

اندازه گیری درجه تثبیت تاب نخ بر مبنای تعریف ذاتی تاب و پیش بینی آن توسط شبکه عصبی مصنوعی

مهران دادگر

ایران، دانشگاه نیشابور، دانشکده مهندسی نساجی

M_dadgar@neyshabur.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۸

چکیده:

تثبیت تاب بخش مهمی از تولید نخ به دو روش تاب دادن مجازی یا واقعی است. در حال حاضر تثبیت تاب با انجام عملیات حرارتی بر اساس تثبیت ترکیبی از میزان تثبیت خمش، کرنش، گشتاور طبق روش های رایج محاسبه میشود. این در حالی است که مبنای تاب نخ، صرفاً اعمال نیروی پیچشی بر دسته الیاف است و قاعدتاً تثبیت تاب باید تثبیت همین نیروی پیچشی باشد. در روش جدید راهی برای ارزیابی درجه تثبیت تاب که فقط ناشی از نیروی پیچشی اعمال شده بر الیاف است ارائه شده است. با کمک روش تاگوچی ۲۵ نمونه تحت شرایط مختلف تاب، دما و زمان تهیه شدند. طراحی برای سه فاکتور (زمان، دما، تاب) و پنج سطح برای هر فاکتور انجام شده است. سطوح تاب، دما و زمان به ترتیب عبارتند از (۰،۴۰،۸۰،۱۲۰،۱۸۰)، (۰،۶۰،۹۰،۱۲۰،۱۵۰) و (۰،۶۰،۹۰،۱۲۰،۱۵۰). سپس عملیات حرارتی انجام شده و درجه تثبیت تاب طبق روش جدید محاسبه و توسط رگرسیون و شبکه عصبی پیش‌بینی شد. نتایج همبستگی خوبی بین نتایج تجربی و پیش‌بینی‌شده توسط مدل ANN در مقایسه با روش رگرسیون نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: تاب، نیروی پیچشی، تثبیت حرارتی، پلی پروپیلن.

Measuring The Degree Of Twist Set Based On The Twist Intrinsic Definition And Its Prediction By Artificial Neural Network

Mehran Dadgar

The University of Neyshabur, Department of Textile, Iran

M_dadgar@neyshabur.ac.ir

Abstract

Twist fixation is an important part of yarn production in two methods of virtual or real twisting method. Currently, twist fixation is calculated by performing heat treatment based on a combination of stabilization of bending, strain, and torque according to common methods. This is the fact that the basis of yarn twist is simply the application of twisting force on the fibres, and as a rule, twist stabilization should be the same twisting force. In the new method, a way to evaluate the degree of stabilization of the twist, which is only caused by the torsional force applied to the fibres, is presented. With the help of Taguchi method, 25 samples were prepared under different levels of twist, temperature and time. The design is done for three factors (time, temperature, twist) and five levels for each factor. The twist, temperature and time levels are respectively (0,40,80,120,180), (23,60,90,120,150) and (0,60,90,120,150). Then heat treatment was done and the degree of twist stabilization was calculated according to the new method and predicted by regression and neural network. The results show a good correlation between the experimental and predicted results by the ANN model compared to the regression method.

Keywords: Twist, Torsional force, Heat setting, Polypropylene.

۱ مقدمه

“PRIANIC” شاخصی را برای محاسبه تاب مجازی تعیین کرد. اگر چه روش بکار برده شده توسط این محقق برای فهم میزان تاب مجازی^۱ مفید است اما نمی‌تواند انعکاس دهنده تثبیت تاب باشد، چرا که در تثبیت تاب مهم این است که بدانیم اگر یک سر نخ باز باشد چه تعداد تاب باز شده است.

در تاب مجازی^۲ نمی‌دانیم که چه مقدار از نیرو صرف پیچش دو لای نخ به هم می‌شود و در این بین نیروهایی که از اجزای خمشی، پیچشی و گشتاور وجود دارند موجب ایجاد تاب مجازی پیچشی می‌شوند. در حالیکه در اندازه‌گیری درجه تثبیت تاب نخ، صرفاً هدف اندازه‌گیری میزان نیروی پیچشی بازگرداننده تاب نخ یا نیروی که موجب تثبیت آن شده است. به عبارتی دیگر هدف، اندازه‌گیری نیروهای دیگری از قبیل خمشی، فشاری، برشی، و یا پیچشی بین دو نخ مصرف‌کننده نیروی پیچشی زنده نیست، بلکه هدف صرفاً اندازه‌گیری و تثبیت نیروی پیچشی وارد بر دسته الیافی است که یک نخ را تشکیل می‌دهند. همچنین آگاهی در مورد روش، تنظیمات و

نخهای بی سی اف از تعدادی فیلامنت ساخته می‌شوند، که این فیلامنتها به واسطه نیروی اصطکاکی که توسط تاب ایجاد می‌شود، یا روشی مثل اینترمینگل موجب اتصال فیلامنتها به همدیگر می‌شود. اثر ذاتی هر نخ تاب دیده بعد از تاب این است که تمایل دارد تا تاب آن باز شود و به عبارتی در پایین ترین سطح انرژی خود قرارگیرد. دست یابی به پایین ترین سطح انرژی می‌تواند با باز شدن تاب و یا با تثبیت تاب اعمال شده بر نخ انجام شود تا نخ تاب دیده به پایین ترین سطح انرژی خود برسد.

اثر مراحل بعدی ریسندگی روی پیچش نخ توسط پریمنتاس[1] مورد بررسی قرار گرفته است. ایراد تاب مجازی بخاطر زنده بودن تاب نخ است که در واقع یک نیروی گشتاور مخالف را اعمال میکند و به دلیل طولانی بودن رشته نخ و اینکه خروج این تاب باز شده از سر نخ مقدور نیست، لذا به شکل تاب مجازی بین دو رشته ظاهر می‌شود. پریمنتاس با استفاده از

² Snarling¹ Snarling

ماشین مورد استفاده برای ثبات تاب است. برای مثال، روش های متداول نمی تواند جوابگوی سوال "چه مدت بعد از پا خوردن فرش، نخ پایل فرش شکفته خواهد شد؟" باشد. اگرچه روشهای بر مبنای پردازش تصویر یا مشاهده فیزیکی [2] تلاش می کنند تا تاب نخ را اندازه گیری کنند اما هیچکدام از آنها گشتاور زنده و پایداری آن را در نخ بطور تکی و خالص اندازه گیری نمی کنند.

مورتون و همکارانش [3, 4] برای اندازه گیری مقاومت پیچشی الیاف، وزنه ای را از الیاف آویزان کردند تا گشتاور پیچشی نخها را وقتی سر بالای نخ ثابت شده است، اندازه گیری نمایند. بارلا [5] نیز برای نشان دادن منقبض یا کوتاه شدن نخ در اثر تاب معادلاتی را پیشنهاد داد.

استاتون و همکارانش [6] مفاهیم تثبیت و عدم تثبیت را ارایه نمودند. آنها روشهایی را برای اندازه گیری درجه تثبیت ارایه دادند. در اولین روش اندازه گیری، طول اولیه لیف "l₀" در استرین صفر "e₀" است، که پس از مدتی به "l₁" میرسد و استرس استراحت آن نیز به مقدار ثانویه می رسد و سپس بار حذف می شود.

