



الیاف

# پیش‌بینی خواص نخ پلی‌استر چرخانه‌ای با توجه به خواص الیاف مورد استفاده

عماد اولیاء / علی اصغر علمدار یزدی / سعید فتاحی / مهدی محمد بلندی / سید ایوب کریمی

## چکیده

قابلیت پیش‌بینی کیفیت نخ قبل از تولید، یکی از مهمترین مسائل برای بهبود خواص نخ به شمار می‌رود. به طوری که پیش‌بینی خواص مهم نخ از طریق خواص الیاف و همچنین پیش‌بینی خواص الیاف مورد نیاز جهت تولید یک نخ مشخص، می‌تواند بسیار مفید واقع شود. لذا در این تحقیق به ارائه معادلاتی جهت پیش‌بینی خواص نخ پلی‌استر چرخانه‌ای با توجه به خواص الیاف مورد استفاده پرداخته شده است. بدین منظور تعداد ۳ نوع فتیله پلی‌استر از کارخانجات مختلف تهیه گردید. سپس ۳۶ نمونه نخ با سه نمره ۱۶، ۲۰ و ۲۴ انگلیسی با سه فاکتور تاب ۵/۵، ۴/۵ و ۵/۵ با استفاده از دستگاه این‌اند آزمایشگاهی تولید شد. جهت به دست آوردن رابطه بین خواص الیاف و خواص نخ تولیدی از روش رگرسیون خطی استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده ضریب همبستگی بالای معادلات ارائه شده و همچنین تأثیرگذاری زیاد ظرافت الیاف بر خواص نخ تولیدی می‌باشد.

## ۱- مقدمه

خواص فیزیکی و مکانیکی الیاف از عوامل تعیین‌کننده خواص نخ تولیدی است. خواص فیزیکی، هرگونه خاصیتی است که قابل اندازه‌گیری باشد مانند ظرافت و طول الیاف. اما خواص مکانیکی، خاصی هستند که تعیین‌کننده رفتار مواد در برابر نیروهای وارده هستند مانند استحکام نخ. زمانی که یک نخ تحت اعمال نیرو قرار می‌گیرد، با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی آن نخ و همچنین الیاف تشکیل‌دهنده آن، رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهد. پارامترهای ساختاری نخ و الیاف تشکیل‌دهنده آن از جمله عواملی هستند که خواص یک نخ را تحت تأثیر قرار می‌دهند به طوری که توزی الیاف، مستقیم و صاف بودن الیاف و همچنین انسجام الیاف (سهم بیشتر نیروی اصطکاک بین الیاف) در نخ، باعث افزایش استحکام آن می‌شود. قابلیت پیش‌بینی کیفیت نخ قبل از تولید، یکی از مهمترین مسائل برای بهبود خواص نهایی نخ به شمار می‌رود. در این راستا با توجه به خواص الیاف مصرفی تحقیقات زیادی انجام شده است.

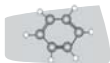
ماژوندار و همکارانش در سال ۲۰۰۴ به پیش‌بینی ازدیاد طول پارگی نخ‌های پنبه‌ای با استفاده از سه روش ریاضی، آماری و شبکه عصبی پرداختند. اوریان و همکارانش در سال ۲۰۰۷ به بررسی موئینگی و نایکنواختی نخ رینگ با استفاده از رگرسیون و شبکه عصبی پرداختند. کانوقلو و همکارانش در سال ۲۰۰۸ به بررسی تأثیر موئینگی نخ‌های پلی‌استر و ویسکوز و همچنین پرزدهی پارچه تولید شده از آنها پرداختند. فتاحی و همکارانش در سال ۲۰۱۲ از طریق روش رگرسیون به پیش‌بینی ویژگی‌های کیفی نخ پنبه‌ای (مثل خواص کششی نخ، یکنواختی و موئینگی) از الیاف تشکیل‌دهنده پرداختند. ژانگ و همکارش در سال ۲۰۱۴ به ارائه مدل رگرسیونی برای بررسی تأثیر تعداد الیاف در سطح مقطع نخ پنبه‌ای جهت پیش‌بینی استحکام نخ پرداختند در نتیجه پیش‌بینی خواص مهم نخ از طریق خواص الیاف و همچنین پیش‌بینی خواص الیاف مورد نیاز جهت تولید یک نخ مشخص، می‌تواند

