استخراج پارامترهای ساختاری منسوج تاری و پودی با استفاده از روش موجک- فازی و الگوریتم ژنتیک

فروزان فصاحت و پدرام پیوندی

دانشکدهٔ مهندسی نساجی یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

چکیده

به‌علت منعطف‌بودن ساختار منسوج، تعیین موقعیت نخ در تصویر آن با استفاده از روش‌های معمول در پردازش تصویر با خطای زیادی همراه بوده است و در این زمینه، ارائهٔ یک روش انطباق‌پذیر با خصوصیات تصویر منسوج جهت استخراج پارامترهای آن مورد توجه است. در این راستا استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری جهت تطبیق الگوریتم استخراج پارامترهای ساختاری با شرایط تصویر، کاربردی به نظر می‌رسد. در این مطالعه، با کاربرد ترکیبی از روش‌های پردازش سیگنال، خوشه‌بندی فازی و الگوریتم ژنتیک، یک روش نوین برای پیش‌پردازش و تشخیص بافت ساختاری تصاویر منسوجات ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهادی قادر به تشخیص صحیح موقعیت نخ در تصاویر منسوجات دولایه با طرح رنگ نایکنواخت با دقت میانگین بیش از ۷۳ درصد است. در تصاویر منسوجات تک‌لایه با بافت نامتراکم و طرح رنگ یکنواخت، این میزان به‌طور میانگین بیش از ۸۴ درصد می‌باشد.

واژگان کلیدی: الگوریتم ژنتیک، تبدیل موجک، الگوریتم خوشه‌بندی فازی (FCM)، پردازش تصویر، تصویر پارچه، موقعیت نخ

۱- مقدّمه

امروزه دقت و سرعت در طراحی پارچه بسیار مورد توجه است و تولیدکنندگان به‌منظور حفظ استمرار تولید و افزایش بازدهی ، ترجیح می‌دهند از روش‌های کم‌هزینه و کارآمد برای استخراج پارامترهای پارچهٔ مورد نظر استفاده کنند. از آن جایی که روش‌های دستی علاوه برزمان‌بربودن، دقت پایین و امکان خطای بالایی دارد، درنتیجه روش‌های رایانه‌ای ازجمله پردازش تصویر ، می‌تواند کمک بزرگی برای تسهیل استخراج پارامترهای پارچه و افزایش سرعت در طراحی پارچه باشد. در ادامه به مرور مطالعات انجام‌شده در این زمینه پرداخته خواهد شد.

کانگ و همکارانش (کانگ و همکاران، ۱۹۹۹)، برای تشخیص طرح‌های بافت ساده از تصاویر با نور عبوری[1]، نقاط تقاطع تار و پود و اندازه نخ‌ها را با تحلیل تغییرات مقدار خاکستری[2] در هر دو جهت عمودی و افقی و با پردازش نسبت ظاهری یک شکل تخم‌مرغی در نقاط تقاطع پارچه به دست آوردند. *داوسون* (داوسون، ۲۰۰۰) الگوریتمی را برای شناسایی تمام گروه‌های بافت با اندازه تکرار مشخص ارائه داد. این الگوریتم بر پایهٔ شمارش مربع‌های سیاه و سفید یک بلوک مربعی می‌کرد. در پژوهشی دیگر (اسکوفت و همکاران، ۲۰۰۱) روشی بر پایهٔ تئوری پیچیدگی[3] ارائه شد. این روش طرح بافت، اندازه آن در تعداد نخ‌ها، الگوهای مشبک و تکرار طرح را از تصاویر طیف فوریه نمونه‌های واقعی پارچه استخراج می‌کرد. در سال ۲۰۰۳ (رالو و همکاران، ۲۰۰۳) مدل مکملی به این روش اضافه شد که با استفاده از تبدیل فوریه الگوی مشبک و تکرار طرح مشخص می‌شد. استفاده از شبکهٔ عصبی برای پردازش تصویر الگوهای پارچه به‌منظور شناسایی و طبقه‌بندی طرح‌های بافت پایه توسط جین و همکاران (جین و همکاران، ۲۰۰۳) ارائه شد. در این روش، پارامترهای ساختاری پارچه همچون فضای بین نخ‌ها و پراکندگی آن را بر اساس خطوط حاصل از تابع همبستگی خودکار[4] به‌کار رفته بر روی تصاویر خاکستری استخراج شده

[1] Transmittive image
[2] Gray value
[3] Convolution Theory
[4] Auto-correlation Function

است. در پژوهش دیگری (کیو و همکاران، ۲۰۰۴) تصاویر سطح خاکستری پارچه تک‌رنگ بدون پرز سطحی مورد پردازش قرار گرفته است. با شناسایی و طبقه‌بندی نخ‌های تار و پود با روش خوشه‌بندی فازی[1]، سه طرح بافت پایه پارچه با این روش مشخص شده‌اند. *لچکار* و همکارانش (لاچکار و همکاران، ۲۰۰۵) با گرفتن تبدیل فوریه از تصویر پارچه تافته تک‌رنگ و جداکردن پیک‌های طیف توانی عبورکننده از نقطه مرکز طیف (نقطه اصلی، فرکانس صفر) ، نقاط تقاطع بافت را استخراج کردند. در مطالعه دیگری (کیو و همکاران، ۲۰۰۶)، پس از تجزیه تصویر پارچه رنگی با تبدیل موجک دوبعدی، مشخصات محاسبه‌شده از طریق ماتریس هم‌رویدادی همچون گشتاور دوم زاویه‌ای[2]، آنتروپی، یکسان‌بودن و تضاد به‌عنوان ورودی‌های شبکه تدریج برداری فراگیری[3] برای طبقه‌بندی انواع بافت به کار گرفته شده است. اگزین و همکاران (اگزین و همکاران، ۲۰۰۹) یک روش جدید بر پایه مدل شبکه‌ای فعال[4] برای تشخیص هندسه و اطلاعات ساختاری پارچه ارائه دادند. تشخیص طرح بافت و جهت‌یابی آن با استفاده از تبدیل رادون[5] در پژوهشی توسط شن و همکاران (شن و همکاران، ۲۰۱۰) ارائه شد. در این روش، شکل‌های جهت‌یابی پارچه توسعه داده شد و به‌عنوان ورودی‌های ال‌وی‌کیو برای تشخیص خودکار طرح بافت پارچه استفاده شده است. کیو و همکارانش (کیو و همکاران، ۲۰۱۰) با کدکردن رقومی طرح بافت از طریق ماتریس هم‌رویدادی مرتبه نخست[6] و دوم و استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فازی برای تشخیص نخ‌های تار و پود، دسته‌بندی طرح بافت پارچه‌های تاری پودی تک‌رنگ را با شبکه عصبی ترویج عقب دومرحله‌ای انجام دادند. در مطالعه پن و همکارانش (پن و همکاران، ۲۰۱۰)، مکان‌یابی فلوت نخ‌ها با روش شدت نور خاکستری[7] انجام شده و تراکم پارچه محاسبه شد. طرح‌بندی رنگ با تعیین تعداد رنگ نخ‌ها و طبقه‌بندی نخ‌ها با الگوریتم خوشه‌بندی FCM حاصل شد و تعداد محدود طرح بافت بر اساس یک پایگاه اطلاعات طرح بافت مشخص شد.

در مطالعه ونگ و همکارانش (ونگ و همکاران، ۲۰۱۱) برای یافتن موقعیت هر نقطه تقاطع، تار یا پودبودن، از روش ماتریس هم‌رویدادی سطح خاکستری[8] استفاده شد. تشخیص خودکار و ارائه رقومی طرح بافت پارچه با روش بازسازی معکوس از طریق تفکیک گره‌های (نقاط) تقاطع با روش شدت نور خاکستری و طبقه‌بندی گره‌ها با پردازش اطلاعات لبه در مطالعه *ژانگ* و همکارانش (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفت. شناسایی و دسته‌بندی طرح بافت پارچه با استفاده از روش الگوی دودویی محلی[9] و با کاربرد ماشین بردار پشتیبان[10] که یک الگوریتم فراگیری ماشینی بر اساس تئوری آماری است ، توسط جینگ و همکارانش (جینگ و همکاران، ۲۰۱۲) مورد مطالعه قرار گرفت. در مطالعهٔ دیگری (جینگ و همکاران، ۲۰۱۲) از ماتریس هم‌رویدادی سطح خاکستری برای استخراج پارامترهای ترکیبی مانند انرژی و آنتروپی به‌منظور دسته‌بندی خودکار سه ساختار بافت پایه با ایجاد یک شبکه عصبی تدریج برداری فراگیری استفاده شد. در مطالعهٔ دیگری (کینگفو و همکاران، ۲۰۱۳)، برای شناسایی طرح‌های بافت با استفاده از روش تجزیهٔ طرح دوبعدی، تصویر پارچه به تعدادی از توابع طرح ذاتی[11] (IMFs) تجزیه می‌شود. برای محاسبه هیستوگرام از سطح نخست IMF و از الگوریتم آتسو[12] برای بخش‌بندی طرح بافت و مشخص‌کردن موقعیت نخ‌ها استفاده شده است. در پژوهش شن و همکارانش (شن و همکاران، ۲۰۱۳)، طرح‌های جهت‌یابی انرژی استخراج شده از تصاویر حاصل از تبدیل موجک به عنوان ورودی‌های شبکه‌های عصبی LVQ و SOM[13] برای دست‌یابی خودکار شناسایی طرح بافت پارچه استفاده شدند. نتایج نشان داده که شبکهٔ عصبی LVQ مؤثرتر از SOM است. در سال ۲۰۱۳، یک طرح جهت‌یابی محلی برای تشخیص ساختار پارچه با کاربرد روش‌های تبدیل موجک و تبدیل رادون بر روی تصاویر رنگی با کیفیت بالا (ژنگ و همکاران، ۲۰۱۳) ارائه شد. در مطالعه دیگری (دی و همکاران، ۲۰۱۳) ، الگوریتم تصحیح خطای بازگشتی[14] شامل مراحل شناسایی طرح رنگ با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی X_means[15]، شناسایی طرح بافت بر اساس ماتریس طرح رنگ حاصل و تصحیح خطای بازگشتی از

