

## اندازه گیری تراکم پارچه‌های تافته با استفاده از تبدیلات فوریه

سید عبدالکریم حسینی\*

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(دریافت مقاله: ۱۳۷۶/۹/۱۳ - دریافت نسخه نهایی: ۱۳۷۶/۲/۲۸)

چکیده - تراکم تار و پود پارچه و ضریب تغییرات آن بر خواص فیزیکی از قبیل زیر دست و خواص اصطکاکی و مکانیکی منسوجات تأثیر به سزایی دارد. در این مقاله نشان داده شده است که می‌توان با استفاده از تبدیلهای فوریه<sup>۱</sup> به روشهای متفاوت، تراکم تار و پود و ضریب تغییرات آن را برای پارچه‌های تافته<sup>۲</sup> تعیین کرد. از جمله روشهای مورد استفاده در این تحقیق تابع خود همبستگی است. ابتدا طیف توان (دو بعدی) تصویر سطح خاکستری پارچه توسط تبدیل فوریه تخمین زده شد. سپس با کاربرد عکس تبدیل فوریه<sup>۳</sup>، تابع خودهمبستگی محاسبه شد. نهایتاً از تابع خود همبستگی و استفاده از تابع چگالی طیفی، فاصله تکرار دو نخ تار و یا پود مجاور تخمین زده شد. انجام محاسبات رگرسیون<sup>۴</sup> بین تراکمه‌های به دست آمده توسط روش ACF و روش میکروسکوپی<sup>۵</sup>، ضریب همبستگی بالایی را نشان داد ( $r^2$ ). بنابراین، روش جدید پردازش تصویری همراه با کاربرد تبدیلهای فوریه را می‌توان جایگزین روش میکروسکوپی کرد که در آن اندازه گیری تراکم تار و پود پارچه با استفاده از مهارت افراد خبره به صورت دستی انجام می‌شود.

## Measurement of Plain Weave Fabrics' Density Using Fourier Transforms

S. A. Hoseini

Department of Textile Engineering, Isfahan University of Technology

**ABSTRACT-** Warp and weft spacing and its coefficient of variation affect the physical properties of fabrics

\* استادیار

ابعاد ماتریس تصویر پارچه	$M, N$	ماتریس تصویر	$f(x, y)$	تابع خود همبستگی	ACF
طیف توان فوری	$P(u, v)$	عکس تبدیل سریع فوری	IFFT	متوسط شدت تصویر	DC
طول موج، mm	$\lambda$	شدت کلی تصویر در جهت سطرها	$IP_1$	تعداد نقاط گرافیکی در اینچ	DPI
		شدت کلی تصویر در جهت ستونها	$IP_2$	تبدیل سریع فوری	FFT

such as fabric hand, frictional and mechanical properties. In this paper the weft and warp spacing and its coefficient of variation for plain weave is calculated using Fourier transforms. Different methods have been used in this work including autocorrelation function. First, two dimensional power spectrum of the gray level image of the fabric was estimated using Fourier transforms. Then, inverse Fourier transform was used to calculate the two dimensional autocorrelation function. Finally, from autocorrelation function and autospectral density the periodicity of the warps and the wefts were calculated. The results from ACF and microscopic methods yielded a significant correlation factor ( $r^2$ ). Thus image processing coupled with application of fourier transforms can be considered as a new method and a good substitute for the microscopic method.

## ۱- مقدمه

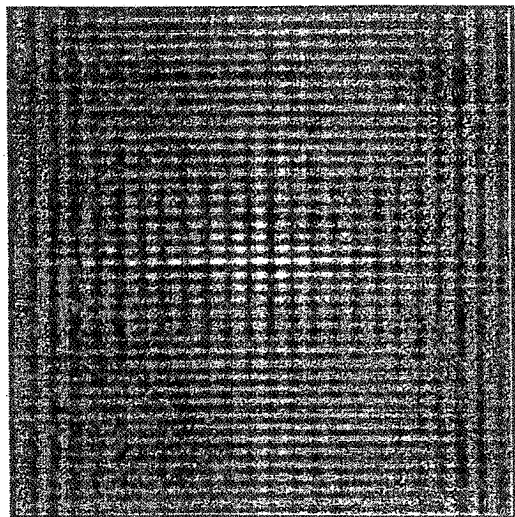
امکانپذیر است [۴]. برای اولین بار در این رشته، تبدیلهای فوری در دستگاه اوستر<sup>۶</sup> برای پیدا کردن ضریب تغییرات ضخامت فتیله و نخ مورد استفاده قرار گرفت [۵]. در دهه گذشته تبدیلهای فوری به صورت یک و دو بعدی در سطح وسیعی برای اندازه گیری خصوصیات سطح قالی و تغییرات آن در فرایند سایش [۶]، تخمین سطح مقطع الیاف [۷] و بررسی خصوصیات سطحی پارچه [۸] مورد استفاده قرار گرفته است. هدف این تحقیق نشان دادن روشی مناسب برای اندازه گیری فاصله بین دو نخ تار و یا پود است. بررسی داده ها و تفسیر نتایج با استفاده از تابع چگالی طیفی و تابع خود همبستگی انجام شده است.