بسیار مفید واقع شود. بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه مربوط به نخ پنبه‌ای است. لذا در این تحقیق به ارائه معادلاتی جهت پیش‌بینی خواص نخ پلی‌استر این‌اند با توجه به خواص الیاف مورد استفاده پرداخته شده است. برای این منظور تعداد ۳ نوع فتیله پلی‌استر مختلف از کارخانجات مختلف تهیه گردید. سپس ۳۶ نمونه نخ با سه نمره ۱۶، ۲۰ و ۲۴ انگلیسی با سه فاکتور تاب ۵/۵، ۴/۵ و ۵/۵ با استفاده از دستگاه این‌اند آزمایشگاهی تولید شد. جهت به دست آوردن رابطه بین خواص الیاف و خواص نخ تولیدی، ۷ پارامتر بعنوان متغیرهای مستقل (شامل: طول الیاف، ظرافت الیاف، نیروی پارگی الیاف، ازدیاد طول پارگی الیاف، نمره فتیله، نمره نخ و میزان تاب نخ) و ۴ پارامتر بعنوان متغیرهای وابسته از نخ‌های تولیدی (شامل: استحکام پارگی نخ، ازدیاد طول پارگی نخ، نایکنواختی جرمی نخ، پرزینگی) در تجزیه و تحلیل نتایج مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از مدل رگرسیون، مدل‌های پایدار و با ثبات حاصل گردید.

## ۲- تجربیات

نخ‌های مورد نظر (۳۶ نمونه نخ پلی‌استر صد درصد) توسط دستگاه ریسندگی این‌اند آزمایشگاهی SDL تولید شدند. (شکل ۱) استحکام، ازدیاد طول و مدول الاستیسیته یف با استفاده از دستگاه استحکام سنج الیاف مدل EMT-۳۰۵۰ محاسبه شد. خلاصه نتایج مربوط به خصوصیات الیاف و فتیله مورد استفاده در جدول ۱ گزارش شده است. به طوری که فاصله بین دو فک ۲۰ میلیمتر، سرعت حرکت فک ۰/۵ میلیمتر بر دقیقه و کشش اولیه ۰/۱۵ نیوتن تنظیم گردید. نمونه نخ‌ها نیز به وسیله دستگاه استحکام سنج مورد آزمایش کشش قرار گرفت. این آزمایش در طول استاندارد ۵۰ سانتیمتر و با سرعت ۱۸۰ میلیمتر بر دقیقه (پاره شدن نخ‌ها در مدت زمان ۲۰ ثانیه مد نظر بود) و تنش اولیه ۰/۰۹۸ نیوتن و برای هر نمونه ۱۰ تست انجام شد.

سپس نمونه نخ‌ها به وسیله دستگاه تست اوستر ۳ جهت بررسی میزان نایکنواختی جرمی، پرزینگی و عیوب نخ، مورد آزمایش قرار گرفتند.



شکل ۱- نمایی از دستگاه ریسندگی چرخانه‌ای مورد استفاده.

جدول ۱- مشخصات نمونه الیاف مورد استفاده

کد نمونه	فتیله نمره (KTex)	الیاف			طول (mm)
		استحکام (cN/Tex)	ازدیاد طول (mm)	ظرافت (Den)	
A	۴/۶	۰/۰۸	۱/۶۱	۱/۰۵	۳۸/۶
B	۵/۲	۰/۰۶	۲/۶۱	۱/۶۵	۳۷/۶
C	۴	۰/۰۸	۲/۹۴	۲/۱۳	۳۸

### ۳- بحث و نتیجه‌گیری

توسط آزمون دانکن نشاندهنده این مطلب بود که مقادیر هر متغیر مستقل مورد بررسی در سه دسته جداگانه قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که این سه دسته از نظر آماری در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد تأثیر متفاوتی بر متغیرهای وابسته مورد بررسی می‌گذارند.

جدول ۴ رگرسیون خطی ارائه شده جهت بیان ارتباط بین متغیرهای وابسته با متغیرهای مستقل را به همراه ضریب همبستگی مربوطه ( $R^2$  Adjusted) نشان می‌دهد جهت تجزیه و تحلیل آماری بهتر است تا از روش همه رگرسیون‌های (معادلات) ممکن استفاده شود و با توجه به معیارهای نیکویی برازش، مدل مناسب انتخاب گردد. اما از آنجا که تعداد معادلات بدست آمده به روش همه رگرسیون‌های ممکن بسیار زیاد می‌باشد، بنابراین از بین هر کدام از نمونه‌ها تعداد محدودتری از متغیرهای مستقل که دارای شرایط بهتری از نظر برازش بود انتخاب گردید. جدول ۴ معادلات ارائه شده جهت بیان ارتباط بین متغیرهای وابسته با متغیرهای مستقل را به همراه ضریب همبستگی مربوطه نشان می‌دهد.

در این جدول به طور خلاصه درجه اهمیت هر متغیر مستقل انتخاب شده در مدل برای پیش‌بینی خواص نخ را نشان می‌دهد. همچنین علامت مثبت و منفی اندیس مربوطه در معادلات رگرسیون ارائه شده جهت اثر آنرا نشان می‌دهد (که آیا افزایش این متغیر مستقل باعث افزایش متغیر وابسته میشود یا باعث کاهش آن).

