

ارزیابی کرنش و تغییر شکل سطحی پارچه‌های تاری پودی با استفاده از روش همبستگی تصویر

پریسا ترابی، محمد جواد عبقری*، سید منصور بیدکی، عماد اولیاء

یزد، دانشگاه یزد، دانشکده مهندسی نساجی، یزد، ایران، ۸۹۱۵۸۱۸۴۱۱

abghary@yazd.ac.ir

چکیده

با توجه به کاربرد گسترده پارچه‌ها در مصارف گوناگون و اهمیت تغییر شکل آن‌ها تحت نیروهای مختلف و همچنین خواص مکانیکی مورد انتظار در کاربرد نهایی، ارزیابی خصوصیات از جمله تغییر شکل و کرنش سطحی پارچه از اهمیت بسزایی برخوردار است. در روش‌های مرسوم، کرنش پارچه توسط دستگاه استحکام سنج به صورت کلی ارائه می‌گردد بطوریکه تعیین کرنش هر بخش از پارچه نیازمند استفاده از دستگاه کرنش‌سنج بوده که در این حالت هم فقط کرنش یک بخش از پارچه قابل اندازه‌گیری می‌باشد. اما در این پژوهش به بررسی و ارزیابی تغییر شکل پارچه و تعیین کرنش بخش‌های مختلف از سطح پارچه‌های تاری پودی پلی استر/ پنبه با بافت تافته با استفاده از روش میزان همبستگی تصاویر قبل و بعد از اعمال ازدیاد طول به پارچه، پرداخته شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از میزان همبستگی بخش‌های مختلف پارچه می‌توان بیان نمود که این روش می‌تواند معیار مناسبی برای ارزیابی کرنش و تغییر شکل سطحی پارچه‌های تاری پودی باشد.

کلمات کلیدی: کرنش سطحی، تغییر شکل سطحی، پارچه تاری پودی، پردازش تصویر، همبستگی تصویر.

Evaluation of strain and deformation of the surface of woven fabrics using image correlation method

Parisa Torabi, Mohammad Javad Abghary*, Seyed Mansour Bidoki, Emad Owlia

Department of Textile Engineering, Yazd University, Yazd, Iran, 8915818411

abghary@yazd.ac.ir

Abstract

Considering the widespread use of fabrics in various uses and the importance of their deformation under different forces as well as the mechanical properties expected in the final application, it is important to evaluate the properties such as the deformation and surface strain of the fabric. In conventional methods, the strain of the fabric is provided by the strength measuring device in general, so that the determination of the strain of each part of the fabric requires the use of a strain gauge device, and in this case, only the strain of one part of the fabric can be measured. However, in this research, the change of shape of the fabric and the determination of the strain of different parts of the surface of the cotton/ polyester woven fabric with plain structure using the method of correlation of the images before and after the elongation have been discussed. According to the results obtained from the degree of correlation of different parts of the fabric, it can be said that this method can be a suitable criterion for evaluating the strain and surface deformation of woven fabrics.

Keywords: Surface strain, surface deformation, woven fabric, image processing, image correlation.

۱ - مقدمه

پارچه یکی از پیچیده‌ترین سازه‌ها است که در مقابل نیروی وارده، رفتار پیچیده‌ای از خود نشان می‌دهد. پارچه با توجه به ساختار خاص خود می‌تواند به هر شکل و قالبی درآورده شود. همین امر سبب شده تا به‌عنوان استثنایی‌ترین صفحه با توجه به رفتار مکانیکی ویژه‌ای که دارد نیاز پوششی انسان و صنعت را برآورده کند. رفتار مکانیکی که از مهم‌ترین خواص ماده به‌شمار می‌آید عبارت است از عکس‌العمل و تغییر شکل ماده در برابر نیرو. اطلاع از خواص مکانیکی منسوجات در پیش‌بینی رفتار نهایی و محدوده کاربرد آن‌ها برای مصرف‌کننده کالا از اهمیت زیادی برخوردار است [۳-۱].

از جمله خواص مکانیکی پارچه کرنش می‌باشد که به‌صورت تغییر طول نسبت به طول اولیه تعریف می‌شود. لازم به ذکر است که این تغییر طول می‌تواند در راستای نخ‌های تار و یا نخ‌های پود اتفاق بیفتد. با توجه به اینکه در زمان انطباق پارچه با اجسام سه‌بعدی هر بخش از پارچه تحت تاثیر نیروهای مختلفی قرار می‌گیرد در نتیجه کرنش‌های وارده به پارچه نیز در هر ناحیه متفاوت خواهد بود. به‌طوریکه میزان کرنش ایجادشده در شکل‌پذیری و صلبیت پارچه مؤثر می‌باشد؛ به این صورت که هر چه کرنش کمتر باشد صلبیت پارچه بیشتر و شکل‌پذیری کمتر است و بالعکس [۴-۶].

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری کرنش توسط دستگاه استحکام‌سنج معرف یک کرنش برای کل پارچه است در حالی که هر بخش از آن می‌تواند مقدار کرنش متفاوتی را

به خود اختصاص دهد. مؤید این مطلب اندازه‌گیری کرنش توسط دستگاه اکستنسومتر می‌باشد اما استفاده از این ابزار نیز محدود به دو نقطه از پارچه است. تاکنون روش‌های مختلفی برای محاسبه خواص مکانیکی منسوجات و یا تشخیص عیوب آن‌ها بر مبنای استفاده از پردازش تصویر ارائه شده است. بطور مثال در پژوهشی به بررسی میزان ازدیاد طول نخ تار در پارچه‌های پنبه‌ای تاری و پودی با بافت ساتین به کمک پردازش تصویر به منظور کاهش پارگی نخ-های تار در زمان بافت پارچه و افزایش بهره‌وری از دستگاه-های بافندگی پرداخته شده است. از آنجا که نواحی میانی نمونه پارچه مورد استفاده رفتار متفاوتی نسبت به ناحیه چپ و راست پارچه از خود نشان می‌دهد می‌توان گفت که خواص پارچه متأثر از مناطق مختلف آن تغییر می‌کند. [۷].

