



بررسی ترکیبی اثر بارگذاری جابجائی ثابت (CRE) و بارگذاری نیروی ثابت (CRL) در اندازه گیری نیروی اصطکاک پارچه های تار و پودی

رامین عبقری^{۱*}، امیر حسین استواری^۲

چکیده :

یکی از عوامل مهمی که در زمینه زیر دست منسوجات نقش تعیین کننده ای دارد، خصوصیات اصطکاک پارچه می باشد. به منظور اندازه گیری خصوصیات اصطکاک پارچه روش های زیادی مانند روش کاواباتا، روش لغزشی و روش آزمایش سیکلی و غیره پیشنهاد شده است. در بیشتر این روشها برای اندازه گیری نیروی اصطکاک از کشیدن دو سطح پارچه بر روی هم و یا لغزش یک عنصر خارجی بر روی پارچه استفاده می گردد که به لحاظ فنی می توان اصلاحاتی را در این رابطه انجام داد. برای این منظور ابتدا لغزش دو سطح به صورت کنترل شده ای صورت گرفت و سپس با توجه به اصل غیر خطی بودن اصطکاک از شرایط شیب دار جهت اندازه گیری متغیرهای غیر خطی استفاده گردید. به کمک روش ابداعی که ترکیبی از اندازه گیری اصطکاک به روش نرخ ازدیاد طول ثابت (CRE) و نرخ نیروی ثابت (CRL) است، مشخص گردید تغییرات اندازه گیری شده اصطکاک دارای خطای کمتری است که بالطبع تکرار پذیر بودن نتایج نیروی اصطکاک بیشتر خواهد بود.

کلمات کلیدی: خصوصیات اصطکاک، اصطکاک استاتیکی، اصطکاک دینامیکی، سطح شیب دار

Abstract

Fabric friction has been thought to be the principal component that determines the handle of fabric. During the last century numerous test instruments and systems has been developed to study the frictional properties of fabrics such as: Kawabata Evaluation System, sliding friction apparatus, cycling sliding method and etc. Most of researchers have used an Instron tensile tester with some attachments to measure the fabric to fabric or fabric to metal friction. The main objective of the present paper is to modify frictional measuring method. To develop a new method for measurement, perform two changes: 1- perform best controlling the slippage of slider 2- we can use the inclined plane to measure the coefficient of friction in non-linear equation. The standard error of linear regression with new test method (combination CRE and CRL Friction testing) lowers than previous method and show higher correlation coefficient.

Key words: frictional properties, static friction, dynamic friction, inclined plane

* ۱. دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، یزد، ایران. مسئول مکاتبات: Abgariramin@yahoo.com
۲. گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۱. مقدمه

مکانیسم عصبی در شناخت حسی انسان بخصوص برای ارزیابی خصوصیات پارچه بسیار پیچیده می باشد. نگاه کردن به سطح پارچه می تواند برخی از خصوصیات پارچه را در ذهن تداعی کند اما بعد از لمس کردن پارچه با دست خصوصیات مهم تر دیگری از پارچه ادراک خواهد شد.

اصطکاک سطحی خصوصیت مهمی است که می توان آنرا توسط لمس کردن احساس کرد و در حقیقت ابزارهای طراحی شده می بایست نتایجی را بیان کنند که انسان از حس کردن پارچه به حس اصطکاکی پارچه نائل می آید. روشهای متعددی برای این طراحی ایجاد شده که اکثرا بر اساس تماس مالشی یک عنصر خارجی یا عنصر پوشیده شده از سطح پارچه یا پوست حیوانات قرار گرفته بر آن مقدار اصطکاک را با یک مکانیزم نیرو سنج حساس اندازه گیری می نمایند.

پیشینه اندازه گیری اصطکاک به دهه ۱۹۶۰ باز می گردد که آمونتون رابطه ساده خطی $F = \mu \cdot N$ را برای اصطکاک ارائه نمود، که در آن F نیروی اصطکاک، μ ضریب اصطکاک و N نیروی عمودی سطح تعریف گردید. اما بعد از آن مشخص گردید که منسوجات با توجه به ماهیت ویسکو الاستیکی که دارند از این قاعده پیروی نخواهند نمود [۳ و ۴ و ۵ و ۶]. نتایج تجربی نشان داد رابطه نیروی اصطکاکی با نیروی عمودی بر سطح مواد نساجی بصورت خطی تغییر می نماید [۵ و ۶]. رفتار اصطکاکی مواد نساجی مانند پارچه با استفاده از رابطه $F = C \cdot N^n$ تغییر می کند که در آن F نیروی اصطکاک، N نیروی عمودی سطح C ضریب ثابت (در حالتی که $n=1$ باشد مقدار μ برابر با C خواهد بود) و n شاخص اصطکاک می باشد [۷]. محققین برای تعیین مقادیر پارامترهای C, n در یکی از روشهای آزمایشی که امروزه متداولتر شده است از دستگاه استحکام سنج که به وسایل خاصی جهت اندازه گیری خصوصیات اصطکاکی پارچه مجهز شده، استفاده می نمایند [۸].

