

مدل سازی اثر خواص نخ پود و سرعت ماشین بافندگی جت هوا بر زمان رسیدن نخ پود و کشش وارد شده به آن

Modeling of the Effect of Weft Yarn Properties and Air-jet Loom Speed on the Weft Yarn Arrival Time and its Tension

هوشنگ نصرتی^{*}، محمد امانی تهران، قدرت‌الله زاوری

تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۱۱

چکیده

در سامانه پودگذاری جت هوا نخ پود به وسیله نیروی رانش اصطکاکی میان جریان هوا و سطح نخ حرکت می‌کند. بنابراین، خواص نخ پود مانند تاب، قطر نخ، نمره نخ و ویژگی جریان هوا مانند اغتشاشی بودن، ناپایداری بودن و توزیع جریان هوا در کانال هدایت هوا سبب پیچیدگی حرکت نخ پود می‌شود. در پژوهش حاضر، اثر خواص نخ پود شامل نمره نخ، ترکیب‌های مختلف الیاف پلی‌استر-پنبه و تاب نخ در سرعت‌های مختلف ماشین بافندگی و در نتیجه فشارهای مختلف هوا روی زمان رسیدن نخ پود و میانگین پیک کشش بررسی شده است. ۴۵ نمونه نخ با ترکیب مختلف الیاف پلی‌استر-پنبه و پنبه خالص و پلی‌استر خالص با نمره‌ها و تاب‌های متفاوت در سامانه ریسندگی رینگ تولید و برای اندازه‌گیری زمان رسیدن و کشش نخ پود روی ماشین بافندگی جت هوا بررسی شدند. برای رابطه‌مند کردن نتایج تجربی از مدل شبکه عصبی به روش آموزش پس‌انتشار خطا استفاده شد. نتایج تحلیل آماری نشان داد، تمام عوامل بررسی شده دارای اثر معنی‌دار بر زمان رسیدن نخ پود هستند. مشخص شد، عوامل سرعت ماشین و در نتیجه فشار هوا بیشترین اثر را نسبت به سایر عوامل روی زمان رسیدن نخ پود دارند. شبکه عصبی به‌دست آمده می‌تواند برای پیش‌بینی سرعت پودگذاری نخ‌های پلی‌استر-پنبه، پنبه خالص و پلی‌استر خالص در ماشین بافندگی جت هوا با R^2 برابر ۰/۹۸ به کار رود.

مقدمه

عملیات پودگذاری در بافندگی جت هوا به‌طور عمده متفاوت از سایر روش‌های پودگذاری است. در این روش، نخ پود با نیرویی که به‌وسیله فشار هوا ایجاد می‌شود، حرکت می‌کند، در حالی که در روش‌های بافندگی پروژکتایل، راپیر و باماکو نخ پود با پودر که سر نخ پود را گرفته است، به‌طور کنترل شده حرکت می‌کند. امروزه ماشین‌های جت هوا از متداول‌ترین ماشین‌های بافندگی در بازار هستند. زیرا، پودگذاری با جت هوا ساده‌ترین روش پودگذاری است. در روش پودگذاری جت هوا، نخ پود با نیرویی که به‌وسیله فشار هوا وارد می‌شود، حرکت می‌کند. در واقع، حرکت نخ بر اثر اصطکاک میان سطح نخ

کلمات کلیدی

بافندگی،
پودگذاری جت هوا،
شبکه عصبی،
نخ پلی‌استر-پنبه

و هوای فشرده است. Duxbury و همکاران [۱] از اولین کسانی بودند که مطالعات علمی را روی بافندگی جت هوا انجام دادند و قانون دوم نیوتن را برای توضیح حرکت نخ به کار بردند.

Salama و همکاران [۲] سامانه راهنمای نخ در ماشین بافندگی جت هوا را شبیه‌سازی و با استفاده از آن حرکت نخ را هنگام پودگذاری تشریح کردند. Adanur و Mohamed [۳-۵] برای هر دو سامانه ذخیره نخ پود استوانه‌ای و حلقه‌ای معادله حرکت نخ را نوشته و تجزیه و تحلیل دینامیکی را درباره سامانه ذخیره نخ پود استوانه‌ای انجام دادند. آنها دستگاه شبیه‌ساز سامانه پودگذار دستگاه بافندگی را ساخته

* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: hnosraty@aut.ac.ir

عصبی مصنوعی ارتباط میان نمره نخ، پرز نخ، قطر نخ و یکنواختی نخ را با زمان رسیدن نخ پود و آثار متقابل آنها با یکدیگر بررسی کرده است Chelik [۹] روی ماشین بافندگی جت هوا با سازوکار جت‌های کمکی با استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای، بهینه‌سازی پارامترهای مختلف ماشین بافندگی مانند مصرف هوای فشرده و فشار هوای اعمال شده به جت اصلی و جت‌های کمکی را بررسی کرد.

Gorjian [۱۰] برای بهبود شرایط پودگذاری در ماشین بافندگی جت هوای تک‌نازلی، تغییراتی روی نازل ماشین ایجاد کرده و اثر آن را بر خواص فیزیکی پارچه بافته شده و کشش وارد شده به نخ پود را بررسی کرد. Ghithaiga و همکاران [۱۱] در پژوهشی با انجام آزمون روی

و با رایانه متصل شده به این سامانه، داده‌ها را گردآوری و پردازش کردند. در این سامانه زمان پودگذاری، سرعت هوا، سرعت نخ و فشار هوا اندازه‌گیری شده است. آن‌ها جریان هوا را در سامانه پودگذاری جت هوا به‌طور کیفی تجزیه و تحلیل کرده و توزیع سرعت هوا هنگام پودگذاری را به‌دست آوردند. Adanur و Bakhtiyarov [۶] کانال هوای عبور نخ را به‌شکل نیمه‌باز در نظر گرفته و به روش تحلیلی نیروی پیش‌برنده نخ و ضریب اصطکاک میان نخ و هوا را مطالعه کردند. برخی از پژوهشگران نیز روی طراحی و بهینه‌سازی ابعاد و پارامترهای مختلف کانال راهنمای هوا کار کردند [۷]. Vangghelune [۸] با انجام آزمون‌هایی روی نخ‌های پلی‌استر-پنبه در ماشین بافندگی جت هوا و با استفاده از مدل شبکه

جدول ۱- مشخصات نخ‌های تولید شده.

