

تعیین عیوب پارچه‌های گردباف ساده با استفاده از تبدیل موجک^۱

مسعود لطیفی*، محمد امانی**، سید محمد عترتی** و امیر حسین صدیقی***

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

(دریافت مقاله: ۸۱/۴/۱ - دریافت نسخه نهایی: ۸۱/۱۱/۷)

چکیده - کنترل کیفیت محصولات نساجی در هنگام تولید از اهمیتی فراوان برخوردار است. در حال حاضر تشخیص عیوب پارچه‌های حلقوی پودی به صورت چشمی و توسط انسان انجام می‌شود. در این تحقیق از روش تبدیل موجک بر روی تصاویر دریافتی از پارچه‌های ساده گردباف برای تعیین پنج نوع عیب متداول استفاده شده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که این روش علاوه بر دقت مناسب و سرعت بالا، دارای امکان تعیین مکان و ابعاد عیوب است. بنابراین استفاده از روش تبدیل موجک مناسب تشخیص عیوب در حین تولید^۲ است.

واژگان کلیدی: تعیین عیوب - پارچه‌های گردباف - تبدیل موجک

Fault Detection of Plain Circular Knitted Fabrics Using Wavelet Transform

M. Latifi, M. Amani, S. M. Etrati and A. H. Sadri
Textile Engineering Dept., Amirkabir University of Technology

Abstract: Quality control of textile products is an important stage in textile industries. To this end, the conventional method in fault detection is human inspection. In the present work, Wavelet transform was applied on images of simple circular knitted fabrics to diagnose five regular defects. The results showed that the method applied was accurate and fast in addition to being capable of determining fault position and dimensions. Therefore, the Wavelet transform method is suitable for online fault detection

Keywords: Fault detection, Circular Fabrics, Wavelet Transform.

***_ کارشناس ارشد

**_ استادیار

*_ دانشیار

عمودی در پارچه می‌شود. نوع دیگر عیب عمودی، خط سیاه روغنی در سطح پارچه است که اغلب به دلیل روغنکاری بیش از حد یا استفاده نامناسب از یک سوزن روغنی به وجود می‌آید. دسته بعدی عیوب افقی‌اند که دلایل بروز آنها می‌تواند ناشی از تنظیم نامناسب بادامک حلقه، کشش نایک‌نواخت در تغذیه نخ، نایک‌نواختی در ضخامت نخ و معیوب بودن مکانیزم برداشت باشد.

آخرین گروه، عیوب ناحیه‌ای است که در رفتگی حلقه از مهمترین آنها می‌باشد. این عیب هنگامی رخ می‌دهد که سوزن توانایی گرفتن سر نخ جدید را نداشته باشد و یا حلقه از روی سوزن بیفتد که کشش غیر کافی نخ، تغذیه بیش از حد نخ، تنظیم نامناسب بادامک طول حلقه و یا شل بودن مکانیزم برداشت پارچه از جمله دلایل وقوع این عیب است. مورد بعدی از این دسته حلقه‌های دوتایی است. این پدیده هنگامی اتفاق می‌افتد که سوزن حلقه قدیمی خود را آزاد نکند. در اکثر موارد این امر ناشی از تنظیم نامناسب بادامک طول حلقه است. وجود سوراخ در پارچه‌ها، نوع دیگری از عیوب ناحیه‌ای است که به علت اعمال کشش بیش از حد بر روی نخ ایجاد می‌شود. همچنین وجود نقاط ضعیف در نخ نیز می‌تواند باعث رخ دادن این اشکال شود. آلودگی و لکه‌های روغنی در پارچه نیز می‌تواند منجر به پیدایش عیوب ناحیه‌ای شود که این امر به‌طور معمول به دلیل روغنکاریهای بیش از حد و یا بروز اختلال در واحد روغنکاری است.

۳- تبدیل موجک

تبدیل موجک یک روش تبدیل ریاضی است که طی دو دهه گذشته ارائه و توسعه یافته است [۷].