مقادیر مربوط به مقاومت اصطکاکی استاتیکی و دینامیکی بطور مستقیم از نمودار های اصطکاکی با اعمال شرایط متفاوت نیروئی نرمال تعیین می گردد [۹ و ۱۰]. علاوه بر این روشهای آزمایش دیگری توسط محققین برای تعیین خصوصیات اصطکاکی پارچه گزارش شده است [۱۱ و ۱۲].

۲. رویکرد جدید در اندازه گیری نیروی اصطکاک:

با نگاه دقیق به روشهای اندازه گیری اصطکاک که از اتصال یک المان لغزشی استفاده می گردد هیچ کنترل مناسبی برای ممانعت از بوجود آمدن ارتعاشات ناخواسته در طول مسیر لغزش در نظر گرفته نشده است. بنابراین مقدار پیش بینی شده برای مقدار اصطکاک دارای خطای زیادی خواهد بود. این نوع تغییرات که می توان مقدار آنرا به صورت ریاضی محاسبه نمود عاملی در تغییرات نیروی اندازه گیری شده و عدم حصول نتیجه مناسب برای بیان نیروی اصطکاک خواهد بود.

با توجه به اینکه خصوصیات اصطکاکی مطابق رابطه ۱ دارای یک رابطه لگاریتمی با نیروی عمودی و ضریب اصطکاک می باشد.

$$\log(F_i/A) = \log(C) + n \log(N_i/A) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

که در آن :

A : سطح بر اساس متر مربع، C : شاخص اصطکاک، N : نیروی عمود بر سطح، n : شاخص اصطکاک (بدون دیمانسیون) و m تعداد آزمایشها است.

حال با توجه به اینکه آزمایشهای مکرر در تعیین شاخصهای اصطکاک تاثیر دارند در حقیقت عناصر اصلی رابطه (۱) تانسورهای هستند که به صورت رابطه ۲ قرار می گیرند:

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \log(N_1/A) \\ 1 & \log(N_1/A) \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \log(N_1/A) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \log c \\ n \end{pmatrix} \rightarrow \bar{Y} = B \bar{\alpha} \quad (2)$$

که :

$$Y_i = \log(F_i/A) \quad \text{and} \quad \bar{Y} \quad \text{is} \quad [Y_1, Y_2, \dots, Y_m]$$

با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی آماری می توان خطای غیر خطی معادله رامطابق رابطه ۳ محاسبه نمود :

$$e_L = \sum_{i=1}^m (\log(F_i/A) - \log(C) - n \log(N_i/A))^2 \quad (3)$$

این عبارت بیان می کند که مجموع پراکندگی در نیروی اصطکاکی در مجاورت خط رگرسیون چه اندازه است. در شرایطی که مقدار خطا زیاد باشد رابطه میان $\log(N.A)$ و $\log(F/A)$ از حالت خطی خارج شده و خط رگرسیون نمی تواند این خطا را تفسیر کند. معمولا در بحث رگرسیون مقدار نسبت توضیح داده شده به نسبت توضیح داده نشده را به عنوان شاخص ضریب تعیین از رابطه ۴ محاسبه می نمایند.

$$r^2 = \frac{\text{explained variation}}{\text{total variation}} = 1 - \frac{S_{Y.X}^2}{S_Y^2} \left(\frac{n-2}{n-2} \right) \quad (4)$$

که در آن :

$S_{Y.X}^2$: خطای استاندارد تخمین ، S_Y^2 : انحراف معیار و n : تعداد مشاهدات می باشد.