نوع الیاف	نمونه	نمره (Ne)	تاب (T/M)	نمونه	نمره (Ne)	تاب (T/M)
۱۰۰٪ پنبه	۱	۱۵	۶۵۰	۲۶	۲۰/۱	۸۹۰
۷۵٪ پنبه-۲۵٪ پلی‌استر	۲	۱۵/۹	۶۵۴	۲۷	۲۰/۷	۸۸۹
۵۰٪ پنبه-۵۰٪ پلی‌استر	۳	۱۵/۸	۶۶۲	۲۸	۲۰/۳	۸۹۶
۲۵٪ پنبه-۷۵٪ پلی‌استر	۴	۱۵/۴	۶۵۵	۲۹	۲۰/۴	۸۹۶
۱۰۰٪ پلی‌استر	۵	۱۵/۲	۶۴۸	۳۰	۲۰/۱	۸۹۲
۱۰۰٪ پنبه	۶	۱۵/۲	۷۰۲	۳۱	۲۵/۴	۹۱۰
۷۵٪ پنبه-۲۵٪ پلی‌استر	۷	۱۵/۴	۷۱۵	۳۲	۲۵/۹	۹۳۸
۵۰٪ پنبه-۵۰٪ پلی‌استر	۸	۱۵/۸	۷۲۵	۳۳	۲۵/۳	۹۰۳
۲۵٪ پنبه-۷۵٪ پلی‌استر	۹	۱۵/۵	۷۱۷	۳۴	۲۵/۲	۹۶۶
۱۰۰٪ پلی‌استر	۱۰	۱۵	۷۱۰	۳۵	۲۵/۳	۹۲۵
۱۰۰٪ پنبه	۱۱	۱۵/۱	۷۸۷	۳۶	۲۵/۵	۸۴۰
۷۵٪ پنبه-۲۵٪ پلی‌استر	۱۲	۱۵/۲	۷۷۱	۳۷	۲۵/۳	۸۵۰
۵۰٪ پنبه-۵۰٪ پلی‌استر	۱۳	۱۵/۳	۷۹۸	۳۸	۲۵/۹	۸۶۳
۲۵٪ پنبه-۷۵٪ پلی‌استر	۱۴	۱۵/۲	۷۸۳	۳۹	۲۵/۷	۸۵۳
۱۰۰٪ پلی‌استر	۱۵	۱۵/۷	۷۹۸	۴۰	۲۵/۴	۸۱۱
۱۰۰٪ پنبه	۱۶	۲۰/۴	۷۴۹	۴۱	۲۵/۲	۱۰۲۰
۷۵٪ پنبه-۲۵٪ پلی‌استر	۱۷	۲۰/۶	۷۶۰	۴۲	۲۵/۹	۱۰۱۷
۵۰٪ پنبه-۵۰٪ پلی‌استر	۱۸	۲۰/۲	۸۰۲	۴۳	۲۵/۵	۱۰۱۳
۲۵٪ پنبه-۷۵٪ پلی‌استر	۱۹	۲۰/۳	۷۵۴	۴۴	۲۵/۳	۱۰۳۴
۱۰۰٪ پلی‌استر	۲۰	۲۰/۵	۷۵۳	۴۵	۲۵/۵	۱۰۱۶
۱۰۰٪ پنبه	۲۱	۲۰/۲	۸۳۱	-	-	-
۷۵٪ پنبه-۲۵٪ پلی‌استر	۲۲	۲۰/۷	۸۲۶	-	-	-
۵۰٪ پنبه-۵۰٪ پلی‌استر	۲۳	۲۰/۱	۸۱۹	-	-	-
۲۵٪ پنبه-۷۵٪ پلی‌استر	۲۴	۲۰/۴	۸۲۷	-	-	-
۱۰۰٪ پلی‌استر	۲۵	۲۰/۶	۸۴۰	-	-	-

جدول ۲- مشخصات دستگاه بافندگی.

مقدار	مشخصه
۶۰۰	سرعت پودگذاری (پود در دقیقه)
۲۰۴۰	توان پودگذاری (m/min)
۶	تعداد ورودی‌ها
۳۴۰	عرض شانه (cm)
۳۰	نمره شانه (دندانه در سانتی‌متر)
۳۰	تراکم تار (بر سانتی‌متر)
۷۵	نمره نخ تار (دنیر)

نوع بافت کناره‌های پارچه لنواست.

جدول ۳- نتایج اندازه‌گیری میانگین پیک بیشینه کشش با نمره نخ‌های متفاوت و در فشارهای هوای مختلف.

نمره نخ (Ne)	فشار هوا (bar)	سرعت ماشین (rpm)	میانگین بیشینه کشش (cN)
۱۵	۳	۳۰۰	۵۴
	۴/۸	۴۰۰	۶۲
	۵/۸	۵۰۰	۶۸
۲۰	۳	۳۰۰	۴۳
	۴/۸	۴۰۰	۵۰
	۵/۸	۵۰۰	۵۵
۲۵	۳	۳۰۰	۲۹
	۴/۸	۴۰۰	۳۶
	۵/۸	۵۰۰	۳۹

مرسوم از مدل شبکه عصبی پس‌انتشار و مدل آماری ANOVA استفاده شد. مشخصات نخ‌های پود بررسی شده در جدول ۱ آمده است.

تجربی

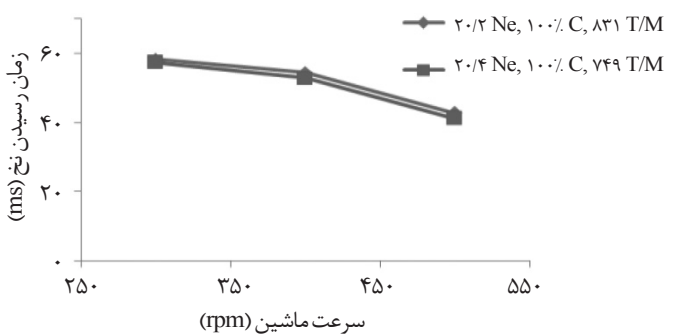
در این پژوهش، انواع نخ‌های پلی‌استر-پنبه با درصد‌های مختلف و پنبه خالص و پلی‌استر خالص تولید شده و آزمون‌های اندازه‌گیری نمره (Ne) و تاب (Turns/meter) روی آنها انجام شد. آزمون‌ها روی ماشین بافندگی پیکانول بلژیک مدل Omni plus با مشخصات آمده در جدول ۲ انجام شد. زمان رسیدن نخ پود روی نمایشگر (monitor) این ماشین قابل ملاحظه است. بدین منظور، تمام نمونه نخ‌ها روی ماشین بافندگی به‌عنوان پود بافته شده است.