## ۲- روش انجام آزمایش

برای گرفتن تصاویر سطح پارچه از اسکنر<sup>۷</sup> استفاده شد. تصاویر از نوع سیاه و سفید با ۲۵۶ سطح خاکستری با ابعاد ۱۶/۲۵×۱۶/۲۵ میلی متر با دقت ۴۰۰ پیکسل<sup>۸</sup> در اینچ و در اندازه های ۲۵۶×۲۵۶ پیکسل گرفته شد. در هنگام گرفتن تصویر و ذخیره سازی آن، معمولاً با نقاط نامطلوبی روبه رو می شویم که می توان آنها را با بهسازی تصویر به روش فیلتر زودگذر برطرف کرد. برای انجام این کار هر پیکسل در میان یک ماتریس ۳×۳ از نقاط همسایه در نظر گرفته شده و میانگین ۹ نقطه ماتریس به عنوان ارزش جدید آن

فاصله دو نخ پود و یا تار مجاور در یک پارچه بافته شده از مهمترین مشخصه آن محسوب می شود و تأثیر به سزایی روی خصوصیات ظاهری آن می گذارد. فاصله بین نخها به دلایل مختلف دارای تغییراتی در طول و عرض پارچه است و به دست آوردن فاصله یکنواخت مورد توجه محققان، سازندگان ماشین آلات بافندگی و تولید کنندگان است. نایکنواختی و پرزهای نخهای ریسیده شده موجب کاهش این میزان نایکنواختی فاصله می شود. در حالی که یکنواختی نخهای فیلامنت، نایکنواختی فاصله را تشدید می کند [۱]. محققان بسیاری در رابطه با دلایل نایکنواختی فاصله تار و پود، تحقیقاتی را به انجام رسانده اند و مواردی از جمله تغییرات در نیروی پودگذاری [۲]، تغییرات کشش اعمال شده بر روی نخ پود، استراحت نخ و پارچه [۳] تنظیمهای نامناسب ماشین و خارج از مرکز بودن دنده ها یا ساییدگی در سیستم انتقال حرکت دستگاه را ذکر کرده اند. به هر حال، برای بررسی تغییرات فاصله نخهای تار و پود، یافتن روشی مناسب برای اندازه گیری فاصله تک تک نخها مطرح است [۱].

از آنجا که طرح بافت یک پارچه از تکرار راپورت بافت تشکیل می شود و فواصل بین نخها در بسیاری از منسوجات از دوره تناوب مشخصی برخوردار است، کاربرد تبدیلهای فوری در این رابطه



شکل ۱- تابع خود همبستگی شکل ۱

در این روش می‌توان از مزایای الگوریتمهای محاسباتی سریع FFT و IFFT بهره برد. بنابراین اجرای این روش بسیار ساده تر از روش مستقیم است که در آن متوسط حاصل ضرب داده‌های متقابل روی تمام موقعیتهای یک تصویر طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود [۹]:

$$f(x,y).f(x,y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m,n) f(x+m,y+n) \quad (2)$$

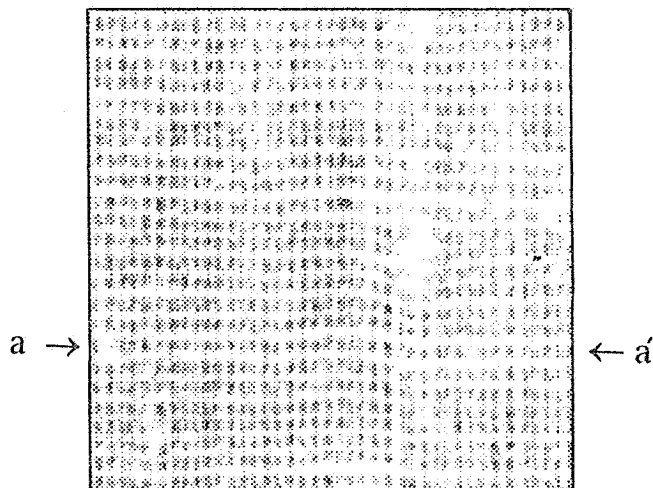
$$x = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$y = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$M, N$  ابعاد تصویر هستند.