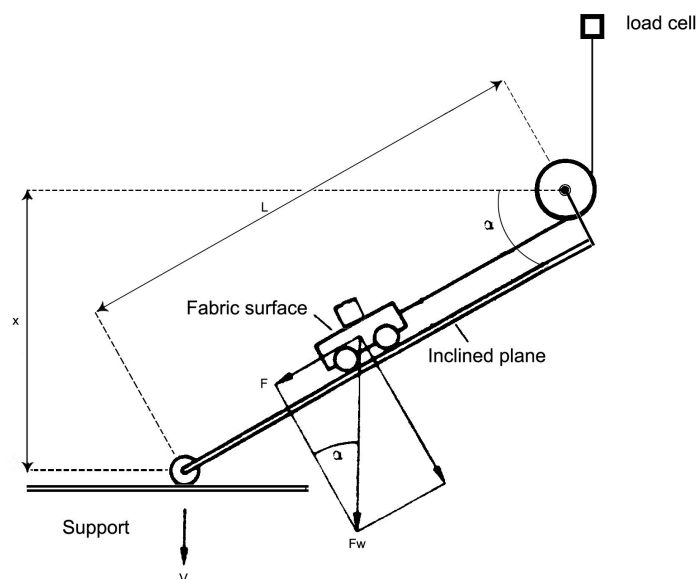
واضح است که هرچه مقدار r^2 به ۱ نزدیکتر شود درجه همبستگی زیادتر خواهد بود و بنابراین داده ها پراکندگی کمتری خواهند داشت. در این تحقیق برای اولین بار مقدار ضریب تعیین (r^2) محاسبه شد و بررسی گردید تا چه حد می توان خطای سیستم اندازه گیری اصطکاک را بررسی نمود.

۳. مبانی محاسباتی اندازه گیری روش جدید اندازه گیری اصطکاک

در طراحی سیستم جدید اندازه گیری اصطکاک دو مسئله تغییر داده شد :

- تغییر مکانیزم حرکتی روش قدیمی به یک سیستم قابل کنترل که از مکانیزم ریلی و واگن در آن استفاده گردیده است. در سیستم قدیمی اندازه گیری اصطکاک، نمونه پارچه زیرین ثابت بود و مکعبی که با نمونه ای از پارچه پوشیده شده، بر روی سطح پارچه ثابت شده ای، حرکت می کند اما در این روش جدید حرکتها معکوس شده اند یعنی مکعب پوشاننده شده ثابت و سطح زیرین متحرک می باشد. (در این مکانیزم نیروئی با بهبود اجزاء مکانیکی نیروئی که صرف حرکت دادن واگن می شود به حداقل رسید و مقدار متوسط آن از نیروی بدست آمده از دستگاه کسر گردیده است).

- استفاده از سطح اصطکاکی شیب دار که در آن از مکانیزمی مشابه سیستم CRL استفاده گردید. در این شرایط یک سمت صفحه نگهدارنده با سرعت ثابت به سمت پائین حرکت می نماید و با توجه به تغییر زاویه صفحه نگهدارنده با افق مقدار نیروی عمودی به صورت پیوسته در حال تغییر می باشد.



شکل ۱. نمای جانبی صفحه شیبدار اندازه گیری اصطکاک

نیروی وارد بر سطح نمونه که همان نیروی نرمال خواهد بود با توجه به مثلث نیروئی تحت تاثیر زاویه α مطابق شکل (۱) از رابطه ۵ تبعیت می نماید :

$$F = mg \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

بعلاوه با توجه به زاویه سطح شیبدار نسبت به افق رابطه ۶ خواهیم داشت:

$$\sin \alpha = \frac{x}{l} \quad (6)$$

چون سطح شیبدار با سرعت ثابت V به سمت پایین حرکت می کند رابطه ۷ را می توان نوشت :

$$x = vt \quad \sin \alpha = \frac{vt}{l} \quad (7)$$

با جاگذاری در رابطه (۵) :

$$F = mg \cdot \frac{vt}{l} \quad (8)$$

حال با توجه به رابطه لگاریتمی مقدار نیروی اصطکاک (۱) و جاگذاری رابطه (۸) در آن می توان پارامتر های اصطکاکی c, n را مطابق رابطه ۹ محاسبه نمود.

$$\log(f_{str} - mg \cdot \frac{vt}{l}) = \log c + \frac{n}{2} \log(mg - (\frac{vt}{l})^2) \quad (9)$$

که در آن f_{str} نیروی اندازه گیری شده توسط نیرو سنج ، l طول صفحه نگه دارنده ، v سرعت فک ، t زمان ، m جرم مکعب و g شتاب ثقل می باشد.

