

مروری بر روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای نخ با پردازش تصویر

A Review of Methods for Measuring Yarn Properties Using Image Processing

نعیمه باغشاهی، پدram پیوندی^{*}، محمد علی توانایی

یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۰

چکیده

در سال‌های اخیر با رشد علم و فناوری و ایجاد بازارهای رقابتی در صنعت نساجی، لزوم کنترل کیفیت و اندازه‌گیری پارامترهای کمی و کیفی و پیش‌بینی خواص محصول نهایی اهمیت بسزایی دارد. امروزه کارخانه‌های تولیدی به دنبال روش‌های بینایی رایانه‌ای و الگوریتم‌های مختلف پردازش تصویرند، چرا که در این روش‌ها نه تنها نیازی به استفاده از دستگاه‌های گران‌قیمت و پیچیده نیست، بلکه با استفاده از یک رایانه و یک دوربین، می‌توان به نتایج بسیار دقیق در کمترین زمان ممکن دست یافت و خطاهای ارزیابی را به حداقل ممکن رساند. در این بررسی، پژوهش‌های انجام شده در زمینه اندازه‌گیری پارامترهای نخ مانند قطر، پرز، تاب در متر نخ، درصد موج در نخ‌های تغییر شکل یافته (textured)، درصد مخلوط در نخ‌های چندجزئی، عیوب پوششی نخ‌های مغزی، بالک‌های نخ تغییر شکل یافته به وسیله جت هوا، تغییر شکل سطح مقطع الیاف پس از قرار گرفتن در نخ و شناسایی عیوب نخ با استفاده از پردازش تصویر مرور شد. در مقاله حاضر، این پارامترها تشریح و روش‌های به کار برده شده برای اندازه‌گیری آنها با استفاده از پردازش تصویر مطرح شد.

مقدمه

کاربرد روزافزون انواع پارچه در مصارف پوشاک و صنعتی، باعث شده است که بررسی ویژگی‌های هندسی و سطحی نخ‌های تشکیل‌دهنده آن، از اهمیت بسیاری برخوردار شود. بدیهی است، اندازه‌گیری پارامترهای کمی و کیفی و پیش‌بینی خواص محصول نهایی اهمیت بسزایی دارد. می‌توان عوامل مؤثر بر آن‌ها را بررسی و برای کنترل و هدایت آن‌ها مطابق آنچه برای تولید نهایی مدنظر است، برنامه‌ریزی کرد [۱].

به مجموعه عملیات و پردازش‌هایی که در راستای کاهش عیوب و بهبود کیفیت تصویر در زمینه‌های مختلف انجام شده است، علم پردازش تصویر می‌گویند [۲]. اندازه‌گیری

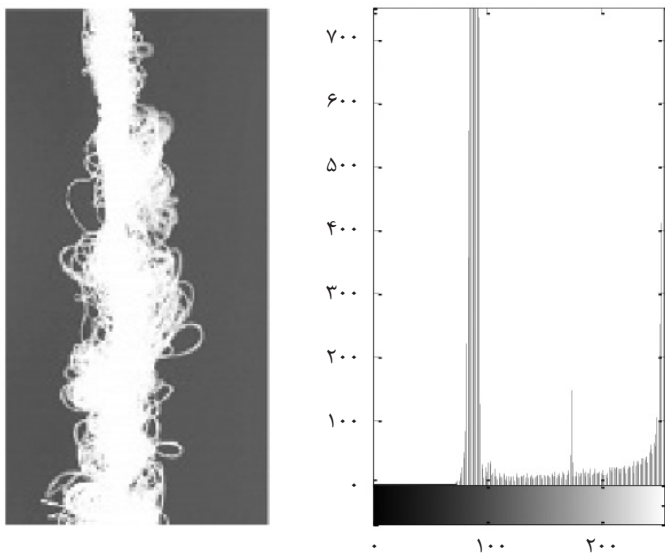
کلمات کلیدی

بینایی رایانه‌ای، پردازش تصویر، پارامترهای نخ.

پارامترهای نخ با پردازش تصویر، دارای مزایای زیادی نظیر اندازه‌گیری غیرتماسی، آزمون غیرمخرب، کاهش ضایعات، نداشتن محدودیت‌های روش‌های قدیمی مبتنی بر روش چشمی (خستگی اپراتور، دقت کار و سایر موارد) و مقرون به صرفه‌بودن از نظر اقتصادی و زمانی است [۳]. در این روش نه تنها به استفاده از دستگاه‌های گران‌قیمت و پیچیده نیازی نیست، بلکه به کمک یک رایانه و اسکنر یا دوربین می‌توان به نتایج بسیار دقیق در کمترین زمان ممکن دست یافت و خطاهای ارزیابی را به حداقل ممکن رساند [۴، ۵].

مهم‌ترین پارامترهای نخ که با پردازش تصویر اندازه‌گیری می‌شوند، عبارت‌اند از:

* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: peivandi@yazd.ac.ir



شکل ۲- تصویر نخ و نمودار فراوانی شدت آن [۱۸].

افزایش وضوح تصویر استفاده می‌شود. نمودار فراوانی شدت یک تصویر رقمی با سطوح شدت روشنایی در بازه [۰-۲۵۵] در شکل ۲ نشان داده شده که محور افقی نمودار فراوانی شدت تصویر، شدت‌های روشنایی نقاط تشکیل‌دهنده تصویر و محور عمودی فراوانی شدت روشنایی‌های مختلف نقاط تشکیل‌دهنده تصویر است.