ارزیابی کرنش پارچه براساس شدت سطح خاکستری تصویر نشان می‌دهد از شاخص شدت مقیاس خاکستری تصویر می‌توان برای اندازه‌گیری کرنش‌های طولی و جانبی بخش-های مختلف پارچه در تغییر شکل‌های سه بعدی استفاده نمود [۸]. بررسی مقاومت برشی و استحکام کششی پارچه‌های بازالت با روش‌های تئوری و تحلیل تصویری نشان می‌دهد بین ارزیابی تئوری و تحلیل تصویر انطباق خوبی وجود دارد [۹]. همچنین به کمک پردازش تصویر می‌توان به بررسی ویژگی‌های پارچه‌های محافظ در برابر اشعه‌های رادیواکتیو با کمک پردازش تصویر پرداخت [۱۰]. با توجه به اینکه در اکثر مواقع تشخیص عیوب پارچه تولیدی به‌صورت بصری انجام می‌گیرد و امری زمان‌بر و پرهزینه است، بررسی تشخیص و مرتب‌سازی عیوب پارچه با استفاده از

پردازش تصویر نقش بسزایی در تسریع تشخیص عیوب پارچه و ارتقای کیفیت آن خواهد داشت [۱۱ و ۱۲]. بر این اساس به منظور اندازه‌گیری کرنش هر بخش از پارچه، در تحقیق حاضر روشی بر مبنای پردازش تصویر ارائه شده است که بتوان کرنش در راستای x و y را برای هر بخش از پارچه به دست آورد. به طور معمول با رسم دو خط در راستای طول و عرض پارچه و براساس تغییرات تعداد پیکسل در تصاویر گرفته شده می‌توان میزان کرنش پارچه را محاسبه نمود. در حالی که در این تحقیق برای تحقق این موضوع از همبستگی تصویر به عنوان معیاری از کرنش بهره گرفته شد. این ایده می‌تواند در اندازه‌گیری کرنش طولی و عرضی پارچه به هنگام تغییر شکل‌های سه بعدی مورد

استفاده قرار گیرد. جایی که دنبال کردن خطوط رسم شده در حالت عادی روی پارچه و در تصویر گرفته شده امکان پذیر نیست و یا به علت انحنای ایجاد شده در این خطوط، کرنش به دست آمده صحت ندارد.

۲- تجربیات

۱-۲- تهیه نمونه

نمونه‌های تهیه شده و مورد استفاده در این پژوهش پارچه‌های تار پودی از جنس پنبه- پلی‌استر مورد مصرف برای پیراهن مردانه بودند که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱ - مشخصات نمونه پارچه‌های مورد ارزیابی.

تراکم نخ‌ها (cm ⁻¹)		نمره نخ		جنس نخ		وزن متر مربع پارچه	طرح بافت پارچه
پود	تار	پود	تار	پود	تار	۱۲۵ گرم	تافته
26	40	۲۰ انگلیسی (۷,۲۸٪)	100 دنیر (۵,۳۴٪)	پنبه	پلی‌استر	(۶,۱۴٪)	

* مقادیر داخل پرانتز میزان ضریب نایکنواختی مقادیر را نشان می‌دهد.

روش ارائه شده، تصمیم بر آن شد که آزمون‌ها به صورت مجزا برای پارچه‌های تکمیل شده نیز انجام گیرد. لذا جهت تکمیل نمونه پارچه‌ها از دو نوع نرم‌کن سیلیکونی Microsil 30N و کاتیونیک قابل حل در آب سرد استفاده شد. تکمیل‌های نرم‌کننده از مهم‌ترین فرآیندهای شیمیایی نساجی هستند که از این طریق می‌توان به منسوجاتی با نرمی مناسب و قابل قبول و انعطاف‌پذیری بهتر همراه با

۲-۲- آماده‌سازی نمونه

نمونه پارچه‌ها جهت انجام آزمایش‌ها در دو حالت پارچه خام و پارچه تکمیل شده مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفتند که در ادامه به شرح آن‌ها پرداخته می‌شود.

۱-۲-۲- تکمیل نمونه پارچه‌ها

به منظور بررسی تاثیر نوع تکمیل بر میزان شکل‌پذیری پارچه نسبت به حالت خام و مقایسه نتایج به دست آمده از

خواص پر بودن زیردست، ضد الکتریسیته ساکن و دوخت-پذیری مناسب دست‌یافت [۱۳]. همچنین می‌توان گفت نرم‌کننده‌ها ممکن است باعث کاهش ثبات نوری و سایشی رنگ و زردشدن کالا شوند. روش اعمال نرم‌کن سیلیکونی و کاتیونی به نمونه‌ها به این شرح بود که ابتدا میزان ۲ گرم بر لیتر از هر یک از نرم‌کن‌ها وزن شدند و سپس در آب مقطر سرد حل گردیدند و نمونه پارچه‌ها در آن غوطه‌ور شدند. بعد از ۲۰ دقیقه پارچه را از محلول بیرون آورده و جهت پوشش‌دادن سطحی منسوج با محلول‌های مورد استفاده و تنظیم میزان محلول، با تنظیم فشار و سرعت غلتک‌ها، پارچه را از بین غلتک‌های فشارنده رد کرده و پس از آن، جهت تثبیت ابعادی، نمونه‌ها ۱۰ دقیقه در استنتر با دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرارداد شدند.

۲-۲-۲- برش نمونه‌ها و رسم خطوط روی پارچه

در این قسمت جهت برش نمونه‌ها از استاندارد بریتانیا BS2576 استفاده شد. بر همین اساس هر نمونه به طول ۳۰ سانتی‌متر و عرض ۶ سانتی‌متر در سه راستای تار، پود و ۴۵ درجه برش‌زده شد. سپس نخ‌های کناری پارچه از دو طرف بیرون کشیده می‌شود تا عرض پارچه به عرض ۵ سانتی‌متر برسد. در راستای طول نیز از دو طرف ۵ سانتی‌متر جهت قرارگیری در فک دستگاه جدا شد. سپس هر نمونه به صورت جداگانه، به محدوده‌های کاملاً مساوی به ابعاد دو در دو سانتی‌متر مربع تقسیم گردید.

۲-۲-۳- پارچه چندلایه

از کاربردهای مهم چندلایه کردن پارچه‌ها (در جهات مختلف تار-تار، پود، تار-پود، تار-مورب با استفاده از عامل اتصال نظیر لایه‌چسب، پارچه‌ها به هم متصل می‌شوند و نمونه چند لایه را تشکیل می‌دهند) در منسوجات صنعتی و همچنین در صنعت طراحی و پوشاک می‌باشد. تولید-کنندگان می‌توانند با استفاده از چندلایه کردن پارچه، منسوج یا پوشاکی تولیدکنند که با توجه به نیروی که در هر بخش از منسوجات صنعتی و یا در هر قسمت بدن به پارچه وارد می‌شود بهترین کیفیت را از پارچه دریافت کنند که در نهایت منجر به تولید کالایی باکیفیت گردد. در این راستا پارچه‌ها علاوه بر حالت تک‌لایه خام در حالت چندلایه نیز آزمایش و جهت تحلیل، عکس‌برداری شدند. نمونه‌های آزمایش‌شده نیز شامل پارچه خام چندلایه، پارچه چندلایه تکمیل‌شده با نرم‌کن سیلیکونی و پارچه چندلایه تکمیل‌شده با نرم‌کن کاتیونی، در سه حالت قرارگیری تار-تار، تار-پود، تار-مورب بودند. لازم به ذکر است که پارچه‌ها به کمک لایه‌چسب و با استفاده از دستگاه لایه در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۲۰ ثانیه به هم اتصال داده شدند.