بدین ترتیب که هر نمونه نخ در مسیر پودگذاری نخ‌کشی شد، ماشین شروع به کار کرد و پس از تعداد ۱۲۰ بار پودگذاری ماشین بافندگی متوقف شد و از نمایشگر ماشین بافندگی زمان رسیدن نخ پود برای هر نمونه یادداشت شد. این آزمون‌ها در سرعت‌های ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ rpm انجام شد. فشار هوا در سرعت‌های ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ rpm به ترتیب روی ۳، ۴/۸ و ۵/۸ bar تنظیم شد. نخ تار استفاده شده در ماشین بافندگی از نوع نخ رشته‌ای (filament) پلی‌استر ۷۵ دنیر بود.

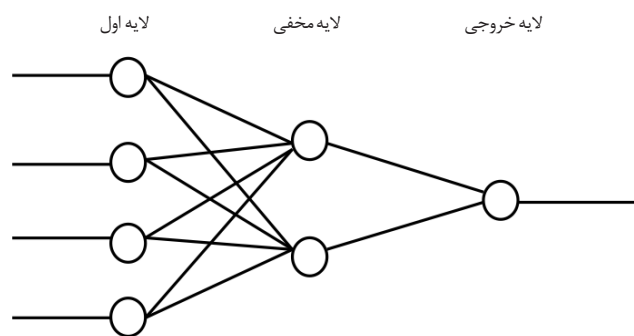
نخ‌های پنبه‌ای در سامانه Air index meter ارتباط میان پارامترهای ریسندگی در ریسندگی این اند شامل تاب، نوع روزنه برداشت، سرعت غلتک زنده و سرعت چرخنده (روتور) را با سرعت نخ بررسی کردند. همچنین، ارتباط میان خواص نخ شامل تاب، نمره نخ، یکنواختی، قطر متوسط نخ، تعداد پرزهای بلند را با سرعت نخ و خواص الیاف شامل طول متوسط الیاف، یکنواختی طولی، ظرافت الیاف، استحکام، ازدیاد طول تا پارگی و مقدار الیاف کوتاه را با سرعت نخ با استفاده از مدل‌های آماری و شبکه عصبی مصنوعی بررسی کردند.

در مطالعه Meulemeester و همکاران [۱۲] شبیه‌سازی ریاضی به‌شکل سه‌بعدی درباره رفتار دینامیکی نخ پود انجام شده است. تطابق خوبی میان نتایج نظری و تجربی ملاحظه می‌شود. نتایج تجربی عکس‌های گرفته شده از نخ در حال پودگذاری بود که با استفاده از دوربین عکاسی با سرعت زیاد تهیه شد.

در پژوهش حاضر، اثر خواص نخ پود از قبیل نمره نخ، ترکیب‌های مختلف الیاف پلی‌استر-پنبه و تاب نخ در سرعت‌های مختلف ماشین بافندگی (فشارهای مختلف هوا) روی زمان رسیدن نخ پود و میانگین پیک کشش اندازه‌گیری و بررسی شده است. تعداد زیادی نخ با ترکیب مختلف الیاف پلی‌استر-پنبه، پنبه خالص و پلی‌استر خالص با نمره‌ها و تاب‌های متفاوت در ماشین ریسندگی رینگ تولید شده و برای اندازه‌گیری زمان رسیدن و کشش نخ پود روی ماشین بافندگی جت هوا بررسی شدند. برای تعیین ارتباط آماری از میان مدل‌های آماری



شکل ۲- اثر سرعت ماشین بافندگی بر زمان رسیدن نخ پود



شکل ۱- نمای شبکه عصبی مصنوعی.

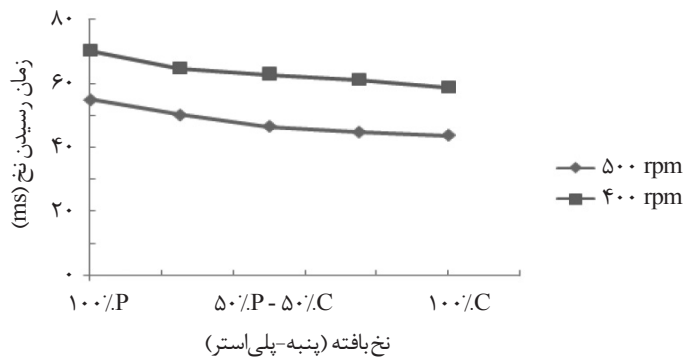
نمودارها برحسب سانتی نیوتن (cN) ثبت و میانگین پیک کشش نخ پود محاسبه شد. ماشین بافندگی شروع به کار کرده و نخ پود مدنظر پودگذاری می شود و زمان اندازه گیری کشش همزمان با قیچی شدن یا قطع نخ با قیچی پس از جت اصلی متحرک آغاز می شود، زیرا در این حالت کشش نخ یا فشار وارد بر میله حسگر به وسیله نخ، صفر است. پس از انجام کامل مقدمات آزمون، فشار هوای پشت نازل که با شیر فشار هوا تنظیم شدنی است، برابر با ۳ bar و سرعت ماشین روی ۳۰۰ rpm تنظیم شد. برای هر سه نخ با نمره های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ Ne آزمون اندازه گیری کشش نخ در ۱۰۰ پیک متوالی برای هر نخ به طور مجزا انجام شد. در آزمون بعدی فشار هوا در پشت نازل ۴/۸ bar و سرعت ۴۰۰ rpm تنظیم شد و برای هر سه نخ آزمون اندازه گیری کشش نخ در ۱۰۰ پیک متوالی برای هر نخ به طور مجزا انجام شد.