۴. تشریح ساختار دستگاه و روند آزمایش:

در شکل ۲ نمای جانبی دستگاه مشاهده می شود. در این روش از ترکیب دو روش استحکام سنجی برای اندازه گیری شرایط اصطکاک استفاده شده است. همانگونه که بیان شد استحکام سنج دارای مکانیزم اندازه گیری نیرو با ازدیاد طول ثابت

(CRE) می باشد برای رسیدن به شرایط اندازه گیری نیرو در سطح شیب دار سطحی نوسانی طراحی شد که یک سمت آن به فک استحکام سنج و سمت دیگر آن به جک دقیقی متصل شده است. زاویه ایجاد شده در صفحه توسط جک سبب می گردد و اگن اندازه گیری کننده نیروی اصطکاک بر روی سطح زاویه داری قرار گیرد که شرایطی مشابه با اندازه گیری استحکام به روش نیروی ثابت (CRL) را تداعی خواهد نمود. در مکانیزم جک با شکل (ب) می توان سرعت جابجائی صفحه نگهدارنده را به صورت دقیق کنترل نمود.

بر روی صفحه نگهدارنده یک جفت ریل صاف و صیقلی قرار دارد که باعث کنترل حرکت واگن قرار گرفته بر روی آن می گردد. همانگونه که قبلا اشاره شد در این تحقیق اصطکاک پارچه برای ۹ نمونه پارچه (بسیار متفاوت) در مسیر تاری با روش جدید اندازه گیری شده و نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از آزمایش با روش رایج برای اندازه گیری اصطکاک (کشیدن یک نمونه متصل به فک استحکام سنج بدون ابزارهای کنترلی) مقایسه گردیده است. در جدول ۱ برخی خصوصیات نمونه های استفاده شده برای آزمایش آورده شده است.



(الف)

(ب)

شکل ۲ - (الف) . وسیله اندازه گیری اصطکاک سطحی
(ب) . جک طراحی شده برای تغییر زاویه سطح

مراحل آزمایش بصورت زیر می باشد.

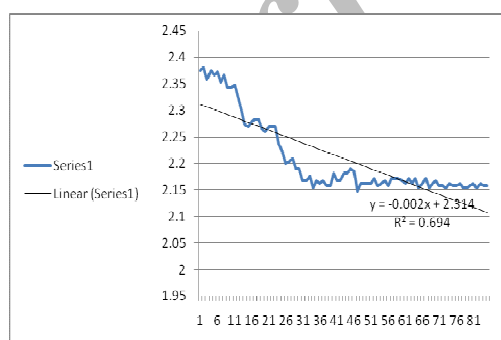
- ۱- نمونه ای با ابعاد 20×15 سانتی متر در مسیر تاری روی واگن قرار گرفته و با اعمال کشش اولیه مناسب توسط گیره هایی ثابت می گردد.
- ۲- ابعاد مکعب بالایی 8×5 سانتی متر بوده و نمونه در مسیر تاری با اعمال یک کشش اولیه ثابت می گردد.
- ۳- واگن توسط یک نخ با ازدیاد طول کم (قابل اغماض) که از روی یک قرقره با اصطکاک ناچیز عبور میکند به فک بالایی استحکام سنج متصل می گردد.
- ۴- مکعب بالایی که توسط یک نگه دارنده در جای خود ثابت می شود با وزنه 250 گرمی بارگذاری می شود.
- ۵- به محض اینکه فک استحکام سنج با سرعت 5 cm/min به سمت بالا حرکت می کند، یک سمت صفحه نگه دارنده توسط مکانیزم طراحی شده با سرعتی برابر با 5 cm/min به سمت پایین حرکت میکند. که در نتیجه تغییرات نیروی اصطکاک توسط نیروسنج دستگاه اندازه گیری و توسط کامپیوتر ثبت می گردد.
- ۶- مراحل ۱ تا ۵ در صورت نیاز تکرار خواهد شد.