نخ در این حالت تغییر فرمی خواهد داشت و به استرین e₁ و طول l₂ خواهد رسید. در این حالت S₁ به عنوان درجه تثبیت با فرمول $S = (l_2 - l_0) / (l_1 - l_0) = 1 - (e_1 / e_0)$ تعریف می شود که در آن "e_r" استرین برگشتی و "e_t" استرین کل است. در تحقیق استاتون و همکارانش نیز لیف و گشتاور آن مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق هم با توجه به وجود مناطق کریستالی و آمورف در لیف، در واقع نیروی گشتاور مورد نظر به تنهایی اندازه گیری نشده است و نیروی لغزیدن زنجیره های پلیمری روی همدیگر برای دستیابی به افزایش طول یا آراستگی زنجیره نیز در این روش دخالت دارند.

پرورسک نیز با روش دیگری پایداری و ثبات را در مقابل خمش اندازه گیری می کند. الیاف خم شده به دور یک میله (در یک تنش مساوی) بعد از اینکه ده دقیقه در حین تثبیت حرارتی قرار گرفته است، را بررسی نمود. بعد از سرد کردن اجازه داد تا بطور آزادانه برگشت تاب انجام شود. سپس "l₂" و "N₂" را اندازه گیری کردند. از فرمول مقابل $S = (N_2 / N_1) [1 - (L_2 / L_1)^2]^{0.5} * 100$ مقدار "S"

محاسبه می‌شود. در این فرمول L_1 طول محوری اولیه دورپیچ، " L_2 " طول محوری دورپیچ ثانویه، " N_1 " تعداد دور اولیه مارپیچ و " N_2 " تعداد دور ثانویه دورپیچ است. در تحقیق پرورسک، میزان گشتاور در حالت دورپیچ بررسی شده است و این در حالی است که در واقع پلیمر دوران داده شده تحت تاثیر نیروی خمش (دور محور میله) و پیچش (دور محور نخ) و پیچش (دور محور میله) است.

توانایی و همکاران [7] وسیله ای را رونمایی کردند که "تورکومتر" نامیدند و برای کمی سازی میزان گشتاور نخ به عنوان یک فاکتور مستقیم و قابل مشاهده نام بردند. "توانایی" گشتاور را در کشش های مختلف برای کلاف های نخ بررسی نمود. در تحقیق توانایی، کلاف نخ بررسی شده و نیرو در کلاف نخ بدلیل اینکه دسته ای از نخها است، (و در کلاف نخ خاصیت تاب مجازی وجود دارد) می‌تواند قدری نیروی پیچشی موجود در نخ صرف تاب مجازی کلاف شود. به عبارتی نیروهای اندازه گیری شده در محاسبه با کلاف، خود برابر تجمیع نیروی بازگردانده تاب تک نخ نخواهد بود، چرا که در کلاف نیز نیروهای

پیچشی (حول محور طولی کلاف برای تک تک نخ ها)، خمشی (حول محور عرضی کلاف در قسمت پایین کلاف)، پیچشی (حول محور طولی نخ برای تک تک نخ ها) وجود دارد و آنچه هدف در اندازه گیری تثبیت تاب است فقط نیروی پیچش الیاف حول محور نخ است.

گوپتا و هرل [2] تمام حالت تثبیت را به تثبیت دائمی، تثبیت نیمه دائمی و تثبیت موقت دسته بندی نمودند. گوپتا و کومار [8-10] خواص مکانیکی را بعد از عملیات حرارتی مورد بررسی قرار دادند. کیش [11] تلاش نمود تا فرمولی برای ارتباط بین ازدیاد طول، نیروی وزن و نسبت کشش بعد از کشش سرد و نیز تثبیت حرارتی فیلامنت پلی پروپیلن ارائه نماید.

تحقیقات دیگری در مورد تغییر ساختار بعد از عملیات حرارتی شد [2, 12-20]. برخی دیگر روی دما، فشار، نقطه اشباع، و زمان تثبیت حرارتی به عنوان فاکتورهای اصلی [18-21] تحقیق نمودند. چوی [22] شرینکیج نخهای پلی امید را بررسی نمود. او شرایط متفاوتی از قبیل زمانهای 15, 45, 60

روی ظاهر فرش تمرکز نمودند. در برخی تحقیقات [32, 33]، پردازش تصویر برای بررسی ساختار ظاهری بکار گرفته شده است. برخی محققین نیز تلاش نمودند تا برخی پارامترهایی از قبیل شرینکیج را با کمک روشهای خبره بررسی نمایند. لین [37] هوش مصنوعی را برای پیش بینی شرینکیج نخهای بکار رفته در پارچه استفاده نمود. چی ون [38] شرینکیج نخ را بعد از ۱۵ دقیقه در جوش بررسی کرد و مدل شبکه عصبی برای نخ شرینکیج شده را طراحی نمود تا شرینکیج نخهای شل را در شرایط ثابت پیش بینی نماید. مصطفی [39] تلاش نمود تا خواص نخ پنبه ای را با شبکه عصبی پیش بینی نماید. قوش [40] خواص نخ پنبه را با کمک شبکه عصبی SVM پیش بینی نمود. زو [41] پیش بینی و آنالیز خواص الیاف رامی را در کمپوزیت پلی-استر بررسی نمود. دادگر [42-45] شبکه عصبی برای اندازه گیری قطر طولی نخهای بی سی اف را بکار گرفت و پیش بینی جمع شدگی نخها را با دو روش RSM و ANN مقایسه نموده و شاخص نوک سوزنی را برای نخ عملیات حرارتی شده (با کمک پردازش تصویر) تعریف و پیش بینی نمود.

120, 130s و دمای 130°C و تنش منفی و مثبت از 2%, 0%, 2- را مورد بررسی قرارداد. بعد از انجام عملیات تثبیت حرارتی، درصد جمع شدگی بررسی شد و نتایج نشان داد که تثبیت با عملیات حرارتی طولانی ثبات ابعادی بهتری را ایجاد می کند. از طرفی 60s و تنش 2% بهترین ثبات ابعادی را نشان داد. الیاف نایلون ۶ و ۶۶ توسط ابیگیل [23] به منظور بررسی تغییرات ساختاری در اثر تثبیت حرارتی با چندین تکنیک مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مختلف تجدید کریستالها با اعمال دمای متفاوت و مکانیزمهای جمع شوندگی مختلف حاصل شد. لیف نایلون ۶ شرینکیج کمتری نسبت به نایلون ۶۶ داشت که دلیل آن هسته زایی آن بود. گائو [24] روی نخ پلی استر بررسی نمود. هیو [25] با شبیه سازی عملیات حرارتی به بررسی خواص پلیمری پرداخت. جناتی [26] روی جمع شدگی پارچه پشمی تحقیق نمود. پلیسر و همکارانش [27] ترک خوردگی در کمپوزیت الیافی پلیمری و سیمان را بررسی نمود. سامویی [28] روی جمع شوندگی نخ تایر کار کرد. همه تحقیقات فوق روی پارامترها و مواد متفاوت تمرکز کردند. در حالیکه سایر تحقیقات [29-36]

