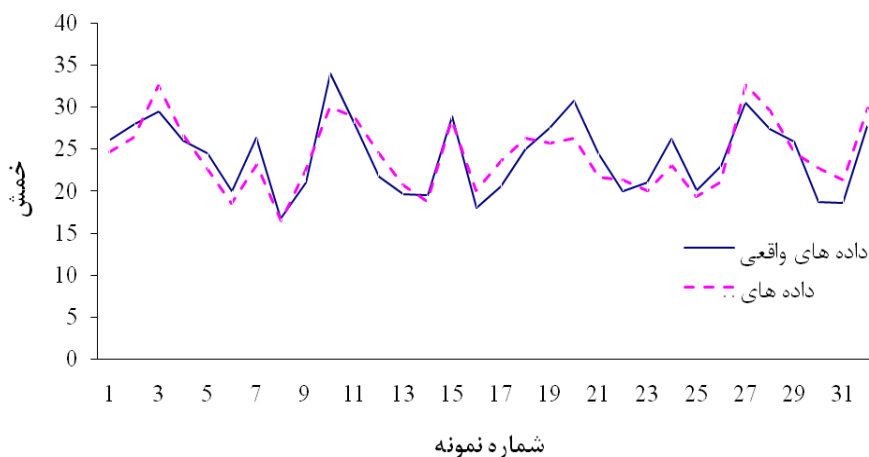
آموزش توانسته به خوبی رابطه مناسب را بین ورودی ها و خروجی پیدا کند ولی در مرحله تست مقداری دچار خطا شده است. نمودار حاصل از مدل سازی با این شبکه در مرحله آموزش در شکل (۴,۵) و در مرحله تست در شکل (۶,۷) آورده شده است.



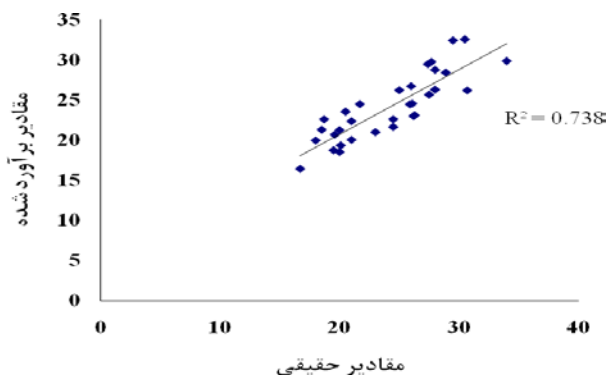
شکل ۴. نمودار حاصل از مدل سازی با شبکه MLP در مرحله آموزش