در این تحقیق از روش غیر مستقیم برای محاسبه تابع خود همبستگی (ACF) استفاده شده است [۸]. ابتدا، طیف توان تصویر  $(p)$  را به دست آورده و مقدار DC آن را صفر قرار می‌دهیم  $(P(0,0) = 0)$  تا طیف توان  $P_1$  حاصل شود. آن‌گاه با گرفتن تبدیل معکوس فوریه از  $P_1$  و تقسیم مقادیر حاصل به مقدار DC، تابع خود همبستگی نرمال شده را به دست می‌آوریم. شکل (۲) تابع خود همبستگی شکل (۱) را نشان می‌دهد. با استفاده از تابع خود همبستگی می‌توان دوره تناوب تار و پود پارچه تافته را به شرح زیر به دست آورد:

ابتدا مقادیر شدت خطوط مرکزی تابع خود همبستگی را در جهت



شکل ۱- تصویر سطح خاکستری پارچه (نمونه شماره ۳)

بیکسل تعیین می‌شود. به عنوان مثال، یکی از این تصاویر در شکل (۱) نشان داده شده که مربوط به نمونه شماره ۳ است. کلیه نمودارهای ارائه شده در این مقاله (شکل‌های ۲ الی ۹) مربوط به این تصویر است. هشت نوع پارچه تافته، که عمدتاً از نوع خام و تجارتمی بودند به عنوان نمونه مورد استفاده قرار گرفتند. تراکم تار و پود توسط میکروسکوپ اندازه‌گیری شد. ۳۰ آزمایش روی هر نمونه انجام گرفت. میانگین فاصله بین نخهای تار و یا پود در جدول (۱) آمده است.

### ۲-۱ تابع خود همبستگی (دو بعدی)

تابع خود همبستگی روشی برای تعیین میزان تطابق و شباهت نقاط مختلف یک تصویر با خودش است. این روش برای بررسی خصوصیات متفاوت تصویر چون رنگ، شدت، انعکاس و ترکیب قابل استفاده است. تابع خود همبستگی (ACF) و طیف توان فوریه  $(P(u, v))$  تبدیل یکدیگر هستند. روش غیر مستقیم برای محاسبه تابع خود همبستگی یک تصویر  $(f(x, y))$  آن است که ابتدا با استفاده از روش FFT، طیف توان تصویر و سپس با استفاده از عکس تبدیل سریع فوریه (IFFT) تابع خود همبستگی را به شرح زیر محاسبه کرد [۸]:

$$f(x, y) \xrightarrow{\text{FFT}} p(u, v) \quad (1)$$

$$ACF(x, y) \xleftarrow{\text{IFFT}}$$

جدول ۱- نتایج فاصله نخهای مجاور که توسط روشهای مختلف برحسب میلی متر به دست آمده است