جدول ۱. خصوصیات نمونه های استفاده شده

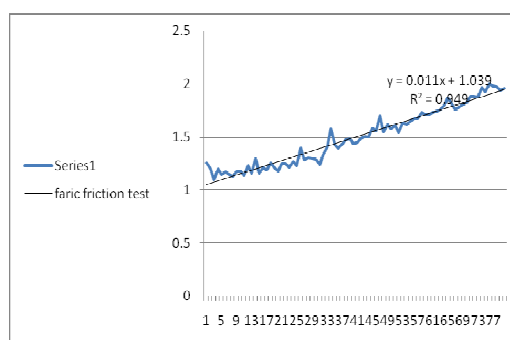
کد نمونه	ضخامت (mm)	وزن متر مربع (g/m ²)	فاکتور پوشش		درصد فر و موج		نمره نخ		تراکم در		جنس نخ	
			پود	تار	پود	تار	پود	تار	پود	تار	نوع بافت پارچه	پود
۱	۰/۴۹	۱۷۷	۰/۳۵	۰/۶۶	۷/۱۴	۴/۵۴	۱۶/۷	۳۹/۴	۲۳	۲۸	پلی استر - ویسکوز	پلی استر
۲	۰/۳۴	۱۳۰	۰/۳۴	۰/۶۱	۴/۹۴	۲/۳	۱۶/۷	۱۶/۷	۲۲	۴۰	پلی استر	پلی استر
۳	۰/۳۸	۱۲۰	۰/۴۳	۰/۵۱	۳/۶۷	۱۰/۴۶	۱۹/۷	۱۶/۷	۲۶	۳۳	پلی استر - ویسکوز	پلی استر
۴	۰/۵۵	۲۳۰	۰/۵۷	۰/۷۵	۶/۱۸	۶/۱۸	۳۹/۴	۳۹/۴	۲۴	۳۲	پلی استر - پشم	پلی استر - پشم
۵	۰/۸۶	۱۸۲	۰/۴۹	۰/۲۳	۱۲/۵	۶/۰۶	۲۹/۵	۳۰	۲۴	۳۳	پلی استر - پشم	پلی استر
۶	۰/۵۴	۱۲۸	۰/۳۸	۰/۴۳	۱۶/۱۶	۵/۸۱	۱۹/۷	۱۹/۷	۲۳	۲۶	ویسکوز	ویسکوز
۷	۰/۸۵	۲۸۸	۰/۴۷	۰/۷۲	۱۲/۶۱	۱۶/۳۵	۲۹/۵	۱۹/۷	۲۳	۴۳	پنبه	پنبه
۸	۰/۱۸	۱۳۰	۰/۵۵	۰/۴۹	۱/۸۵	۲/۶۹	۱۶/۷	۳۴/۵	۳۶	۴۵	پلی پروپیلن	پلی پروپیلن
۹	۰/۳۴	۲۱۰	۰/۴۳	۰/۶۸	۶/۸۶	۱۱/۱	۱۴/۸	۱۴/۸	۳۰	۴۷	پلی استر - پنبه	پلی استر - پنبه

۵. بحث و نتیجه گیری:

در روش قدیمی با اعمال نیروهای عمودی مختلف توسط وزنه های ۲۵۰ و ۳۰۰ و ۳۵۰ گرمی، بر اساس رابطه غیر خطی اصطکاک و ایجاد ماتریس ضرایب، مقدار n و C بدست می آید. اما روش جدید به دلیل آنکه نیازمند تغییر شرایط نیروئی نبوده و با تغییر در راستای اندازه گیری اصطکاک به صورت کاملاً ریاضی مطابق رابطه (۹) نیرو تغییر می یابد، به سادگی و با دقت بسیار بیشتری می توان پارامترهای اصطکاک n، C را محاسبه نمود.



الف



ب

شکل ۳. تغییرات نیرو در روش قدیمی (الف) و ترکیبی اندازه گیری اصطکاک (ب)

نمونه ای از نمودار تغییرات نیروی اندازه گیری شده اصطکاک در شکل (۳) نشان داده شده است که با استفاده از آن می توان مقدار شاخصهای اصطکاک را بدست آورد. برای بدست آوردن نیروی اصطکاک استاتیکی می توان از مقادیر عددی در لحظات اولیه نمودار که سطح اندازه گیری اصطکاک فاقد هر گونه شیب است، استفاده نمود. همانطور که در نمودار مشاهده می گردد تغییرات نیروئی اطراف خط رگرسیون به مراتب کمتر از آزمایشهای قبلی می باشد. بعلاوه به دلیل تغییر مکرر مقدار