در این روش، تبدیلات ریاضی بر روی علائم^۴ دریافتی به منظور استخراج اطلاعات ساختاری از آنها صورت می‌گیرد. مطابق معمول، علائم دریافتی از سامانه‌ها وابسته به زمان‌اند که وجود نظم در تغییرات شدت علائم، به صورت فرکانس بیان می‌شود. فرکانس یک پدیده نشان‌دهنده عکس زمان یک نوسان

برای درجه بندی پارچه‌های تولیدی و تشخیص به موقع عیوب بافندگی، صنایع نساجی از نیروی انسانی برای کنترل کیفیت محصول استفاده می‌کند. این فرایند از مرحله تشخیص آغاز شده و با انجام طبقه‌بندی و تعیین ابعاد عیوب، منجر به درجه بندی محصول می‌شود. استفاده از عوامل انسانی در فرایند فوق، موجب بروز خطا، هزینه بالا، کندی عملیات و خستگی ناشی از کار تکراری می‌شود. جایگزینی روش معمول انسانی با سامانه‌های^۲ هوشمند مبتنی بر بینایی رایانه‌ای در مقالات مختلف مورد تحقیق قرار گرفته است [۱-۴]. در مجموع روشهای صنعتی ارائه شده بیشتر در زمینه پارچه‌های تارپودی بوده است و پژوهشی مربوط به پارچه‌های حلقوی در دست نیست.

برای انجام کارهای مشابه بر روی بافتهای حلقوی پودی طی یک تحقیق دیگر [۵] از روش شبکه عصبی در طبقه بندی عیوب پارچه‌های گردباف ساده استفاده شد. اگرچه نتایج به‌دست آمده با موفقیت خوبی همراه بود ولی بدان جهت که شبکه‌های عصبی در عین کند بودن محاسبات، به تنهایی قادر به تعیین محل و ابعاد عیوب نیستند، مناسب عیب یابی حین تولید تشخیص داده نشد.

بر این اساس، در پژوهش حاضر [۶] از روشی نوین به نام تبدیل موجک [۷] برای پردازش تصاویر حاصل از پارچه‌های معیوب گردباف ساده استفاده شده است که در کارهای گذشته مورد بررسی قرار نگرفته است.

۲- عیوب بافتهای حلقوی پودی

با توجه به ساختمان بافت، عیوب پارچه‌های حلقوی پودی را می‌توان به سه دسته اصلی عیوب عمودی، افقی و ناحیه‌ای تقسیم کرد [۸ و ۹]. عیوب عمودی به‌طور کلی ناشی از وجود سوزنهای معیوب و یا خرابی در شیار حرکت سوزن است. در صورت بروز هرگونه اختلاف در شیار حرکت سوزنها، طول حلقه‌های تشکیل شده به علت اختلاف سرعت حرکت سوزنها، متفاوت خواهد بود و این نایک‌نواختی سبب ایجاد خطوط

$g(t)$ از توابع موجک معین استفاده شده است. روش انجام تبدیل موجک مطابق معادله (۳) است [۷].

$$\text{CWT}(w) = \int_0^{\infty} f(t) w\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (3)$$

در معادله (۳) b میزان جابه‌جایی و a شاخص ابعادی پنجره است. در حقیقت در تبدیل موجک بین ابعاد پنجره و فرکانس تشخیص داده شده، به نوعی ارتباط منطقی وجود دارد، به طوری که هرچه ابعاد پنجره کوچکتر باشد، موجک به شکل فشرده‌تری ظاهر شده و منجر به آشکارسازی جزئیات بیشتری از علائم دریافتی (فرکانسهای بالا) می‌شود. از سوی دیگر مشابه روش تبدیل فوریه زمان کوتاه، جابه‌جایی پنجره باعث تشخیص نواحی مختلف فرکانسی می‌شود. در مجموع این روش منجر به ارائه یک دیدگاه زمان-فرکانس از علائم دریافتی می‌شود.

یکی از کاربردهای متداول این تبدیل، پردازش اطلاعات تصاویر دودویی است. در این حالت از شکل گسسته تبدیل موجک استفاده می‌شود [۱۱]. در این شرایط علائم دریافتی، از یک صافی بالاگذر برای حذف اجزای فرکانس پایین و یک صافی پایین‌گذر برای حذف اجزای فرکانس بالا عبور داده می‌شود. به این ترتیب اطلاعات به دو بخش تقریب^۶ و جزء^۷ تقسیم می‌شود که توسط معادلات (۴) و (۵) بیان شده است [۱۱].

$$a[k] = \sum_n x[n]g[2k-n] \quad (4)$$

$$b[k] = \sum_n x[n]h[2k-n] \quad (5)$$

در معادله (۴) و (۵)، $a[k]$ معرف بخش تقریب، $b[k]$ معرف بخش جزء علائم دریافتی، $g[k]$ و $h[k]$ به ترتیب توابع فیلتر پایین‌گذر و بالا‌گذرند.