در آخرین آزمون اندازه گیری کشش، فشار هوا در پشت نازل ۵/۸ bar و سرعت ماشین روی ۵۰۰ rpm تنظیم شد. برای هر سه نخ آزمون اندازه گیری کشش نخ به طور مشابه انجام شد که نتایج حاصل در جدول ۳ آمده است.

شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی (artificial neural network, ANN) سامانه پردازش اطلاعات است که دارای ویژگی های مشترکی با شبکه های عصبی طبیعی است. شبکه های عصبی مصنوعی تعمیم یافته مدل های ریاضی تشخیص انسان براساس زیست شناسی عصبی هستند و بر پایه فرضیه های زیر استوارند [۱۳]:

- ۱- پردازش اطلاعات در اجزای ساده ای با تعداد فراوان، با نام نرون ها (neurons) انجام می شود.
 - ۲- سیگنال ها در میان نرون های شبکه از راه پیوندها یا اتصالات (connections) آنها منتقل می شوند.
 - ۳- هر پیوند وزن مربوط به خود دارد که در شبکه های عصبی رایج در سیگنال های انتقال یافته از آن پیوند ضرب می شود.
 - ۴- هر نرون یک تابع فعال سازی (activation function) معمولاً غیر خطی را روی ورودی های خود که جمع وزن دار سیگنال های ورودی است، اعمال می کند تا سیگنال خروجی خود را تولید کند.
- با توجه به فرضیه های گفته شده، می توان شبکه عصبی مصنوعی را با ویژگی های زیر مشخص کرد:
- الگوی پیوندها میان نرون های مختلف آن شبکه که ساختار یا معماری (architecture) شبکه نامیده می شود.
 - روش تعیین وزن ها روی پیوندهای شبکه که آن را الگوریتم آموزش یا یادگیری (training or learning algorithm) می نامند.
 - تابع فعال سازی شبکه که هر نرون روی ورودی های خود اعمال می کند.
- شبکه های عصبی مصنوعی جزء دسته ای از سامانه های دینامیکی است که با پردازش روی داده های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده ها را به ساختار شبکه منتقل می کند. این شبکه ها که برگرفته از شبکه های عصبی موجودات زنده است، در زمینه های مختلف استفاده شدند که از آن جمله می توان به پیش بینی، بهینه سازی، سامانه های خبره (برای تنظیم بهتر و



شکل ۳- اثر درصد الیاف بر زمان رسیدن نخ پود.

اندازه گیری کشش نخ پود با استفاده از دستگاه

اندازه گیری کشش به روش الکترونیکی با Rothschild انجام شد. این دستگاه شامل بخش های اندازه گیر، کنترول و نمایشگر کشش و ثبات است. بخش اندازه گیر (measuring head) براساس تغییر ظرفیت یک خازن در اثر فشار وارد شده از طرف نخ عبوری روی میله حسگر (sensor rod) کار می کند. این تغییرات به بخش پردازشگر ارسال شده و کشش نخ در این بخش محاسبه می شود. سپس، مقدار آن با گالوانومتر مدرج برحسب سانتی نیوتن (cN) نشان داده می شود و با ارتباط این بخش با بخش ثبات، کشش نخ پود روی کاغذ نواری مدرج به شکل نمودار چاپ می شود. برای استفاده از کشش سنج ابتدا باید دستگاه کالیبره شود.

اندازه گیری کشش نخ به طور عملی به این شکل انجام یافته است که ابتدا بوبین نخ در محل ویژه آن در دستگاه بافندگی قرار داده شد و نخ پود از راهنماها و آکومولاتور و نازل اصلی ثابت و نازل اصلی متحرک به کمک جریان هوا عبور داده شد. سپس، بخش اندازه گیر دستگاه کشش سنج در ناحیه میان آکومولاتور و جت اصلی ثابت روی پایه محکمی نصب شد. به طوری که نخ پود از روی میله حسگر بخش اندازه گیری کشش عبور کند.

از بررسی منحنی های کشش نخ پود مشخص می شود، پیک کشش در مراحل اولیه پرتاب نخ اتفاق می افتد که ناشی از خاصیت ضربه ای جت هواست. اهمیت پیک کشش از این نظر است که بر پارگی نخ پود مؤثر است و مقدار آن نیز باید کمتر از نیروی پارگی نخ باشد تا بتوان در محدوده قابل قبولی از پود پارگی عمل بافندگی را انجام داد، زیرا تعداد پارگی نخ پود بر بازده ماشین و کیفیت پارچه تولیدی اثر بسزایی دارد.

بنابراین، برای مقایسه نتایج نظری و تجربی از پارامتر حداکثر کشش وارد شده بر نخ پود در یک چرخه پودگذاری به عنوان معیار مقایسه استفاده می شود. کشش نخ های پود با نمره های مختلف ۱۵، ۲۰ و ۲۵ Ne و پنبه خالص اندازه گیری شده است که هر کدام از این نخ ها با فشارهای مختلف ۳، ۴، ۸ و ۵/۸ bar پودگذاری شده بودند. در هر آزمون کشش نخ با دستگاه کشش سنج اندازه گیری و روی نمودار مدرج رسم شد. آزمون اندازه گیری کشش با دستگاه کشش سنج برای یک نخ با نمره مشخص و با فشار معین در ۱۰۰ چرخه پودگذاری متوالی انجام شد. سپس، پیک کشش نخ در این پود گذاری ها با توجه به مقیاس

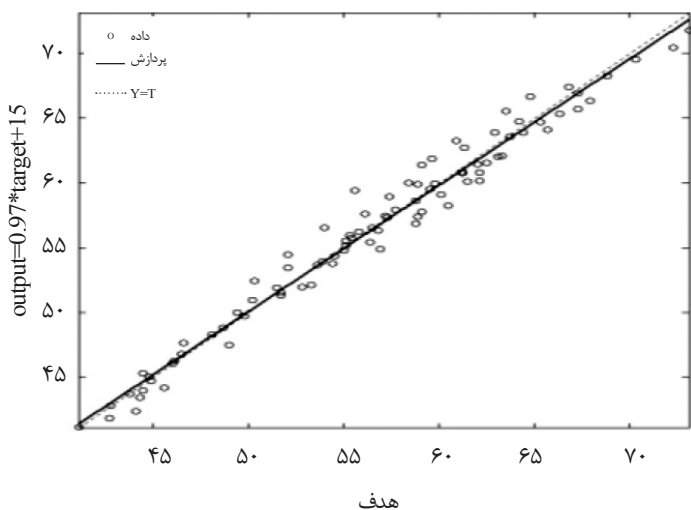
جدول ۴- ساختارهای آزمون شده.