شماره نمونه	دستی		شدت پیکسلها		ضریب تغییرات %	شدت کلی تصویر		طیف توان شدت پیکسلها		طیف توان شدت کلی تصویر		تابع خود همبستگی تصویر	
	تار	پود	تار	پود		تار	پود	تار	پود	تار	پود	تار	پود
۱	۰/۴۶۱۹	۰/۴۶۱۹	۰/۴۶۱۹	۰/۴۵۷	۴/۳	۰/۴۵۷۱	۰/۴۷۰۵	۰/۴۶۴	۰/۴۵۷۷	۰/۴۶۴۲	۰/۴۶۴۲	۰/۴۶۲۲	۰/۴۵۱۵
۲	۰/۳۳۴۲	۰/۳۳۴۲	۰/۳۳۴۲	۰/۳۳۳	۳/۲۷	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳۸	۰/۳۵۳۲	۰/۳۳۸۵	۰/۳۳۸۵	۰/۳۳۸۵	۰/۳۳۸۵	۰/۳۳۸۶
۳	۰/۶۸۷	۰/۶۸۷	۰/۳۸۵	۰/۶۶۶	۱۱/۸۲	۰/۶۶۶	۰/۴	۰/۶۷۷	۰/۶۷۷	۰/۴۰۶	۰/۶۷۷	۰/۴۰۶	۰/۴۰۶۴
۴	۰/۶۰۵	۰/۶۰۵	۰/۳۹۱	۰/۵۵۱۷	۹/۲۵	۰/۵۵۱۷	۰/۳۵۵	۰/۵۵۱	۰/۳۵۳۲	۰/۵۶۰۳	۰/۳۵۳۲	۰/۱۵۴۲	۰/۳۶۹
۵	۰/۲۸۶	۰/۲۸۶	۰/۱۷۸۶	۰/۳۲	۷/۳۴	۰/۲۹۶۲	۰/۲۲۸	۰/۳۲۵	۰/۱۸۰۵	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵	۰/۲۶۵	۰/۱۸۰۶
۶	۰/۳۸۴۸	۰/۳۸۴۸	۰/۲۹۸	۰/۳۹	۹/۱۷	۰/۳۲۶۵	۰/۳۰۱	۰/۳۸۸۵	۰/۳۱۲۵	۰/۲۹۶۳	۰/۳۰۶۶	۰/۳۸۷	۰/۳۰۱
۷	۰/۶۳۵	۰/۶۳۵	۰/۲۳۰۷	۰/۶۱۵۴	۹/۴۶	۰/۲۵۷۱	۰/۶۱۵۴	۰/۶۲۵	۰/۴۲۹	۰/۶۲۵	۰/۲۳۹۱	۰/۶۲۵	۰/۴۲۸
۸	۰/۶۳۵	۰/۶۳۵	۰/۲۳۰۷	۰/۶۴	۱۰/۱۱	۰/۲۳۰۷	۰/۶۱۵۴	۰/۶۵	۰/۴۲۹	۰/۶۵۰	۰/۲۳۹	۰/۶۲۵	۰/۴۲۸

محورهای X و Y که همان جهت پود و تار پارچه است به دست آورده سپس توسط الگوریتم حذف شیب [۱۰]، شیب داده ها را بر می داریم زیرا عموماً تابع خود همبستگی از نظر شدت نسبت به مبدأ  $(0, 0)$  ACF یک تابع نزولی است. در نهایت جزء متناوب در داده ها را با استفاده از تابع چگالی طیفی (یک بعدی) استخراج می کنیم.

### ۲-۲ تابع چگالی طیفی

برای استخراج جزء تناوبی در داده ها از چگالی طیفی  $G(f_k)$  که در قلمرو فرکانس است به شرح زیر استفاده شد [۱۰].

$$G(f_k) = \frac{1}{N} |X(f_k)|^2 \quad (3)$$

$$X(f_k) = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \exp[-j2\pi kn/N]$$

که  $\sqrt{-1} = j$ ،  $k = 0, 1, 2, \dots, (N-1)$  و  $K = 0$  بردار حاوی شدت پیکسلهای تصویر است.

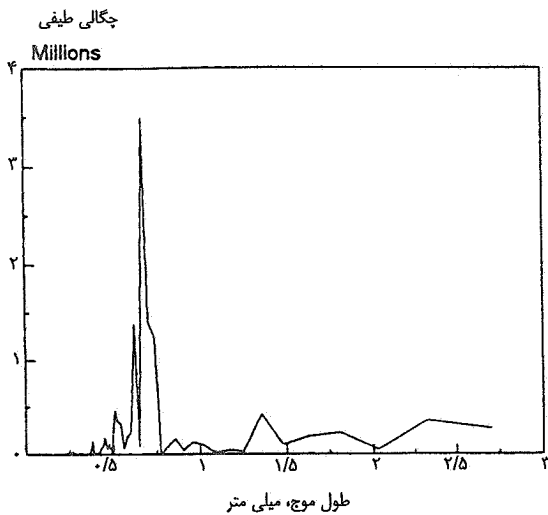
### ۳- نتایج

در این تحقیق روشهای زیر برای تعیین فاصله بین نخهای تار و پود مورد مطالعه قرار گرفت.