به دلیل ماهیت دو بعدی تصاویر دودویی رایانه‌ای، از تبدیل موجک در دو راستای عمودی و افقی بر روی آنها استفاده می‌شود. در این شرایط دو بخش تقریب و دو بخش جزئیات، حاصل اعمال تبدیل موجک در دو راستای مورد بحث هستند.

منظم است، به طوری که هرچه دامنه تغییرات منظم کوتاهتر باشد، فرکانس بالاتری خواهیم داشت. تبدیل فوریه به عنوان قدیمیترین ابزار تبدیل علائم، قادر به انتقال علائم دریافتی از حوزه زمان به حوزه فرکانس است. از نظر ریاضی، تبدیل فوریه علائم دریافتی از طریق معادله (۱) محاسبه می‌شود [۷].

$$F(w) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

در معادله (۱) $f(t)$ تابع معرف مقدار علائم در لحظه (t) و $F(w)$ تابع تبدیل فوریه است.

انجام محاسبات طبق معادله (۱) منجر به بیان مقدار علائم دریافتی در حوزه فرکانس می‌شود که معرف رفتار علائم بر حسب تغییرات فرکانس است. این تبدیل فاقد هر گونه اطلاعاتی در مورد زمان وقوع هر فرکانس است. به عبارتی اطلاعات وابسته به زمان، به طور کامل حذف شده است.

برای تصحیح این اشکال، فردی بنام دنیس گابور روشی ابداع کرد که در آن تبدیل فوریه را فقط برای محدوده زمانی کوچکی از علائم دریافتی به کار برد. این محدوده پنجره زمانی نامیده شده است [۱۰]. این محقق با حرکت پنجره مزبور در طول زمان علائم دریافتی، تبدیل فوریه هر قسمت را محاسبه کرده است. بدین ترتیب توسط این روش می‌توان نموداری برحسب زمان و فرکانس به دست آورد و فرکانس هر بازه زمانی را جداگانه محاسبه کرد. به این تبدیل فوریه زمان کوتاه^۵ گفته می‌شود و از معادله (۲) محاسبه می‌شود [۷].

$$\text{STFT}(w) = \int_0^{\infty} f(t)g(t-t_0)e^{-j\omega t} dt \quad (2)$$

در حقیقت تابع ضربه $g(t-t_0)$ معرف عرض و محل قرارگیری پنجره است که در هر بازه در فرکانس علائم $f(t)$ ضرب می‌شود. در عین حال این تبدیل دارای محدودیتی چون ثابت بودن عرض پنجره است که منجر به عدم توانایی آن در طبقه بندی فرکانسهایی با طول زمانی متفاوت می‌شود.

در تبدیل موجک، روشی مشابه تبدیل فوریه زمان کوتاه ارائه شده است. با این تفاوت که پنجره مورد استفاده دارای ابعاد و زمانهای قرارگیری مختلف است و به جای تابع ضربه

۴- مروری بر تحقیقات قبلی

به کارگیری روشهای مبتنی بر تبدیل موجک برای شناسایی و تشخیص عیوب بافتهای تار-پودی توسط محققان مختلف طی سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته شده است. جاسپر و گارنیر از این تبدیل در تشخیص عیوب پارچه‌های دنیم استفاده کردند [۱]. نتایج این تحقیق بیانگر آنست که با استفاده از حد آستانه $2/5$ برابر انحراف معیار روشنایی نقاط تصویر حول میانگین روشنایی نقاط، کلیه عیوب مورد بررسی از جمله جافتادگی پودی به خوبی تشخیص داده شده است. در تحقیق دیگری جاسپر و پوتلاپالی تشخیص موفق عیب جافتادگی پودی را توسط این تبدیل مورد بررسی قرار داده و با توجه به سرعت انجام محاسبات تبدیل موجک، آن را ابزاری مناسب در کنترل حین تولید معرفی کرده‌اند [۲]. دوریتی و واکسونوس برای کنترل در حین تولید ماشین بافندگی تار پودی، از تلفیق پویس فراکتالی، تبدیل موجک و کنترل فازی استفاده کرده‌اند [۳ و ۴]. نتایج ارائه شده توسط این دو محقق نشانگر تطبیق سرعت تشخیص عیوب با سرعت تولید و موفقیت زیاد در شناسایی آنهاست.

۵- تجربیات

۱-۵- آماده سازی نمونه‌ها

در این تحقیق از پارچه‌های گردباف یک رو سیلندر با ساختمان بافت ساده یک به یک استفاده شده است. تراکم بافت ۱۷ رج و ۱۹ ردیف در سانتی‌متر بود و پارچه‌ها به صورت ساده و بدون طرح انتخاب شدند.