پیشینه تحقیق مرور شده حاکی از این است که محققین برای مواردی از قبیل اندازه گیری تاب، تعریف درجه تثبیت، اندازه گیری گشتاور نخهای تاب مجازی، تاثیر عملیات حرارتی، بکارگیری هوش مصنوعی، و عملیات حرارتی برای دستیابی به بهره وری و راندمان بیشتر تلاش نموده اند. هدف از این تحقیق ارایه یک روش ساده، دقیق و در دسترس برای تعیین درجه تثبیت تاب نخ بی سی اف با توجه تعریف واقعی تاب نخ و همچنین تعیین مقدار آن به عنوان پارامتر خروجی بر مبنای ورودی ها است. در روش های قبلی اندازه گیری گشتاور یا پیچش تاب مجازی نخ، راهکار خاصی برای آویزان نمودن نخ بی سی اف ارایه نشده است. حتی در تحقیق توانایی (که برای نخهای تاب مجازی ارایه شده است) نیز از کلاف نخ استفاده شده تا در آن و به حالت آویز قرار گیرد و تثبیت تاب مجازی در کلاف مورد نظر بوده است، که این نکته خود منشاء خطای جزئی است.

لذا در تحقیق حاضر، حالت آزاد و آرام و بدون تنش نخها برای گذاشتن داخل آن مورد بررسی قرار می-گیرد و این شبیه آن چیزی است که در دستگاه

سوپرا و پاورهیت ست (نخ آرام گرفته بر روی تسمه) وجود دارد. به عبارت دیگر، یافتن درجه تثبیت و شرایط مناسب برای رسیدن به این نقطه مد نظر است. نخهای بی سی اف اغلب دارای جعد الیاف، نقطه جوش و حجیم هستند. لذا اختلاف ظریفی بین نخهای بی سی اف و نخهای تاب مجازی که در تحقیقات دیگر بررسی شده است، وجود دارد. در نخهای بی سی اف، در نقاط جوش خورده ساختار با سایر نقاط متفاوت است و اگر تست تورشن در همه نقاط انجام شود، منعکس کننده نقش یکسان در همه نقاط نیست. حتی، این خواص (جعد، تعداد لیف بیشتر و نمره نخ و... در مقایسه با نخهای دیگر) نشان دهنده خواص خاص در تست جمع شدگی موج است. لذا نیاز است تا تست ظریفی تعریف شود تا بتواند بخوبی درجه تثبیت تاب را اندازه گیری نماید. این تحقیق به دلیل عدم وجود تحقیقی که بتواند این خلا را پر کند، انجام شده است. از طرفی سیستم پیش بینی کننده درجه تثبیت نیز با کمک شبکه عصبی شبیه سازی شده است، تا بتواند در ازای همه داده های ورودی، درجه تثبیت را پیش بینی نماید تا

بتوان با توجه به تثبیت مورد نیاز پیش بینی های لازمه را انجام داد.

۲ روش ها و مواد

۱-۲ طراحی آزمایش، روش تاگوچی

برای طراحی آزمایشات از روش تاگوچی و آنالیز آن استفاده شده است. تاگوچی یک روش بهینه سازی شده برای تعیین بهترین سطوح فاکتورها است. روش تاگوچی تمام داده های خروجی را به STATIC و DYNAMIC طبقه بندی می کند. در حالی که مشکلات دینامیکی دارای ضریب سیگنال بوده ولی مشکلات استاتیکی هیچ فاکتور سیگنالی ندارند. بهینه سازی در حالت Static با استفاده از سه نوع نسبت سیگنال به نویز، "کوچکتر-بهتر"، "بزرگتر-بهترین" و "نامی-بهترین" به دست می آید. در مسائل دینامیکی، بهینه سازی با دو عامل نسبت سیگنال به نویز، "شیب" و "خطی" محاسبه می شود.

۲-۲ شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

برای پیش بینی میزان تاب از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. مهمترین پارامترها برای طراحی

ساختار مدل، تعداد نورون ها و تعداد لایه های پنهانی است که برای دستیابی به عملکرد خوب مدل تعریف شده است. از طرفی متغیرهایی مانند MSE (میانگین مربع خطا)، RMSE (ریشه میانگین مربع خطا) و R2 بهترین حالت را مشخص می کنند.

۲-۳ ابزار:

در روش جدید برای اندازه گیری درجه تثبیت تاب، در ابتدا نخ به میزان تاب اولیه (TPM1) تابیده شده است. سپس دو انتها بین دو نقطه افقی ثابت می شوند تا نخ در حالت شل قرار گیرد. سطح افقی باید یک تسمه سوراخ دار باشد (میتوان از دو میخ روی صفحه برای شبیه سازی فرایند Power-Heat-Set (مدل طنابی) استفاده نمود یا از تسمه استیل برای شبیه سازی Superba استفاده نمود). دو پین افقی در دو طرف چپ و راست صفحه صاف نصب می شود و نخ بین این دو پین ثابت شده و سپس مجموعه صفحه و نخ داخل یک آون که به سیستم گردش هوا مجهز است، قرار داده شده است. سپس نخ را از آون خارج کرده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق خنک نموده و TPM2 اندازه گیری شده است. در مرحله

بعد یک وزنه ۲ cn/tex به مدت ۶۰ ثانیه آویزان شده و در نهایت تاب (TPM3) در حالت آرامش اندازه گیری می شود سپس درجه تثبیت تاب از فرمول ۱ محاسبه می شود. جدول ۱ نیز مراحل را بیان می کند.

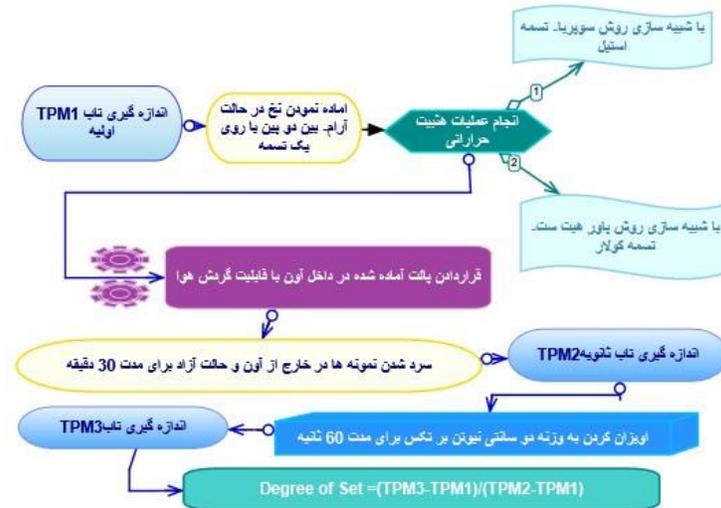
جدول ۱. مراحل اندازه گیری درجه تثبیت تاب نخ

مراحل	شرح مراحل	فاکتور مورد تنظیم یا اندازه گیری
مرحله اول	اندازه گیری تاب اولیه بر اساس استاندارد ISO 2061	اندازه گیری TPM1
مرحله دوم	نخ بین دو پین در حالت افقی ثابت شده است.	تنظیم حرارت در یک محیط مطلوب با گردش هوا
مرحله سوم	نخ را از آون خارج کرده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق خنک می شود.	اندازه گیری TPM2
مرحله چهارم	نخ تحت وزنه ۲ cn/tex به مدت ۶۰ ثانیه آویزان شده و سپس تاب اندازه گیری شود. (DIN 53840-2)	اندازه گیری TPM3

است، زیرا پاسخ قابل قبولی برای صاف کردن نخ ها بدون اعمال کشش به جعد ها ارایه مینماید. باید دقت شود که وزن در حالت خنک اعمال شود. در نهایت، شکل ۱ سعی دارد مراحل مختلف روش جدید اندازه گیری درجه تثبیت تاب را که در این تحقیق انجام شده است، نشان دهد.