برای هر کدام از خواص مهم نخ شامل استحکام، ازدیاد طول، ناپیکنواختی جرمی و پرزینگی (به‌عنوان یک متغیر وابسته) تجزیه و تحلیل آماری به صورت جداگانه انجام گرفته است. جدول‌های ۲ و ۳ متغیرهای مستقل و وابسته را در مدل نشان می‌دهند. یکی از فرضیات مدل رگرسیونی چندمتغیره، عدم وابستگی متغیرهای مستقل به هم می‌باشد. برای بررسی مشکل هم‌خطی در متغیرهای مستقل، از آماره عامل تورم واریانس (VIF) استفاده شده است.

مقدار کمتر از ۵ این آماره، به این معنی است که بخش کوچکی از پراکندگی متغیر مستقل مربوطه توسط سایر متغیرهای مستقل توجیه میشود و مقدار بزرگتر از ۵ این آماره، به این معنی است که این متغیر ترکیب خطی از سایر متغیرهاست و داده‌ها دارای رابطه خطی مشترک چندگانه هستند. از آنجا که مقادیر این آماره (VIF) برای همه متغیرهای مستقل مورد بررسی کمتر از ۵ است (جدول ۴)

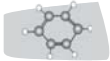
می‌توان نتیجه گرفت که بین متغیرها، هم‌خطی وجود ندارد. بنابراین نتایج بدست آمده از تحلیل رگرسیون چند متغیره قابل قبول خواهد بود. لازم به ذکر است که میانگین هر یک از متغیرهای وابسته مورد بررسی به ازای هر یک از زیرگروه‌های متغیرهای مستقل، توسط آنالیز واریانس ANOVA و همچنین آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر معنی‌داری و همچنین دسته‌بندی‌های انجام شده

جدول ۲- متغیرهای مستقل در مدل

متغیرهای مستقل	اندیس
طول الیاف (mm)	X1
ظرافت الیاف (Den)	X2
نیرو تا حد پارگی لیف (N)	X3
ازدیاد طول تا حد پارگی لیف (%)	X4
نمره فتیله (کیلو تکس)	X5
نمره نخ (Ne)	X6
تاب نخ (T.P.M)	X7

جدول ۳- متغیرهای وابسته در مدل

متغیرهای وابسته	اندیس
استحکام نخ (cN/Tex)	Y1
ازدیاد طول نخ (mm)	Y2
CV% جرمی نخ	Y3
پرزینگی نخ (mm)	Y4



جدول ۴: رگرسیون خطی جهت پیش‌بینی خواص نخ پلی‌استر چرخانه‌ای.

متغیر وابسته	متغیر مستقل	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics		Adjusted R <sup>2</sup>
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF	
استحکام نخ (eN/Tex)	(ضریب ثابت)	12.177	0.498		24.46	0			0.7
	دنییر الیاف	-0.456	0.108	-0.21	-4.221	0	0.914	1.094	
	نمره انگلیسی نخ	-0.19	0.02	-0.6	-9.32	0	0.546	1.832	
	تاب در متر نخ	-0.003	0.001	-0.236	-3.776	0	0.58	1.724	
ازدیاد طول نخ (mm)	(ضریب ثابت)	302.265	46.096		6.557	0			0.84
	طول الیاف	-4.107	1.144	-0.165	-3.591	0	0.58	1.723	
	دنییر الیاف	11.386	1.654	0.319	6.883	0	0.572	1.75	
	استحکام الیاف	152.605	48.691	0.143	3.134	.002	0.588	1.7	
ضریب نایکنواختی نخ (CV%)	(ضریب ثابت)	35.870	1.691		21.209	.000			0.7
	دنییر الیاف	1.158	.265	.241	4.376	.000	.765	1.307	
	کیلو تکس فتیله	-1.700	.244	-.367	-6.963	.000	.834	1.200	
	نمره انگلیسی نخ	-.085	.046	-.121	-1.851	.066	.544	1.840	
پرزینگی نخ (mm)	(ضریب ثابت)	11.107	.286		38.859	.000			0.84
	دنییر الیاف	.324	.045	.283	7.242	.000	.765	1.307	
	کیلو تکس فتیله	-.648	.041	-.589	-15.707	.000	.834	1.200	
	نمره انگلیسی نخ	-.055	.008	-.332	-7.155	.000	.544	1.840	
تاب در متر نخ	(ضریب ثابت)	-0.002	.000	-.325	-7.224	.000	.580	1.725	
	دنییر الیاف								
	کیلو تکس فتیله								
	نمره انگلیسی نخ								