ساختمان پارچه‌های مورد بررسی دارای پنج نوع عیب شامل: خطوط عمودی ناشی از نخ پارگی و خرابی سوزن، خطوط افقی در اثر کیفی نخ، سوراخهای ناشی از پارگی نخ و لکه‌های روغن بودند.

به دلیل مشابه کردن ظاهر فیزیکی نمونه‌ها با وضعیت پارچه در هنگام تولید، نمونه‌ها با استفاده از قابهای مخصوص در دو

جهت رجها و ردیفها به میزان ۱۰ درصد کشیده شده و ثابت شدند.

۲-۵- تهیه تصویر

با استفاده از یک دوربین CCD تک رنگ، تصویر از سطح پارچه‌های معیوب برای تشخیص و تعیین محل و ابعاد عیوب، تهیه شد. اطلاعات ارسالی از دوربین بکمک کارت دریافت تصویر در قالب فایل‌های گرافیکی PCX با ۲۵۶ سطح خاکستری ذخیره شد.

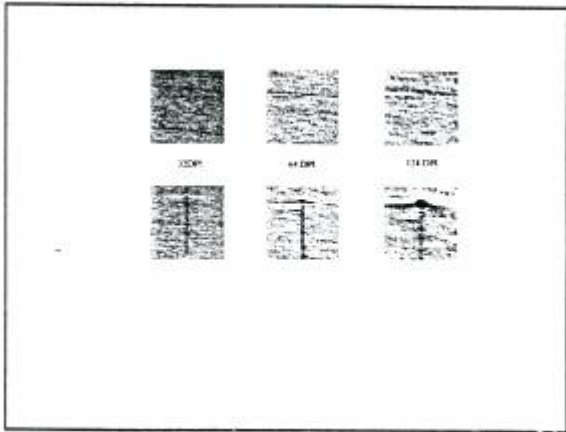
برای نورپردازی در راستای برداشت تصویر از منبع نوری با پرتوهای پراکنده^۸ استفاده شد.

برای بررسی اثر دقت ابعادی نقاط در تصاویر دریافتی، در ابتدا از چند نمونه پارچه در تراکمهای ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ نقطه در اینچ عکس برداری شد، شکل (۲). با توجه به دلایلی که در بخش نتایج تشریح خواهد شد، تراکم ۳۲ نقطه در اینچ برای ادامه کار مناسب تشخیص داده شد. با توجه به محدودیت در تهیه نمونه‌ها، از هر کدام از پنج نوع عیب ده تصویر تهیه و ضبط شد.

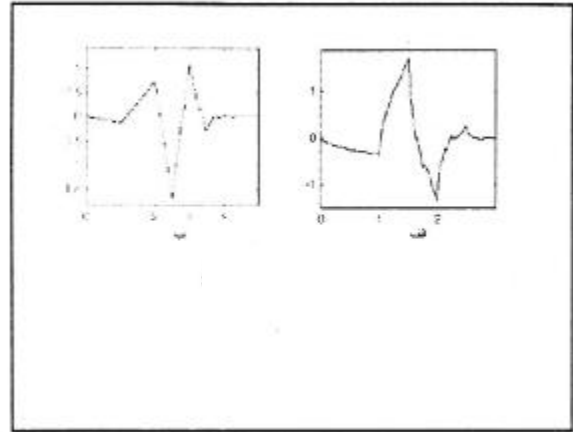
۳-۵- دریافت اطلاعات

برای آمایش و استخراج اطلاعات موجود در تصاویر از ابزارهای پردازش تصاویر و موجک مجموعه نرم افزار متلب^۹ استفاده شد.