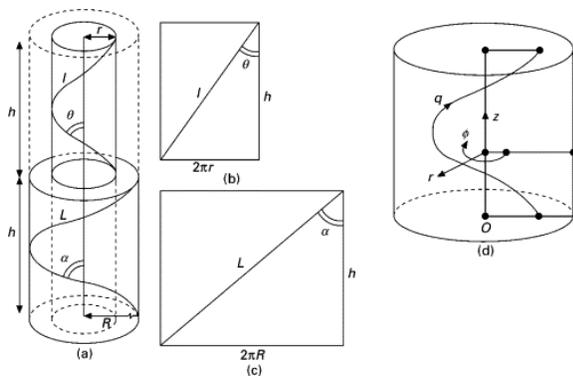
$$S = ((\text{tpm}_3 - \text{tpm}_1) / (\text{tpm}_2 - \text{tpm}_1)) \quad (1)$$

فرمول ۱ بر مبنای مفاهیم تثبیت شده و تثبیت نشده [6, 46] مفهوم بهتری برای اندازه گیری تنظیمات در مقایسه با شرینگیج [35] ارایه می دهد. وزن آویزان و زمان آن (وزن ۲ cn/tex برای ۶۰ ثانیه) مربوط به استاندارد جمع شدگی موج و جعد (DIN 53840-2)



شکل ۱. مراحل مختلف روش جدید اندازه گیری درجه مجموعه

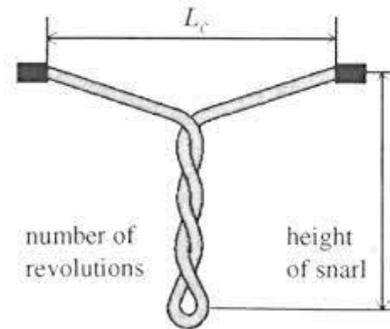
نمود. هر دو پارامتر روش اندازه گیری ویژه خود را دارد. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود، L و h بزرگتر از h هستند، بنابراین اگر تاب باز باشد، پارامترهای نخ تغییر می کند. اولین پارامتری که تغییر خواهد کرد طول نخ و سپس چگالی الیاف در سطح مقطع و غیره خواهد بود.



شکل ۲. ساختار نخ تابیده شده توسط هرل [47]

بین شاخص درجه تثبیت تاب و درصد جمع شدگی تفاوت وجود دارد در حالی که معانی آنها بسیار نزدیک به یکدیگر است. جمع شدگی می تواند برای نخ بدون تاب نیز اتفاق بیفتد. با این حال، درجه تثبیت تاب برای نخ های تابیده قابل توجه است و مطابق شکل ۲ [47]، اگر تاب به خوبی تثبیت نشود، ثبات ابعادی مناسبی وجود نخواهد داشت. بنابراین خوب است با توجه به مصرف نهایی کالا، علاوه بر درصد جمع شدگی، درجه تثبیت تاب نیز روی هر کالا بیان شود. این مطلب برای کالاهای سه بعدی اهمیت بیشتری پیدا میکند. مثلاً یک فرش جمع شدگی ندارد اما درجه تثبیت تاب نخهای پایل آن موجب تفاوت ظاهری بعد از مدتی کارکرد خواهد

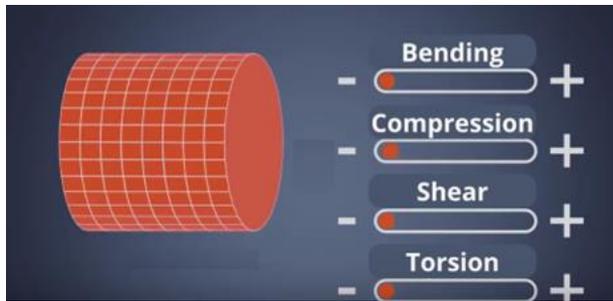
بلو [48] در شکل ۳ تاب مجازی وارد بر نخ را نشان داده و پارامترهای موثر بر تاب مجازی بین دو لای نخ را به تصویر کشیده است.



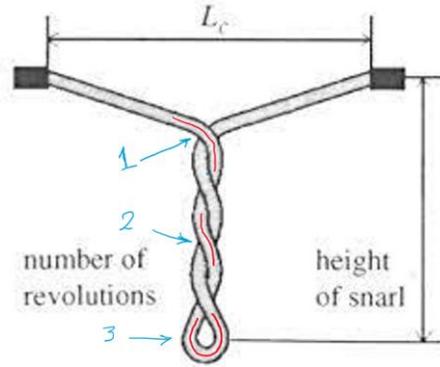
شکل ۳. تاب مجازی بین دو رشته نخ [48]

طبق تعریف تاب در متر، تاب نخ میزان تورشن ایجاد شده در یک متر نخ است. اگر تورشن با خمش ترکیب شود، تاب مجازی نخ محسوب خواهد شد. وقتی قصد اندازه گیری تاب و درجه تثبیت تاب را داریم، در واقع هدف میزان اندازه گیری تورشن خالص تثبیت شده است. متأسفانه در همه روش های کار شده توسط محققین به جای اندازه گیری میزان تاب یا درجه تثبیت، برابند نیروها اندازه گیری شده است. بطور واضح در شکل ۴ نشان داده شده است که تاب مجازی اندازه گیری شده حاصل اندازه گیری چندین نیروی خمش نیز هست. در حالیکه قرار است تورشن