نیرو در سطح شیب دار خطای ناشی از تغییرات وزنه ای بسیار کمتر خواهد بود. در بسیاری از تحقیقات با دقت بالا از اعمال پنج حالت وزنه ای استفاده گردیده است حال آنکه در روش جدید به تعداد زمانهای اندازه گیری شده که به دقت سیستم اندازه گیری نیرو (دقت آی سی A/D) وابستگی دارد می توان تغییر در شرایط نیروئی را گزارش نمود. نتایج بدست آمده از ۹ نمونه پارچه با استفاده از روش جدید و قدیمی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲. پارامترهای اصطکاک دینامیکی نمونه ها در مسیر تار روی تار

کد نمونه	پارامترهای اصطکاکای روش قدیم (دینامیکی)						پارامترهای اصطکاکای روش جدید (دینامیکی)					
	C			n			C			n		
	\bar{X}	S	CV%	\bar{X}	S	CV%	\bar{X}	S	CV%	\bar{X}	S	CV%
۱	۰/۰۵۸	۵/۴۵	۱/۰۶۳	۰/۰۷۲	۱۳/۳۶	۰/۵۳۷	۰/۰۹۶	۹/۱۷	۱/۰۵۱	۰/۰۷۵	۹/۶۴	۰/۷۸۱
۲	۰/۰۴۶	۴/۲۷	۱/۰۷۴	۰/۰۷۲	۱۶/۵۵	۰/۴۳۵	۰/۰۳۳	۲/۵۲	۱/۳۲۳	۰/۰۵۳	۱۰/۵۶	۰/۵۰۲
۳	۰/۰۹۹	۱۰/۰۲	۰/۹۸۹	۰/۱۲۱	۲۲/۶۹	۰/۵۳۶	۰/۰۸	۶/۴۲	۱/۲۴۶	۰/۱۰۹	۸/۱۱	۱/۳۴۲
۴	۰/۰۴۶	۵/۷	۰/۸	۰/۱۰۴	۱۲/۳۶	۰/۸۴۵	۰/۰۷۸	۷/۴	۱/۰۵۵	۰/۰۴۹	۱۰/۰۹	۰/۴۹
۵	۰/۰۳۹	۶/۵۶	۰/۵۹۴	۰/۱۳۱	۱۶	۰/۸۱۷	۰/۰۴۱	۳/۹۴	۱/۰۳۵	۰/۱۴۴	۹/۱۵	۱/۵۷۵
۶	۰/۰۲۵	۳/۹۳	۰/۶۴۷	۰/۰۶۵	۸/۶۴	۰/۷۵۸	۰/۰۶۷	۸/۳۲	۰/۸۰۵	۰/۰۷۷	۹/۵۸	۰/۸۰۸
۷	۰/۰۷	۱۸/۹۳	۰/۳۶۹	۰/۰۸۴	۸/۵۹۹	۰/۹۷۷	۰/۰۸۹	۱۰/۴۷	۰/۸۵	۰/۰۷۹	۱۰/۰۶	۰/۷۸۹
۸	۰/۰۴۵	۳/۶۶	۱/۲۳۲	۰/۰۴	۱۰/۷۱	۰/۳۷۱	۰/۰۴۱	۴/۸۹	۰/۸۴۶	۰/۰۱۶	۵/۰۴	۰/۳۱۴
۹	۰/۰۹۸	۱۰/۲۵	۰/۹۵۶	۰/۰۶۷	۹/۹۴۱	۰/۶۷۶	۰/۱۰۲	۹/۱۷	۱/۱۱	۰/۰۷۴	۷/۱۳	۱/۰۳۵

جهت مقایسه نتایج مقدار شاخصهای آماری ضریب تغییرات و ضریب همبستگی مقایسه گردید که میانگین آن در هر دو شاخص برای آزمایش جدید دارای تفاوت آماری معنی دار بود. در رابطه با شاخص ضریب تغییرات شاهد کاهش ۴۹ درصدی و در رابطه با شاخص ضریب تعیین کاهش ۳۴ درصدی در میانگین کل بوجود آمده است. این امر مشخص می نماید روش جدید به مقدار قابل توجهی دارای تغییرات کمتر نیروئی نسبت به روش قدیمی است. این موضوع از لحاظ عملی به گونه ای دیگر نیز قابل بررسی است که در لمس نمودن پارچه ها آنچه حس می گردد تغییرات زیاد نیروی اصطکاک در مکانهای مختلف پارچه نیست اما پارچه ها به لحاظ ساختمانی دارای تفاوتی هستند که کلیات اصطکاک آنها را تغییر می دهد. در اینجا لازم به ذکر است با توجه به تنوع پارچه های به کار گرفته شده در مقایسه روش جدید و قدیم مشاهده می گردد ضریب تغییرات در هیچ مورد در روش جدید بالاتر از روش قدیمی نمی باشد، اما در رابطه با تغییرات شاخصها به ندرت تغییرات روش قدیمی کمتر می باشد. این نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است.