۲-۳- تجهیزات مورد استفاده

جهت انجام آزمایش کشش و اندازه‌گیری کرنش نمونه‌های آماده‌سازی‌شده، از دستگاه استحکام‌سنج ساخت شرکت شرلی مدل Micro 350 استفاده شد. سرعت دستگاه جهت انجام این آزمون ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه و فاصله بین فک‌ها ۲۰ سانتی‌متر تنظیم گردید. این آزمون تا میزان ۸۰ درصد ازدیاد طول تا حد پارگی برای هر نمونه ادامه یافت.

فراخوانی شده و از حالت رنگی^۱ به حالت خاکستری^۲ تبدیل می‌شوند. در این روش، انتخاب هر محدوده و با هر اندازه مورد نظر به صورت دلخواه می‌باشد که این ویژگی می‌تواند یکی از مزایای استفاده از این روش باشد. برای انتخاب هر محدوده با استفاده از این روش لازم است که چهار نقطه از گوشه مستطیل مشخص شده روی پارچه به صورت دستی انتخاب شود که ترتیب انتخاب آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. در نتیجه دو زیرمجموعه به ترتیب از تصویر اولیه و تصویر تغییر شکل داده شده پس از ۸۰ درصد ازدیاد-طول اعمال شده بر نمونه برای همبستگی انتخاب می‌شوند. الگوریتم همبستگی، تشخیص جابجایی‌های محلی در راستای افقی و عمودی با مقایسه دو زیرمجموعه تصاویر به این شرح است؛ محدوده مورد نظر در تصویر اول مشخص شده و در تصویر دوم نیز دقیقاً همان محدوده انتخاب می‌گردد و هر دو محدوده انتخابی در قالب یک ماتریس $(n \times m)$ پیکسلی ذخیره می‌شوند. در این روش، تغییرات شدت خاکستری و همچنین میزان جابجایی هر پیکسل از تصویر ثبت می‌شود.

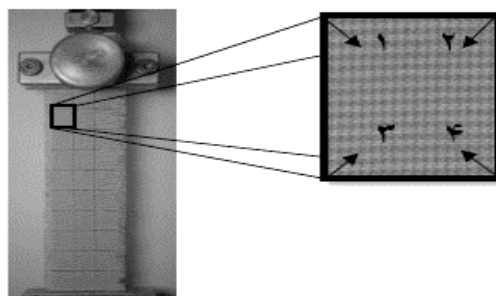
آزمایش کشش برای هر حالت با ۳ بار تکرار مطابق با استاندارد ASTM D 2256-88 انجام پذیرفت.

سپس به منظور عکس برداری از نمونه‌ها از دوربین SONY RX10II استفاده گردید و برای ثابت نگهداشتن شدت نور تابیده شده به سطح پارچه از نور ال ای دی متمرکز با ولتاژ خروجی ۱۲ ولت و جریان خروجی ۱ آمپر استفاده شد.

۲-۴- تحلیل نتایج با روش همبستگی تصویر

با توجه به اینکه تاکنون مقدار حاصل شده از اندازه‌گیری کرنش به عنوان کرنش کلی یک ماده در نظر گرفته می‌شده است، در این پژوهش روش جدیدی ارائه شده است که با استفاده از تکنیک همبستگی تصویر می‌توان کرنش هر ناحیه دلخواه از پارچه را (کرنش سطحی) به صورت دقیق به دست آورد. علاوه بر این، مزیت روش ارائه شده کم کردن خطای محاسبات دستی می‌باشد. در ادامه به روش همبستگی تصویر اشاره شده است.

همبستگی تصویر بر اساس مقایسه تغییرات و میزان ارتباط دو تصویر از یک جسم، یکی قبل از تغییر شکل و دیگری پس از آن می‌باشد. پس از عکس برداری، تصاویر در متلب



شکل ۱- ترتیب انتخاب نقاط یک محدوده در روش همبستگی تصویر.

² Gray

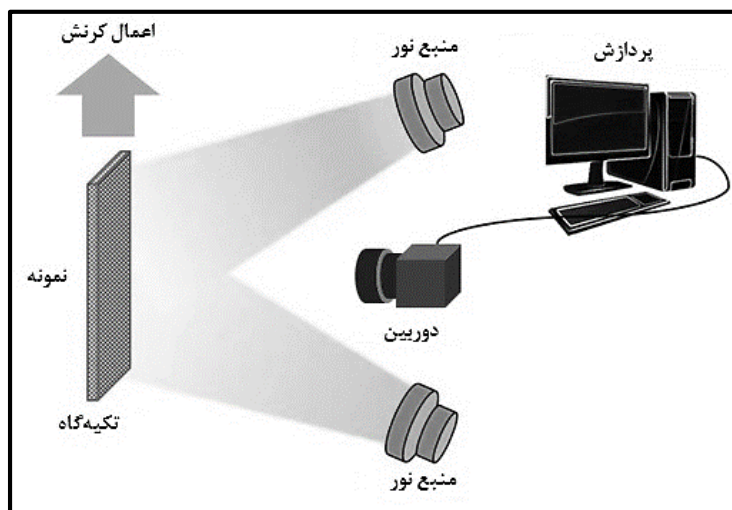
¹ Red Green Blue (RGB)

هماهنگ در تصویر اول و دوم می‌باشد. در رابطه ۱ ضریب همبستگی نرمال $C(u,v)$ می‌تواند حداکثر به ۱ برسد. با استفاده از الگوریتم نوشته شده بر مبنای این رابطه در نرم‌افزار متلب میزان همبستگی دو تصویر به دست می‌آید. در نهایت عدد همبستگی به عنوان معیاری از کرنش گزارش می‌شود به این صورت که هرچه میزان همبستگی به صفر نزدیک‌تر باشد میزان کرنش بیشتر، یعنی محدوده‌های انتخابی دچار بیشترین تغییر شکل شده‌اند؛ و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد میزان کرنش کمتر، یعنی کمترین تغییر شکل در محدوده‌ها اتفاق افتاده است. شماتیک ارائه شده در شکل ۲ فرایند کلی همبستگی تصویر و فلوجارت شکل ۳ نشان‌دهنده مراحل انجام کار روش همبستگی تصویر می‌باشد.