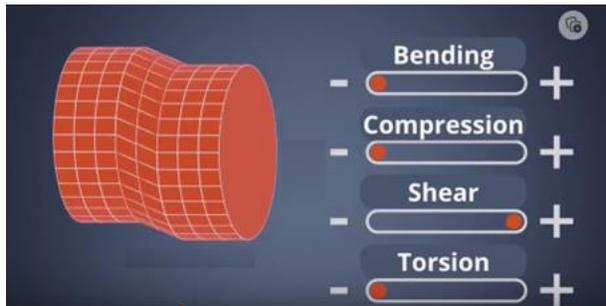
تنها اندازه گیری شده و به عنوان میزان تاب، یا برگشت این تورشن به عنوان برگشت تاب یا میزان عدم تثبیت تاب اندازه گیری شود. در شکل یک در نقاط ۱ و ۲ و ۳ خمش دیده می شود که برای تثبیت خمش در نخ نیرویی دیگر نیاز است. برای ایجاد این منحنی خمش نیرویی صرف بوجود آوردن این خمش شده است. در حالیکه در اندازه گیری تاب نخ فقط هدف اندازه گیری نیروی خالص تورشن نخ است، نیروی تورشن نخ خود باید بر نیروهای بین الیافی غلبه کند. در شکل ۴ الف مشاهده میشود که تاب مجازی ترکیبی از تاب واقعی بین دو قسمت نخ (نقطه ۲) بعلاوه خمش نخ (نقطه ۱ و ۳) است. در حالیکه وقتی تاب نخ بیان میشود، پیچیده شدن الیاف تشکیل دهنده نخ به دور محور نخ مدنظر است و نه پیچش یا خمش نخ به دور خودش. این واقعیت در هنگام اندازه گیری تاب نخ در دستگاه تاب سنج مد نظر است و زمانی که تاب نخ صفر شود، نخ (الیاف کوتاه) گسسته می شود. لذا روش اندازه گیری درجه تثبیت تاب نیز باید با توجه به این واقعیت طراحی شود.



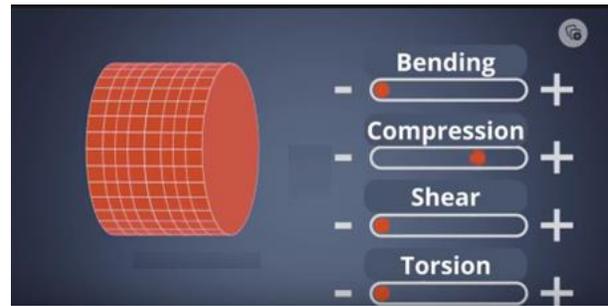
ب



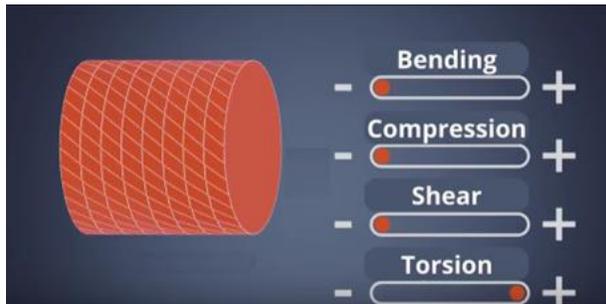
الف



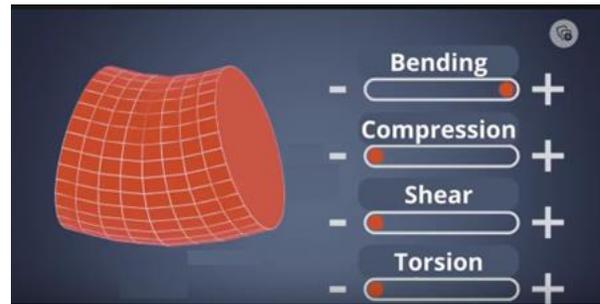
د



ج



ه



ت

شکل ۴. تصاویر نخ و نیز انواع نیروهای موثر در تاب مجازی الف: نمایش نیروهای موثر در تاب مجازی نخ، ب: نمایش یک نمونه نخ بدون تاثیر نیرو، ج: نمایش نیروی فشاری، د: نمایش نیروی برشی، ت: نمایش نیروی خمشی، ه: نمایش نیروی پیچشی

است که تاب مجازی شامل نیروهای ترکیبی از قبیل خمش نخ (قسمت نشان داده شده با عدد ۱) و تاب دو نخ (قسمت نشان داده شده با عدد ۲) و خمش نخ

در قسمتهای مختلف شکل ۴ (الف، ب، ج، د، ت، ه) تصاویر نخ و نیز انواع نیروهای موثر در تاب مجازی نشان داده شده است. در قسمت الف، نشان داده شده

(قسمت نشان داده شده با عدد ۳) است. تحقیق حاضر با نگاه به مبنای تعریف تاب نخ (تابیدن الیاف متشکله یک نخ بدور محور همان نخ)، روشی جدید برای اندازه گیری درجه تثبیت تاب، بدون دخالت سایر نیروها ارائه می دهد. در تحقیقات دیگر، Barella[5]، Chui[22] و Statton و همکاران [6] سعی نمودند شریکچ را در حالی که فرآیند تثبیت را در نخ های عمودی و آویزان انجام می دهند، بررسی کنند، در حالی که طول نخ که از قسمت بالایی آویزان شده است به دلیل تأثیر وزن نخ ها طولانی تر خواهد شد. در واقع هر کدام از روشهای پیشین ظرافت و ضعف خود را دارد. در آزمون تثبیت یک کلاف (تحقیق توانایی [7] که بیش از سایر تحقیقات با موضوع این تحقیق مرتبط است) در حین آزمون و اعمال حرارت در آن به منظور آزاد کردن استرس نخها مورد استفاده قرار میگیرد که نخها حول محور طولی کلاف (خط تقارن طولی) و همچنین حول محور عرضی کلاف (خط تقارن عرضی) تابیده شده اند. به خصوص در استفاده نهایی از هر محصول، علاوه بر پارامترهای فنی نخ، کاربر باید با توجه نوع عارضه موجود در نحوه تکمیل نخ و اندازه گیری

درجه تثبیت دقت کند. زیرا یکی از اساسی ترین ویژگی هایی که تحت تاثیر این پارامتر قرار می گیرد، پایداری ابعادی محصول نهایی است. مثلاً پارچه چادر مشکی زنانه کاربرد خاصی دارد و سنگینی پارچه به تارهای بافته شده آن آویزان است. این محصول دارای نخ های تابدار بالایی است و اگر درجه تثبیت خوب نباشد (یا با روش مناسب و صحیح و دقیق اندازه گیری نشود (ترکیبی از نیروهای پیچشی و خمشی و... در اندازه گیری دخیل باشند) (بعد از مدتی ابعاد چادر مشکی و در نهایت زیبایی این محصول تغییر می کند. در پارچه چتر نجات نیز در صورت ایجاد تغییرات ابعادی یا ریزساختاری می تواند باعث آسیب جانی کاربر شود.

۳ تجربیات

نمونه نخهای پلی پروپیلن ۱۶۰۰ دنیر (۱۴۴ فیلامنت، فیلامنت تری لوبال، MFI 25، 6% مستریچ رنگ، 1% یو وی برای افزایش پایداری نخ در برابر نور خورشید) تولید شده اند. سپس عملیات حرارتی در زمان ها و دماهای مختلف انجام شده است. طراحی آزمایش ها با استفاده از روش تاگوچی

(جدول ۲، ستون های ۱،۲،۳) انجام شده است. طراحی برای سه فاکتور (زمان، دما، تاب) و پنج سطح برای هر فاکتور انجام شده است. سطوح تاب، دما و زمان به ترتیب عبارتند از:

(۰،۶);(۲۳،۶۰،۹۰،۱۲۰،۱۵۰);(۰،۴۰،۸۰،۱۲۰،۱۸۰) نقطه ذوب نخهای پلی پروپیلن به عنوان نقطه ای مهم برای تنظیم دمای تثبیت حرارتی، در این تحقیق و یا در تثبیت حرارتی صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. بالاترین دمایی که معمولاً روی دستگاه تنظیم می شود ۱۵۰ درجه سانتی گراد است و دماهای پایین تر با فاصله تا این نقطه در نظر گرفته می شوند. انتخاب زمان ها و تاب ها در کاربردهای صنعتی و تحقیقاتی مد نظر قرار گرفته است [18, 49]. پس از آماده سازی نخ، تثبیت حرارتی و اندازه گیری درجه تثبیت تاب طبق روش آزمایشی که قبلاً در طراحی آزمایش ها توضیح داده شد، انجام شده است.