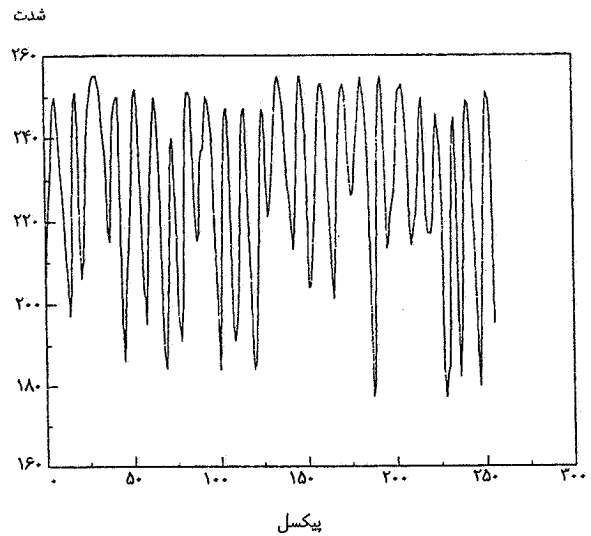
### ۳-۱- روش شدت پیکسلهای یک سطر و یا ستون

#### ماتریس تصویر

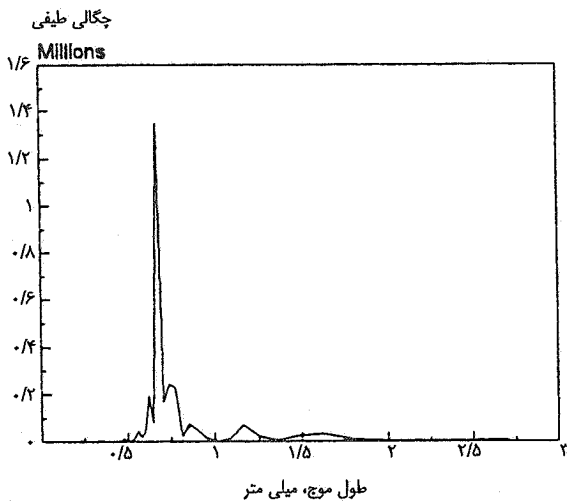
در نظر بگیرید که صفحه تصویر یک پارچه را به ماتریسی به ابعاد  $N \times N$  تقسیم کنیم که سطرهای ماتریس در جهت عرض پارچه (پود) و ستونهای ماتریس در جهت طول پارچه (تار) باشند. شکل (۳) شدت پیکسلهای یک ستون را برای نمونه شماره ۳ نشان می دهد. در این حالت فاصله نخهای مجاور از تقسیم تعداد پیکها پود به بعد تصویر که  $16/25$  میلی متر است به دست می آید. نتایج حاصل از این روش در جدول (۱) آورده شده است. ضریب تغییرات فاصله نخها با استفاده از نرم افزارهای موجود، که موقعیت مکانی هر پیک را مشخص می کند قابل محاسبه است. ضریب تغییرات مربوط به ۳۰ مورد فاصله تک تک پودها در جدول (۱) آمده است. در این روش اگر سطرها یا ستونهای انتخابی روی نخهای پود و یا تار (مثلاً در جهت  $aa'$  مشخص شده در شکل (۱)) قرار بگیرد، نوسانات شدت پیکسلها به نحو مطلوب نخواهند بود. لذا برای حصول نتایج بهتر در این تحقیق، شدت کلی سطرها و یا ستونها به شرح زیر استخراج شد:



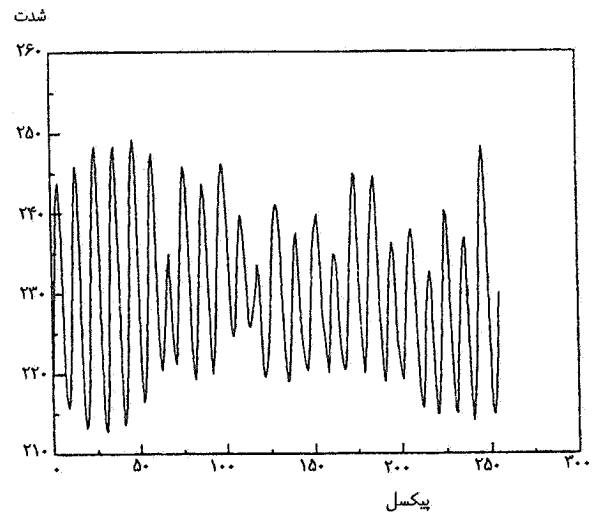
شکل ۵- چگالی طیفی شدت پیکسلها در جهت تار



شکل ۳- شدت پیکسلهای تصویر در جهت تار



شکل ۶- چگالی شدت کلی تصویر در جهت تار



شکل ۴- شدت کلی تصویر در جهت تار

پیک، فاصله نخهای مجاور و ضریب تغییرات آنها قابل محاسبه است.