نمودار فراوانی شدت تصویر پایه تعداد زیادی از روش‌های پردازش حوزه مکان است. افزون بر فراهم کردن اطلاعات مفید آماری درباره تصویر، اطلاعات موجود در نمودار فراوانی شدت برای بسیاری از کاربردها از جمله فشرده‌سازی تصویر و ناحیه‌بندی کارایی دارد [۱۷]. در همسان‌سازی یا متعادل کردن نمودار فراوانی شدت، یک تصویر با تباین (contrast) کم به یک تصویر با تباین و وضوح زیاد تبدیل می‌شود [۱۹]. برای متعادل‌سازی نمودار فراوانی شدت، فراوانی شدت روشنایی‌های متفاوت بین نقاط تشکیل‌دهنده تصویر باید یکنواخت شود. به عبارت دیگر، تصویر دارای نمودار فراوانی شدت دلخواه، به تصویری با نمودار فراوانی شدت که داری توزیع یکنواخت است، تبدیل می‌شود [۱۷].

دودویی کردن تصویر

دودویی کردن برای جدا کردن شیء از پس‌زمینه استفاده می‌شود. جدا کردن شیء از پس‌زمینه برای استخراج اطلاعات شیء مانند محیط و مساحت به کار می‌رود و اگر تصویر به‌درستی دودویی نشود، استخراج پارامتر مدنظر از تصویر به‌خوبی انجام نمی‌گیرد. یک تصویر دودویی یک آرایه منطقی از ۰ و ۱ است (شیء در تصویر دارای مقدار ۱ در زمینه ۰ است). روش‌های مختلفی برای دودویی کردن وجود دارد که شامل روش آستانه‌گیری سراسری، آستانه‌گیری محلی، خوشه‌بندی k-means و روش خوشه‌بندی فازی است.

آستانه‌گیری سراسری

در آستانه‌گیری هر پیکسل تصویر به‌عنوان شیء یا پس‌زمینه، نشانه‌گذاری

قطر [۶،۷].

پرز (hairiness) [۸،۹].

تاب در متر نخ [۶،۱۰].

درصد موج در نخ‌های بافته شده [۵].

درصد مخلوط در نخ‌های چندجزئی [۱۱].

عیوب پوششی نخ‌های مغزی (core spun yarn) [۱۲].

بالک‌های نخ تغییرشکل‌یافته با جت هوا [۸،۱۳].

تغییرشکل سطح مقطع الیاف پس از قرار گرفتن در نخ [۱۴] و

شناسایی عیوب نخ [۱۵].

برای اندازه‌گیری این پارامترها با پردازش تصویر، تصویر مدنظر تهیه و دودویی می‌شود و سپس متناسب با هر کدام از این پارامترها، توابع ویژه پردازش تصویر روی تصویر آن‌ها اعمال می‌شود تا این پارامتر مدنظر با دقت و صحت لازم به‌دست آید.

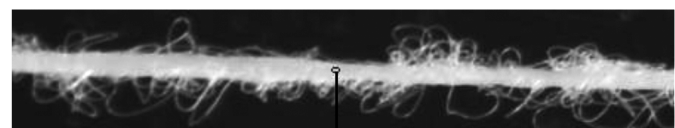
مهم‌ترین توابع پردازش استفاده شده در اندازه‌گیری پارامترهای نخ

یک تصویر می‌تواند به‌شکل یک تابع دوبعدی $f(x,y)$ تعریف شود که در آن x و y مختصات مکانی (در روی صفحه) هستند و دامنه f در هر زوج از مختصات (x,y) با نام شدت روشنایی یا سطح خاکستری تصویر، در آن نقطه نامیده می‌شود. هنگامی که x و y و مقادیر شدت روشنایی f همگی کمیت‌های محدود گسسته باشند، آنگاه تصویر را یک تصویر رقمی (digital) می‌نامند. پیکسل اصطلاح رایج برای اشاره به عناصر یک تصویر رقمی است (شکل ۱) [۱۶،۱۷].

مهم‌ترین توابعی که در پردازش تصویر استفاده می‌شوند عبارت از پردازش هیستوگرام تصویر، دودویی کردن (binary) تصویر، شکل‌شناسی، فیلترها و تبدیلات حوزه مکان و فیلترها و تبدیلات حوزه بسامد (تبدیل فوریه، فیلترهای پایین‌گذر و بالاگذر) هستند [۱۶،۱۷].

نمودار فراوانی شدت تصویر

پردازش تصویر با استفاده از نمودار فراوانی شدت (histogram) به معنی پردازش شدت نور در تصویر بوده که وظیفه آن بهبود تصویر است و برای



۱۲۵	۱۲۴	۱۲۶	۱۲۵	۱۲۴	۱۲۳	۱۲۴	۱۲۴
۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۵	۱۲۴	۱۲۳	۱۲۴	۱۲۴
۱۲۷	۱۲۷	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۵	۱۲۴	۱۲۴	۱۲۴
۱۲۹	۱۳۰	۱۲۸	۱۲۸	۱۲۷	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۵
۱۳۰	۱۳۱	۱۲۹	۱۲۸	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۸
۱۳۱	۱۳۱	۱۳۰	۱۲۹	۱۲۷	۱۲۸	۱۲۹	۱۳۰

شکل ۱- تصویر نخ (محور افقی در جهت محور x و محور عمودی در جهت محور y) و شدت روشنایی بخش مشخص شده در تصویر [۱۸].

