سیزدهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران، ۴-۲ آبان ۱۴۰۲
13th National Textile Engineering Conference (24-26 Oct, 2023)

پیش‌بینی میزان پرزینگی نخ رینگ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سامانه استنتاج تطبیقی عصبی– فازی

سجاد خادم ایلخچی[1]*، میررضا طاهری اطاقسرا[1]، مجید صفرجوهری[1]

۱- دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی‌تکنیک تهران)

* نویسنده مسئول: Sajjadkhadem@aut.ac.ir

چکیده

امروزه استفاده از روش‌های بهینه سازی و مدلسازی نوین که بتواند خاصیت خروجی را دقیق‌تر پیش‌بینی کند، رواج و پیشرفت بسزایی داشته است؛ چرا که روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با هزینه و زمان به مراتب کم‌تر می‌تواند پاسخ بهینه با خطای پایین را گزارش نماید. در این تحقیق به منظور پیش‌بینی پرزینگی نخ پنبه/پلی‌استر رینگ، از شبکه عصبی مصنوعی و سامانه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی استفاده شد. برای این منظور زاویه ریسندگی، سختی روکش غلتک، فشار غلتک تولید، فاصله دهنده و فاصله بین غلتک میانی با غلتک تولید به عنوان متغیرهای ورودی و عامل پرزینگی به عنوان خروجی در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی به مراتب بهتر از نتایج مدل‌های رگرسیون معمول بود، از طرفی سامانه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی (انفیس) قابلیت پیش‌بینی با ضریب اطمینان بالا و خطای کمتری را نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان داد.

کارهای تجربی

در تحقیق انجام گرفته، از یک مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی میزان پرزینگی ایجاد شده در نخ پنبه/پلی-استر (با نسبت ترکیب ۳۰/۷۰ و ظرافت ۱.۲۵ انگلیسی) تولیدی سیستم ریسندگی رینگ با توجه به متغیرهای ورودی شامل؛ زاویه ریسندگی، سختی روکش غلتک تولید، فشار غلتک تولید، کلیپس یا فاصله دهنده و فاصله بین غلتک میانی با غلتک تولید مطابق جدول۱، استفاده شد. همچنین جهت تسهیل در فرآیند یادگیری و رفع خطای شبکه عصبی مصنوعی که مقادیر وزن خود را به طور تصادفی انتخاب می‌کند و ممکن است در طول آموزش در ناحیه‌ای گرفتار شده و باعث شوند که شبکه به خوبی آموزش ندیده و کارایی لازم را نداشته باشد، از سامانه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی نیز جهت مدل‌سازی استفاده و نتایج پیش‌بینی مقایسه شده است.

جدول۱. سطوح استفاده شده برای عامل‌ها

زاویه ریسندگی (درجه)	فشار غلتک تولید (دکا نیوتن)	کلیپس یا فاصله دهنده (میلی‌متر)	سختی روکش غلتک تولید (درجه سختی)	فاصله بین غلتک میانی با غلتک تولید (میلی‌متر)
۵۰،۶۰،۷۰	۱۲،۵،۱۵،۲۰	۲،۲.۲،۵،۲.۸	۷۰،۷۴،۸۳	۴۱،۴۳،۴۵

در مجموع ۲۷ نمونه نخ پنبه/پلی‌استر تولیدی که مطابق روش آماری تاگوچی طرح‌ریزی و توسط ماشین ریسندگی SKF موجود در مرکز تحقیقات ریسندگی دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر تولید شده بود، به عنوان ورودی مدل و میزان پرزینگی نمونه‌ها به عنوان خروجی ANN و ANFIS تعیین شد، مشخصات الیاف مورد استفاده نیز در جدول ۲ آورده شده است.