شکل ۵. نمودار حاصل از مدل سازی با شبکه MLP در مرحله آموزش

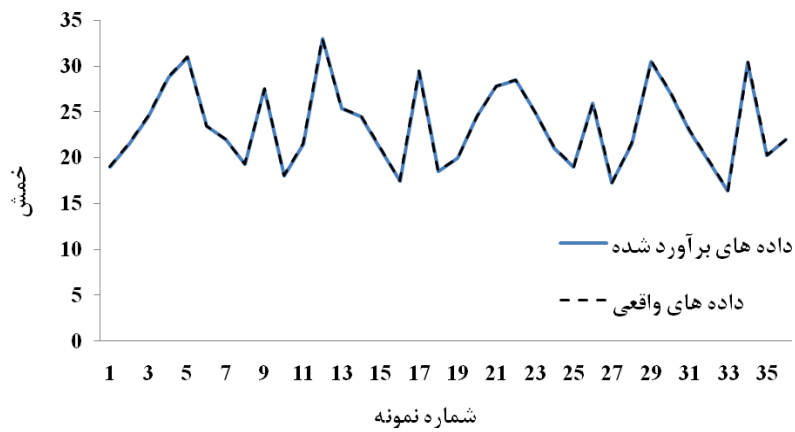


شکل ۶. نمودار حاصل از مدل سازی با شبکه MLP در مرحله آزمایش

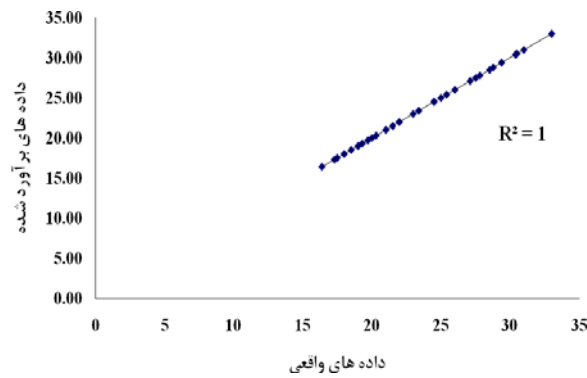


شکل ۷. نمودار R^2 حاصل از مدل سازی با شبکه MLP در مرحله آزمایش

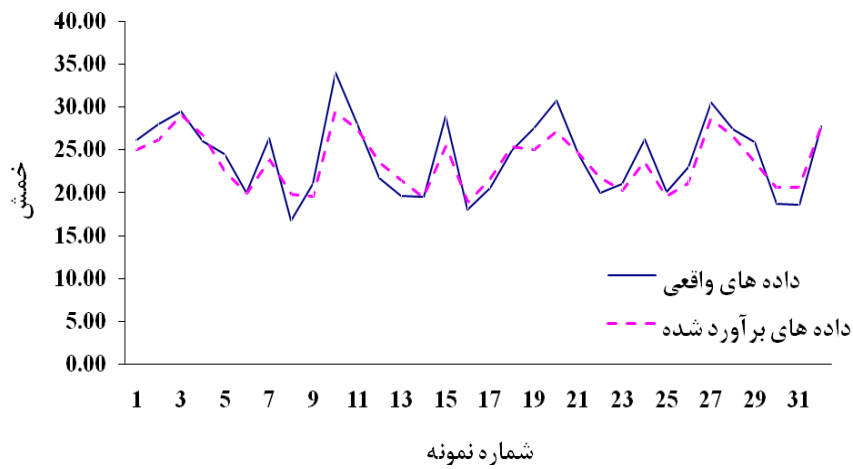
در نهایت طبق نتایج حاصل از جدول (۲) مشخص است که سیستم فازی-عصبی (ANFIS) در برآورد مقاومت خمشی از روی پارامترهای فاکتورهای ساختاری قطر نخ پود، درصد جمع شده گی نخ های تار، درصد جمع شده گی نخ های پود، مقدار ضخامت پارچه، تراکم نخ های پود و وزن پارچه بهتر از باقی مدلها عمل کرده است. نتایج حاصل از این مدل در مرحله آموزش در شکل (۸،۹) و در مرحله تست در شکل (۱۰،۱۱) آورده شده است.



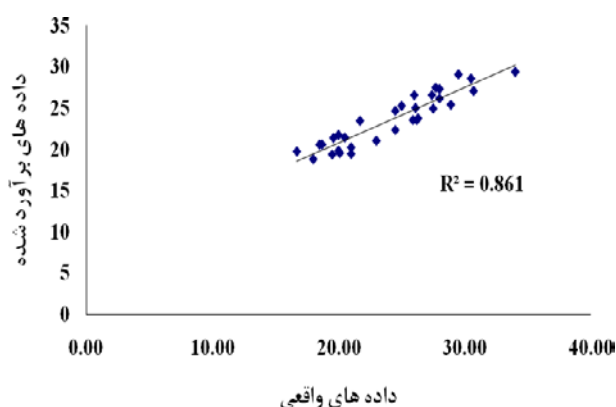
شکل ۸. نمودار حاصل از مدل سازی با شبکه ANFIS در مرحله آموزش



شکل ۹. نمودار R^2 حاصل از مدل سازی با شبکه ANFIS در مرحله آموزش



شکل ۱۰. نمودار حاصل از مدل سازی با شبکه ANFIS در مرحله آزمایش



شکل ۱۱. نمودار R^2 حاصل از مدل سازی با شبکه ANFIS در مرحله آزمایش

۴. نتیجه گیری

با بررسی های صورت گرفته در این مطالعه به این نتیجه دست یافتیم که روش هوش مصنوعی یک روش کارآمد و کاملاً قابل اعتماد جهت تخمین پارامترهای مجهول با در اختیار داشتن پارامترهای معلوم می باشد. بطوریکه از لحاظ صرف وقت و هزینه نیز بسیار اقتصادی تر از روشهای آزمایشگاهی موجود می باشد. همانطویکه مشاهده شد با استفاده از مدل های مختلف هوش مصنوعی توانسته ایم تا مقاومت خمشی پارچه ها را با در اختیار داشتن فاکتورهای ساختاری آن مورد ارزیابی قرار دهیم که در این تحقیق مدل های رگرسیون خطی - محلی و رگرسیون خطی - محلی دینامیک کارآیی خوبی از خود نشان ندادند و از بین شبکه های عصبی استفاده شده در این تحقیق نیز شبکه عصبی MLP با یک لایه مخفی بهترین جواب را داده است. و درکل نیز از بین مدل های استفاده شده، مدل ترکیبی فازی - عصبی ANFIS بهترین برآورد را از مقاومت خمشی پارچه داشته است.

۵. منابع

- [1] J.Hu., Woodhead Publishing Limited., First Published., pp.2-100., 2004.
- [2] C.Jeffrey, K.Lee., Textile Research Journal., Vol.73(2), pp.147-151., 2003.
- [3] D.Bhattacharjee, V.K.Kothari., Textile Research Journal., Vol.77 (1), pp.4-12., 2007.
- [4] J.Lin., Textile Research Journal., Vol.77(5), pp.336-342., 2007.
- [5] H.Sharifi Darani., yazd University., M Sc Thesis., 2009.
- [6] M.Taghi Dastorani, A.R.Nafarzadegan., Science and Technology of natural resources Journal., Vol40., pp.27-38., 2007.
- [7] M. ghafari., Zabol University., M Sc Thesis., 2008.
- [8] M.T.Datorani, A.Moghadamnia, J.Piri, M.Rico-Ramirez., Journal of: Springer science., Published online: 20 June., 2009.