می‌شود. در روش آستانه سراسری، انتخاب مقدار آستانه با استفاده از بررسی چشمی نمودار فراوانی شدت روشنایی تصویر و تعیین مقدار آستانه انجام می‌شود. تصویر دودویی حاصل، شامل اشیای روشن (دارای مقدار ۱) در پس‌زمینه تاریک (دارای مقدار ۰) است. یک روش برای انتخاب آستانه مناسب، استفاده از روش سعی و خطاست که مقدار آستانه مناسب توسط بیننده تصویر تشخیص داده می‌شود. روش دیگر انتخاب آستانه مناسب با استفاده از روش Otsu است. این روش، روشی مؤثر در انتخاب خودکار آستانه بهینه است که با بیشینه کردن واریانس بین کلاسی عمل می‌کند. ایده پایه این است که کلاس‌هایی که به خوبی آستانه‌گذاری شده‌اند، باید از سایر پیکسل‌ها جدا شوند و برعکس یک آستانه بهترین جداسازی بین کلاس‌ها را براساس شدت روشنایی آن‌ها انجام دهد.

آستانه‌گیری محلی

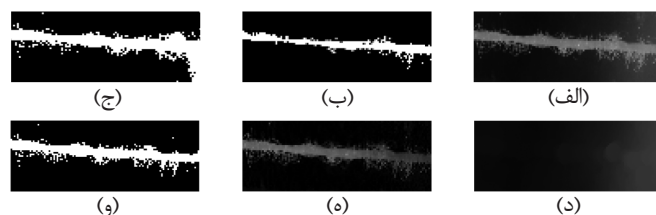
روش‌های آستانه‌سازی سراسری در صورت وجود تغییرات شدت نور در شیء یا پس‌زمینه تصویر با نقص مواجه می‌شوند. یک راه‌حل عملی برای حل این مشکل، پیش‌پردازش تصویر در راستای خنثی کردن خصوصیات نامطلوب و سپس اعمال یک آستانه سراسری روی تصویر پیش‌پردازش شده است. از باز کردن می‌توان برای یکنواخت کردن پس‌زمینه غیر یکنواخت تصویر استفاده کرد. بدین ترتیب که با کم کردن این تصویر از تصویر اصلی می‌توان یک تصویر با پس‌زمینه یکنواخت ایجاد کرد. سپس، می‌توان از یک آستانه مناسب استفاده کرد [۲۰]. شکل ۳ تصویر نخ به همراه تصاویر دودویی حاصل را پس از آستانه‌گذاری‌های مختلف نشان می‌دهد.

آستانه‌گیری به روش خوشه‌بندی

آستانه‌گیری محلی و Otsu تصویر را به دو بخش ۰ و ۱ تقسیم می‌کنند. اما، در تصاویری که تغییرات شدت نور شیء یا پس‌زمینه شدید است، روش‌های معمول آستانه‌گیری دقت لازم را ندارد. در این نوع تصاویر باید تصویر به چند بخش (به‌جای دو بخش) تقسیم شود. سپس، بخش‌های تشکیل‌دهنده شیء مدنظر به یکدیگر ملحق می‌شوند تا در نهایت تصویر دودویی مطلوب حاصل شود. برای دستیابی به این هدف از روش‌های خوشه‌بندی استفاده می‌شود. روش‌های آستانه‌گیری به روش خوشه‌بندی عبارت از خوشه‌بندی k-means و خوشه‌بندی به روش فازی است.

خوشه‌بندی به روش k-means

الگوریتم k-means از پرکاربردترین الگوریتم‌های خوشه‌بندی و به شرح



شکل ۳- تصویر: (الف) اصلی نخ، (ب) آستانه سراسری، (ج) آستانه سراسری (روش Otsu)، (د) استفاده از عملگر باز کردن روی تصویر، (ه) کم کردن تصویر از تصویر اصلی و (و) آستانه محلی [۱۸].

زیر است:

- انتخاب k داده به‌عنوان مراکز خوشه‌ها،
- تعیین فواصل سایر داده‌ها با مراکز خوشه‌ها،
- قرارگیری داده‌هایی که در آن خوشه، به مرکز هر یک از خوشه‌ها نزدیک‌اند.

- محاسبه میانگین هر یک از خوشه‌ها به‌عنوان مراکز جدید خوشه‌ها و
 - تکرار مرحله دوم تا چهارم تا رسیدن به عدم تغییر در خوشه‌ها [۲۱، ۲۲].
- در این خوشه‌بندی شدت نور تصویر به k بخش مختلف که معمولاً ۳ یا ۴ ناحیه است، تقسیم می‌شود که شدت نور همه این لایه‌ها با هم متفاوت است. در این حالت با حذف یک بخش می‌توان تصویر شیء را به‌طور کامل و بدون حذف کوچک‌ترین بخشی از آن در اختیار داشت که همه شدت نورهای متفاوت را در یک شدت نور که بیشترین شدت نور است، نشان می‌دهد. برای در اختیار داشتن هسته نخ بدون الیاف بیرون زده از سطح آن می‌توان بخش‌های بیشتری از آن را حذف کرد (شکل ۴).