۴ نتایج و بحث:

۴-۱ مدل رگرسیون

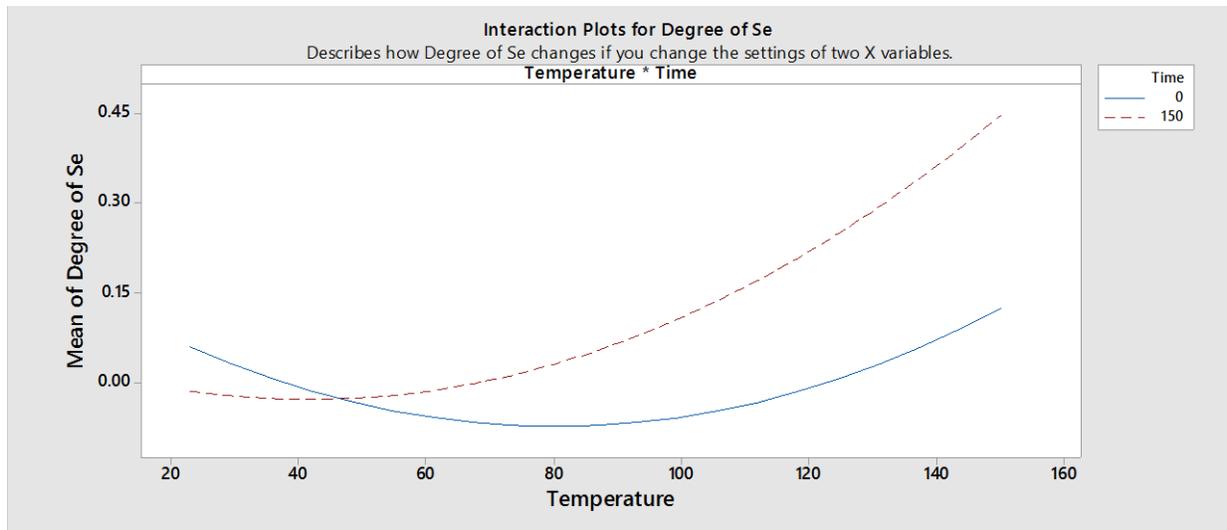
اگر چه حجم نمونه ($n = 25$) برای تخمین بسیار دقیقی از قدرت رابطه، آنقدر بزرگ نیست، اما حجم نمونه بزرگتر از ۱۵ است و شرط نرمال بودن برقرار است لذا معیارهای R-Squared و adjusted R-squared می توانند بسیار مفید باشند. نشان می دهد که مدل رگرسیون چقدر با منحنی داده ها مطابقت دارد. هر چه مقدار R-squared بالاتر باشد، مدل رگرسیون بهتر با داده ها مطابقت دارد. در مدل، P_value زیر ۰.۰۰۱ و $R-sq=88.79\%$ است. در حالی که $X1$ تاب و $X2$ دما و $X3$ زمان است، و معادله ۲، معادله پیش بینی را برای تعیین درجه تثبیت تاب ارایه می کند.

Degree of Set= 0.1877- 0.00652 X2- 0.000972 X 3+ 0.000041 X2^2 + 0.000021 X2*X3	(2)
---	-----

شکل ۵ اهمیت دو عامل دما و زمان را بر درجه تثبیت نشان می دهد و بیان میکند که درجه تثبیت با افزایش هر دو مقدار افزایش می یابد.

جدول ۲. طراحی آزمون برای تثبیت تاب و درجه تثبیت تاب اندازه گیری شده

Twist	Temperature	Time	Degree of Set
0	23	0	0.001
0	60	60	0.001
0	90	90	0.04
0	120	120	0.11
0	150	150	0.51
40	23	60	0.001
40	60	90	0.01
40	90	120	0.001
40	120	150	0.12
40	150	30	0.13
80	23	90	0.001
80	60	120	0.01
80	90	150	0.01
80	120	30	0.03
80	150	60	0.21
120	23	120	0.001
120	60	150	0.001
120	90	30	0.01
120	120	60	0.05
120	150	90	0.42
160	23	150	0.001
160	60	30	0.001
160	90	60	0.01
160	120	90	0.09
160	150	120	0.43



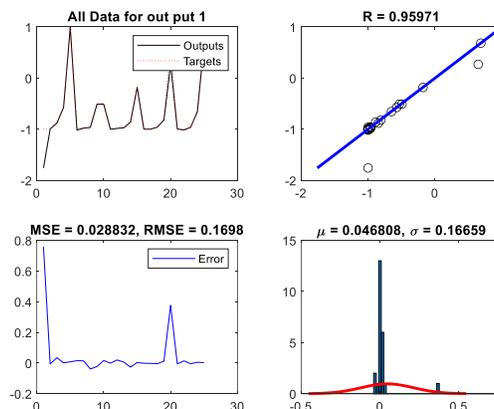
شکل ۵. تأثیر دما و زمان بر میزان تثبیت

در Performance (Mean Square Error(Mse))

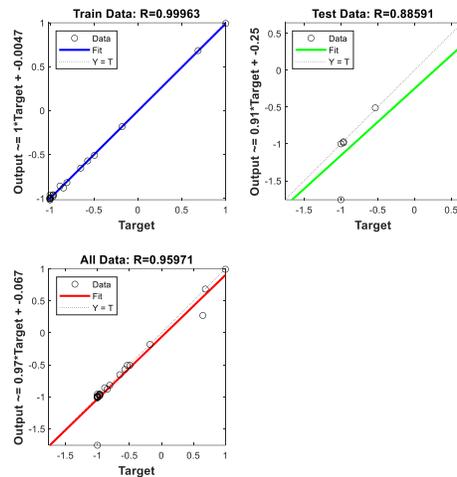
۴-۲ شبیه سازی ANN

حد $e-061.14$ تنظیم شده است. در نهایت، در سیکل ۵۱ از ۵۰۰ سیکل بهترین نتایج شناسایی شده است. شکل ۶ پارامترهای ANN را نشان می دهد.

یک شبکه عصبی با کمک داده های ورودی و خروجی، طراحی شده است. پس از مخلوط کردن داده های ورودی و نرمال سازی، ۷۵٪ برای آموزش شبکه و ۲۵٪ برای تست شبکه استفاده شده است. آموزش توسط Levenberg-Marquardt و



شکل ۶. نتایج شبکه ANN



شکل ۷. نتایج همبستگی بین هدف و خروجی برای داده های آموزش، تست و همه داده ها

می‌توانند الگوهای غیرخطی و پیچیده‌تری را که ممکن است در داده‌ها وجود داشته باشد، تشخیص دهند.