### ۳-۲- روش تابع چگالی طیفی

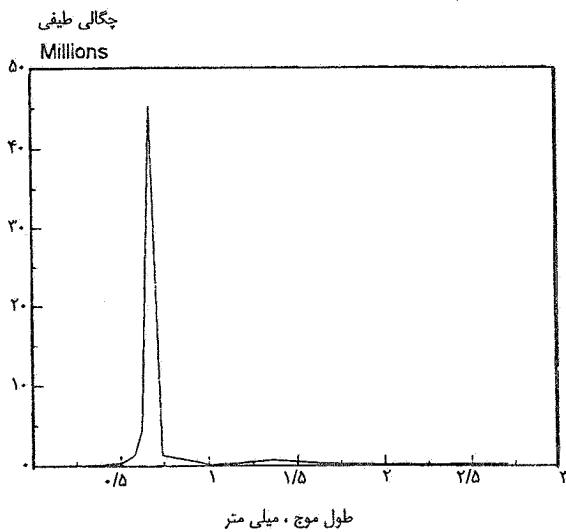
برای استخراج جزء تناوبی داده های به دست آمده در روش (۱-۳) می توان از تابع چگالی طیفی استفاده کرد. شکلهای (۵) و (۶) به ترتیب توابع چگالی طیفی شکلهای (۳) و (۴) را برای نمونه شماره ۳ نشان می دهند. طول موج پیک اصلی تابع چگالی طیفی فاصله بین دو نخ تار و یا بود مجاور را نشان می دهد و طبق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$IP_1[x] = \frac{1}{N_y} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \quad (4)$$

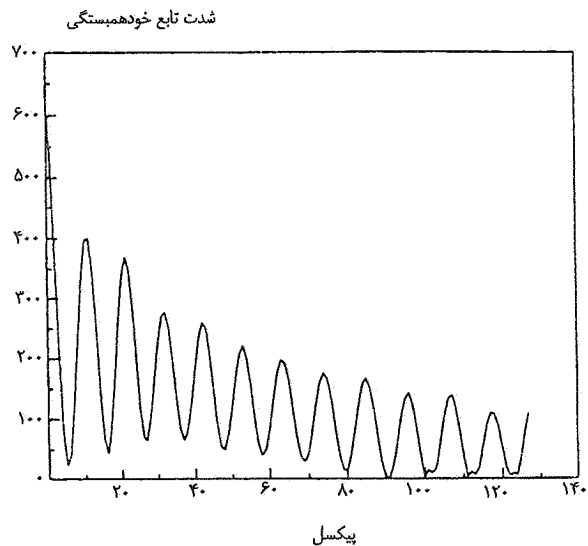
$$IP_2[y] = \frac{1}{N_x} \sum_{x=0}^{N-1} f(x,y) \quad (5)$$

،  $(N-1)$ ،  $0, 1, 2, \dots, x, y$  است.

شکل (۴) شدت کلی تصویر در جهت تار پارچه را نشان می دهد. با توجه به بعد تصویر و تعداد پیکها یا موقعیت مکانی هر



شکل ۹- چگالی طیفی تابع خود همبستگی در جهت تار

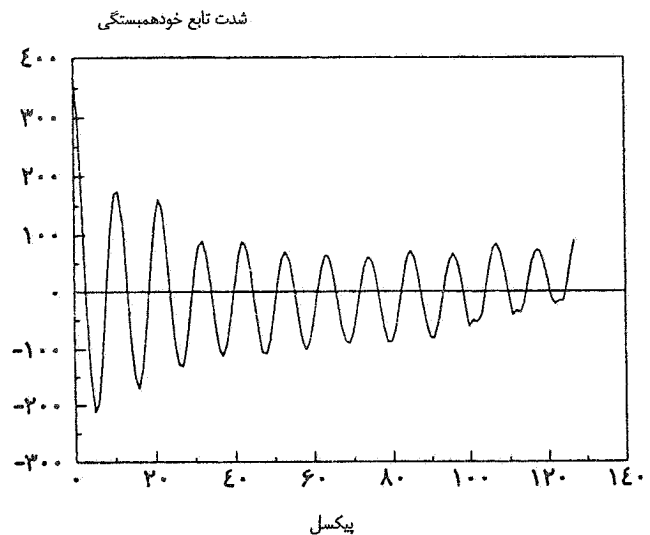


شکل ۷- نمودار خط مرکزی تابع خود همبستگی در جهت تار

تحت تأثیر فاصله پودها و پیکها در جهت پود تحت تأثیر فاصله نخهای تار هستند).