شماره مدل	لایه ورودی	نرون لایه اول مخفی	نرون لایه دوم مخفی	نرون لایه خروجی
۱	۴	۲	-	۱
۲	۴	۲	۳	۱
۳	۴	۳	۴	۱

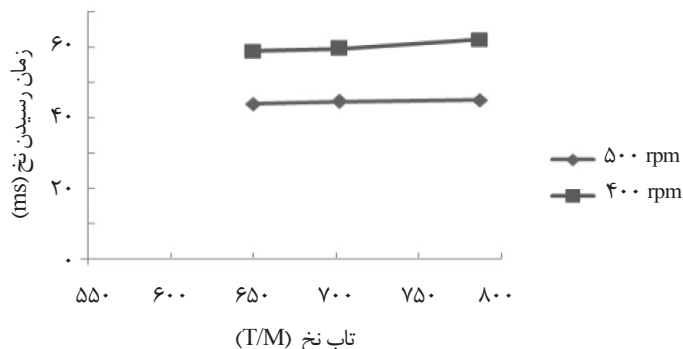
بررسی شده، شبکه‌های عصبی پیش‌خور بهترین کارایی را نشان داده و بنابراین در پژوهش حاضر برای مدل‌سازی و پیش‌بینی زمان رسیدن نخ پود از یک شبکه چندلایه پیش‌خور (network forward multi-layer feed) با الگوریتم آموزش پس انتشار خطا استفاده شده است. شبکه عصبی طراحی شده با بهترین کارایی دارای یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک لایه مخفی است. نمای کلی از یک شبکه پیش‌خور با یک لایه مخفی در شکل ۱ نشان داده شده است.

در یک مدل شبکه عصبی تعداد گره‌های ورودی با تعداد پارامترهای ورودی به شبکه برابر است. از سوی دیگر، تعداد گره‌های لایه خروجی با تعداد پارامترهای خروجی برابر است. بنابراین، در همه مدل‌های طراحی شده تعداد لایه خروجی ۱ و تعداد واحدهای ورودی برابر ۴ است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، شبکه‌های عصبی با یک لایه مخفی برای اکثر کاربردها مناسب‌اند و لایه مخفی دوم در شرایطی باعث بهبود کارایی شبکه می‌شود که رابطه میان ورودی‌ها و خروجی‌ها پیچیده باشد. هر چقدر ابعاد شبکه کوچک‌تر باشد، این اطمینان حاصل می‌شود که زمان آموزش در حد معقولی می‌شود و پیچیدگی‌های محاسباتی شبکه به حداقل می‌رسد.

پژوهش‌ها نشان داده است، شبکه‌های چندلایه با یک لایه مخفی با توابع تبدیل زیگموئیدی در لایه میانی و توابع تبدیل خطی در لایه خروجی قابلیت تقریب تمام توابع مدنظر را با هر درجه تقریب دارند [۱۴]. شبکه‌های عصبی طی آموزش پس از هر تکرار الگوریتم یادگیری از شرایط و هدف خود، وزن‌ها و پسماندها را ساخته و اصلاح می‌کند. برای یادگیری



شکل ۶- ارتباط مقادیر تجربی و پیش‌بینی رسیدن نخ پود.



شکل ۴- اثر تاب نخ بر زمان رسیدن نخ پود.

رفتار مناسب‌تر سامانه) و سامانه‌های فازی (برای تنظیم توابع عضویت و قوانین فازی در پایگاه دانش) اشاره کرد [۱۳].

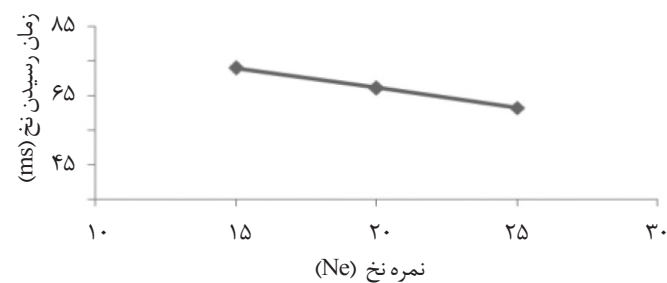
شبکه‌های عصبی سرعت بسیار زیاد در پاسخ به سامانه‌ها غیرخطی دارند و تا زمانی که ورودی‌ها خیلی غیرمنتظره نباشند و سامانه به‌درستی آموزش دیده باشد، می‌توانند با خطای بسیار ناچیز و با دقت خوبی پاسخ مطلوب را حاصل کنند.

طراحی یک مدل شبکه عصبی شایسته با پارامترهای آموزش بهینه، در رسیدن به نتایج پیش‌بینی مطلوب از اهمیت بسیاری برخوردار است. برای ساختن مدل شبکه عصبی از مجموعه داده‌های اندازه‌گیری شده زمان رسیدن نخ پود استفاده شده است. این مجموعه شامل عوامل عمده اثرگذار بر زمان رسیدن نخ پود بوده که به‌عنوان ورودی شبکه استفاده شده است.

ورودی‌های شبکه عبارت‌اند از:

- درصد ترکیب الیاف پلی‌استر-پنبه در نخ پود،
- نمره نخ،
- سرعت ماشین بافندگی و
- تاب نخ.

مدل‌های مختلفی از شبکه‌های عصبی براساس ساختار و نحوه آموزش وجود دارد. شبکه‌های عصبی پیش‌خور (feed forward neural networks) را پژوهشگران برای کاربردهای زیاد استفاده کردند. اغلب شبکه عصبی پیش‌خور در کارهای پژوهشی نساجی از قبیل پیش‌بینی خواص کششی نخ درباره خواص الیاف، مدل‌سازی رفتار کششی پارچه و پیش‌بینی سرعت نخ در ماشین بافندگی جت هوا برای الیاف پنبه، دارای عملکرد موفقیت‌آمیزی بوده‌اند [۱۵، ۱۶]. از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی مختلف



شکل ۵- اثر نمره نخ (T/M ۸۳۱٪ پلی‌استر) بر زمان رسیدن (سرعت ماشین ۴۰۰ rpm).