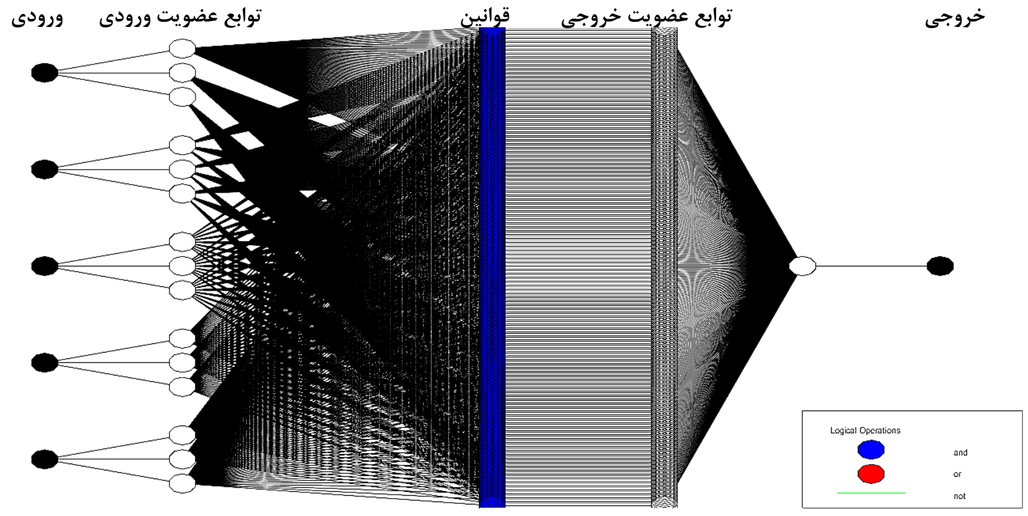
جدول۲. مشخصات الیاف مورد استفاده در این تحقیق

خصوصیات / مواد	ظرافت (تکس)	استحکام (گرم بر تکس)	طول الیاف (میلی‌متر)	رسیدگی
الیاف پنبه	۰٫۲۱	۳۸٫۱۳	۳۰٫۳۳	۰٫۹۶
الیاف پلی‌استر	۰٫۱۹	۴۵٫۱۹	۳۸٫۰۰	-

نتایج و بحث

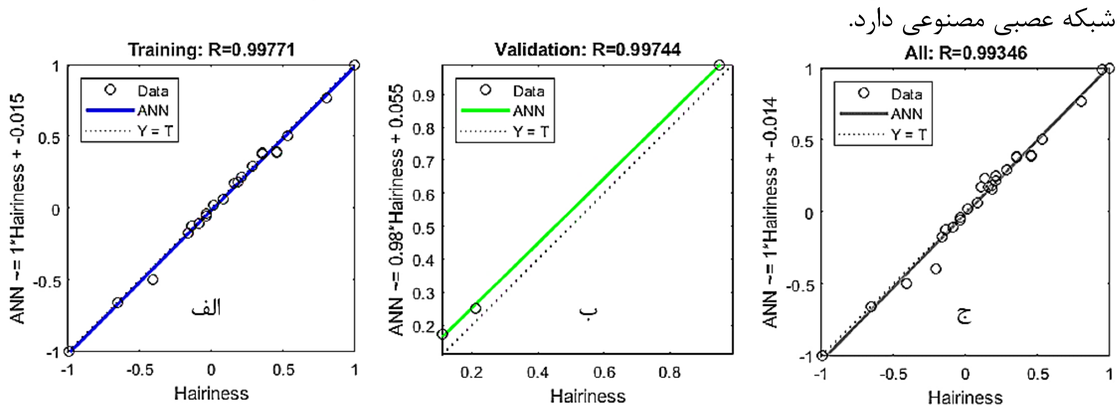
برای جلوگیری از خطای بیش از حد برازش و آموزش سریع ANN، الگوریتم لونبرگ - مارکوارت بر اساس تابع Trainlm جهت آموزش و پیش‌بینی میزان پرزینگی ایجاد شده، انتخاب شد. روش لونبرگ مقادیر وزن گره‌ها را با توجه به روش بهینه‌سازی لونبرگ - مارکوارت به گونه‌ای تغییر می‌دهد که به خروجی مد نظر با بالاترین سرعت دست یابد. در حقیقت این روش از سریع‌ترین روش‌های پس انتشار خطا است که به عنوان آموزش شبکه توصیه می‌شود. با توجه به تعداد مجموعه داده‌های ورودی و خروجی، ۸۰٪ داده‌ها جهت آموزش شبکه، ۱۰٪ برای آزمون کارایی و ۱۰٪ جهت اعتبارسنجی شبکه مورد استفاده قرار گرفته شد. در شبکه طراحی شده؛ تابع استفاده شده برای لایه ورودی Logsig بود. این شبکه دارای یک لایه پنهان با ۱۵ گره و تابع فعالساز Purelin برای خروجی تعیین شد.