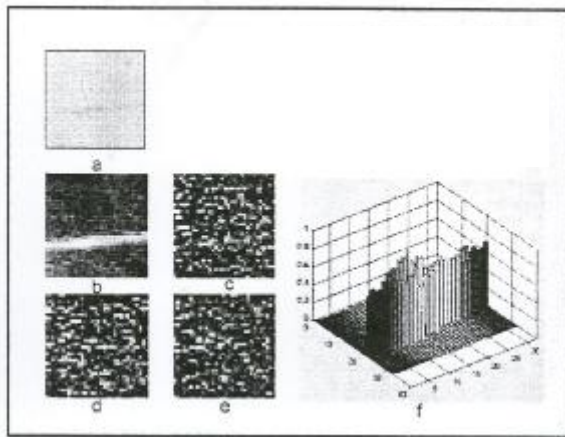
با توجه به ظاهر فیزیکی عیوب از دو تابع موجک دایبیچیز^{۱۰} شماره ۲ و سیملت^{۱۱} شماره ۳ که تطابق بیشتری با نمودار روشنایی نقاط در محدوده عیب داشتند، برای اعمال تبدیل موجک بر روی تصاویر بهره‌گیری شد، شکل‌های (۱-الف) و (۱-ب). پس از انجام این عمل ۴ تصویر تولید شد که اولی معرف تقریب، (شکل‌های ۳، ۴ و ۵-a) و سه تصویر بعدی به ترتیب نشان‌دهنده جزئیات در راستای افقی، عمودی و قطری‌اند شکل‌های ۳، ۴ و ۵-b, c, d) و می‌توان از آنها برای شناسایی عیوب افقی، عمودی و منطقه‌ای استفاده کرد.



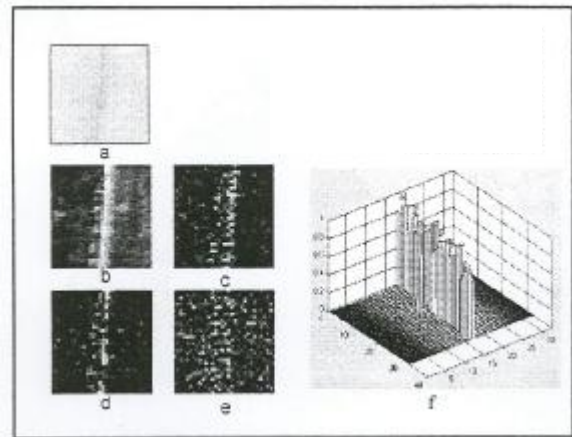
شکل ۲- تصویر دریافتی از پارچه‌های معیوب در وضوحهای متفاوت



شکل ۱- الف- موجک دایچییز ۲
ب- موجک سیملت 3



شکل ۴- تصاویر مربوط به یک پارچه دارای عیب افقی
a : پارچه معیوب b: تقریب c: جزئیات افقی d: جزئیات عمودی
e: جزئیات قطری f: نمودار میزان تطبیق موجک



شکل ۳- تصاویر مربوط به یک پارچه دارای عیب عمودی
a : پارچه معیوب b: تقریب c: جزئیات افقی d: جزئیات عمودی
e: جزئیات قطری f: نمودار میزان تطبیق موجک

جدول ۱. میزان موفقیت روش موجک در تشخیص عیوب

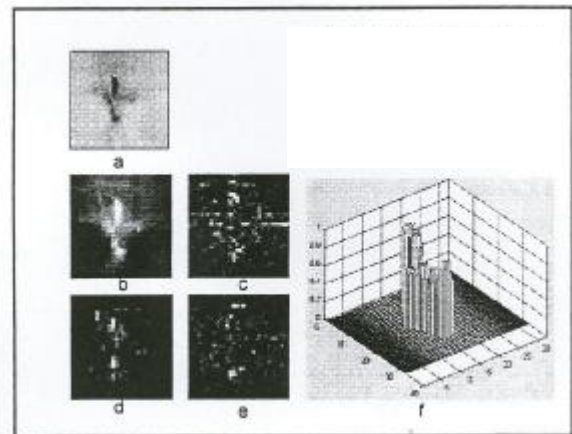
| نوع عیب | موجک db2 | موجک sym3 |
|-----------|----------|-----------|
| راه عمودی | ۷ / ۱۰ | ۸ / ۱۰ |
| راه افقی | ۸ / ۱۰ | ۱۰ / ۱۰ |
| لکه روغن | ۸ / ۱۰ | ۳ / ۱۰ |
| سوراخ | ۱۰ / ۱۰ | ۱۰ / ۱۰ |
| نخ پارگی | ۱۰ / ۱۰ | ۱۰ / ۱۰ |

نتایج تشخیص عیوب در ده تصویر دریافتی از هر پنج نوع عیب متداول با وضوح ۳۲ نقطه در اینچ در جدول (۱) آورده شده است.