اصطکاک میان نخ و هوا شده است. اثر تاب نخ در شکل ۴ نشان می‌دهد، با افزایش تاب سرعت نخ کاهش یافته است. افزایش تاب سبب کاهش قطر نخ و صاف شدن سطح نخ می‌شود. با کاهش قطر نخ و صاف شدن سطح نخ نیروی وارد شده به نخ با جریان هوا کاهش می‌یابد و زمان رسیدن نخ پود افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، سرعت نخ کم می‌شود.

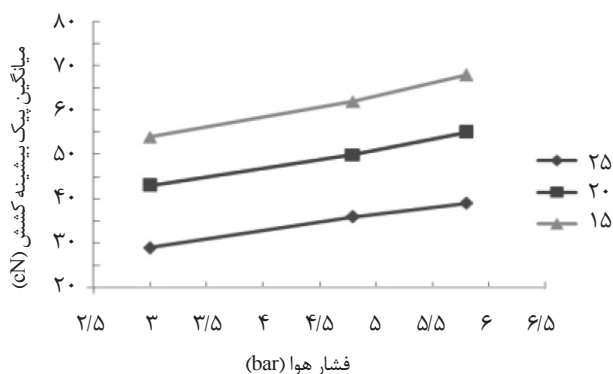
اثر نمره نخ

برای نشان دادن اثر نمره نخ از کل آزمون‌های انجام شده از نتایج آزمون‌های داده‌هایی انتخاب شده است که پارامترهای درصد الیاف مخلوط نخ، سرعت ماشین و تاب آن‌ها یکسان بوده ولی فقط نمره آن‌ها متفاوت بودند. شکل ۵ به وضوح نشان می‌دهد، با افزایش نمره نخ زمان رسیدن نخ پود کاهش یافته است. به عبارت دیگر، سرعت نخ بیشتر شده است. کاهش نمره نخ سبب افزایش قطر نخ و از طرفی باعث افزایش جرم نخ می‌شود. افزایش جرم نخ مانع از حرکت سریع نخ می‌شود.

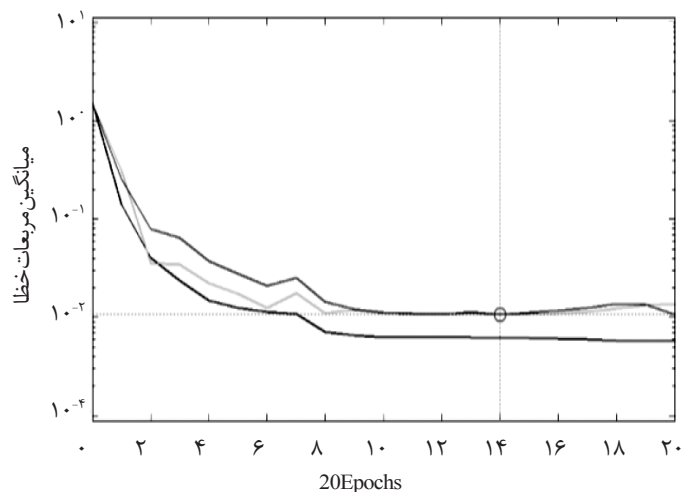
تحلیل نتایج شبکه عصبی مصنوعی

در مدل سازی سامانه باید در جست‌وجوی راهکاری بود که بیشترین سازگاری را با ساختار و خاصیت اندازه‌گیری داشته باشد. شیوه استفاده از شبکه عصبی در واقع بنا گذاشتن اصول راهبردی آن است که بتوان خاصیت بررسی شده را با به کارگیری عوامل مؤثر ارزیابی کرد. با توجه به مطالبی که بیان شد، از شبکه عصبی تک‌لایه پس انتشار به روش آموزش انتشار به عقب، برای پیش‌بینی خاصیت مدنظر استفاده شد که مدلی ساده و کاراست. پس از انتخاب نوع شبکه عصبی و ورودی‌ها نیاز بود تا بهترین ساختار شبکه برای پیش‌بینی خطا به دست آید. بدین منظور، ساختارهای متفاوتی مطابق جدول ۴ بررسی شد. از ساختار شبکه پس انتشار به شکل یک لایه ورودی با چهار گره، یک لایه خروجی با یک گره و تک‌لایه مخفی با دو گره با اتصالات کامل، نتایج دقیق‌تری به دست آمد.

مرحله بعد تقسیم داده به زیر مجموعه، آموزش، معتبر سازی و آزمایشی است. ۲۰٪ داده‌ها (۱۸ داده) برای مجموعه معتبر سازی، ۲۰٪ داده‌ها (۱۸ داده) برای مجموعه آزمایشی و ۶۰٪ داده‌ها (۵۴ داده) برای مجموعه آموزش در نظر گرفته شده است. نتایج به وضوح نشان داد، با استفاده از تابع تبدیل زیگموئید در لایه مخفی و تابع تبدیل خطی



شکل ۸- اثر فشار هوا بر میانگین پیک بیشینه کشش با نمره‌های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ Ne.



شکل ۷- منحنی تابع عملکرد شبکه mse.

ابتدا لازم است، الگوریتم یادگیری انتخاب شود. مهم‌ترین عاملی که باید مورد توجه قرار گیرد، به کارگیری الگوریتمی مناسب برای آموزش شبکه است [۱۳]. در این پژوهش، از الگوریتم آموزش پس انتشار خطا نوع Levenberg-Marquardt استفاده شده است. شروع الگوریتم با وزن‌ها و پسماندهای تصادفی است. ضریب یادگیری از پارامترهای اثرگذار بر فرایند آموزش و تنظیم وزن‌هاست که در الگوریتم آموزشی پس انتشار خطا، مقدار پرش وزن‌ها را در هر تکرار معین می‌کند. اگر سرعت یادگیری انتخاب شده برای سطح خطا، بسیار بزرگ باشد، به عبارت دیگر، سطح خطا نسبت به تغییرات وزن‌ها دارای تغییرات سریع باشد، فرایند آموزش ناپایدار می‌شود. از طرف دیگر هر چند ضریب آموزش کم، ثبات آموزش را تضمین می‌کند، ولی به علت تغییرات کوچک وزن‌ها در هر تکرار آموزش و افزایش زمان آموزش، بازده بسیار کاهش می‌یابد. هیچ الگوریتم و روشی برای تعیین مقدار بهینه این ضریب وجود ندارد، بدین منظور باید از روش سعی و خطا کمک گرفته شود.