به طور کلی می توان نتیجه گیری نمود روش جدید توانسته است نتایج تکر پذیر تری را از خود نشان دهد زیرا با کم بودن تغییرات مشخص می گردد نتایج به صورت مجددی قابل تکرار است. البته در رسیدگی به اصلاحات انجام شده می توان بیان نمود برای مقایسه بیشتر تحقیقات [۹ و ۱۱ و ۱۲] دیگری در رابطه با شرایط زاویه ثابت صورت گرفته است که مقایسه شرایط استاتیکی و دینامیکی در آن به عمل آمده است.

جدول ۳. مقدار ضریب همبستگی روش قدیم و جدید

ضریب تعیین (coefficient of determination)		
کد نمونه	روش جدید	روش قدیمی
۱	۰/۹۸۶	۰/۶۴۱
۲	۰/۹۵۷	۰/۷۵۷
۳	۰/۹۷۹	۰/۶۰۱
۴	۰/۹۵۵	۰/۷۲۰
۵	۰/۹۳۵	۰/۵۲۷
۶	۰/۹۱۸	۰/۶۹۶
۷	۰/۸۴۲	۰/۸۲۸
۸	۰/۹۲۵	۰/۶۵۰
۹	۰/۹۴۱	۰/۸۳۴

۶. نتیجه گیری :

اندازه گیری اصطکاک به دلیل حساسیت میان مصرف کننده و تولید کننده از اهمیت بالائی برخوردار است از اینرو بهینه سازی مستمر اندازه گیری برای رسیدن به نتایج واقعی تر الزامی می باشد. در این رابطه روش جدید ارائه شده با کنترل بیشتر جسم لغزنده موجب گردید تغییرات ناخواسته حرکتی محدود تر شود و همچنین با اعمال یک شرایط بارگذاری بتوان دامنه وسیعی از بارگذاری را مورد بررسی قرار داد. این تغییرات سبب شد رفتار نیروی اصطکاک به مقدار قابل توجهی کاهش یابد که تفاوت آن به لحاظ آماری معنی دار است. در ادامه برای این تحقیق سعی گردیده از شرایط ترکیب دیگر نیز استفاده شود تا شبیه سازی نزدیکتر به واقعیت در اندازه گیری اصطکاک صورت پذیرد.

۷. تشکر و قدردانی

با کمال سپاس و قدردانی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد که با انجام طرح تحقیقاتی تحت عنوان بررسی ترکیبی اثر بارگذاری جابجائی ثابت (CRE) و بارگذاری نیروی ثابت (CRL) در اندازه گیری نیروی اصطکاک پارچه های تار و پودی اجرای این تحقیق را میسر نمودند.

۸. منابع

- [1] D. Wilson., J. of Text. Inst., Vol. **54**., pp.143-155., 1963.
- [2] H. G. Howell., J. Text. Inst., Vol. **42**, pp.521-533., 1951.
- [3] H G. Howell, J.J. Mazur., Text. Inst., Vol. **44**, pp.59-69., 1953.
- [4] M. Ohsawa and S.J. Namiki., Text. Mach. Soc. Japan., Vol. **19**., pp.7-16., 1966.
- [5] S. S. Ramkumar., Indian J. Fiber and Textile Res., Vol. **25**., pp.238., 2000.
- [6] S. S. Ramkumar, U.S. Patent 6397672, 2002.
- [7] T. Bowden, D. Tabor., The Friction and Lubrication of Solids. Oxford: Oxford University Press, 1950
- [8] L. Virto, A. Naik., Textile Res. J., Vol. **67**., pp. 793-802., 1997.
- [9] J. O. Ajayi., Text Res. J., Vol. **62**, pp. 52-59., 1992.
- [10] J. O. Ajayi, H.M. Elder., J. Tex. Inst., Vol. **88**, pp. 232-241., 1992.
- [11] E. C. Dreby., J. Res. Nat Bur. Stand., Vol. **31**, pp.237-246., 1943.
- [12] D. Apurba, V.K. Kothari, N. Vandana., AUTEX Res. J., Vol. **5**., pp. 133-140., 2005.