[1] Fuzzy c-means (FCM) clustering
[2] Angular second moment
[3] Learning Vector Quantization Networks (LVQN)
[4] Active Grid Model (AGM)
[5] Radon Transform
[6] First Order Co-occurrence Matrix
[7] Gray-scale Projection

[8] Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)
[9] Local Binary Pattern (LBP)
[10] Support Vector Machine (SVM)
[11] Intrinsic Mode Functions (IMFs)
[12] Otsu
[13] Self-Organizing Map
[14] Automatic Feedback Error-Correcting Color-Weave Pattern Recognition algorithm (AFEC algorithm)
[15] X_mean clustering Algoritm

طریق دو الگوریتم پرکننده و تصحیح به‌منظور شناسایی نقاط جاافتاده در طرح بافت و تصحیح خطا در تصاویر پارچه‌های با نخ‌های رنگی مورد استفاده قرار گرفت. ژنگ (ژنگ، ۲۰۱۴) روش جدیدی را بر اساس اطلاعات حاصل از گوشه‌ها (رئوس) و آمار مرتبه دوم برای شناسایی و طبقه‌بندی تکرار طرح بافت ارائه داد. در مطالعهٔ دیگری (اگزیا و همکاران، ۲۰۱۴) با استفاده از روش شدت نور سطح خاکستری دوبعدی، موقعیت نخ‌های تار و پود مشخص شد و اطلاعات حاصل از نمودار گرادیان برای هر نقطه تقاطع با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی FCM طبقه‌بندی شد. نوع نخ تار یا پود در هر نقطه با محاسبه ضریب همبستگی میان بردار مرکز خوشه پارچه مورد آزمایش و پارچه شبیه‌سازی‌شده مشخص شد.

یافتن موقعیت نخ در تصویر پارچه، مقدمه‌ای برای شناسایی طرح بافت پارچه محسوب می‌شود. در اکثر مطالعات ذکرشده، یافتن مکان نخ در پارچه‌های با طرح و رنگ‌های گوناگون با استفاده از روش شدت نور خاکستری انجام شده است که با توجه به تغییرات شدت در ، تصویر به‌دلیل تغییرات روشنایی، رنگ و موییننگی نخ‌ها و وجود نوفه از دقت پایینی برخوردار است. از این رو، عدم تشخیص صحیح موقعیت نخ در تصویر پارچه، می‌تواند در مراحل بعد، بر روی نتایج کلی حاصل از این مطالعات نیز تأثیر بگذارد. در این مطالعه یک روش ترکیبی جدید بر اساس پردازش سیگنال، خوشه‌بندی و الگوریتم ژنتیک ارائه شده است تا با دقت و سرعت مناسب، موقعیت نخ را در تصویر پارچه شناسایی کند.

ساختار مقاله به‌صورت زیر سازمان‌دهی شده است: ابتدا مسئله مورد مطالعه شرح داده خواهد شد و روش تبدیل موجک و الگوریتم‌های خوشه‌بندی فازی و ژنتیک و روش کاربرد شدت نور سطح خاکستری برای تعیین موقعیت نخ بررسی خواهد شد. در بخش سوم، الگوریتم پیشنهادی شامل روش نوین پیش‌پردازش تصویر و الگوریتم ژنتیک با یک تابع هزینه انعطاف‌پذیر معرفی می‌شود. در بخش چهارم نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی و مقایسه آن با نتایج روش متداول ارائه خواهد شد و در بخش پایانی، نتیجه‌گیری نهایی بیان خواهد شد.

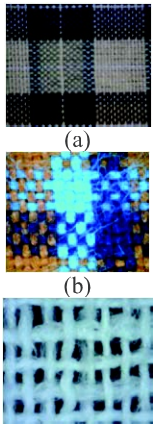
۲- شرح مسئله

پارچهٔ ، لایه نازکی است که از لابه‌لای هم قرار گرفتن نخ و یا الیاف تشکیل شده است. پارچه تاری پودی منسوجی است که از دو دسته نخ تار و پود که با یکدیگر زاویه ۹۰ درجه می‌سازد، تشکیل شده است. تارها در جهت طول و پودها در جهت عرض پارچه قرار دارد و این طرز قرارگیری باعث می‌شود که تارها و پودها به هم وابسته و درگیر شوند. با توجه به ویژگی انعطاف‌پذیری نخ‌ها در پارچه، تصاویر گرفته‌شده از سطح پارچه می‌تواند شرایط متفاوت داشته باشد. از جملهٔ این شرایط می‌توان به عمود نبودن نخ‌های تار و پود بر یکدیگر و فشردگی در بافت در پارچه‌های با تراکم بالا شکل ((a)-۱)، وجود الیاف بیرون‌زده از سطح نخ و بازتاب متفاوت نور از سطح نخ‌ها با رنگ‌های گوناگون شکل ((b)-۱)، نایکنواختی در نخ‌ها به‌علت تغییرات قطر در راستای طولی شکل ((c)-۱) اشاره کرد. عدم انعطاف‌پذیری مناسب در برخورد با شرایط مختلف در تصاویر پارچه، نیازمند تغییرات کلی در پارامترها و تعریف فیلترهای گوناگون برای پردازش تصویر منسوج هستند. درنتیجه ارائه یک الگوریتم انعطاف‌پذیر برای دستیابی به شرایط بهینه مطابق با تغییرات تصاویر، می‌تواند تا حد زیادی مشکلات موجود در پردازش تصاویر منسوجات را برطرف کند. در این مطالعه، به‌منظور یافتن دقیق بافت تصویر و تشخیص موقعیت نخ‌ها که مقدمهٔ شناسایی پارامترهای ساختاری پارچه محسوب می‌شود، یک روش نوین ترکیبی بر پایه الگوریتم‌های بهینه‌سازی ژنتیک[1] و خوشه‌بندی فازی (**FCM**) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

در شکل (۲) ، فعالیت‌های این پژوهش در یک روندنما به‌صورت کلی نشان داده شده است. مطالعه بر روی تصاویر رنگی پارچه در دو مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله نخست، تصویر ورودی پس از فیلترگذاری با کاربرد روش‌های تبدیل موجک و الگوریتم خوشه‌بندی فازی پیش‌پردازش‌شده و تصویر دودویی حاصل وارد مرحله بعد می‌شود. در الگوریتم پیشنهادی با روش شناسایی بیشینه‌های محلی که خود بخشی از روش تعیین موقعیت نخ در تصویر با روش شدت نور سطح خاکستری است، به‌طور تقریبی بازه تغییرات پارامترهای پارچه در تصویر مشخص می‌شود. در گام بعدی با استفاده از الگوریتم انعطاف‌پذیر ژنتیک با تابع هزینه پیشنهادی، با استفاده از مقادیر بهینه پارامترهای پارچه، موقعیت نخ در تصویر به‌صورت دقیق‌تر مشخص می‌شود. در تابع هزینهٔ پیشنهادی، هدف بهینه‌کردن پارامترهای پارچه و یافتن بهترین راه حل مطابق با تصویر اصلی پارچه است. درواقع، تصویر شبیه‌سازی‌شده پارچه بر اساس مقادیر

[1] Genetic Algoritm

ژن‌های کروموزوم ورودی ساخته‌شده و مقدار اختلاف آن با تصویر اصلی محاسبه می‌شود. هرچه مقدار اختلاف کم‌تر باشد، بدین معنی است که تصویر شبیه‌سازی‌شده با ویژگی‌های کروموزوم ورودی بهترین مطابقت را با تصویر نخستین داشته و موقعیت نخ‌ها در آن به‌درستی مشخص شده است.

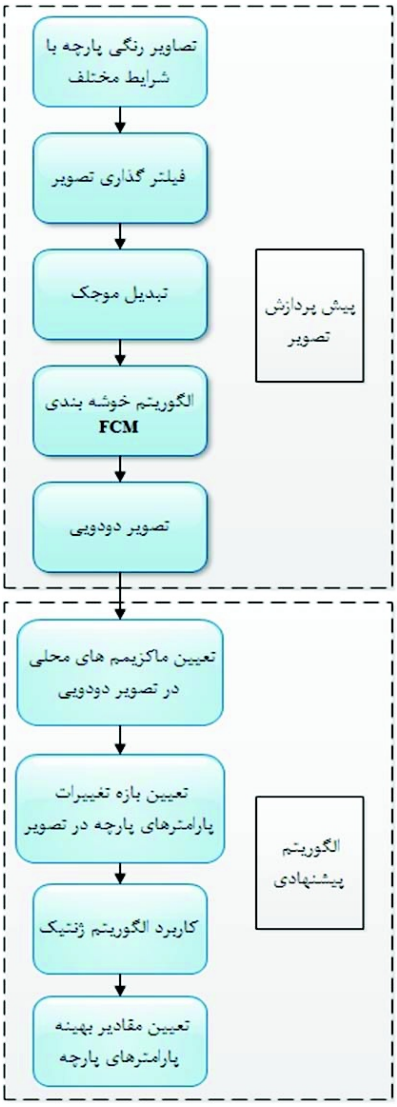


(شکل- ۱): شرایط مختلف در تصویر پارچه، (a) عمودنبودن نخ‌های تار نسبت به نخ‌های پود و فشردگی در بافت پارچه، (b) تصویر پارچه با الیاف بلند بیرون‌زده از سطح نخ و بازتاب متفاوت نور از نخ‌های رنگی، (c) نایکنواختی در قطر نخ.