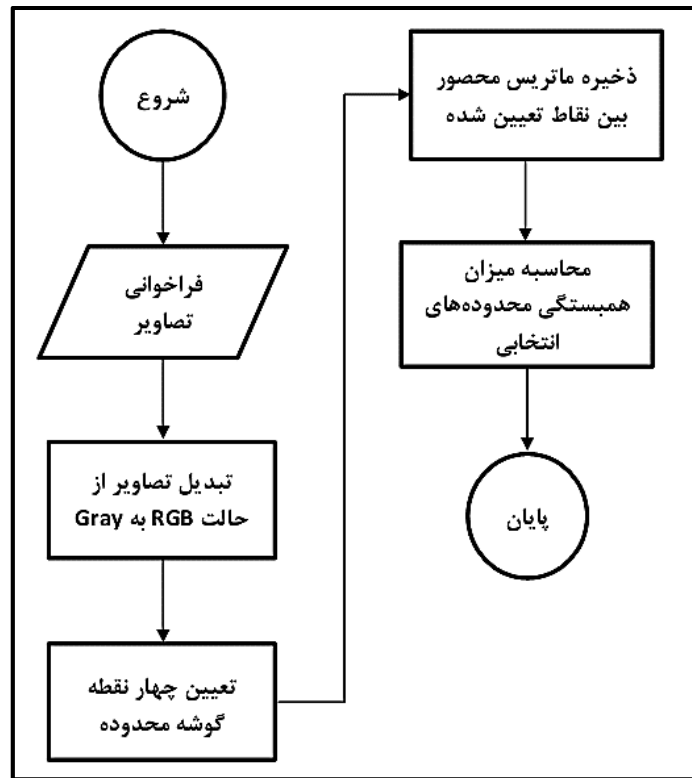
برای تشخیص میزان همبستگی دو تصویر از فرمول همبستگی نرمال که در رابطه زیر آمده است استفاده گردید [۱۴].

$$C(u, v) = \frac{\sum_i \sum_j L_1(r_{i,s_j}) \cdot L_2(r_{i+u, s_j+v_L})}{\sqrt{\sum_i \sum_j L_1^2(r_{i,s_j}) \sum_i \sum_j L_2^2(r_{i+u, s_j+v_L})}}$$

در این رابطه L_1 شدت سطح خاکستری پیکسل‌ها در زیرمجموعه انتخاب شده از تصویر مرجع و L_2 نشان‌دهنده شدت خاکستری پیکسل‌ها در تصویر تغییر شکل داده شده است. متغیرهای S و I مختصات نقاط محدوده انتخابی و متغیرهای u و v به صورت تغییر شکل (میزان جابجایی) در صفحه به ترتیب در راستای عرض و طول پارچه می‌باشند. حداکثر مقدار حاصل از رابطه ۱ نشان‌دهنده موقعیت کاملاً



شکل ۲- شماتیک فرایند کلی همبستگی تصویر.



شکل ۳- فلوجارت روند انجام مراحل همبستگی تصویر.

۳- بحث و نتایج

پارچه، محور B جهت عرض پارچه و محور عمودی (CO¹) (میزان همبستگی سطح پارچه را نشان می‌دهد.

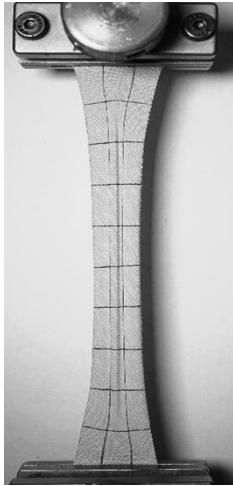
۳-۱- پارچه تک‌لایه خام

در این بخش به تحلیل نمودارهای حاصل از نمونه پارچه‌های تک‌لایه خام پرداخته شده است. شکل ۴ نمای پارچه تک‌لایه خام را حین آزمون کشش در جهت مورب و شکل ۵ منحنی نیرو-ازدیاد طول کشش این پارچه را در سه جهت تار، پود و مورب نشان می‌دهند. با توجه به نمودارهای سه بعدی ارائه شده در شکل ۶ می‌توان گفت هر سه نمودار مؤید این است که میزان همبستگی نزدیک به فک ثابت دستگاه بیشتر از فک متحرک می‌باشد. یعنی قسمت‌هایی از نمودار با رنگ‌های روشن‌تر نشان‌دهنده

در این پژوهش، روش همبستگی تصویر برای چند حالت مختلف پارچه‌های تک‌لایه خام، چندلایه خام، چندلایه تکمیل‌شده با نرم‌کن سیلیکونی و کاتیونی مورد بررسی قرار گرفت که در ادامه به تحلیل هر حالت به صورت جداگانه پرداخته می‌شود. همان‌طور که قبلاً ذکر شد هر چه میزان همبستگی به صفر نزدیک‌تر باشد بیشترین کرنش، و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد کمترین میزان کرنش در نمونه اتفاق افتاده است. لازم به ذکر است در نمودارهای سه بعدی ارائه شده برای ارزیابی همبستگی بخش‌های مختلف پارچه بین حالت اولیه و حالت کشیده شده، محور A جهت طول

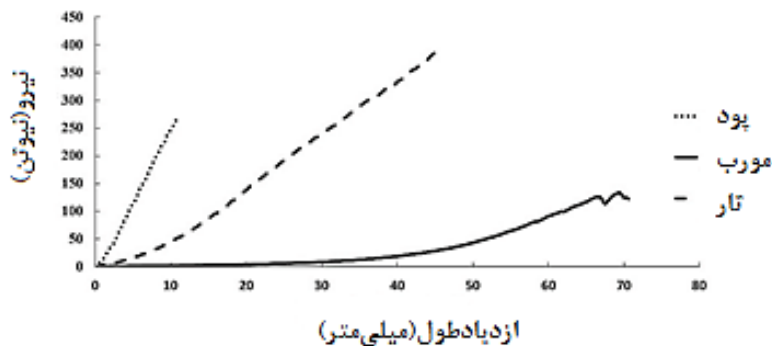
¹ Correlation

تست کشش، پارچه از حالت دو بعدی خارج می‌شود و بیرون زدگی از سطح مشاهده می‌گردد (شکل ۴) که این امر به علت ازدیاد طول بیشتر در این راستا است (شکل ۵) و می‌تواند معیاری از شکل پذیرتر بودن نمونه در این جهت باشد.