خوشه‌بندی فازی

FCM روش خوشه‌بندی شناخته شده است و برای کوچک کردن تابع هدف با سازمان‌دهی اطلاعات به خوشه‌های مختلف استفاده می‌شود. تابع هدف با معادله (۱) تعریف می‌شود:

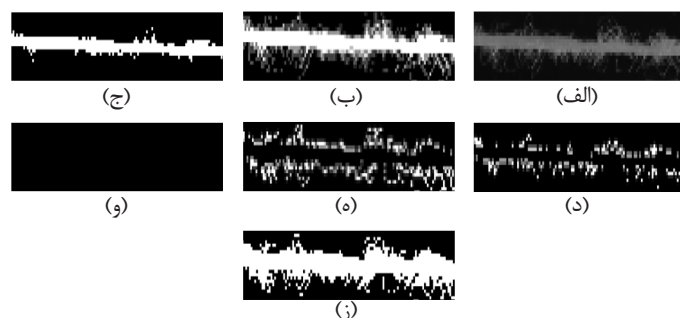
$$J_m(U, V) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ij}^m d_{ij}^2 \quad (1)$$

در این معادله، n تعداد داده‌ها، c تعداد خوشه، U ماتریس درجه عضویت و V ماتریس مرکز خوشه است. u_{ij} درجه عضویت نقطه x_i متعلق به گروه λ_m را توصیف کرده و دو شرط زیر را برآورد می‌کند:

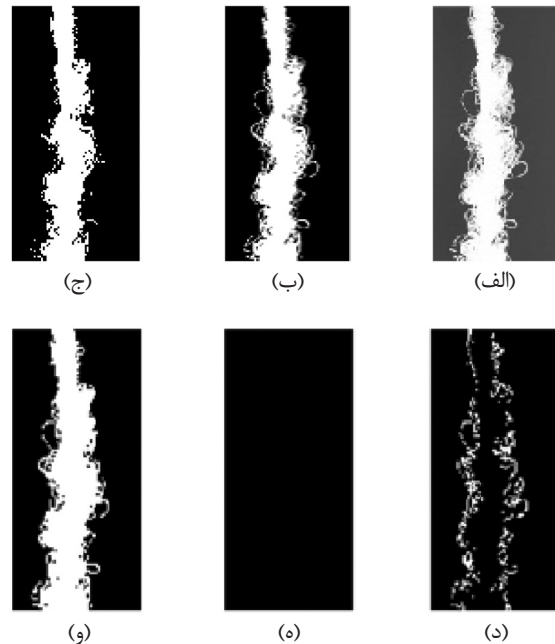
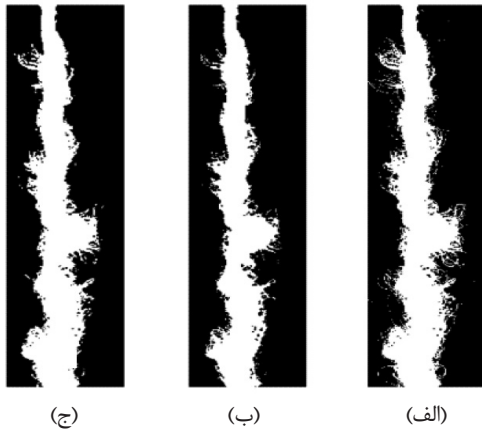
$$u_{ij} \in [0, 1], \quad i = 1, 2, \dots, c \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^c u_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

در این معادله، $m \in [1, \infty)$ یک توان وزنی است که پراکندگی (fuzziness) خوشه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و درجه تقسیم بین گروه‌های خوشه‌ای را کنترل می‌کند. پارامتر $d_{ij} = \|x_i - v_j\|$ فاصله اقلیدسی را بین مرکز v_j خوشه λ_m و



شکل ۴- تصویر: (الف) اصلی نخ، (ب) تبدیل شدت روشنایی تصویر به ۴ خوشه، به روش خوشه‌بندی k-means (ج) لایه اول، (د) لایه دوم، (ه) لایه سوم، (و) لایه چهارم و (ز) حاصل جمع همه لایه‌ها با یکدیگر و نشان دادن همه آن‌ها در یک شدت روشنایی [۱۸].



شکل ۶- تصویر: (الف) دودویی شده نخ، (ب) عمل فرسایش و (ج) عمل گسترش [۱۸].

باز کردن دو مجموعه A و B که با $A \circ B$ نشان داده می‌شود، انجام عمل فرسایش روی A با استفاده از B و در نهایت عمل گسترش روی تصویر حاصل، با استفاده از B بوده که A تصویر و B عضو ساختاری است. عملیات باز کردن بخش‌هایی از شکل را که قابلیت دربر گرفتن عضو ساختاری را ندارد، به‌طور کامل حذف می‌کند و بدین ترتیب شکل نرم‌تر به نظر می‌آید و منجر به حذف اتصالات نازک و پیش‌آمدگی‌های نازک می‌شود.

بستن دو مجموعه A و B که با $A \bullet B$ نشان داده می‌شود، انجام یک عمل گسترش همراه با فرسایش تعریف می‌شود. بستن نیز منجر به نرم‌شدن شکل می‌شود، اما برخلاف باز کردن منجر به اتصال بین اجزای شکسته نازک و پرشدن حفره‌های نازک کوچک‌تر از عضو ساختاری می‌شود [۱۷].

شکل ۵- تصویر: (الف) نخ، (ب) تقسیم‌بندی شدت روشنایی تصویر به ۳ شدت روشنایی در آستانه‌گذاری به روش فازی (ج) لایه اول، (د) لایه دوم، (ه) لایه سوم و (و) تصویر دودویی شده حاصل از جمع همه لایه‌ها با یکدیگر و نشان دادن همه آن‌ها در یک شدت روشنایی [۱۸].