۲-۱- تبدیل موجک

بر اساس تئوری چنددقتی (گونزالس و همکاران، ۱۳۸۹)، می‌توان یک تصویر را به سطوح مختلف تجزیه کرد که در هر سطح ؛ تقریبی از تصویر نخستین با فرکانس پایین شامل جزییات اصلی تصویر و سه تصویر فرکانس بالا نشان‌دهندهٔ جزییات افقی، عمودی و مورب موجود در تصویر وجود دارد. بر حسب نوع کاربرد، تجزیه سطوح را می‌توان تا جایی ادامه داد که تقریب تصویر به صفر برسد. در (شکل ۳) ، تصویر پیش‌پردازش‌شدهٔ پارچهٔ تافته ((a)-۳) با استفاده از تبدیل موجک دوبعدی در یک مرحله تجزیه شده است و تصاویر حاصل در شکل‌های ((b)-۳) - ((e)-۳) نشان داده شده است. از انواع توابع موجک مورد استفاده در پردازش تصویر منسوجات به تابع موجک Haar [1] (کیم و همکاران، ۲۰۰۵؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۱۳) ، Coif [2](ژنگ و همکاران، ۲۰۰۷) می‌توان اشاره کرد. هرکدام از این توابع را با مقیاس‌های متفاوت می‌توان برای استخراج خصوصیت مورد نظر به کار برد.

[1] Haar Wavelet
[2] Coif Wavelet

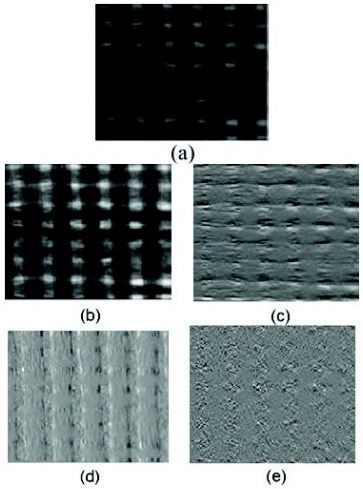


(شکل- ۲): روندنمای کلی فعالیت‌های پژوهش.

۲-۲- روش خوشه‌بندی Fuzzy c_means (FCM)

با انتخاب تعداد خوشه **c=3**، یک نمونه تصویر پارچه با استفاده از روش خوشه‌بندی FCM (بزدک، ۱۹۸۱) خوشه‌بندی شده و تصاویر حاصل از خوشه‌های مختلف در شکل (۴) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ((a)-۴) مشاهده می‌شود، پس از تبدیل تصویر رنگی به تصویر خاکستری رنگ‌های مختلف به‌صورت شدت نورهای متفاوت پدیدار می‌شوند. استفاده از روش‌های معمول آستانه‌گیری جهت تبدیل این تصاویر به تصاویر دودویی به‌علت تغییرات زیاد شدت نور در رنگ نخ‌ها منجر به حذف بخشی از

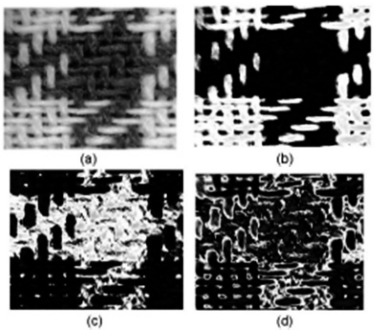
اطلاعات آن‌ها می‌شود. به همین دلیل در این مطالعه از روش خوشه‌بندی فازی برای تهیه تصاویر استفاده شده است. در این روش هر شدت نور به یک لایه (خوشه) اختصاص داده می‌شود شکل‌های ((b)-۴)- ((d)-۴)). هر لایه معرف نخ‌ها با بازه رنگی مشابه است و اضافه‌کردن سه لایه به هم منجر به تشکیل تصویر دودویی شامل کلیه نخ‌های رنگی و زمینه خواهد شد. بنابراین، الگوریتم FCM روش مؤثری در تبدیل تصاویر حاوی اشیا با شدت نورهای متفاوت به تصویر دودویی است.



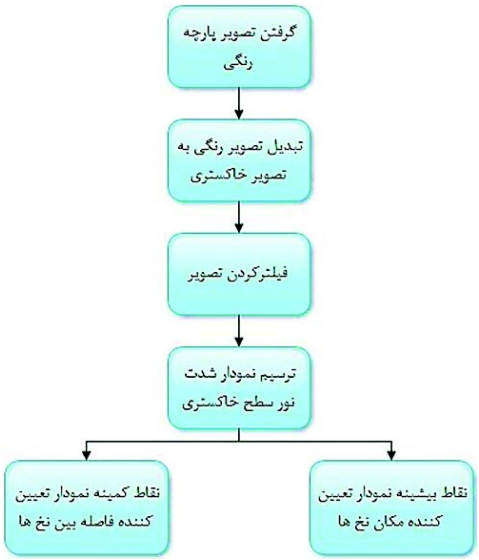
(شکل- ۳): تجزیه یک‌مرحله‌ای تبدیل موجک دوبعدی روی تصویر پیش‌پردازش‌شده پارچه تافته (a)، (b) تصویر تقریبی، (c) تصویر جزیی افقی، (d) تصویر جزیی عمودی، (e) تصویر جزیی مورب.

۲-۳- روش رایج برای تعیین موقعیت نخ

در این بخش، روش ارائه‌شده در مطالعه کانگ و همکارانش (کانگ و همکاران، ۱۹۹۹)، برای تعیین موقعیت نخ در تصویر پارچه مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. این روش در مرحله ابتدایی پردازش تصویر در پژوهش‌های دیگری نیز (ونگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۲) استفاده شده است. در این روش مطابق با شکل (۵) ، تصویر رنگی گرفته‌شده از سطح پارچه پس از تبدیل به تصویر خاکستری فیلتر شده و سپس نمودار شدت نور سطح خاکستری تصویر در دو راستای عمودی و افقی رسم می‌شود. در این نمودار مقدار شدت نور هر کدام از نقاط پیک بر حسب مکان آن رسم شده است. به‌منظور یافتن نقاط پیک، مجموع پیکسل‌ها در راستای عمودی تصویر (به‌صورت ستونی) و در راستای افقی تصویر (به‌صورت سطری) محاسبه شده و مقدار بیشینهٔ محلی این نقاط ، مکان نخ‌ها در تصویر است.



(شکل- ۴): خوشه‌بندی تصویر پیش‌پردازش‌شده پارچه با الگوریتم خوشه‌بندی فازی (FCM). (a) تصویر پارچه، (b) تصویر لایهٔ ۱، (c) تصویر لایهٔ ۲، (d) تصویر لایهٔ ۳.



(شکل- ۵): روندنمای روش شدت نور سطح خاکستری در تعیین موقعیت نخ.

این روش بر روی تصویر نگاتیوشده یک نمونه پارچه تاری و پودی با بافت تافته شکل ((a)-۶) که در آن نخ‌ها روشن‌تر از زمینه هستند ، اجرا شده و نمودار شدت نور سطح خاکستری برای نخ‌های تار و پود در شکل (۵) نشان داده شده است. مطابق نمودار شکل ((b)-۶)، تعداد نخ‌های تار در تصویر پارچه ، هفت عدد است در حالی تعداد پیک‌ها، مشخص‌شده با علامت (*) در نمودار، چهارده عدد است. همچنین تعداد پیک‌های نشان‌دهنده موقعیت نخ‌های پود در شکل ((c)-۶)، ده عدد و تعداد نخ‌های پود پارچه نه عدداست. با توجه به حساسیت این روش به تغییرات شدت

نـور بـه‌خصـوص در تصـاویر رنگـی پارچـه و عـدم قابلیـت انعطاف‌پذیری در شرایط مختلف تصویربرداری، نتایج حاصـل از خطای زیادی برخوردار است. بنابراین در این مطالعه بـرای مشخص‌کـردن تقریبـی پارامترهـای پارچـه، از روش تعیـین بیشینه‌های محلی در تصویر دودویی استفاده شده که وابسته به تغییرات شدت نور در تصویر نیست و سعی شده است تا با کاربرد الگوریتم انعطاف‌پذیر ژنتیک، نتایج تعیین موقعیت نخ حاصل از این روش تا حد امکان بهینه شود.

۲-۴- الگوریتم ژنتیک

در این پژوهش، از الگوریتم ژنتیک برای بهینـه‌سـازی نتـایج تعیـین پارامترهـای پارچـه حاصـل از روش شناسـایی بیشینه‌های محلی بر روی تصاویر دودویی، همچنین توسعه و بهبود این روش استفاده می‌شود.

۳- الگوریتم پیشنهادی

در این مطالعه، روشی جدید بر اساس الگوریتم ژنتیک ، ارائه شده است تا تصاویر گرفته‌شده از سطوح پارچه‌های رنگـی را مورد پردازش قرار دهد. برای تهیه تصاویر، نور تاییده‌شـده از زیـر پارچـه از منافـذ آن عبـور کـرده و بـا اسـتفاده از میکروسـکوپ و بـدون وجـود نـور محـیط، از سـطح پارچـه عکس‌برداری می‌شـود. تصـاویر منسـوج بـا اسـتفاده از روش جدید ترکیبی تبدیل موجک و الگوریتم خوشـه‌بنـدی فـازی پیش‌پردازش شده و به‌عنوان دادهٔ ورودی الگوریتم ژنتیک در نظر گرفته می‌شود. در الگوریتم ژنتیک با تعریـف کرومـوزوم براساس پارامترهای تصویر ورودی، تصاویر شبیه‌سـازی‌شـده پارچه ایجاد شده و با تعریف یک تابع هزینه[1] جدیـد، تصـویر بهینـه بـا بیشـترین مطابقـت بـا تصـویر نخسـتین منسـوج استخراج شده و به‌عنـوان معیـاری بـرای تشـخیص صـحیح موقعیت نخ در پارچه مورد استفاده قرار می‌گیـرد. در ادامـه، روش‌های پیش‌پردازش تصویر و الگوریتم ژنتیک پیشـنهادی توضیح داده خواهد شد.