### ۳-۳- روش تابع خود همبستگی (ACF)

شکل (۷) شدت پیکسلهای خط مرکزی تابع خود همبستگی در جهت محور  $\lambda$  را نشان می‌دهد. از آنجا که تابع خود همبستگی یک تابع نزولی است، با دور شدن از مبدأ از شدت آن کاسته می‌شود و شکلها دارای شیب خواهند بود. با استفاده از الگوریتم حذف شیب [۱۰]، شیب داده‌ها حذف شد که نتیجه در شکل (۸) نشان داده شده است. شکل (۹) تابع چگالی طیفی داده‌ها را بعد از حذف شیب نشان می‌دهد. طول موج پیک اصلی که مربوط به تناوب نخهای پود است، در جدول (۱) آمده است.



شکل ۸- نمودار خط مرکزی تابع خود همبستگی در جهت تار بعد از حذف شیب

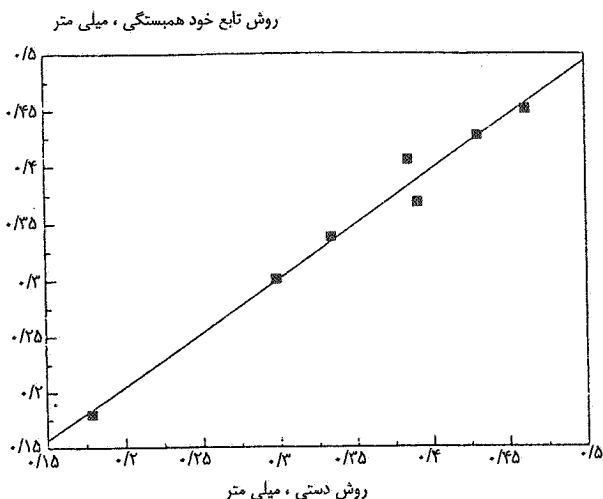
### ۴-۳- ضریب همبستگی نتایج

با استفاده از محاسبات رگرسیون، ضریب همبستگی بین دو روش میکروسکوپی و ACF تعیین شد که ضرایب بالایی را نشان می‌دهد. ضرایب همبستگی حاصله برای فاصله بین نخهای پود و تار به ترتیب برابر با ۹۷/۷٪ و ۹۸/۲٪ هستند. شکل (۱۰ - الف) و (۱۰ - ب) همبستگی بین دو روش فوق را نشان می‌دهد. نتایج محاسبات رگرسیون، دقت روش ACF اعمال شده در این مطالعه را نشان می‌دهد.

$$\lambda = \frac{N \times 25/4}{DPI \cdot K}$$

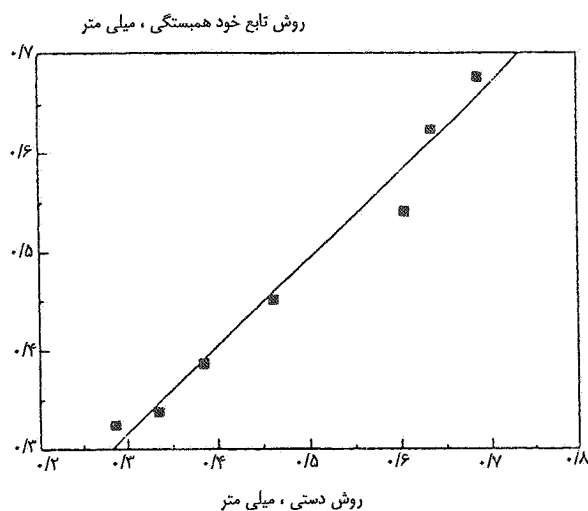
$$K = N - 1, \dots, 1, 0$$

نتایج حاصله از این روش در جدول (۱) آورده شده که با توجه به آن مشخص می‌شود که نوسانات در نمودار شدت پیکسلهای یک سطر و یا ستون یا شدت کلی تصویر پارچه (شکلهای ۳ و ۴) متأثر از فاصله بین نخهای پود و یا تار مجاور است (پیکها در جهت تار