نقطه x_j خوشه Z توصیف می‌کند. تابع هدف J کمینه خواهد شد، زمانی که پیکسل‌ها به مراکز خوشه‌های خود نزدیک و دارای مقدار عضویت زیاد باشند و مقدار عضویت کم برای پیکسل‌هایی است که دور از مراکز باشند [۳]. شکل ۵ آستانه‌گذاری تصویر نخ را تحت خوشه‌بندی فازی نشان می‌دهد.

تبدیلات شدت روشنایی و فیلترگذاری مکانی

اصطلاح حوزه مکان به خود صفحه تصویر اشاره دارد و روش‌های پردازش تصویر در این حوزه، به‌طور مستقیم با پیکسل‌های تصویر، سروکار دارند. یعنی دقیقاً با هر پیکسل و مقدار اطلاعاتی که آن پیکسل دارد، کار می‌کند. روش‌هایی که در حوزه مکان وجود دارد، به فیلتر کردن مکانی معروف می‌شود. این فیلتر کردن مکانی را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

- ۱- در نظر گرفتن یک نقطه از تصویر به عنوان مبدأ (x, y) ،
- ۲- انجام عملیات مربوط به فیلتر کردن مکانی،
- ۳- در نظر گرفتن نتیجه مرحله ۲ به عنوان پاسخ فیلتر در نقطه x و y و
- ۴- انتخاب مبدأ دیگر و تکرار مراحل ۲ به بعد، تا جایی که روی همه نقاط

شکل‌شناسی

شکل‌شناسی به عنوان ابزاری برای استخراج اجزای تصویر استفاده می‌شود. فرسایش (erosion) و گسترش (dilation) دو عملی هستند که پایه پردازش مبتنی بر شکل‌شناسی هستند. گسترش، عملیاتی است که طی آن اشیاء در یک تصویر دودویی رشد می‌کنند یا در اصطلاح ضخیم‌تر می‌شوند. رفتار و اندازه این روال ضخیم‌شدن با توجه به عضو ساختاری کنترل می‌شود. اگر A و B مجموعه‌هایی در Z باشند، گسترش A و B با $A \oplus B$ نشان داده می‌شود و به شکل معادله (۳) تعریف می‌شود:

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (3)$$



شکل ۷- تصویر: (الف) نخ پس از حذف بالک‌های اضافی و (ب) استفاده از فیلتر میانگین پس از حذف بالک‌های اضافی [۱۸].

عملگر فرسایش برای کوتاه کردن یا نازک کردن اشیاء در تصویر دودویی به کار می‌رود. مانند آنچه درباره گسترش بیان شد، رفتار و نحوه عملکرد فرسایش با جزء (element) ساختاری معین می‌شود (شکل ۶). اگر A و B مجموعه‌هایی در Z باشند، فرسایش A و B که با $A \ominus B$ نشان داده می‌شود، به شکل معادله (۴) تعریف می‌شود:

$$A \ominus B = \{z | (\hat{B})_z \subseteq A\} \quad (4)$$

می‌شود. نخ‌ها به دو گروه یکسره و ریسیده شده دسته‌بندی می‌شوند. در میان ویژگی‌ها و پارامترهای مربوط به نخ، پارامترهایی هستند که اثر ویژه‌ای بر مراحل بافندگی و محصول نهایی یعنی پارچه دارند.

نخ‌های ریسیده شده

تاکنون پارامترهای مختلفی از نخ‌های ریسیده شده با پردازش تصویر اندازه‌گیری شده‌اند که عبارت از تاب در متر نخ، قطر و پرزینگی نخ است.

تاب در متر نخ

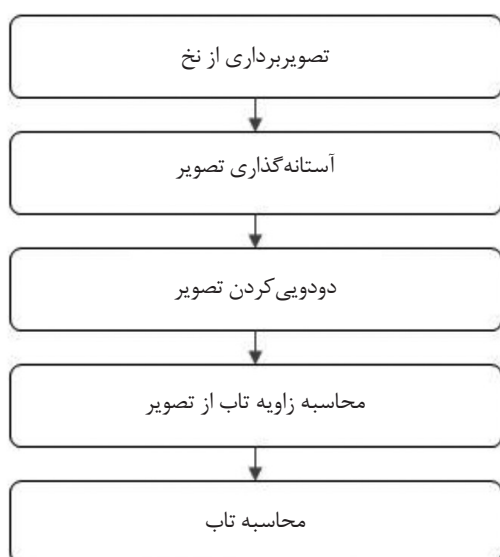
نخ‌های ریسیده شده از به دنبال هم و در کنار یکدیگر قراردادن تعداد زیادی لیف به نسبت کوتاه و معمولاً نابرابر تولید می‌شوند. این دسته از نخ‌ها برعکس نخ‌های دنباله‌دار، خوداستحکام نیستند، بلکه استحکام آن‌ها از طریق مثل تاب تأمین می‌شود. تاب موجب نزدیکی الیاف به یکدیگر و در نهایت اصطکاک بین الیاف می‌شود [۲۵].

به همین دلیل اندازه‌گیری تعداد تاب در واحد طول نخ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. روش‌های اندازه‌گیری تاب، دستگاه تاب‌سنج، روش دستی و بررسی تصویر است [۲۶].

در روش دستی، اندازه‌گیری تاب در متر نخ با استفاده از قطر نخ و زاویه تاب نخ بوده که اندازه‌گیری این دو پارامتر با میکروسکوپ، وابسته به شخص آزمایش‌کننده است [۲۷]. پس از محاسبه زاویه تاب (زاویه الیاف با محور نخ، θ)، مقدار تاب از معادله (۵) محاسبه می‌شود [۲۱]:

$$T = \frac{\tan(\theta)}{\pi d} \quad (5)$$

Cybulska [۶] از روش پردازش تصویر برای اندازه‌گیری تاب نخ استفاده کرد. شکل ۹ مراحل بررسی تصویر در این روش را برای اندازه‌گیری تاب نشان می‌دهد.