۳-۱- پیش‌پردازش تصویر

مطابق نمودار شکل (۷) ، در ابتدا تصویر پارچه رنگی بـا نـور عبوری به تصویر خاکستری تبدیل شده است. به‌منظور حذف نوفر از فیلتر پایین گذر گوسین با اندازهٔ پنجره ۵×۵ و مقـدار سیگمای برابر یک با توجه به تعداد پیکسل‌های تصویر (ابعاد تصویر) استفاده شده است. تصاویر گرفتـه‌شـده دارای مقـدار نوفر و کنتراست[2] به‌طورتقریبی یکسانی هسـتند ؛ از ایـن رو به‌منظور کاهش نوفه از پارامترهای یکسان فیلتر گوسـین در تمام تصاویر با توجه به انـدازه یکسـان آن‌هـا اسـتفاده شـده است. تصویر کم‌نوفـهٔ حاصـل بـا اسـتفاده از تبـدیل موجـک Haar [3] در یک سطح تجزیه شده و تصویر تقریبی حاصل بـا استفاده از تشخیص‌دهنـدهٔ لبـهٔ سـوبل[4]، یـک‌بـار در جهـت عمودی و یک‌بار در جهـت افقـی فیلتـر شـده اسـت تـا لبـهٔ نخ‌های عمودی (تـار) و نـخ‌هـای افقـی (پـود) در دو تصـویر جداگانه مشـخص شـود. دو تصـویر حاصـل ، بـا اسـتفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فازی (FCM) به تصاویر دودویی تبدیل شده که در آن تغییرات شـدت در تصـویر رنگـی بـه خـوبی حذف شده ، درصورتی‌که بافت اصـلی تصـویر تغییـر نکـرده است. به‌منظور پیوسته‌کـردن خطـوط در تصـاویر عمـودی و افقی خوشه‌بندی‌شده، از عمل‌گـر گسـترش شـکل‌شناسـی[5] استفاده شده است. این عمل‌گر بـا عنصـر سـازندهٔ خطـی بـا طول ده و در دو زاویه صفر درجه و نود درجه بـه کـار رفتـه اسـت (زارع نـژاد و پیونـدی، ۱۳۹۲؛ گـونزالس و همکـاران، ۱۳۸۹). در این تصاویر علاوه‌بر یکنواخت‌سازی خطوط، نقاط اضافی بین خطوط که به‌صورت نوفـه در تصـاویر وجـود دارد نیز حـذف شـده اسـت. درنهایـت، مکمـل[6] (نگـاتیو) تصـویر دودویی ایجاد می‌شود. این تصاویر به‌عنوان ورودی الگـوریتم ژنتیک در نظر گرفته می‌شود. در این روش، سعی شده است تا با اجرای الگوریتم خوشـه‌بنـدی فـازی روی تصـاویر فقـط شامل لبه نخ‌ها و حذف خطوط و نقـاط اضـافی بـا عمـل‌گـر شکل‌شناسی، تصاویر بدون نوفـه وارد مرحلـه بعـد شـده تـا امکان تشـخیص دقیـق و صـحیح موقعیـت نـخ‌هـا حتـی در صورت وجود الیاف بیرون‌زده از سـطح آن در تصـویر پارچـه فراهم شود.

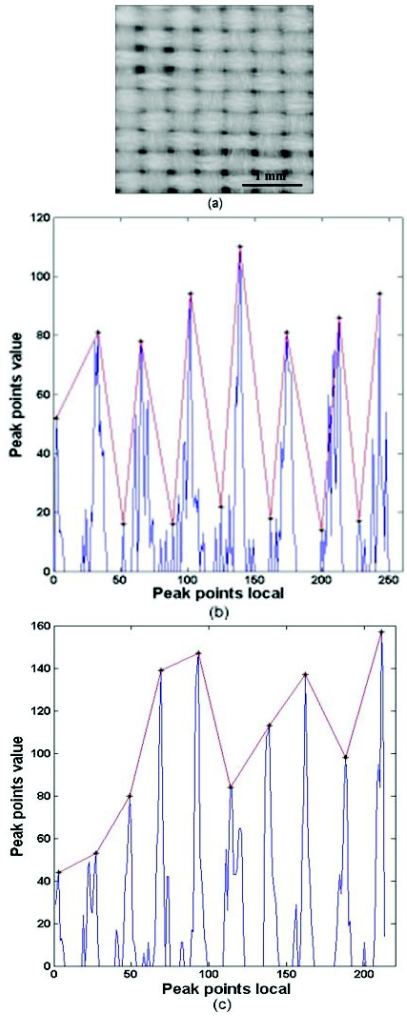
۳-۲- الگوریتم ژنتیک ارائه‌شده

در الگوریتم ژنتیک ارائه‌شده، کروموزوم‌ها به‌عنـوان جمعیـت نخستین ، ایجادشده و بعد از ارزیابی هر کدام از راه حل‌ها با تابع هزینه، الگوریتم وارد حلقه تولید نسل می‌شـود. مراحـل این الگوریتم در شکل (۸) ، نشـان داده شـده اسـت. در ایـن حلقه، بعـد از ایجـاد و ارزیـابی اعضـای جمعیـت جدیـد، دو

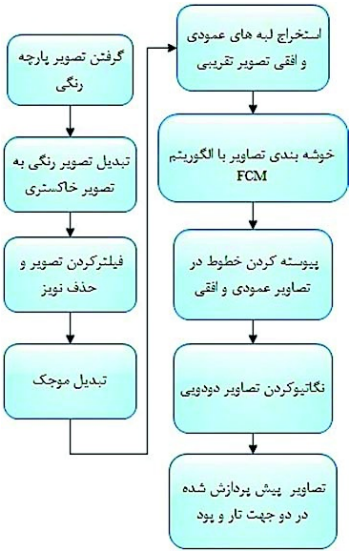
[1] Cost function

[2] Contrast
[3] Haar (db1) Wavelet Transform
[4] Sobel
[5] Morphology
[6] Negative

جمعیت قدیم (نخستین) و جدید با هم ادغام شده و اعضا بر اساس مقدار هزینه به‌صورت صعودی مرتب شده و انتخاب جمعیت نخستین برای ورود به نسل بعد صورت می‌گیرد. اگر مقدار تابع هزینه بهترین راه حل با میانگین مقادیر تابع هزینه راه حل‌ها در هر نسل برابر شود، الگوریتم متوقف می‌شود و راه حل بهینه به‌صورت تصویر، بهترین مکان‌یابی موقعیت نخ را مطابق با تصویر ورودی نشان می‌دهد. درصورت عدم تحقق این شرط، افزایش تعداد نسل انجام شده و حلقه تولید نسل تا تعداد از پیش تعیین‌شده‌ای ادامه پیدا می‌کند.



(شکل- ۶): تشخیص موقعیت نخ با استفاده از نمودار شدت نور سطح خاکستری، (a) تصویر پارچه تافته، (b) نمودار مقدار نقاط پیک بر حسب مکان نشان‌دهنده موقعیت نخ‌های تار در تصویر پارچه ، (c) نمودار مقدار نقاط پیک بر حسب مکان نشان‌دهنده موقعیت نخ‌های پود در تصویر پارچه.



(شکل- ۷): روندنمای مراحل پیش‌پردازش تصویر.

۳-۲-۱- نحوه ایجاد کروموزوم

هر کروموزوم نشان‌دهنده یک راه حل برای مسئله و شامل شش ژن است که هر کدام، یک خصوصیت پارچه را در بر می‌گیرد. این ژن‌ها عبارت است از ضخامت نخ تار، ضخامت نخ پود، ضخامت فضای بین دو نخ تار، ضخامت فضای بین دو نخ پود، میزان انتقال[1] تصویر شامل نخ‌های تار، میزان انتقال تصویر شامل نخ‌های پود. در شکل (۹) ، نمونه‌ای از مقادیر ژن‌های موجود در یک نمونه کروموزوم (ژنوتیپ) و تصویر (فنوتیپ) حاصل از آن نشان داده شده است.

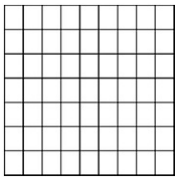
ژن‌های تشکیل‌دهندهٔ هر کروموزوم با توجه به تصویر پارچه دارای بازهٔ تغییرات متفاوتی هستند . این ویژگی باعث می‌شود تا الگوریتم ژنتیک پیشنهادی انعطاف‌پذیر باشد و در تصاویر پارچه با شرایط مختلف، تصویر بهینه را استخراج کند. در شکل (۱۰) ، نحوه تعیین بازهٔ تغییرات هر ژن نشان داده شده است.

به‌منظور محاسبه بازه تغییرات ژن‌های هر کروموزوم، استخراج پیک‌های محلی از مجموع مقادیر پیکسل‌ها در دو تصویر عمودی و افقی انجام می‌شود. فواصل مکان پیک‌ها به‌صورت صعودی مرتب شده و برای محاسبه ژن فضای بین دو نخ، با انتخاب ده نقطهٔ ابتدایی از این فواصل و محاسبه مجموع و اختلاف مقادیر میانگین و انحراف معیار نقاط، حد بالا و پایین بازه تغییرات این ژن مشخص می‌شود. به‌منظور محاسبهٔ بازهٔ تغییرات ژن نشان‌دهندهٔ میزان انتقال تصویر در تصویر شامل نخ‌های پود، تعداد پیکسل‌های عرض تصویر

[1] Shift

(تعداد سطرهای ماتریس تصویر) و در تصویر شامل نخ‌های تار، تعداد ستون‌های ماتریس تصویر بر حدود معین فضای بین نخ‌ها تقسیم می‌شود. با تعریف یک آستانه معین ، نقاط پیک‌های اصلی از پیک‌های نخستین محلی استخراج می‌شود. برای تعیین مقدار آستانه، در تصاویر شامل نخ‌های تار و پود به‌ترتیب تعداد ستون‌ها و سطرهای ماتریس تصویر بر تعداد مکان پیک‌های نخستین تقسیم می‌شود. برای محاسبه بازهٔ تغییرات ژن ، ضخامت نخ اختلاف مکان پیک‌های اصلی محاسبه می‌شود. با اضافه و کم کردن سه برابر انحراف معیار از میانگین این مقادیر، حد بالا و پایین مقدار ضخامت نخ مشخص می‌شود.