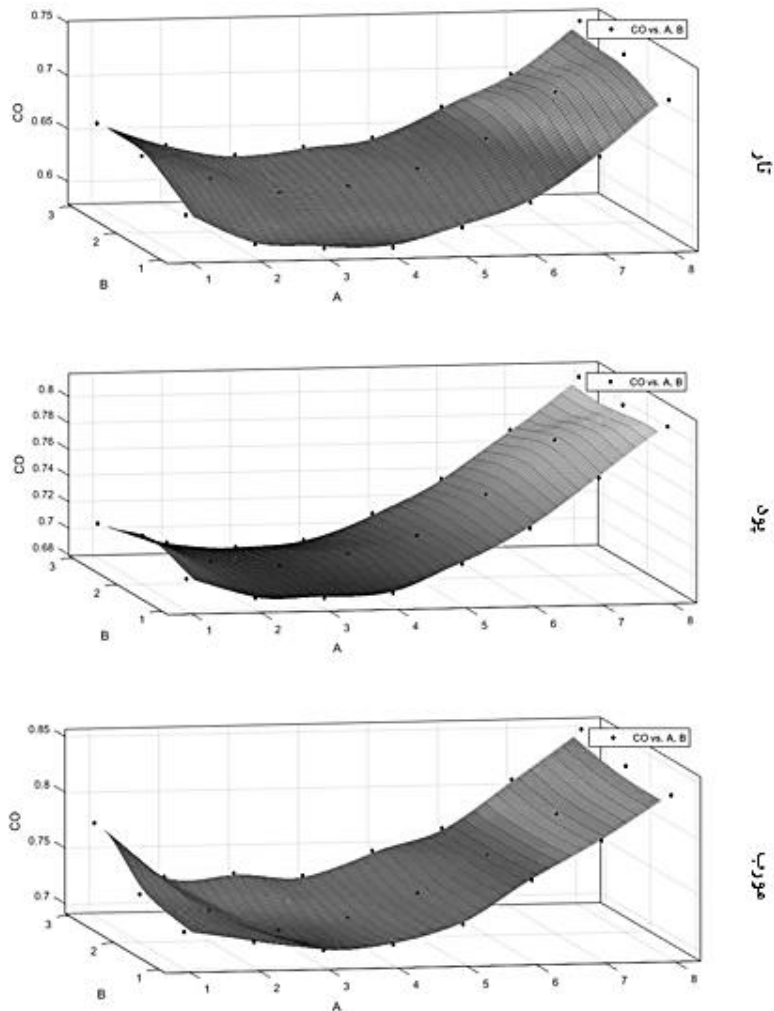


شکل ۴- چین خوردگی نمونه پارچه تک لایه خام در جهت مورب حین آزمون کشش

میزان همبستگی بیشتر و قسمت‌هایی با رنگ‌های تیره‌تر نشان‌دهنده همبستگی کمتر هستند. در نتیجه با بررسی نمودارها در جهت تار، پود و مورب، می‌توان گفت میزان کرنش در ناحیه نزدیک به فک متحرک بیشتر از فک ثابت است. در نمودار جهت تار یک محدوده به رنگ تیره به وجود آمده است که نشان از بیشترین میزان کرنش در این محدوده می‌باشد. در نمودار جهت پود در راستای طولی پارچه، محدوده بین ردیف ۴-۲ بیشترین کرنش را به خود اختصاص داده است که این نیز می‌تواند به دلیل نزدیک بودن به فک متحرک و ازدیاد طول بیشتر در این ناحیه باشد. همچنین در نمودار جهت مورب علاوه بر نتایج قبلی می‌توان افزود که مقدار انحنای به وجود آمده در سطح نمودار نشان‌دهنده چین خوردگی یا بیرون زدگی از سطح در آزمون کشش در جهت مورب می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از تصاویر گرفته شده فقط در جهت مورب است که به هنگام



شکل ۵- منحنی نیرو-ازدیاد طول نمونه پارچه تک لایه خام



شکل ۶- میزان همبستگی بخش‌های مختلف پارچه خام تک‌لایه به هنگام آزمون کشش تک‌محوری (بین حالت اولیه و حالت ۸۰ درصد ازدیاد طول تا حد پارگی)

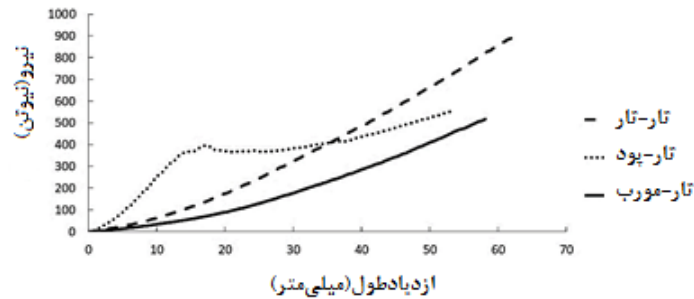
۳-۲- پارچه چندلایه خام

می‌گردد). شکل ۷ منحنی نیرو- ازدیاد طول کشش پارچه چند لایه خام را در سه جهت تار، پود و مورب نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودارهای شکل ۸ مشاهده می‌شود در هر سه حالت تار-تار، تار-پود و تار-مورب بیشترین همبستگی، مربوط به محدوده‌های نزدیک به فک ثابت می‌باشد. میزان همبستگی در نمونه تار-تار نشان می‌دهد که در بعضی ردیف‌ها نوساناتی وجود دارد که نشان از متفاوت بودن کرنش سطح پارچه می‌باشد. در حالت تار-پود روند شیب یکنواخت‌تری مشاهده می‌شود. در این نمونه نیز