شکل ۹- نمودار اندازه‌گیری تاب نخ با استفاده از پردازش تصویر [۶].

تصویر، فیلتر مدنظر اعمال شود.

از مهم‌ترین فیلترهای مکانی، فیلتر میانگین است که باعث حذف نویز در تصویر و از بین رفتن پستی‌ها و بلندی‌های تصویر می‌شود. به‌طور مثال، اگر از پس از آستانه‌گذاری تصویر و حذف بخش‌های نامطلوب در نخ، مرزهای هسته اصلی نخ ناهموار باشد، با استفاده از این فیلتر می‌توان هموارسازی را انجام داد (شکل ۷). از دیگر فیلترهای مکانی می‌توان فیلتر گوسی که پایین‌گذر است و باعث می‌شود که تصویر بلوری شود، فیلتر لاپلاسی که مشتق دوبعدی است و فیلترهای تشخیص لبه را نام برد [۲۴].

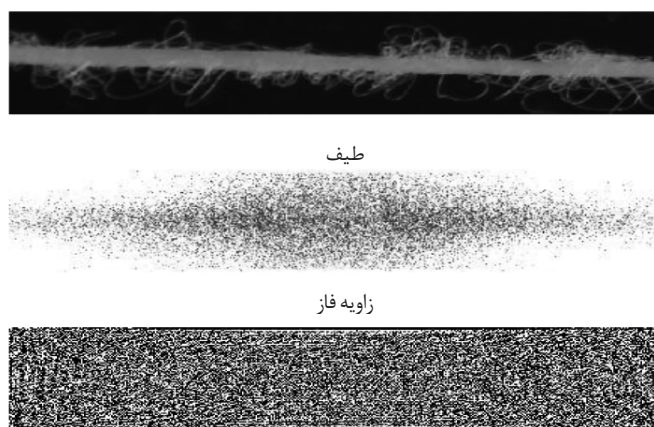
فیلترها و تبدیلات حوزه بسامد

روش‌های فیلترگذاری در حوزه بسامد، مبتنی بر اصلاح تبدیل فوریه برای دستیابی به یک هدف مشخص و سپس محاسبه معکوس فوریه (DFT)، برای بازگشت به حوزه تصویر هستند [۱۷]. هدف اساسی تبدیل فوریه این است که سیگنال را اعم از پیوسته و گسسته به شکل ترکیب خطی محدود یا نامحدود از عوامل سینوسی و نوسانی نشان می‌دهد. تابع اگر پیوسته و متناوب باشد، سری فوریه این تابع ترکیب خطی از عوامل سینوسی است و فضایی که به ما می‌دهد، مجموعه‌ای گسسته از بسامدهاست. با گرفتن فوریه از تصویر، یک بخش طیف و یک بخش فاز به‌وجود می‌آید که با استفاده از این بخش طیف (بسامد) اطلاعات دقیق و مفیدی از تصویر به‌دست می‌آید (شکل ۸). شکل بسامد، وجود هر بسامد در تشکیل تصویر را به ما می‌دهد [۲۴]. لبه‌ها و سایر تغییرات شدید شدت نور (مانند نویز)، در یک تصویر با محتوای بسامد زیاد تبدیل فوریه آن، در ارتباط هستند. هموارسازی (تار کردن)، در حوزه بسامد با تضعیف بسامدهای زیاد، با استفاده از فیلتر پایین‌گذر اتفاق می‌افتد.

فیلترهای بالاگذر بسامدهای زیاد را از خود عبور می‌دهند. با استفاده از فیلتر بالاگذر، لبه‌ها واضح‌تر دیده می‌شوند و کج‌شدگی (اعوجاج) کمتری دارند و اشیای کوچک‌تر به شکل مناسبی فیلتر شده‌اند. تصویر کلی این فیلترها در شکل ۸ نشان داده شده است [۱۷، ۲۴].

انواع نخ و پارامترهای آن

نخ، رشته ظریف و دنباله‌داری است که در تهیه پارچه از آن استفاده



شکل ۸- گرفتن فوریه از تصویر نخ و نمایش بخش بسامدی و فازی آن به ترتیب [۱۸].

متشکل از پرزها بود، با تبدیل فوریه، این حوزه مکانی به حوزه بسامدی تبدیل شد و سپس زاویه تاب اندازه‌گیری شد.

در پژوهشی که Ozkaya و همکاران [۲۹] انجام دادند، با گرفتن فوریه از تصویر نخ و سپس استفاده از بخش طیف (بسامدی) حاصل از تبدیل فوریه توانستند اطلاعات دقیق و مفیدی را درباره زاویه تاب به دست آورند. در نهایت، تاب در متر نخ را محاسبه کردند. شکل ۱۲، بررسی تصویر در این روش را برای تعیین زاویه تاب و تاب در متر نخ نشان می‌دهد.

در این پژوهش، جدا کردن پرزها از هسته نخ با استفاده از انتخاب یک آستانه مناسب انجام شد. به علت اینکه روشنایی هسته نخ و پرزهای تشکیل دهنده آن باهم متفاوت هستند، بدین ترتیب با اعمال آستانه گذاری روی تصویر، هسته نخ از پرزها جدا شد.