نوع ژن	مقدار ژن (پیکسل)
ضخامت نخ تار	۲۱
ضخامت نخ پود	۲۸
ضخامت فضای بین دو نخ تار	۱
ضخامت فضای بین دو نخ پود	۱
میزان انتقال تصویر شامل نخ‌های تار	۲۲۲
میزان انتقال تصویر شامل نخ‌های پود	۲۸۲

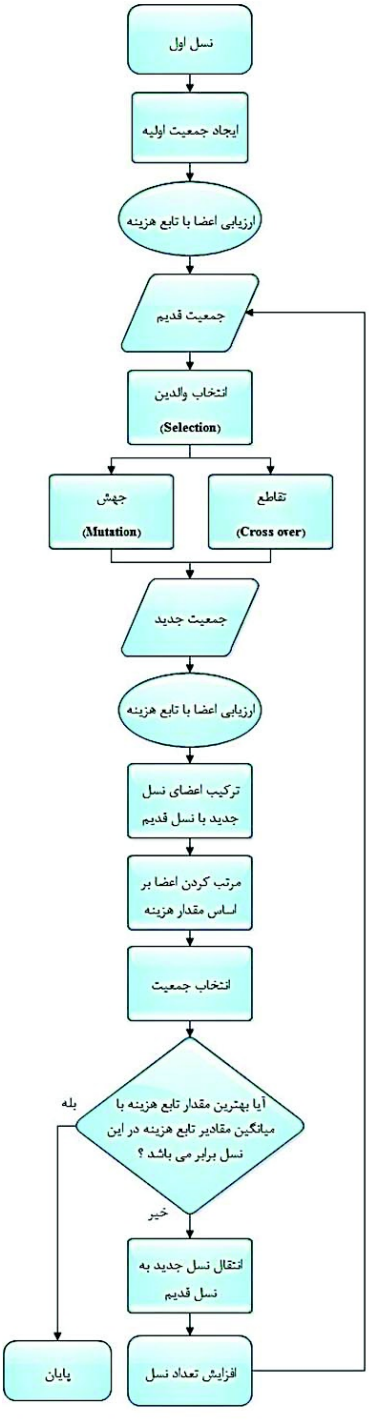


(شکل- ۹): نمونه‌ای از یک کروموزوم و تصویر حاصل از آن.

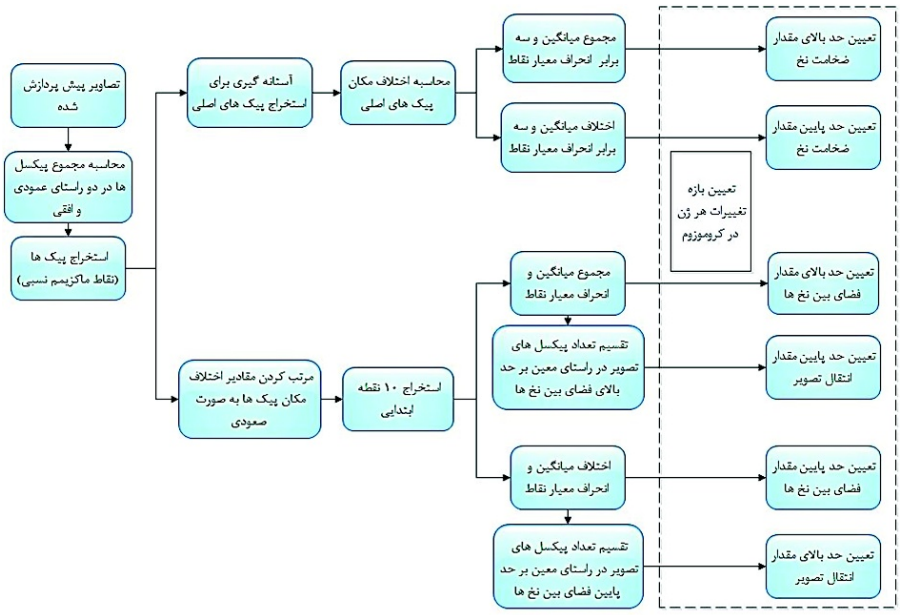
۳-۲-۲- نحوه محاسبه تابع هزینه

مقدار هزینه هر راه حل از طریق الگوریتم نشان داده‌شده در شکل (۱۱) محاسبه می‌شود. در این الگوریتم، کروموزوم به‌عنوان ورودی و مجموع مقادیر اختلاف تصاویر تاری و پودی شبیه‌سازی‌شده با تصاویر پیش‌پردازش‌شده متناظر به‌عنوان خروجی تابع هزینه است.

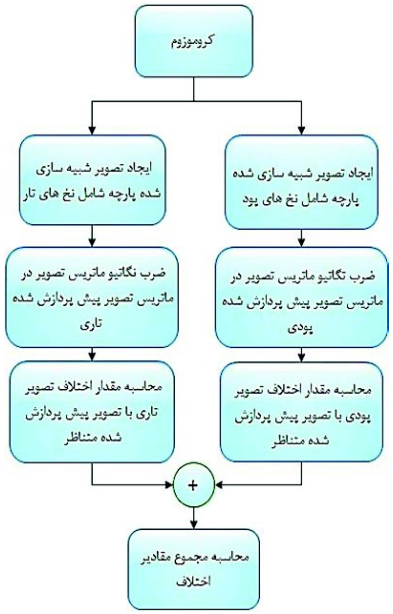
در مرحله نخست، دو تصویر پارچه مطابق با پارامترهای کروموزوم ورودی شبیه‌سازی می‌شود. تصویر نخست فقط شامل نخ‌های تار و تصویر دوم شامل نخ‌های پود است که یک مرتبه به میزان تعیین‌شده انتقال یافته است. در مرحله بعد، ماتریس مکمل هر تصویر ایجاد شده و در ماتریس تصویر پیش‌پردازش‌شده متناظر ضرب و با محاسبه مجموع مقادیر ماتریس حاصل، میزان اختلاف هر تصویر مشخص می‌شود. درنهایت با محاسبهٔ مجموع دو مقدار اختلاف، مقدار هزینه کروموزوم ورودی تعیین می‌شود. اگر دو تصویر کمترین مقدار اختلاف را داشته باشند، بدین معنی است که تصویر شبیه‌سازی‌شده با ویژگی‌های کروموزوم ورودی بهترین مطابقت را با تصویر نخستین داشته و موقعیت نخ‌ها به‌درستی مشخص شده است.



(شکل- ۸): الگوریتم ژنتیک پیشنهادی.



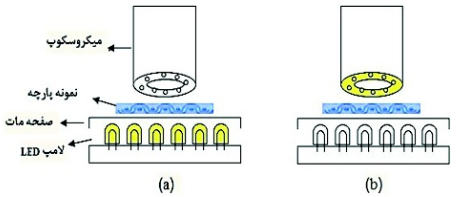
(شکل- ۱۰): نحوه تعیین بازه تغییرات ژن‌ها.



(شکل- ۱۱): الگوریتم محاسبه مقدار هزینه هر راه حل.

۴- نتایج و بحث

جهت تصویربرداری از سطح پارچه با استفاده از نور عبوری، صفحهٔ نوری با ابعاد $12\times12\ cm^2$ حاوی ۱۴۴ عدد دیود نوری طراحی و ساخته شد. دیودها دارای طول موج (رنگ قرمز) و توزیع نور موازی بودند. جهت تولید یک سطح نورانی یکنواخت از یک صفحه مات بر روی صفحه دیودها استفاده شد. میزان شدت نور صفحهٔ طراحی‌شده در ولتاژ مورد استفاده (۱۲V) برابر با Lux ۳۵۰ بود. جهت تصویربرداری از میکروسکوپ Dino-Lite Pro2 مدل AD-413ZT با بزرگ‌نمایی پنجاه برابر استفاده شد. در شکل (۱۲) ، نحوه نورپردازی به سطح پارچه نشان داده شده است.



(شکل- ۱۲): شکل نمادین نحوه عکس‌برداری از پارچه، (a) تهیه تصویر پارچه با نورپردازی از پشت پارچه، (b) تهیه تصویر بازتابی پارچه با نورپردازی در روی پارچه.

نمونه‌ای از تصاویر گرفته‌شده از پارچه‌های مورد استفاده در پژوهش و پارامترهای هرکدام در جدول (۲) ، نشان داده شده است. در این مقاله، مطالعه بر روی بیست نمونه تصویر با نور عبوری گرفته‌شده از سطح پارچه انجام شده و تصویر بازتابی متناظر به‌منظور واضح‌تر نشان‌دادن نوع پارچه و طرح بافت و رنگ آن، تهیه شده است.

همان‌طور که ذکر شد، تصویر با نور عبوری گرفته‌شده از سطح پارچه پیش‌پردازش‌شده تا در مرحله بعد با استفاده از الگوریتم ژنتیک موقعیت نخ‌ها در تصویر پارچه مشخص شود. مقدار هر کدام از پارامترها و روش‌های مورد استفاده در این الگوریتم در جدول (۱) ، نشان داده شده است.

(جدول- ۱): پارامترهای الگوریتم ژنتیک مورد استفاده.