در روش رگرسیون افزایش پارامتر ورودی و خروجی به طور خطی سنجیده می‌شود. حتی در مدل‌های پیچیده رگرسیون باز هم در اغلب مواقع تاب ناپیوسته است اما تناسب رشد خطی دو پارامتر ورودی و خروجی در همه زمانها محفوظ می‌ماند. این ماهیت تناظرگونه ورودی و خروجی برای تعداد پارامترهای بیشتر دست خوش خطا می‌شود. از طرفی ماهیت روش شبکه عصبی بر آموزش بر مبنای

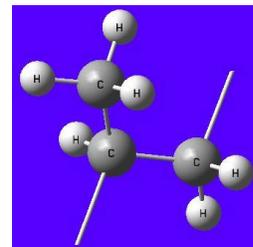
شکل ۷ همبستگی خوبی را برای همه داده ها ($R=0.95$) برای مدل ANN در مقایسه با نمودار رگرسیون ($R=88.79\%$) نشان میدهد. در بررسی چرایی افزایش دقت در روش شبکه عصبی نسبت به روش رگرسیون بایستی به ماهیت ذاتی این دو روش و تناسب مقایسه ماهیت ذاتی این دو روش با ماهیت جمع شدگی و تشبیت تاب نظر داشت. خروجی شبکه عصبی (با هر مدل یادگیری عمیق دیگر) نسبت به رگرسیون برای پیش‌بینی خواص پلیمری بیشتر منطبق است زیرا شبکه‌های عصبی با استفاده از یادگیری از داده‌ها، توانایی یادگیری و استخراج ویژگی‌های پیچیده‌تری را دارند. این ویژگی‌ها

در فرمول شیمیایی پلیمر پلی پروپیلن مورد مصرف در نخ ($-\text{[CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{)]}_n-$) زنجیره‌ای از واحدهای تکرار شونده پروپیلن قرار دارد که با هم پیوند خورده‌اند تا یک پلیمر طولانی تشکیل دهند. در این فرمول ($\text{CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{)}$) واحد تکرار شونده و (n) تعداد دفعات تکرار این واحد در زنجیره پلیمری را نشان می‌دهد. در این شکل لغزش زنجیره‌ها روی همدیگر در زمانهای مختلف (که شرایط مختلف دارند) یکسان نیست و از طرفی با توجه به تمرکز ابرهای الکترونی، محدودیت میزان لغزش زنجیره‌ها در ابتدای فرایند عملیات حرارتی با انتهای فرایند خطی نیست.

۵ نتیجه

با توجه به تحقیقات قبلی، روش جدیدی برای اندازه گیری تاب و محاسبه میزان تثبیت تاب ارائه شده است. اهمیت روش ارائه شده در تثبیت نخ در وضعیت افقی است که دقت بیشتری نسبت به تمام تحقیقات دیگر دارد. بعلاوه، اندازه گیری درجه تثبیت تاب با توجه به کشش صفر و 2 cn/tex در نخ خنک شده نکته مهم دیگر در این روش است. سپس از دو

داده‌ها با توجه به تابع اصلی است که در طراحی شبکه عصبی بکار گرفته شده است. تابع Levenberg-Marquardt روشی تکراری برای حل مسائل حداقل مربعات غیرخطی است. این روش ترکیبی از الگوریتم گاوس-نیوتن و الگوریتم گرادیان نزولی است. در واقع این تابع غیر خطی با ایجاد پیوستگی تلاش می‌کند تا کمترین انحراف را برای تابع هدف یا تابع مطلوبیت در شبکه عصبی ایجاد نماید. نکته دیگر تناسب ماهیت غیر خطی عمل شریکنج و تثبیت تاب است که با ماهیت شبکه عصبی توصیف شده فوق، نسبت به رگرسیون خطی تناسب بیشتری دارد. اگر تصویر پلیمر پلی پروپیلن را در یک بلوک در نظر بگیریم شکلی مشابه شکل زیر را خواهیم داشت:



شکل ۸. نمای سه بعدی از واحد تکرار شونده پلیمر پلی پروپیلن

که نتایج شبکه عصبی ($R-sq=0.95$) برای پیش‌بینی درجه تثبیت تاب نسبت به رگرسیون ($R-sq=88.79$) دقیق‌تر و مفیدتر است.

روش رگرسیون و شبکه عصبی برای پیش‌بینی درجه تثبیت بر اساس سه عامل پیچش، دما و زمان استفاده شده است. پس از بررسی نتایج، مشاهده شد

۶ مراجع

1. Primentas, A., Direct determination of yarn snarliness. *Indian journal of fibre & textile research*, 2003. 28(1): p. 23-28.
2. Hearle, J.W., L. Hollick, and D.K. Wilson, *Yarn Texturing Technology*. 2001, Woodhead Publishing Limited: Sawston. p. 1 online resource.
3. Morton, W.E. and F. Permanyer, THE MEASUREMENT OF TORSIONAL RELAXATION IN TEXTILE FIBRES. *Journal of the Textile Institute Transactions*, 1947. 38(2): p. T54-T59.
4. Morton, W.E. and F. Permanyer, TORQUE-TWIST RELATIONSHIPS IN SINGLE AND MULTIPLE RAYON FILAMENTS. *Journal of the Textile Institute Transactions*, 1949. 40(6): p. T371-T380.
5. Barella, A., Law of critical yarn diameter and twist influence on yarn characteristics. *Textile Research Journal*, 1950. 20(4): p. 249-258.
6. Statton, W., J. Hearle, and L. Miles, *The Setting of Fibres and Fabrics*. 1971: Merrow Publishing Co. Ltd Herts., England.
7. Tavanai, H., M. Denton, and J. Tomka, Direct objective measurement of yarn-torque level. *Journal of the Textile Institute*, 1996. 87(1): p. 50-58.
8. Gupta, The Effect of Heat Setting on the Structure and Mechanical Properties of Poly(ethyleneTerephthalate) Fiber. I. Structural Changes. *Journal of applied polymer science*, 1981. 26.
9. GUPTA. A. K and MAITI. A. K, Effect of Heat Treatment on the Structure and Mechanical Properties of Polyacrylonitrile

Fibers Journal of applied polymer science, 1982. 27.

10. Gupta.V. B, Heat setting. *Journal of Applied Polymer Science*, 2000. 83(3): p. 586-609.

11. Haghghat Kish.Mohammad, Shoushtari.Seyed Ahmad, and Kazemi.Sima, Effects of Cold-drawing and Heat-setting on the Structure and Properties of Medium Speed Spun Polypropylene Filaments. *Iranian Polymer Journal (English Edition)*, 2000. 9.

12. Lindberg, J., V. K pke, and G. Fl isand, Heat Setting of Protein and Cellulosic Fibers. *Textile Research Journal*, 1964. 34(1): p. 23-28.

13. Baxley, R. and R. Miller, Effects of Suessen Heat Setting Variables on Streaks in Finished Nylon Carpet. *Textile research journal*, 1991. 61(12): p. 697-704.