همان‌گونه که در جدول (۱) مشخص است عیوب نخ پارگی و سوراخ توسط هر دو موجک به صورت ۱۰۰٪ تشخیص داده شده است. موجک سیملت ۳ در شناسایی عیوب عمودی و افقی موفقتر از موجک دابینچیز ۲ بوده است، در حالی که در مورد لکه‌های روغن دارای عملکرد ضعیفی است. این عملکرد ناشی از تفاوت ظاهری عیب لکه روغن به جهت پراکنده بودن آن با دیگر عیوب است که به صورت متمرکز هستند. در مجموع موجک دابینچیز ۲ به صورت کلان درصد موفقیت بالاتری را کسب کرده است.

۶- نتیجه‌گیری

نتایج کلی به دست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که دقت روش تبدیل موجک و نیز قابلیت مکان‌یابی و تعیین ابعاد عیوب توسط آن، برای به کارگیری در عیب‌یابی دستگاهی در هنگام تولید، بسیار مناسب است و ضرورت انجام عمل‌بازبینی پارچه بعد از تولید را حذف می‌کند.



شکل ۵- تصاویر مربوط به یک پارچه دارای سوراخ
 a: پارچه معیوب b: تقریب c: جزئیات افقی d: جزئیات عمودی
 e: جزئیات قطری f: نمودار میزان تطبیق موجک

برای حذف نقاط اضافی و واضح نمودن عیوب بر روی تصاویر تقریب به دست آمده، از حد آستانه‌ای معادل $\mu \pm 2.5\sigma$ (پوشش آماری ۹۸٪ داده‌ها) استفاده شد که μ میانگین شدت روشنایی نقاط تصویر و σ انحراف معیار آنهاست. در این حالت کلیه نقاط درون این محدوده به رنگ زمینه تبدیل شده تا نقاطی که خارج از این محدوده قرار گرفته‌اند جزو عیوب محسوب شوند.

۶- بررسی نتایج

بررسی تصاویر با وضوحهای مختلف نشان داد که تصاویر دارای وضوح بالا منجر به نتایج مطلوبی نمی‌شوند. علت این امر آنست که وضوح جزئیات ساختمان بافت موجب اختلال در تشخیص عیوب می‌شود در حالی که در تراکمهای پایین این جزئیات محو شده و در عمل تصاویر در هنگام دریافت، به خودی خود آمایش می‌شوند. شکل (۲) نشانگر تغییرات تصاویر دریافتی در وضوحهای ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ نقطه در اینچ است.

تصاویر سه نوع پارچه معیوب به همراه نتایج تصویری حاصل از مراحل مختلف آمایش انجام شده بر روی آنها در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) مشاهده می‌شود. منحنی سه بعدی ارتفاع دامنه تطبیق موجکها با شدت روشنایی نقاط تصویر، شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) نشانگر موفقیت نحوه برجسته‌سازی محل عیوب توسط این روش است.

1. wavelet
2. online
3. systems
4. signals
5. short time fourier transform
6. approximation

7. detail
8. diffuse lightning
9. matlab
10. daubechies
11. symlet

مراجع

1. Jasper W.J., Garnier S.J., and Potlapalli H., "Texture Characterization and Defect Detection Using Adaptive Wavelets," *Opt. Eng.* 35(11), PP. 3140-3149, Nov 1996
2. Jasper W.J., and Potlapalli H., "Image Analysis of Mispicks in Woven Fabric," *Textile Res. J.* 65(11), PP. 683-692, 1995.
3. Dorrity J. L., and Vachtsevanos G., "Online Defect Detection for Weaving Systems," *Proceedings of IEEE Textile, Fiber and Film Industry Conference*, May 16, 1996
4. Dorrity J. L., and Vachtsevanos G., "In-Process Fabric Defect Detection and Identification," *Mechatronics* 98, Skovde, Sweden, Sep 1998.
5. سلامتی، غ.، "طبقه‌بندی عیوب بافت پارچه‌های حلقوی پودی با استفاده از شبکه عصبی،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۰.
6. صدری، ا.م.، "تشخیص عیوب پارچه‌های حلقوی پودی با استفاده از تئوری موجک،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۰.
7. Bentley P. M., and McDonnell J. T. E., "Wavelet Transforms: An Introduction," *Electronics & communication engineering journal*, PP 175-186. Aug. 1994
8. Goldberg S., "Knitted Fabric Technology," *National Knitted Outerwear Association*, 1974
9. Iyer C., Mammel B., and Schach W., "Circular Knitting," *Meisenbach Bamberg*, 1995.
10. Gabor D., "Theory of Communication," *J. IEE* 93, PP. 429-457, 1946.
11. Math Works Inc., "MATLAB Wavelet Toolbox Document," Version 6.0 Release 12, Sep. 2000