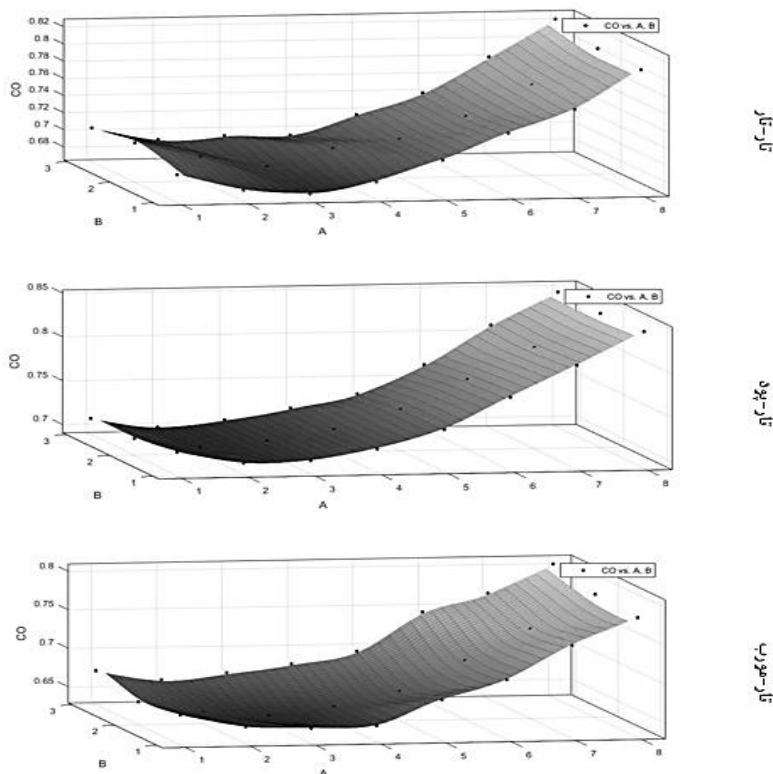
روش همبستگی تصویر برای پارچه‌های چندلایه خام نیز مورد بررسی قرار گرفت. به علت اینکه که برش پارچه در مصارف صنعتی و خانگی در اکثر مواقع در جهت تار زده می‌شود لذا برای انجام آزمون‌های کشش روی پارچه، نمونه پارچه‌ای که نخ‌های تار آن در راستای اعمال نیروی کششی قرار می‌گیرد به‌عنوان پارچه رویه در نظر گرفته شد (که از این پس به اختصار به‌صورت جهت تار در متن به آن اشاره

حالت با توجه به نمودارهای نیرو-ازدیاد طول که از دستگاه استحکام سنج استخراج شده است و در شکل ۷ قابل مشاهده است تقویت تار با لایه تار، پود و مورب باعث افزایش تحمل نیروی اعمالی و بیشتر شدن ازدیاد طول تا حد پارگی نمونه تار شده است.

نزدیک به فک متحرک کمترین همبستگی و در نتیجه بیشترین میزان کرنش مشاهده می شود. همچنین در نمونه تار-مورب همین روند مشاهده شده است. علاوه بر این یک انحنا در وسط نمودار ظاهر شده است که این نیز نشان از چین خوردگی سطح پارچه می باشد. به طور کلی در هر سه



شکل ۷- منحنی نیرو-ازدیاد طول نمونه پارچه چندلایه خام.



شکل ۸- میزان همبستگی بخش های مختلف پارچه خام چندلایه به هنگام آزمون کشش تک محوری (بین حالت اولیه و حالت ۸۰ درصد ازدیاد طول تا حد پارگی)

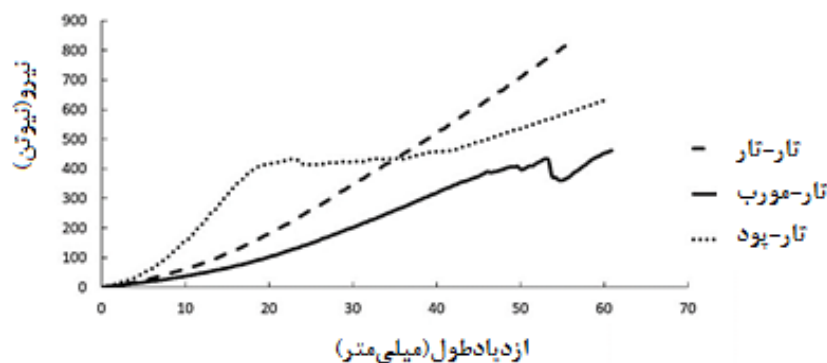
۳-۳- پارچه چندلایه تکمیل شده

در این پژوهش جهت گسترش و تأیید روش ارائه شده برای حالت‌های مختلف همان‌گونه که پیش از این نیز گفته شد نمونه پارچه‌های چندلایه که با دو نرم‌کن سیلیکونی و کاتیونی تکمیل شده‌اند نیز با روش همبستگی تصویر مورد تحلیل قرار گرفته است.

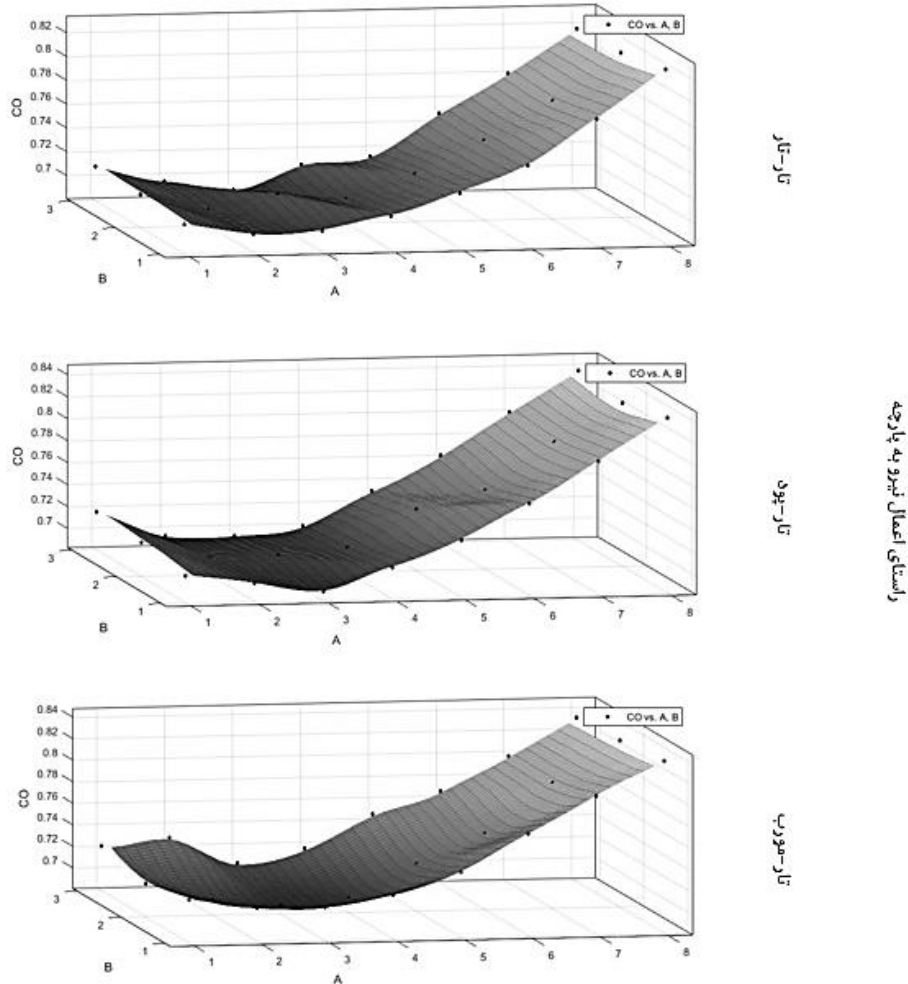
۳-۳-۱- نمونه‌های تکمیل شده با نرم‌کن سیلیکونی