قطر نخ

نکته قابل توجهی که درباره به دست آوردن تاب در متر نخ وجود دارد، قطر نخ است تا بتوان با استفاده از قطر و زاویه تاب، تاب در متر را به دست آورد. همچنین، محاسبه قطر نخ برای به دست آوردن نمره نخ ضروری است [۶]. روش‌های به دست آوردن قطر نخ، روش دستی با استفاده از میکروسکوپ نوری و روش پردازش تصویر است.

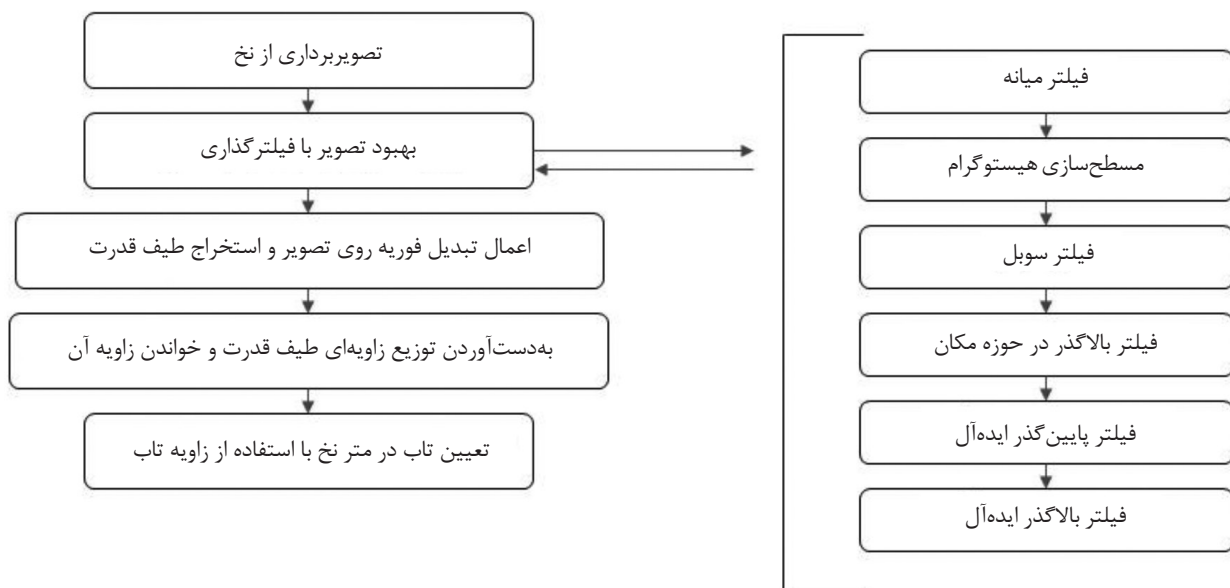
تاجری [۳۰] با استفاده از تصویر گرفته شده از نخ، قطر نخ را محاسبه کرد. شکل ۱۳ بررسی تصویر را در این روش برای تعیین قطر نخ نشان می‌دهد. جداسازی هسته نخ از پرزهای تشکیل دهنده آن با استفاده از نمودار فراوانی تجمعی انجام شد. بدین ترتیب که در نمودار فراوانی تجمعی، بیشترین فراوانی مربوط به هسته نخ و بقیه فراوانی‌ها مربوط به پرزها بودند [۶].

Cybulska از روش تجزیه و تحلیل تصویر برای اندازه‌گیری قطر نخ استفاده کرد. در این مقاله، روشی برای اندازه‌گیری قطر نخ استفاده شده است که این اندازه‌گیری و دقت آن به دو عامل هسته نخ و پرزهای آن