14. Shishoo, R. and B. Olofsson, The Effects Of Heat-Setting On The Geometry And Shear Behaviour Of Dacron Polyester-Fibre And Nylon Fabrics. *Journal of The Textile Institute*, 1969. 60(6): p. 211-222.

15. Pal, S., Y. Mehta, and R. Gandhi, Effects of Heat Setting on Tensile and Dye Sorption Characteristics of Anionic Modified PET-A Comparison With Normal PET. *Textile Research Journal*, 1989. 59(12): p. 734-738.

16. Cullerton, D.L., M.S. Ellison, and J.R. Aspland, Effects of Commercial Heat Setting on the Structure and Properties of Polyester Carpet Yarn. *Textile Research Journal*, 1990. 60(10): p. 594-606.

17. Vasanthan, N., Effect of heat setting temperatures on tensile mechanical

- properties of polyamide fibers. Textile research journal, 2004. 74(6): p. 545-550.
18. Everaert, V., M. Vanneste, and L. Ruys, Techniques for the evaluation of fiber heat setting in PP and PA carpet yarns. Unitex, 1999: p. 33-36.
 19. Gupta, V. and S. Kumar, The effect of heat setting on the structure and mechanical properties of poly (ethylene terephthalate) fiber. I. Structural changes. Journal of Applied Polymer Science, 1981. 26(6): p. 1865-1876.
 20. Gupta, A. and A. Maiti, Effect of heat treatment on the structure and mechanical properties of polyacrylonitrile fibers. Journal of Applied Polymer Science, 1982. 27(7): p. 2409-2416.
 21. Gupta, V., Heat setting. Journal of applied polymer science, 2002. 83(3): p. 586-609.
 22. Chui, Y.M., C.W. Kan, and C.W.M. Yuen. Influence of Heat-setting Process on the Yarn Shrinkage of PLA Fibre in Proceedings of the 10th Asian Textile Conference. 2009. Ueda, Japan.
 23. ABIGAIL LISBA O , S. and A.R. MARTIN, Structure of Heat-Treated Nylon 6 and 6.6 Fibers. I.The Shrinkage Mechanism. Journal of Applied Polymer Science, 1998. 68: p. 441-452.
 24. Gao, S.Y., et al., The Influences of Heat Treatment on the Shrinkage and Tensile Property of One-Step Process POY/FDY Polyester Combined Yarn. Donghua Daxue Xuebao(Ziran Ban), 2011. 37(3): p. 267-271.
 25. Hui, C., et al., Characterization of High Modulus and Low Shrinkage Polyester Technical Yarn by Simulation Curing Method. Synthetic Fiber in China, 2011. 11: p. 009.
 26. Cardamone, J.M., J. Yao, and J.G. Phillips, Combined Bleaching, Shrinkage Prevention, and Biopolishing of Wool Fabrics. Textile Research Journal, 2005: p. 169.
 27. Pelisser, F., et al., Effect of the addition of synthetic fibers to concrete thin slabs on plastic shrinkage cracking. Construction and Building Materials, 2010. 24(11): p. 2171-2176.
 28. Samui, B.K., et al., Hysteresis characteristics of high modulus low shrinkage polyester tire yarn and cord. Rubber Chemistry and Technology, 2011. 84(4): p. 565-579.
 29. Wang, J. and E. Wood, A new method for measuring carpet texture change. Textile research journal, 1994. 64(4): p. 215-224.
 30. Pourdeyhimi, B., R. Ramanathan, and S. Javadpour, A new carpet wear simulator. Textile research journal, 1994. 64(9): p. 528-533.
 31. Wood, E.J., Description and measurement of carpet appearance. Textile research journal, 1993. 63(10): p. 580-594.
 32. Xu, B., Assessing carpet appearance retention by image analysis. Textile Research Journal, 1994. 64(12): p. 697-709.
 33. Wu, Y., et al., Instrumental Techniques to Quantify Textural and Appearance Changes in Carpet Part III: Colorimetric Image Analysis. Textile Research Journal, 1990. 60(11): p. 673-687.
 34. Sobus, J., et al., Assessing changes in texture periodicity due to appearance loss in carpets: Gray level co-occurrence analysis. Textile research journal, 1991. 61(10): p. 557-567.
 35. Presley, A.B., Appearance Retention of Carpets Using Image Analysis; Correlation with Subjective Method. Clothing and Textiles Research Journal, 1997. 15(4): p. 235-245.
 36. Pourdeyhimi, B., B. Xu, and A. Nayernouri, Evaluating carpet appearance loss: pile lay orientation. Textile research journal, 1994. 64(3): p. 130-135.
 37. Lin, J.-J., Prediction of Yarn Shrinkage using Neural Nets. Textile Research Journal, 2007. 77(5): p. 336-342.

38. Çeven, E.K. and O. Ozdemir, Using Fuzzy Logic to Evaluate and Predict Chenille Yarn's Shrinkage Behaviour. *FIBRES AND TEXTILES IN EASTERN EUROPE*, 2007. 15(3): p. 55.
39. Gürkan, M.E.Ü.a.P., Comparison of Artificial Neural Network and Linear Regression Models for Prediction of Ring Spun Yarn Properties. II. Prediction of Yarn Hairiness and Unevenness. *Fibers and Polymers* 2008.
40. Ghosh, A. and P. Chatterjee, Prediction of cotton yarn properties using support vector machine. *Fibers and Polymers*, 2010. 11(1): p. 84-88.
41. Zuo, Q., et al., Prediction and analysis of properties of ramie fiber staple yarn reinforced unsaturated polyester composite based on fiber packing density. *Composites Part B: Engineering*, 2022. 237.
42. Dadgar, M., Prediction of Polypropylene Yarn Shrinkage in Heat Setting Process Using Fuzzy Inference System. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2020.
43. Dadgar, M., Developing new measuring and ANN prediction method for the longitudinal diameter of intermingled untwisted heat set bulk continues filament yarns. *Measurement*, 2021. 171: p. 108727.
44. Dadgar, M., S.M. Hosseini Varkiyani, and A.A. Merati, Comparison between artificial neural network and response surface methodology in the prediction of the parameters of heat set polypropylene yarns. *The Journal of The Textile Institute*, 2014. 106(4): p. 417-430.
45. Dadgar, M., S.M. Hosseini Varkiyani, and A.A. Merati, Pin-Point Effect Determination Using A Rigorous Approach. *Indian Journal of Textile*, 2014.
46. Gupta, V. and S. Kumar, The effect of heat setting on the structure and mechanical properties of poly (ethylene terephthalate) fiber. II. The elastic modulus and its dependence on structure. *Journal of Applied Polymer Science*, 1981. 26(6): p. 1877-1884.
47. Hearle, J.W., P. Grosberg, and S. Backer, *Structural mechanics of fibers, yarns, and fabrics*. 1969, New York: John Wiley & Sons Inc.
48. Belov, E.B., et al., Study of Yarn Snarling Part I: Critical Parameters of Snarling. *The Journal of The Textile Institute*, 2002. 93(4): p. 341-365.
49. Statton.W.O, Hearle.J.W.S, and Miles.L.W.C, *The Setting of Fibres and Fabrics*. 1971, England: Merrow publishing.