ضریب نایکنواختی نخ را می‌تواند کاهش دهد. لازم به ذکر است که به دلیل مشابه افزایش نمره انگلیسی نخ (نازکتر شدن آن) و همچنین افزایش تاب در متر نخ باعث افزایش میزان نایکنواختی نخ تولیدی می‌شود. در مورد پرزینگی نخ، هرچه الیاف کلفت‌تر باشند تمایل بیشتری برای خارج شدن از ساختار نخ دارند و به صورت پرز در سطح نخ ظاهر می‌شوند. تولید نخ نازک‌تر و همچنین نخ با تاب بیشتر نیز تمایل الیاف به خارج شدن از ساختار نخ به صورت پرز را افزایش می‌دهد. میزان تاب تا حد بهینه باعث درگیری الیاف در ساختار نخ می‌شود ولی همان‌گونه که اشاره شد در این تحقیق از فاکتور تاب‌هایی استفاده شده که بیش از حد بهینه برای تاب نخ‌های مورد بررسی هستند. لذا افزایش در میزان تاب در سطوح مورد بررسی در این مقاله باعث افزایش میزان پرزینگی نخ شده است.

#### ۴. نتیجه‌گیری

قابلیت پیش‌بینی کیفیت نخ قبل از تولید، یکی از مهم‌ترین مسائل برای بهبود خواص نهایی نخ به شمار می‌رود. به طوری که پیش‌بینی خواص مهم نخ از طریق خواص الیاف و همچنین پیش‌بینی خواص الیاف مورد نیاز جهت تولید یک نخ مشخص، می‌تواند بسیار مفید واقع شود. لذا در این تحقیق به ارائه معادلاتی جهت پیش‌بینی خواص نخ پلی‌استر چرخانه‌ای با توجه به خواص الیاف مورد استفاده پرداخته شده است. ظرافت الیاف مصرفی، بر روی تمام متغیرهای خروجی مورد بررسی (استحکام، ازدیاد طول، نایکنواختی جرمی نخ و پرزینگی نخ) بسیار تأثیرگذار خواهد بود به طوری که با کنترل آن می‌توان خواص نخ تولیدی را به طور مؤثر کنترل نمود.

#### پی‌نوشت

۱- دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه یزد

از بین ۷ متغیر مستقل مورد بررسی، تأثیر متغیرهای ظرافت الیاف، نمره و تاب نخ بر استحکام نخ در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار می‌باشد. با توجه به مقادیر B از جدول ۴، با افزایش نمره انگلیسی نخ استحکام آن کمتر خواهد شد. واضح است که با افزایش نمره انگلیسی، نخ‌های تولیدی نازک‌تر شده و تعداد الیاف موجود در ساختار نخ کاهش می‌یابد. لذا با کاهش تعداد الیاف، استحکام دست‌های الیاف کاهش یافته و در نتیجه استحکام نخ نیز کاهش می‌یابد. همچنین با کلفت‌تر شدن الیاف مورد استفاده (افزایش در متغیر ظرافت الیاف مصرفی بر حسب دنییر) نیز تعداد الیاف موجود در ساختار نخ کاهش می‌یابد. لذا سطح تماس بین الیاف کمتر شده و باعث کاهش استحکام نخ می‌گردد.

لازم به ذکر است که میزان تأثیر ظرافت الیاف بر روی استحکام نخ بیشتر از تأثیر نمره انگلیسی بر روی آن است. کاهش استحکام نخ به ازای افزایش میزان تاب نخ نشان‌دهنده بررسی استحکام نخ‌ها در محدوده‌ای بالاتر از تاب بهینه می‌باشد. نتایج به دست آمده از ضرایب B در جدول ۴ نشان می‌دهد که استحکام الیاف مورد استفاده به طور بسیار مؤثر بر روی میزان ازدیاد طول نخ حاصل اثرگذار است. با افزایش کیلو تکس فتیله ورودی و همچنین طول الیاف مورد استفاده میزان ازدیاد طول نخ کاهش می‌یابد. افزایش طول الیاف باعث افزایش سطح درگیر الیاف با یکدیگر شده و از این رو استحکام نخ را افزایش و ازدیاد طول نخ را کاهش می‌دهد. این در حالی است که افزایش دنییر الیاف باعث کاهش این سطح تماس الیاف با یکدیگر می‌شود. از سوی دیگر با افزایش دنییر الیاف مصرفی، تعداد الیاف در سطح مقطع نخ کاهش یافته و از این رو تغییر جزئی در تعداد آنها می‌تواند میزان ضریب نایکنواختی نخ را افزایش دهد. در مقابل، افزایش کیلو تکس فتیله ورودی باعث می‌شود تا تغییر در تعداد الیاف موجود در نخ (به دلایل مختلف از جمله دور زنده و غیره) آن‌چنان باعث تغییر در تعداد الیاف موجود در نخ نشده و در نتیجه