نوع پارامتر	مقدار (روش)
تعداد تولید نسل	۶۰
میزان جمعیت اولیه	۲۰۰۰
نرخ عملگر دورگه‌شدن	٪۷۰
نرخ عملگر جهش	٪۳۰
نحوه انتخاب والدین	چرخ رولت
نحوه دورگه‌شدن	تقاطع یکنواخت
نحوه جهش	ایجاد نقشه اعداد رندوم صفر و یک (فصاحت و پیوندی، ۱۳۹۲)

کد و رنگ متناظر آن برای ارائه طرح رنگ تصاویر جدول (۲) در جدول (۳) آورده شده است.

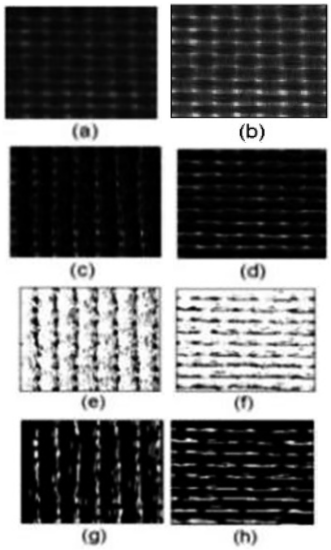
مراحل مختلف پیش‌پردازش بر روی تصویر با کد یک در شکل (۱۳) ، نشان داده شده است.

در شکل (۱۳) ، تصویر فیلترشده (a) با تبدیل موجک در یک سطح تجزیه شده و تصویر تقریبی (b) نشان‌دهندهٔ بافت اصلی پارچه استخراج می‌شود. در این مرحله برای استخراج لبه نخ‌های تار و پود، فیلتر سوبل در دو جهت عمودی و افقی به کار گرفته می‌شود. با توجه به این که تغییرات شدت رنگ موجود در تصاویر (c) و (d) باعث عدم تشخیص صحیح موقعیت نخ‌ها در مراحل بعد خواهد شد، تصاویر با استفاده از روش خوشه‌بندی فازی به دو قسمت سیاه و سفید بخش‌بندی می‌شود. در این روش، تصویر به سه لایه خوشه‌بندی شده است و تصویر دودویی نهایی (e) و (f) از تجمع دو لایه با شدت نور بیشتر و لایهٔ باقی‌مانده حاصل می‌شود. مکمل تصاویر حاصل از عمل‌گر شکل‌شناسی در شکل (g) و (h) نشان داده شده است که به‌عنوان تصاویر ورودی الگوریتم ژنتیک است.

در الگوریتم پیشنهادی ، تصاویر شبیه‌سازی‌شدهٔ پارچه با ژن‌های متغیر در کروموزوم ورودی ساخته شده و مطابقت هر تصویر با تصویر پارچهٔ واقعی بررسی می‌شود. در جدول (۴)، بازه تغییرات و مقادیر ژن‌های حاصل برای بهترین کروموزوم راه حل مربوط به تصویر کد یک آورده شده است.

(جدول- ۳): کد و رنگ متناظر آن.

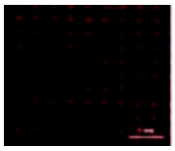
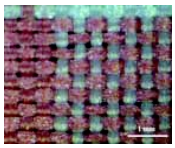
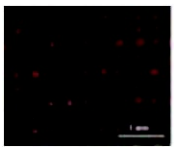
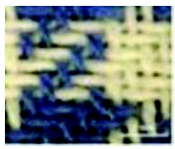
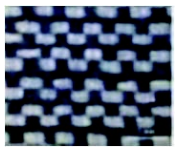
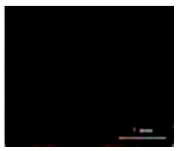
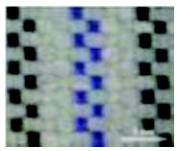
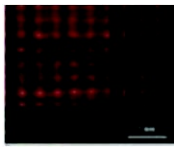
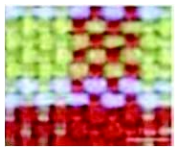
کد رنگ	رنگ متناظر
۱	سفید
۲	صورتی
۳	آبی
۴	سیاه
۵	زرد
۶	قرمز



(شکل- ۱۳): مراحل پیش‌پردازش تصویر، (a) تصویر خاکستری فیلترشده، (b) تصویر تقریبی حاصل از تجزیه یک سطحی تبدیل موجک، (c) تصویر حاصل از فیلتر لبه سوبل عمودی، (d) تصویر حاصل از فیلتر لبه سوبل افقی، (e) و (f) تصاویر حاصل از الگوریتم FCM، (g) و (h) مکمل تصاویر حاصل از عملگر شکل‌شناسی.

مطابق با شکل (۱۴) ، موقعیت نخ‌های تار و نخ‌های پود با استفاده از الگوریتم پیشنهادی به‌درستی تشخیص داده شده است. در این شکل خطوط قرمز موجود در تصاویر (b) و (c)، موقعیت هر نخ را مشخص می‌کند. این خطوط با مقادیر ژن‌های بهترین کروموزوم حاصل از الگوریتم ژنتیک ارائه‌شده در جدول (۳) ، ایجاد شده است که بیشترین مطابقت را با تصویر پارچه اصلی دارد. در نمودار شکل ((d)-۱۴) و ((e)-۱۴) خطوط آبی نمودار نخستین نقاط پیک بر حسب مکان آن‌ها را نشان می‌دهد. خطوط قرمز بابه‌کاربردن فیلتر میانگین متحرک روی نمودار نخستین حاصل شده و نقاط مشخص‌شده با علامت (*) نشان‌دهنده پیک‌های محلی ا. نمودارهای (d)-۱۴ و (e)-۱۴ نشان می‌دهد که در روش پیشنهادی، پیک‌های مطابق با هر نخ در تصاویر تار و پود متناظر به‌طور دقیق و صحیح تعیین شده است.

(جدول- ۲): تصاویر نمونه پارچه‌های مورد استفاده و پارامترهای آن.

طرح رنگ		تراکم نخ /(cm)		طرح بافت	تصویر پارچه با نور عبوری	تصویر بازتابی پارچه	کد تصویر
۱۱۱۱۱۱۱۲۲۲	تار	۲۴	تار	تافته			۱
۱۲۲۲۲۲۲۲۲۲	پود	۲۲	پود				
۱۱۱۱۱۳۳۳۳	تار	۴۰	تار	سرژه ۲/۲			۲
۱۱۱۱۱۱۳۳۳۳۳	پود	۲۸	پود				
۳۱۳۱۳	تار	۳۲	تار	ریپس پودی			۳
۳۱۳۱۳۱	پود	۲۶	پود				
۴۴۱۱۳۳۱۱	تار	۳۵	تار	تافته			۴
۱۱۱۱۱	پود	۲۹	پود				
۵۵۵۵ ۶۶۶۶	تار	۳۵	تار	تافته			۵
۶۶۶۱۱۵۵۵۵	پود	۲۴	پود				

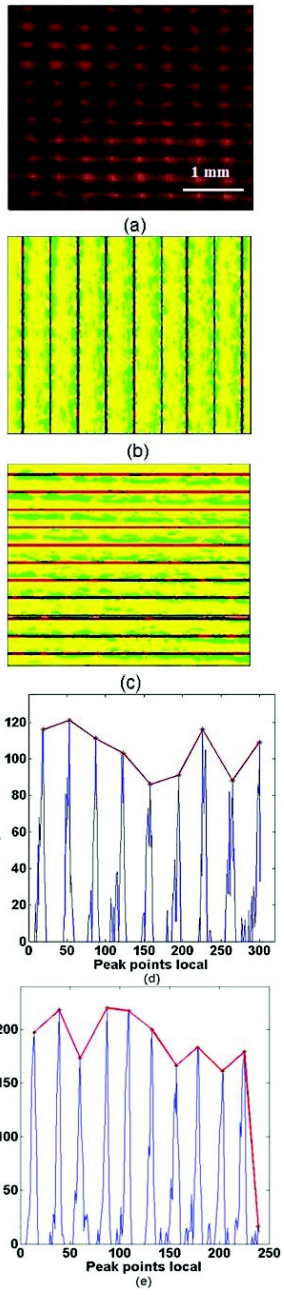
در شکل (۱۵) ، نمودار تغییرات مقدار تابع هزینه بهترین راه حل در هر نسل و میانگین مقادیر تابع هزینه راه حل‌ها در هر نسل برای تصویر کد یک نشان داده شده است.

شرط توقف اجرای الگوریتم ژنتیک مورد استفاده برابرشدن مقدار میانگین هزینه هر نسل با بهترین مقدار هزینه آن است . بنابراین می‌توان با چندین‌بار اجرای برنامه و تغییر پارامترهای الگوریتم ژنتیک ، به نتیجه مطلوب دست یافت و میزان خطای تشخیص موقعیت نخ در تصویر پارچه را تا حد ممکن کاهش داد.

نتایج مربوط به نمونه‌های مورد استفاده در این مطالعه، با استفاده از دو روش بصری و روش پیشنهادی و میزان خطای مقایسه دو روش ، در جدول (۵) ، ارائه شده است.

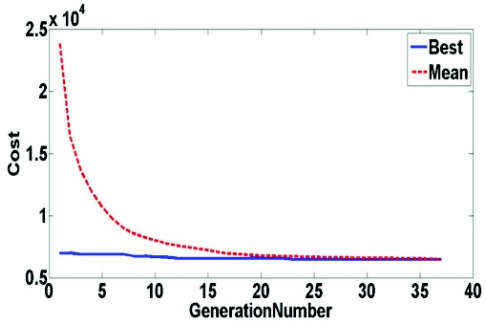
(جدول- ۴): بازه تغییرات و مقادیر ژن‌های بهترین کروموزوم راه حل تصویر کد یک .