در ANFIS نیز برای آموزش از سامانه فازی تاکاگی-ساگنو با الگوریتم بهینه سازی Hybrid استفاده شد. معماری ANFIS با ۳-۳-۳-۳ توابع عضویت مثلثی (trimf) انتخاب شد (شکل۳)، چرا که کم‌ترین میزان خطای آموزشی را نشان داد. همچنین جهت آموزش ANFIS از ۲۴۳ قانون (اگر-پس) استفاده شد که به درک بهتر بین عامل‌های مختلف ورودی و خروجی کمک می‌کند.



شکل۳: معماری سامانه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی (ANFIS) با پنج ورودی در سه سطح و یک خروجی

همبستگی بین مقادیر تجربی و پیش‌بینی میزان پرزینگی برای داده‌های آموزشی و آزمون‌کارایی شبکه عصبی مطابق شکل۴ مطابقت خوبی را نشان می‌دهد. بر این اساس می‌توان ادعا کرد که روش پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش‌های رگرسیون معمول، کارایی بالاتری دارد. در مقابل؛ سامانه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی نیز با توجه به نتایج بدست آمده در جدول۳، نشان داد که خطای پیش‌بینی بسیار پایین‌تری نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی دارد.



شکل۴: همبستگی بین مقادیر تجربی و پیش‌بینی میزان پرزینگی نخ رینگ توسط شبکه عصبی مصنوعی برای داده‌های؛ الف)آموزشی، ب) اعتبارسنجی، ج) برازش کلی

جدول۳. مقایسه نتایج پیش‌بینی ANN و ANFIS

سیستم / عامل	ضریب همبستگی (R)	میانگین مربعات خطا (MSE)	جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)
داده‌های آموزشی ANN	۰٫۹۹۷۷	۱٫۰۰×۱۰$^{-۴}$	۱٫۰۰×۱۰$^{-۲}$
داده‌های آزمون کارایی ANN	۰٫۹۹۷۴	۲۴٫۰۰×۱۰$^{-۲}$	۵٫۰۰×۱۰$^{-۲}$
ANFIS	۰٫۹۹۹۹	۲٫۰۳×۱۰$^{-۱۳}$	۴٫۵۰×۱۰$^{-۷}$

نتیجه‌گیری

در تحقیق انجام شده از یک مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و یک سامانه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی (ANFIS) جهت پیش‌بینی میزان پرزینگی نخ تولید شده در سیستم ریسندگی رینگ با استفاده از ۵ متغیر ورودی (زاویه ریسندگی، سختی روکش غلتک تولید، فشار غلتک تولید، کلیپس یا فاصله دهنده و فاصله بین غلتک میانی با غلتک تولید) که در سه سطح مورد مطالعه قرار گرفته شده بود، استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان داد که مدل ANFIS از قدرت پیش‌بینی بالاتری نسبت به مدل ANN برخوردار است و می‌توان پیشنهاد کرد که برای بهینه نمودن عامل‌های ورودی در جهت دستیابی به میزان پرزینگی کم‌تر، مدل سامانه استنتاج تطبیقی عصبی- فازی (ANFIS) از کارایی بهتری برخوردار است.

مراجع

[1] A. Majumdar, (2010) "Yarn hairiness and its reduction" Technical Textile Yarns, pp. 112-139, 06/01.
[2] R. Zhu, and M. D. Ethridge, (1997) "Predicting Hairiness for Ring and Rotor Spun Yarns and Analyzing the Impact of Fiber Properties" Textile Research Journal, vol. 67, no. 9, pp. 694-698.
[3] J.-S. Jang, (1993) "ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system" IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, vol. 23, no. 3, pp. 665-685.
[4] T. Takagi, and M. Sugeno, (1983) "Derivation of Fuzzy Control Rules from Human Operator's Control Actions" IFAC Proceedings Volumes, vol. 16, no. 13, pp. 55-60, 1983/07/01/.
[5] Z. Bo, (2011) "Neural Network for Prediction of Hairiness of Ring Spun Cotton Yarn" International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences, Nanjing, China, pp. 286-289, doi: 10.1109/ICM.2011.386.