نتایج و بحث

اثر سرعت ماشین بافندگی

از شکل ۲ نتیجه می‌شود، با افزایش سرعت ماشین بافندگی زمان رسیدن نخ پود کاهش می‌یابد. برای افزایش سرعت ماشین، فشار هوا افزایش داده می‌شود. بدین ترتیب، با افزایش فشار هوا نیروی وارد شده به نخ بیشتر می‌شود و سرعت نخ افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، زمان رسیدن نخ پود کاهش می‌یابد.

اثر نوع الیاف (درصد مخلوط الیاف در نخ پود)

در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، با افزایش درصد الیاف پنبه مخلوط شده نسبت به درصد پلی‌استر، سرعت نخ پود افزایش می‌یابد. افزایش درصد مخلوط پنبه سبب افزایش پرز نخ شده و افزایش پرز نخ باعث افزایش

جدول ۶- نتایج آزمون تجزیه و تحلیل واریانس ها.

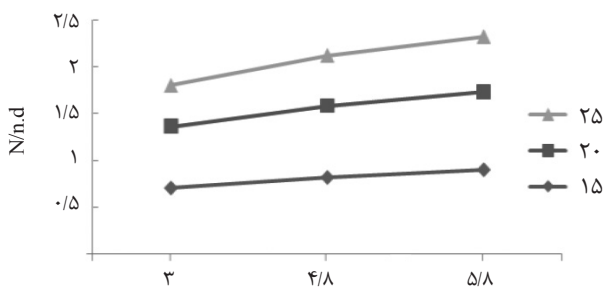
منبع	Type III Sum of Squares	Df	مجموع مربعات	F	Sig.
Corrected Model	۰.۴۹۸۵/۵۶۰	۱۶	۳۱۱/۵۹۸	۲۸۰/۰۶۴	۰
Intercept	۱۶۴۷۴۷/۹۳۰	۱	۱۶۴۷۴۷/۹۳۰	۱/۴۸۱E5	۰
Speed	۲۶۶۱/۳۲۵	۲	۱۳۳۰/۶۶۲	۱/۱۹۶E3	۰
Material	۱۳۶۴/۹۰۲	۴	۳۴۱/۲۲۵	۳۰۶/۶۹۳	۰
Twist	۱۶۸/۴۳۶	۸	۲۱/۰۵۵	۱۸/۹۲۴	۰
Count	۱۳۳/۹۵۳	۱	۱۳۳/۹۵۳	۱۲۰/۳۹۷	۰
Error	۸۱/۲۱۹	۷۳	۱/۱۱۳	-	-
Total	۲۹۱۳۷۵/۷۴۰	۹۰	-	-	-
Corrected Total	۵۰۶۶/۷۸۰	۸۹	-	-	-

* R Squared = ۰/۹۸۴(۰/۹۸۰)

رسیدن نخ پود معنی دار بوده و بیشترین عامل مؤثر سرعت ماسین است. به عبارت دیگر، تغییر در سطوح متغیرهای مستقل باعث تغییرات معنی دار (که ناشی از تغییرات تصادفی نیستند) در متغیر وابسته (زمان رسیدن نخ پود) می شود.

نتایج حاصل از اندازه گیری کشش نخ پود

در شکل ۸ اثر تغییرات نمره نخ و فشار هوا به طور هم زمان بر متوسط پیک کشش ملاحظه می شود. در این شکل مشاهده می شود، با افزایش فشار هوا پیک کشش نخ افزایش می یابد و بر نخ های با نمره کمتر (ضخیم تر) نیروی بیشتری نیز وارد می شود. در شکل ۹ با فرض دایره ای بودن سطح مقطع نخ تغییرات نسبت نیرو بر محیط نخ ($N/\pi d$) بر اثر تغییر فشار هوا قابل ملاحظه است. با توجه به شکل ۹ ملاحظه می شود، شیب منحنی نسبت به شکل ۸ کاهش یافته است، ولی کاملاً موازی با محور افقی نیست. بنابراین، با افزایش فشار هوا افزون بر قطر نخ سایر عوامل نیز بر کشش نخ مؤثرند.



شکل ۹- اثر فشار هوا بر نسبت کشش نخ به قطر نخ.

در لایه خروجی، بهترین کارایی حاصل می شود. همچنین، از روش Levenberg-Marquardt برای آموزش شبکه استفاده شد.

شکل ۶ ضریب همبستگی ($R=۰/۹۸۷۱$) مقادیر تجربی و پیش بینی را برای زمان رسیدن نخ پود نشان می دهد. همان طور که در شکل ۷ ملاحظه می شود، پس از تعداد ۱۴ مرحله آموزش یادگیری به وسیله داده های اعتبارسنجی متوقف شده است. تغییرات مجموعه خطای داده های تجربی و اعتبارسنجی مشابه است، بنابراین نتیجه مطلوب بوده و بیش برآزش اتفاق نیفتاده است.

تحلیل آماری داده ها

برای بررسی و تعیین اثر هر یک از پارامترهای فشار هوا، نمره نخ، درصد الیاف پلی استر-پنبه و تاب نخ روی زمان رسیدن نخ پود از روش تحلیل واریانس ها (ANOVA) استفاده شده است. همان طور که در جدول ۶ ملاحظه می شود، مقدار احتمال (Sig.) که همان P-value است، در همه حالت ها کمتر از ۰/۰۵ است. در نتیجه می توان گفت، اثر عوامل سرعت ماشین (Speed)، نمره نخ (Count)، ترکیب الیاف (Material) و تاب نخ (Twist) روی متغیر زمان

جدول ۵- عوامل مستقل.