شکل ۱۰ - ب نمودار همبستگی فاصله تارها به روش ACF و دستی

آمد که بیانگر دقت روش تابع خود همبستگی است. نتایج نشان داد موقعی که فاصله بین نخها کم باشد (مانند فاصله نخهای تار نمونه شماره ۵)، استفاده از روش ACF بر دیگر روشها ارجحیت دارد. چنانچه در حین بافت از روش پردازش تصویری همراه با به کارگیری تبدیلهای فوریه برای تعیین فاصله نخها استفاده شود و محاسبات به صورت بلادرنگ توسط یک سیستم روی خط<sup>۹</sup> انجام پذیرد به نتایج خوبی در رابطه با بهبود کیفی محصولات خواهیم رسید.



شکل ۱۰ - الف نمودار همبستگی فاصله پودها به روش ACF و دستی

#### ۴- نتیجه گیری

در این مقاله تصویر پارچه به ماتریسی به ابعاد ۲۵۶×۲۵۶ پیکسل تبدیل شده که ارزش هر پیکسل توسط ۲۵۶ سطح خاکستری تعیین شد. سپس تابع چگالی طیفی (یک بعدی) شدت پیکسلهای یک سطر و یا یک ستون محاسبه شد. پربودیک بودن تابع چگالی طیفی نشان می دهد که نوسانات شدت پیکسلهای یک سطر یا ستون متأثر از فاصله بین دو نخ تار و یا پود مجاور است. این بررسی همچنین نشان می دهد که تابع خود همبستگی برای یافتن تراکم پارچه روشی سریع است و خطاهای چشمی و تغییرات ناشی از برداشتهای فردی در تعیین فاصله نخها به روش میکروسکوپی را کاهش می دهد. با محاسبات رگرسیون، ضریب همبستگی بالایی بین نتایج حاصله توسط دو روش میکروسکوپی و ACF به دست

واژه نامه:

- |                              |                          |              |
|------------------------------|--------------------------|--------------|
| 1. Fourier transforms        | 4. regression procedures | 7. scanner   |
| 2. taffeta weave             | 5. microscopic method    | 8. pixel     |
| 3. inverse Fourier transform | 6. uster                 | 9. on - line |

مراجع

- Islam, A. T. M. S. and Bandra, M. P. U., "Yarn Spacing Measurement in Woven Fabrics with

Specific Reference to Start-up Marks," *Journal of Textile Institute*, Vol. 87, p. 107, 1996.

2. Greenwood, K., and Vaughan, G. N., "The Beat-up Force and Pick Spacing," *Journal of Textile Institute*, Vol. 48, p. 39, 1957.
3. Vangheluwe, L., "Relaxation and Inverse Relaxation of Yarn after Dynamic Loading Fibres," *Textile Research Journal*, Vol. 63, p. 552, 1993.
4. Wood, E. J., "Applying Fourier and Associated Transforms to Pattern Characterization in Textiles," *Textile Research Journal*, Vol. 60, p. 212, 1990.
5. Furter, R., Evennes Testing in Yarn Production, in "Manual of Textile Technology, Part I and Part II," The Textile Institute, Manchester, 1982.
6. Pourdeyhimi, B., Sobus, J., and Xu, B., "Evaluating Carpet Appearance Loss: Surface Intensity and Roughness," *Textile Research Journal*, Vol. 63, p. 523, 1993.
7. Xu, B., Pourdeyhimi, B., and Sobus, J., "Fibre Cross-Sectional Shape Analysis Using Image Processing Techniques," *Textile Research Journal*, Vol. 63, p. 717, 1993.
8. Hoseini Ravandi, S. A., and Toriumi, K., "Fourier Transform Analysis of Plain Weave Fabric Appearance," *Textile Research Journal*, Vol. 65, p. 676, 1995.
9. Gonzales, R. C., and Wintz, P., *Digital Image Processing*, Second Edition, p. 90, Addison-Wesley, 1987.
10. Bendat, Julius S., and Piersol, Allan G., *Random Data Analysis and Measurement Procedures*, Second Edition, p. 362, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1986.