شکل ۹ منحنی نیرو-ازدیاد طول کشش پارچه چند لایه تکمیل شده با نرم‌کن سیلیکونی را در سه جهت تار، پود و مورب نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهایی که از میزان همبستگی محدوده‌های مشخص شده به دست آمده است (شکل ۱۰) می‌توان گفت در نمونه پارچه‌های چندلایه که

با نرم‌کن سیلیکونی تکمیل شدند در هر سه راستای اعمال نیرو (تار- تار، تار-پود، تار-مورب) نیز روند تقریباً مشابهی روی سطح نمودار مشاهده می‌شود. در نمونه‌ها نوسانات مشاهده شده روی سطح نیز نشان از متفاوت بودن همبستگی محدوده‌ها بوده است. در نتیجه کرنش‌های وارده به قسمت‌های مختلف پارچه متفاوت می‌باشد. با توجه به نمودارهای نیرو-ازدیاد طول شکل ۹ نیز می‌توان نتیجه گرفت که ازدیاد طول نمونه تقویت شده تار با پود و مورب بیشتر از نمونه تار با تار می‌باشد. در این حالت نیز در نمونه تار- مورب انحنای وسط نمودار حاکی از چین خوردگی ایجاد شده می‌باشد، در نتیجه شکل پذیری نمونه تار زمانی که با نمونه مورب تقویت شده است، نیز بیشتر شده است.



شکل ۹- منحنی نیرو-ازدیاد طول نمونه پارچه چندلایه تکمیل شده با نرم‌کن سیلیکونی.

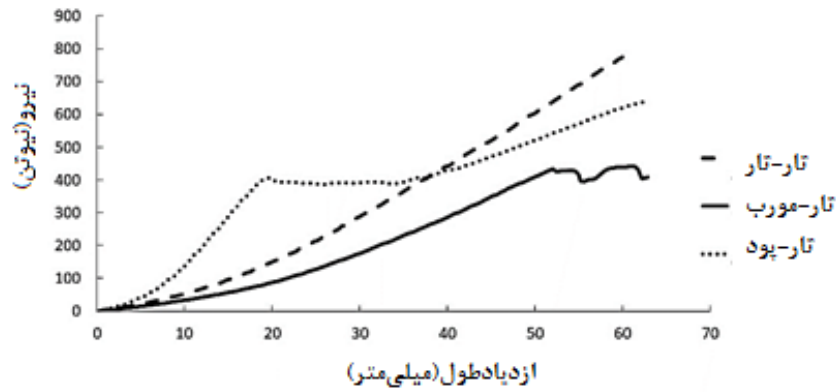


شکل ۱۰- میزان همبستگی بخش‌های مختلف پارچه تکمیل شده با نرم کن سیلیکونی به هنگام آزمون کشش تک محوری (بین حالت اولیه و حالت ۸۰ درصد ازدیاد طول تا حد پارگی).

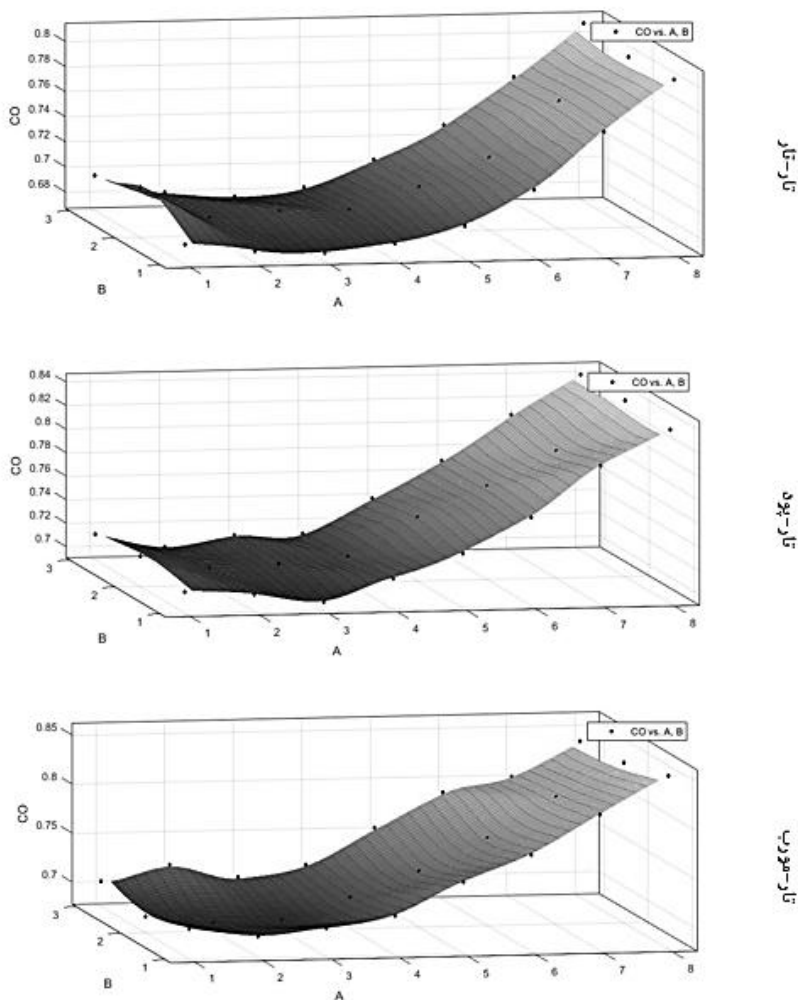
۳-۳-۲- نمونه‌های تکمیل شده با نرم کن کاتیونی

شکل ۱۱ منحنی نیرو- ازدیاد طول کشش پارچه چند لایه تکمیل شده با نرم کن کاتیونی را در سه جهت تار، پود و مورب نشان می‌دهد. نمونه پارچه‌هایی که با نرم کن کاتیونی تکمیل شده‌اند نیز مانند نرم کن سیلیکونی به طور تقریبی نتایج مشابهی از خود نشان دادند (شکل ۱۲). در هر سه نمودار میزان کرنش نزدیک به فک متحرک بیشتر و نزدیک

به فک ثابت کمتر اتفاق افتاده است. علاوه بر این در نمودار تار-مورب نیز همان انحنا دیده می‌شود که این گواه بر این است که شکل پذیری این نمونه نسبت به دو نمونه دیگر بیشتر بوده است. با توجه به نمودارهای نیرو-ازدیاد طول شکل ۱۱ می‌توان افزود که ازدیاد طول نمونه تار تقویت شده با نمونه پود و مورب در این حالت نیز بیشتر از نمونه تقویت شده با تار می‌باشد.