نوع ژن	بازه تغییرات (پیکسل)		مقادیر ژن بهترین راه حل (پیکسل)
ضخامت نخ تار	حد پایین	۴	۲۶
	حد بالا	۲۶	
ضخامت نخ پود	حد پایین	۲	۲۲
	حد بالا	۲۴	
فضای بین دو نخ تار	حد پایین	۱	۲
	حد بالا	۲	
فضای بین دو نخ پود	حد پایین	۱	۲
	حد بالا	۲	
مقدار انتقال تصویر تاری	حد پایین	۱۵۳	۱۷۰
	حد بالا	۳۰۶	
مقدار انتقال تصویر پودی	حد پایین	۱۲۸	۲۵۴
	حد بالا	۲۵۶	



(شکل- ۱۴): تصاویر بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک مطابق با تصویر پارچه، (a) تصویر پارچه، (b) تصویر نشان‌دهنده موقعیت نخ‌های تار، (c) تصویر نشان‌دهنده موقعیت نخ‌های پود، (d) نمودار مقدار نقاط پیک بر حسب مکان نخ‌های تار، (e) نمودار مقدار نقاط پیک بر حسب مکان نخ‌های پود.

مقایسهٔ نتایج حاصل از دو روش پیشنهادی و بصری ، نشان می‌دهد که در تصاویر پارچه‌های تک‌لایه با کدهای ۱، ۴، ۶، ۸، ۹، ۱۱، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ درصد خطای روش پیشنهادی برای نخ‌های تار و پود به‌طور میانگین، کم‌تر از شانزده درصد است. به عبارت دیگر، همان‌طور که در شکل (۱۶) ، نشان داده شده ، در این نوع پارچه‌ها دقت روش پیشنهادی در نخ تار، ۹۲ درصد و در نخ پود ، بیش از ۷۶ درصد ا که از جمله دلایل آن می‌توان به عدم فشردگی طرح بافت، یک‌نواختی در طرح رنگ و نخ و عدم وجود الیاف بیرون‌زده از سطح نخ به‌خصوص در راستای تار اشاره کرد. در تصاویر با کدهای ۲، ۳، ۵، ۷، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۲۰ طرح بافت پارچه دولایه است که باعث عدم یکنواختی در رنگ تصویر شده و لایهٔ زیرین کم‌رنگ‌تر از لایهٔ رو است. روش پیشنهادی‌به طور میانگین با خطای کم‌تر از ۳۰ درصد قادر است تا موقعیت نخ‌های تار و پود را در این نوع پارچه‌ها به درستی شناسایی کند. درحالی‌که روش‌های ارائه‌شده تاکنون قادر به تشخیص صحیح موقعیت نخ در پارچه‌های دولایه نیستند. البته در تصاویر با کدهای ۱۲ و ۱۶ استثناهایی نیز وجود دارد. در تصویر ۱۲ با وجود عدم وضوح نخ‌های پود، تعداد آن به‌درستی توسط روش پیشنهادی تشخیص داده شده است ؛ اما در تصویر ۱۶، تعداد نخ‌های پود با وضوح بیشتر بدون خطا تشخیص داده شده است درحالی‌که موقعیت نخ‌های تار با وجود وضوح نسبی با سی درصد خطا تعیین شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهادی به‌طور میانگین با میزان دقت بیش از ۷۳ درصد به‌طور صحیح موقعیت نخ را در تصاویر منسوجات دولایه با طرح رنگ نایکنواخت تشخیص داده است. در تصاویر منسوجات تک‌لایه با بافت نامتراکم و طرح رنگ یکنواخت، این میزان به‌طور میانگین بیش از ۸۴ درصد است. وجود خطا در تشخیص صحیح موقعیت نخ می‌تواند به دلایل مختلف از جمله عدم وضوح مناسب تصویر گرفته‌شده از پارچه باشد.



(شکل- ۱۵): نمودار مقدار بهینه و میانگین هزینه هر نسل بر حسب شماره نسل.

در ستون‌های پنجم و ششم جدول (۵)، نتایج و میزان خطای حاصل از اجرای روش کاربرد شدت نور سطح خاکستری در تعیین موقعیت نخ بر روی نمونه‌های تصویر (توضیح‌داده شده در بخش دوم مقاله)، آورده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در اکثر نمونه‌ها، خطای تعیین موقعیت نخ با استفاده از این روش در مقایسه با روش بصری، بیش از هشتاد درصد است که در پارچه‌های تک‌لایه به طور میانگین ۴۵ درصد و در پارچه‌های دولایه ۵۹ درصد خطا را نشان می‌دهد. همچنین در مقایسه با روش پیشنهادی، تعیین تعداد نخ‌های تار و پود با استفاده از این روش در کل نمونه‌ها به‌طور میانگین ۵۸ درصد، با خطا همراه بوده است.

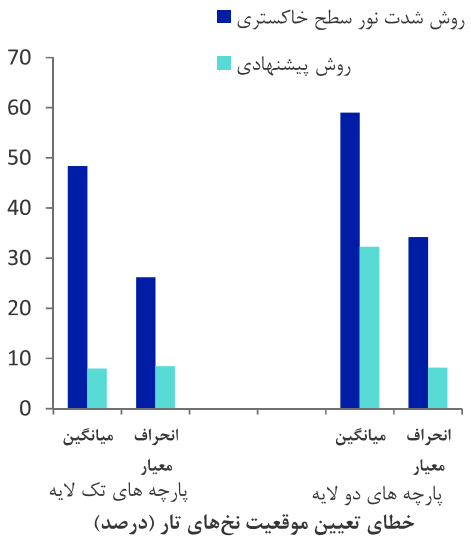
(جدول- ۵): نتایج مربوط به نمونه‌های مورد استفاده در این مطالعه.

خطای روش شدت نور سطح خاکستری (درصد)		خطای روش پیشنهادی (درصد)		روش شدت نور سطح خاکستری (کانگ و همکاران، ۱۹۹۹)		روش پیشنهادی		روش بصری		کد تصویر
تار	پود	تار	پود	تعداد تار	تعداد پود	تعداد تار	تعداد پود	تعداد تار	تعداد پود	
۲۰	۲۰	۰	۰	۱۲	۱۲	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱
۱۰	۶۰	۳۰	۴۰	۱۱	۱۶	۷	۶	۱۰	۱۰	۲
۸۰	۴۰	۲۰	۳۰	۱۸	۱۴	۸	۷	۱۰	۱۰	۳
۶۰	۸۰	۰	۰	۱۶	۱۸	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۴
۵۰	۸۰	۳۰	۴۰	۱۵	۱۸	۷	۶	۱۰	۱۰	۵
۷۰	۱۰	۲۰	۴۰	۱۷	۱۱	۸	۶	۱۰	۱۰	۶
۸۰	۹۰	۴۰	۴۰	۱۸	۱۹	۶	۶	۱۰	۱۰	۷
۴۰	۶۰	۲۰	۳۰	۱۴	۱۶	۸	۷	۱۰	۱۰	۸
۸۰	۵۰	۱۰	۳۰	۱۸	۱۵	۹	۷	۱۰	۱۰	۹
۸۰	۱۰۰	۴۰	۳۰	۱۸	۲۰	۶	۷	۱۰	۱۰	۱۰
۸۰	۲۵	۰	۱۲/۵	۹	۱۰	۵	۷	۵	۸	۱۱
۶۰	۲۵	۲۰	۰	۸	۱۰	۶	۸	۵	۸	۱۲
۸۰	۷۵	۲۵	۰	۱۶	۱۴	۱۰	۸	۸	۸	۱۳
۹۰	۸۰	۴۰	۲۰	۱۹	۹	۱۴	۶	۱۰	۵	۱۴
۱۰	۴۰	۴۰	۲۰	۱۱	۱۰	۶	۵	۱۰	۶	۱۵
۱۰	۴۰	۳۰	۰	۱۱	۷	۷	۵	۱۰	۵	۱۶
۱۰	۳۰	۱۰	۴۰	۱۱	۷	۹	۶	۱۰	۱۰	۱۷
۵۰	۸۰	۰	۲۸/۶	۹	۹	۶	۷	۶	۵	۱۸
۲۵	۱۱	۱۲/۵	۳۳/۴	۱۱	۱۰	۷	۶	۸	۹	۱۹
۱۰۰	۱۲/۵	۴۰	۲۵	۱۰	۱۸	۷	۱۰	۵	۸	۲۰

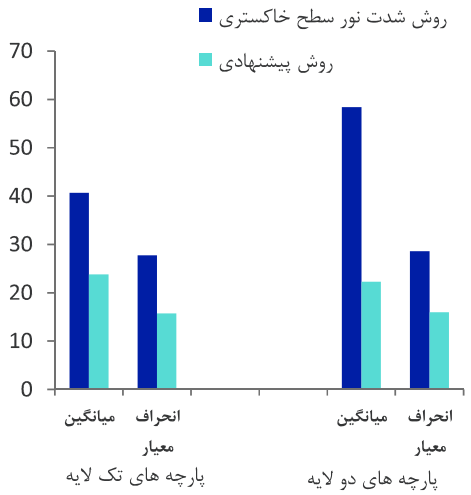
۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک روش ترکیبی بر اساس تبدیل موجک، خوشه‌بندی فازی و الگوریتم ژنتیک ارائه شد تا بافت اصلی تصویر منسوج شناسایی شده و موقعیت صحیح نخ‌ها که اجزای اصلی سازندهٔ بافت تصویر هستند ، به‌درستی تشخیص داده شود. در این راستا در مرحله نخست ، بیست نمونه تصویر رنگی گرفته‌شده از منسوجات تاری و پودی با طرح بافت و طرح رنگ‌های مختلف، با استفاده از روش تبدیل موجک و خوشه‌بندی فازی پیش‌پردازش‌شده است. استفاده از ترکیب این دو روش باعث یکنواخت‌سازی مؤثر تغییرات شدت در تصویر بدون حذف اطلاعات اصلی تصویر شده است. در مرحله دوم، تصویر پیش‌پردازش‌شده به‌عنوان ورودی الگوریتم ژنتیک به کار گرفته شده است. در الگوریتم با تابع هزینه جدید، تصاویر شبیه‌سازی‌شدهٔ انعطاف‌پذیر با ویژگی‌های تصویر ورودی ایجاد شده و بیش‌ترین مطابقت هر تصویر با تصویر اصلی منسوج بررسی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که با توجه به شرایط خاص ساختاری پارچه، استفاده از الگوریتم پیشنهادی می‌تواند به‌طور انعطاف‌پذیر و با دقت بیش از ۷۳ درصد در تصاویر پارچه‌های دولایه با طرح رنگ نایکنواخت و با دقت میانگین بیش از ۸۴ درصد در تصاویر منسوجات تک‌لایه با بافت نامتراکم و طرح رنگ یکنواخت در مقایسه با نتایج روش بصری، محل نخ‌ها را به‌درستی شناسایی کند . در اکثر نمونه‌ها، خطای روش شدت نور سطح خاکستری در مقایسه با روش بصری بیش از هشتاد درصد است، درحالی‌که این مقدار در مقایسه با روش پیشنهادی به‌طور میانگین ۵۸ درصد است. با کاربرد روش