عامل	مقدار	N
سرعت	۳۰۰	۱۵
	۴۰۰	۴۵
	۵۰۰	۳۰
ترکیب الیاف	۰	۱۸
	۲۵	۱۸
	۵۰	۱۸
	۷۵	۱۸
	۱۰۰	۱۸
تاب	۶۵۰	۱۰
	۷۰۰	۱۰
	۷۵۰	۱۰
	۷۹۰	۱۰
	۸۲۰	۵
	۸۴۰	۵
	۸۵۰	۱۰
	۸۹۰	۱۵
	۹۱۰	۵
	۱۰۲۰	۱۰
نمره	۱۵	۳۰
	۲۰	۳۰
	۲۵	۳۰

نتیجه گیری

می یابد و سبب بیشتر شدن سرعت نخ می شود. پیش بینی موفقیت آمیز با ضریب همبستگی زیاد (۰/۹۸) به وسیله مدل شبکه عصبی پس انتشار نشان می دهد، ابزار مدل سازی سودمندی برای رفتار نخ پود در سامانه پود گذاری جت هواست.

نتایج به دست آمده می تواند برای پیش بینی عملکرد انواع مختلف نخ به کار برده شود. بنابراین، به ما کمک می کند که چگونه نخ را با کیفیت بهینه در ماشین بافندگی جت هوا به کار برد. این موضوع می تواند به بهبود عملیات بافندگی جت هوا منجر شود و انرژی مصرفی (مصرف هوای فشرده) را کاهش دهد.

اثر عوامل سرعت ماشین، نمره نخ، ترکیب الیاف و تاب نخ روی متغیر زمان رسیدن نخ پود معنی دار بوده و بیشترین عامل مؤثر سرعت ماشین است. حداکثر مقدار کشش وارد شده به نخ پود دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر مقادیر کشش بوده و ارتباط مستقیم با تعداد پارگی و استحکام نخ دارد. بنابراین، از مقادیر حداکثر کشش نخ میانگین گرفته شد. نتیجه گرفته شد، با افزایش فشار هوا پیک کشش نخ زیاد شده و بر نخ های با نمره کمتر (ضخیم تر) نیز نیروی بیشتری وارد می شود.

مراجع

- Duxbury V., Lord P.R., and Vaswami T.B., A Study of some factors involved in pneumatic weft propulsion, *J. Text. Inst.*, 50, 558-573, 1959.
- Salama M., Adanur M., and Mohamed M.H., Mechanics of single nozzle air-jet filling insertion system, Part III: Yarn insertion through tubes, *Text. Res. J.*, 57, 44-54, 1987.
- Adanur S. and Mohamed M.M., Analysis of yarn tension in air-jet filling insertion, *Text. Res. J.* 61, 259-266, 1991.
- Adanur S. and Mohamed M.M., Analysis of yarn motion in single nozzle air-jet filling insertion, Part I, II., *J. Text. Inst.*, 83, 45-62, 1992.
- Adanur S. and Mohamed M.M., Weft insertion on air-jet looms: Velocity measurement and influence of yarn structure, Part I: Experimental system and computer interface, *J. Text. Inst.* 97, 297-315, 1988.
- Adanur S. and Bakhtiyarov S., Analysis of air flow in single nozzle air-jet filling insertion, corrugated channel model, *Text. Res. J.*, 66, 401-406, 1996.
- Salama M. and Mohamed M.H., Mechanics of single nozzle air-jet filling insertion system, Part II: Velocity distribution and design of the guide system, *Text. Res. J.*, 56, 721-726, 1986.
- Vangheluwe V., Weft insertion of polyester/cotton blend yarns on air-jet looms, *Text. Res. J.*, 67, 809-815, 1997.
- Chelik N., Babaarsalan O., and Bandara M. P.U., A mathematical model for simulation of weft insertion on an air-jet weaving machine, *Text. Res. J.*, 74, 236-240, 2004.
- گرجیان، ج. بررسی امکان اصلاح سامانه پود گذاری ماشین بافندگی جت هوا با تغییر شرایط پود گذاری، پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۳.
- Ghithaiga J., Vangheluwe L., and Kiekens P., Relationship between the properties of cotton rotor spun yarns and the yarn speed in an air-jet loom, *J. Text. Inst.*, 91, 35-47, 2000.
- Meulemeester S.D., Puissant P., and Langenhove L.V., Three dynamic yarn behavior on air-jet looms, *Text. Res. J.*, 79, 1706-1714, 2009.
- فاست ل. مبانی شبکه عصبی مصنوعی، ترجمه: ویسی ه.، مفخری ک.، باقری شورکی س.، چاپ اول، تهران، نص، ۱۳۸۸.
- منهاج، م. هوش محاسباتی (مبانی شبکه عصبی)، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۹.
- Hadizadeh M., Amani Tehran M., and Jeddi A.A.A., Application of adaptive neurofuzzy system for prediction of load/extension behavior of plain-woven fabrics, *Text. Res. J.*, 80, 981-990, 2010.
- Chattopadhyay R. and Guha A., Artificial neural networks: applications to textiles, *Text. Prog.*, 35, 1-46, 2004.

Modeling of the Effect of Weft Yarn Properties and Air-jet Loom Speed on the Weft Yarn Arrival Time and its Tension

Hooshang Nosraty*, Mohammad Amani Tehrani, and Qodratollah Zaveri

1. Department of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology, P.O. Box: 15875-4413, Tehran, Iran

Received 8 March 2014; Accepted 1 June 2015

Abstract

In this research the effect of yarn characteristics such as yarn count, different percent of polyester/cotton fibers in blend yarn, yarn twist and average of the weft yarn tension at different supplied air pressures and weaving machine speed on the weft yarn speed, and weft arrival time were investigated. Blend polyester-cotton yarns (45 samples) were produced by ring spinning method and the percentage of cotton in the composition changed as 0, 25, 50, 75, and 100%. The samples were used as weft yarn in an air-jet weaving machine for measuring the weft yarn arrival time and its tension. In order to find a correlation between the yarn properties and the experimental results, the back-propagation neural network model was adapted. The results showed that all of the parameters have a significant influence on the weft arrival time. However, the most important parameter was found to be the loom speed and consequently the applied air pressure on the weft yarn. The presented neural network model can be used to predict the weft yarn velocity for cotton, polyester and cotton-polyester blend yarns on an air-jet loom with a regression coefficient as high as $R^2=0.98$.

Keywords

weaving,
air-jet weft insertion,
neural network,
polyester/cotton yarn.

(*). Address Correspondence to H. Nosraty, Email: hnosraty@aut.ac.ir