شکل ۱۱- منحنی نیرو-ازدیاد طول نمونه پارچه چندلایه تکمیل شده با نرم کن کاتیونی.



رأستای افعال نیرو به پارچه

شکل ۱۲- میزان همبستگی بخش های مختلف پارچه تکمیل شده با نرم کن کاتیونی به هنگام آزمون کشش تک محوری (بین حالت اولیه و

حالت ۸۰ درصد ازدیاد طول تا حد پارگی).

۴ - نتیجه گیری

تصویر به دست آورده شد. نتایج روش همبستگی تصویر و نتایج حاصل از نمودار نیرو- ازدیاد طول به دست آمده از دستگاه استحکام سنج مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که در این تحقیق به دنبال بررسی معیاری به نام همبستگی تصویر هستیم که این میزان همبستگی به دست آمده، می تواند خود معیاری از تغییر شکل سطحی پارچه به حساب آید و از این دیدگاه، آزمایشها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته اند. از آنجا که تغییر شکل در ناحیه فک ثابت کمتر از فک متحرک است و در نتیجه همبستگی در قسمت فک ثابت بیشتر از فک متحرک خواهد بود، لذا تصاویر به دست آمده از میزان همبستگی بخشهای مختلف پارچه نیز مؤید این مطلب بوده و می توان گفت که این روش معیار مناسبی برای ارزیابی تغییر شکل سطحی پارچه های تاری پودی خواهد بود.

۵ - منابع

[1] Seyedin, S., Razal, J. M., Innis, P. C., Jeiranikhameneh, A., Beirne, S., & Wallace, G. G., Knitted strain sensor textiles of highly conductive all-polymeric fibers, *ACS Appl. Mater. Interfaces.*, 7, 21150-21158, 2015.

[2] McQueen, R. H., & Vaezafshar, S., Odor in textiles: A review of evaluation methods, fabric characteristics, and odor control technologies, *Text. Res. J.*, 90, 1157-1173, 2020.

[3] Begum, M., & Milašius, R., Factors of Weave Estimation and the Effect of Weave Structure on Fabric Properties: A Review, *Fibers.*, 10, 74, 2022.

[4] Foroughi, J., Spinks, G. M., Aziz, S., Mirabedini, A., Jeiranikhameneh, A., Wallace, G. G., & Baughman, R. H., Knitted carbon-nanotube-sheath/spandex-core elastomeric yarns for artificial

از آنجا که هر بخش از پارچه در زمان اعمال نیروهای مختلف به آن، تحت تأثیر کرنش های سطحی و تغییر شکل های مختلف قرار می گیرد لذا ارزیابی این موضوع از اهمیت قابل توجهی برخوردار است و می تواند در راستای ارتقای کیفی محصول نهایی بسیار حائز اهمیت باشد. بدین منظور برای بررسی میزان تغییر شکل سطحی پارچه های تاری پودی در حالت خام و همچنین بررسی آن ها بعد از تکمیل و چندلا کردن، نمونه ها تحت آزمون کشش تک محوری قرار گرفتند. در حین انجام آزمایش، دو تصویر از سطح پارچه گرفته شد، که تصویر اول قبل از اعمال ازدیاد طول و تصویر دوم پس از اعمال ۸۰ درصد ازدیاد طول تا حد پارگی بود. تصاویر بر اساس برنامه نوشته شده در نرم افزار متلب مورد تحلیل قرار گرفته و میزان همبستگی دو muscles and strain sensing, *ACS Nano.*, 10, 9129-9135, 2016.

[5] Seyedin, S., Moradi, S., Singh, C., & Razal, J. M., Data on kilometer scale production of stretchable conductive multifilaments enables knitting wearable strain sensing textiles, *Data Brief.*, 18, 1765-1772, 2018.

[6] Cai, G., Yang, M., Xu, Z., Liu, J., Tang, B., & Wang, X., Flexible and wearable strain sensing fabrics, *Chem. Eng. J.*, 325, 396-403, 2017.

[7] Kaplan, V., Varan, N. Y., Dayik, M., Turhan, Y., & Durur, G., Detection of Warp Elongation in Satin Woven Cotton Fabrics Using Image Processing, *Text. East. Eur.*, 2016.

[8] Torabi, P., Abghary, M. J., Bidoki, S. M., & Owlia, E., A New Method for Measuring Fabric Plain Strain Using the Gray-Scale Intensity Index of Image, *Fibers Polym.*, 22, 2892-2899, 2021.

- [9] Mishra, R., Jamshaid, H., & Militky, J., Investigation of mechanical properties of basalt woven fabrics by theoretical and image analysis methods, *Fibers Polym.*, 18, 1369-1381, 2017.
- [10] Kiliñarçslan, S., Uncu, I. S., Akkurt, İ., Gunoglu, K. A. D. İ. R., Akarçslan, F., & Coskunsu, S., Determination of Radiation Shielding Properties of Fabrics using Image Processing Method, *Acta Phys. Pol. A.*, 132, 1171-1172, 2017.
- [11] Kumbhar, P. Y., Mathpati, T., Kamaraddi, R., & Kshirsagar, N., Textile fabric defects detection and sorting using image processing, *Int. j. res. emerg. sci. technol.*, 3, 2016.
- [12] Mahmood, T., Ashraf, R., & Faisal, C. N., An efficient scheme for the detection of defective parts in fabric images using image processing, *J. Text. Inst.*, 1-9, 2022.
- [13] Mohamed, A. L., & Hassabo, A. G., Review of silicon-based materials for cellulosic fabrics with functional applications, *J. Text. Color. Polym.*, 16, 139-157, 2019.
- [14] Hung, P., & Voloshin, A. S., In-plane strain measurement by digital image correlation, *J. Braz Soc Mech Sci.*, 25, 35-43, 2003.