ارائه‌شده در این مطالعه به‌طور خودکار و دقیق‌تر موقعیت نخ را در تصاویر پارچه‌های تاری و پودی می‌توان شناسایی کرد. هرچند برای دستیابی به میزان خطای کمتر و افزایش دقت، استفاده از روش‌های دیگر مانند الگوریتم رقابت استعماری و شبکه عصبی در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود .



(a)



(b)

(شکل- ۱۶): نمودار مقدار خطای تعیین موقعیت نخ در دو نوع پارچه تک‌لایه و دولایه با استفاده از روش‌های شدت نور سطح خاکستری و روش پیشنهادی، (a) خطای تعیین موقعیت نخ‌های تار، (b) خطای تعیین موقعیت نخ‌های پود.

۶- مراجع

زارع‌نژاد زهره، پیوندی پدرام، خوشه‌بندی تصاویر پوشاک با استفاده از پردازش تصویر و الگوریتم K_means، مجله علوم و فناوری نساجی، ۱۳۹۲، سال ۳، ش. ۱، ص. ۳-۱۰.

فصاحت فروزان، پیوندی پدرام، استخراج پارامترهای پارچه از تصویر شبیه‌سازی شده با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک، مجله علوم و فناوری نساجی، ۱۳۹۲، سال ۳، ش. ۲، ص. ۴۷-۵۶.

گونزالس رافائل‌سی، وودز ریچاردای، ادینز استیون‌ال، پردازش تصویر دیجیتال با زبان MATLAB، جعفرنژاد قمی عین‌الله، چاپ اول، تهران، انتشارات علوم رایانه، ۱۳۸۹.

Bezdek J. C., Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithm, Plenum Press, New York, 1981.

Dawson R.M., Enumeration and Identification by Elimination of Weave Families of Given Repeat Size, Textile Research Journal, 2000, Vol. 70, No. 4, pp. 304-310.

Di Zh., Luoqing Zh., Jun S., A novel feedback error-correcting algorithm for automatic recognition of the color and weave pattern of yarn-dyed fabrics, Textile Research Journal, 2013, Vol. 0, No. 0, pp. 1-17.

Escofet J., Millan M. S., Rallo M., Modeling of woven fabric structures based on Fourier image analysis, Applied Optics, 2001, Vol. 40, No. 34, pp. 6170-6176.

Jeon B., Bae J., and W. Suh M., Automatic Recognition of Woven Fabric Patterns by an Artifi-cial Neural Network, Textile Research Journal, 2003, Vol. 73, No. 1, pp. 645-650.

Jing J., Wang J., Jia J. Kang X., Automatic Recognition of Woven Fabric by Using Gray Level Co-occurrence Matrix, Journal of Computational Information Systems, 2012, Vol. 9, No. 11, pp. 3181-3188.

Jing J., Wang J., Jia J., Automatic Recognition of Woven Fabric Based on Local Binary Pattern, Journal of Computational Information Systems, 2012, Vol. 8, No. 21, pp. 8901-8909.

Kang T. J., Kim Ch. H., Oh K. W., Automatic Recognition of Fabric Weave Patterns by Digital Image Analysis, Textile Research Journal, 1999, Vol. 69, No. 2, pp. 77-83.

Kim S. Ch., Kang T. J., Image Analysis of Standard Pilling Photographs Using Wavelet Reconstruction, Textile Research Journal, 2005, Vol. 75, No. 12, pp. 801-811.

Kuo Ch. F. J., Shih Ch. Y., Ho Ch. E., Peng K. Ch., Application of computer vision in the automatic identification and classification of woven fabric we-

ave patterns, Textile Research Journal, 2010, Vol. 80, No. 20, pp. 2144-2157.

Kuo Ch. F. J., Shih Ch. Y., Lee J. Y., Automatic Recognition of Fabric Weave Patterns by a Fuzzy C-Means Clustering Method, Textile Research Journal, 2004, Vol. 74, No. 2, pp. 107-111.

Kuo Ch. F. J., Tsai Ch., Automatic Recognition of Fabric Nature by Using the Approach of Texture Analysis, Textile Research Journal, 2006, Vol. 76, No. 5, pp. 375-382.

Lachkar A., Benslimane R., D'Orazio L., Martuscelli E., Textile woven fabric recognition using Fourier image analysis techniques: Part II - texture analysis for crossed-states detection, Journal of the Textile Institute, 2005, Vol. 96, No.3, pp. 179-183.

Pan R., Gao W., Liu J., Wang H., Zhang X., Automatic Detection of Structure Parameters of Yarn-dyed Fabric, Textile Research Journal, 2010, Vol. 80, No. 17, pp. 1819-1832.

Qingfu L., Ye Y., Junxia Ch., Segmentation for Fabric Weave Pattern using Empirical Mode Decomposition based Histogram, Telkomnika, 2013, Vol. 11, No. 4, pp. 1996-2001.

Rallo M., Escofet J., Millan M. S., Weave-repeat identification by structural analysis of fabric images, Applied Optics, 2003, Vol. 42, No. 17, pp. 3361-3372.

Shen J., Li G., Zou X., Li Y., Fabric Weave Pattern's Recognition Based on Texture Orientation Features, Applied Mechanics and Materials, 2013, Vol. 423-426, pp. 2404-2408.

Shen J., Zou X., Xu F., and Xian Zh, Intelligent recognition of fabric weave patterns using texture orientation features, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, Vol. 106, pp. 8-15.

Wang X., Georganas N., Fabric Texture Analysis Using Computer Vision Techniques, 2011, IEEE Transactions on Instrumentations and Measurement, 2011, Vol. 60, No. 1, pp. 44-56.

Xiao Zh., Nie X., Zhang F. and Geng L., Recognition for woven fabric pattern based on gradient histogram, Journal of the Textile Institute, 2014, Vol. 105, No. 7, pp. 744-75.

Xin B., Hu J., Baciu G., and Yu X., Investigation on the Classification of Weave Pattern Based on an Active Grid Model, Journal of the Textile Institute, 2009, Vol. 79, No. 12, pp. 1123-1134.

Zhang J., Wang X., Palmer S., Objective Grading of Fabric Pilling with Wavelet Texture Analysis, Textile Research Journal, 2007, Vol. 77, No. 11, pp. 871-879.

Zheng D., A new method for the detection and classification of weave pattern repeat, Textile Rese-rch Journal, 2014, Vol. 0, No. 0, pp. 1-14.

Zheng D., Han Y., Hu J. L., A new method for classification of woven structure for yarn-dyed fabric, Textile Research Journal, 2013, Vol. 0, No. 0, pp. 1-18.

Zhong P., Ye T., Shi Y., Tu X., Research on computer-aided analysis and reverse reconstruction for the weave pattern of fabric, Textile Research Journal, 2012, Vol. 83, No. 3, pp. 298-310.

فروزان فصاحت تحصیلات کارشناسی خود را در رشتهٔ مهندسی نساجی گرایش پوشاک در سال ۱۳۹۱ در دانشگاه یزد به اتمام رسانید و در همان سال با اخذ سهمیه استعدادهای درخشان در مقطع کارشناسی ارشد مهندسی نساجی گرایش تکنولوژی نساجی، در دانشگاه یزد پذیرفته شد. وی هم‌اکنون مشغول به تحصیل در این مقطع است. پردازش تصویر، الگوریتم‌های تکاملی و فراابتکاری از موضوعات مورد علاقه ایشان است.

نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت است از:

fesahat@stu.yazd.ac.ir

پدرام پیوندی در سال ۱۳۵۷ در شهرستان مشهد به دنیا آمد. دوره کارشناسی خود را در دانشگاه صنعتی اصفهان و دوره کارشناسی ارشد و دکترای خود را در دانشگاه صنعتی امیرکبیر در رشته مهندسی تکنولوژی نساجی به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۷۹،۱۳۸۲،۱۳۸۷ به پایان رسانید. در سال ۱۳۸۳ جهت گذراندن دوره و دریافت جایزه کمپانی Rieter به‌عنوان دانشجوی ممتاز در رشته مهندسی تکنولوژی نساجی کل کشور راهی کشور سوییس شد. وی از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۸۸ به‌مدت پنج سال عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد یزد و از سال ۱۳۸۸ تاکنون عضو هیأت علمی دانشگاه یزد است. زمینهٔ کاری ایشان کاربرد پردازش تصویر و الگوریتم‌های فراابتکاری در مهندسی نساجی و پوشاک است.

نشانه رایانامهٔ ایشان عبارت است از:

peivandi@yazd.ac.ir