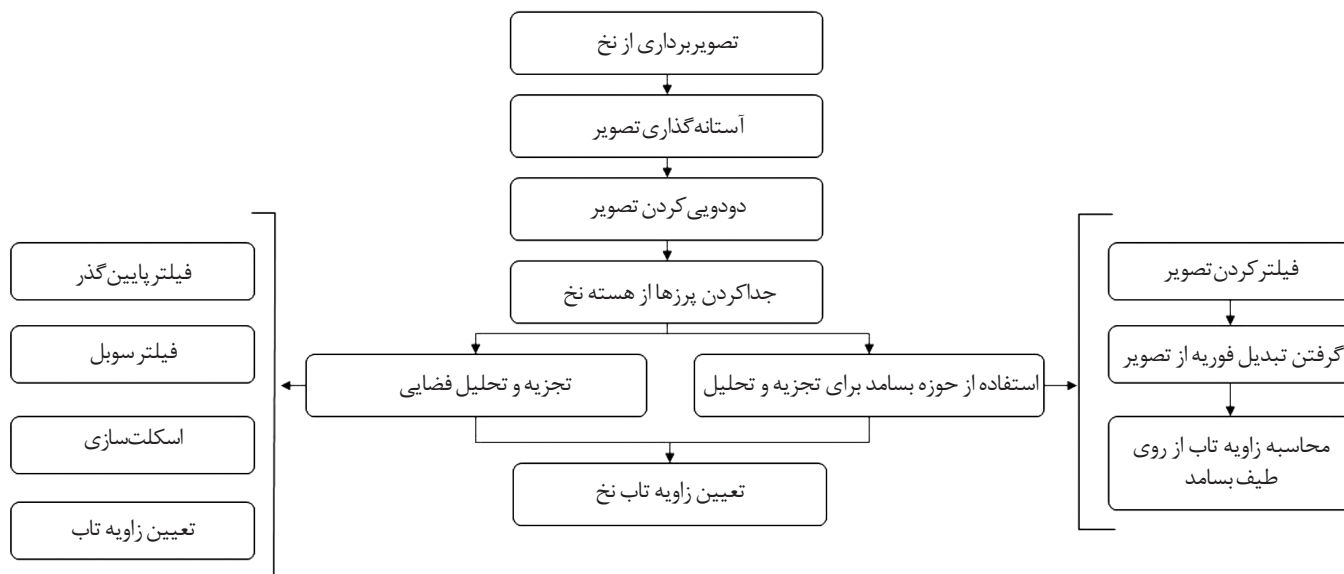


شکل ۱۰- نمودار اندازه‌گیری تاب نخ با استفاده از پردازش تصویر [۲۷].

در این مطالعه، برای محاسبه زاویه تاب، مختصات نقاطی روی سطح مارپیچی نخ انتخاب و معادله آن مشخص شد. سپس، با استفاده از این معادله و خط محور لیف، زاویه تاب محاسبه شد. روش دیگری که می‌توان با استفاده از آن زاویه تاب نخ را برای محاسبه تاب در متر نخ، به دست آورد، استفاده از تبدیل فوریه است Guo و همکاران [۲۸]. با استفاده از تبدیل فوریه، تاب نخ را محاسبه کردند. شکل ۱۰ مراحل بررسی تصویر در این روش را برای اندازه‌گیری تاب نشان می‌دهد. صمدی تیمورلوئی و همکاران [۱۰]، با استفاده از تبدیل فوریه، تاب نخ تک‌لای رینگ را محاسبه کردند. شکل ۱۱ روش بررسی تصویر را برای به دست آوردن تاب نخ تک‌لای رینگ، نشان می‌دهد. به همین ترتیب، قطر نخ در حوزه مکان به دست آمد و برای به دست آوردن زاویه تاب نخ و رفع مشکلات تصویر که دارای ساختار متناوب و



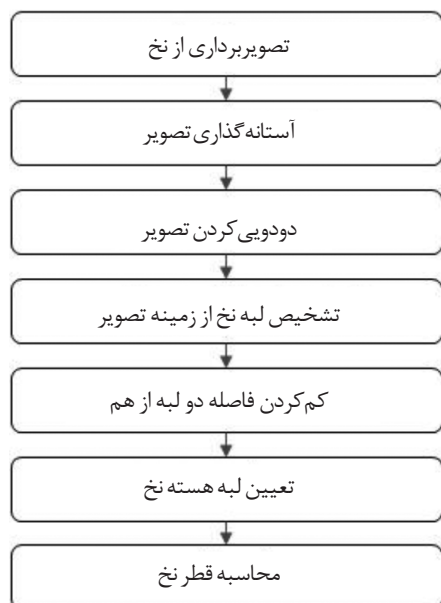
شکل ۱۱- نمودار اندازه‌گیری زاویه تاب نخ و تاب در متر نخ با استفاده از پردازش تصویر [۱۰].



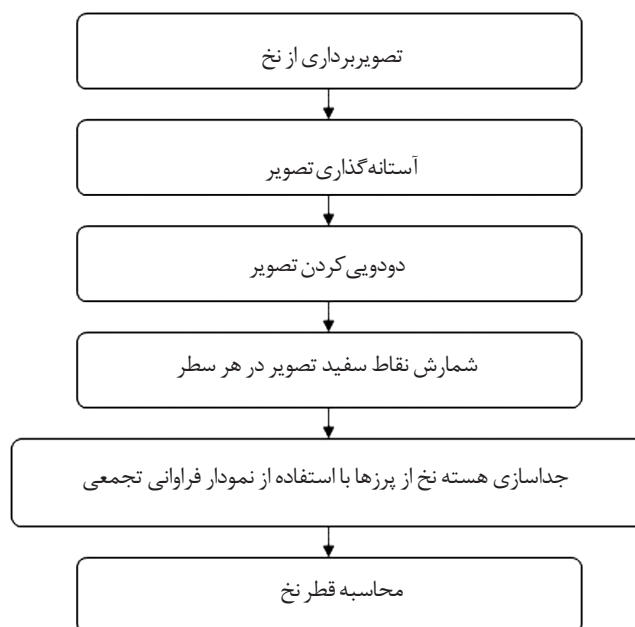
شکل ۱۲- نمودار اندازه‌گیری زاویه تاب نخ و تاب در متر نخ با استفاده از پردازش تصویر [۲۸].

به بدنه نخ در فواصل زمانی مشخص به‌دست آوردند. شکل ۱۶ بررسی تصویر برای محاسبه قطر نخ را در این مطالعه نشان می‌دهد. در این مطالعه، پس از آستانه‌گذاری مناسب و دودویی کردن تصویر، پرزهای نخ حذف شدند. بدین ترتیب، یک تصویر از نخ گرفتند که یک‌بار به‌اندازه دو پیکسل به سمت بالا و یک‌بار به‌اندازه دو پیکسل به سمت پایین انتقال دادند. در مرحله بعد، این تصاویر را با هم جمع کردند و در هر پیکسل اگر عدد به‌دست آمده ۱ بود آن را صفر در نظر گرفتند و به‌عنوان پس‌زمینه انتخاب شد. اگر عدد به‌دست آمده بیشتر از ۱ بود آن را ۱ در نظر گرفتند و به‌عنوان هسته نخ شناخته شد (شکل ۱۷).

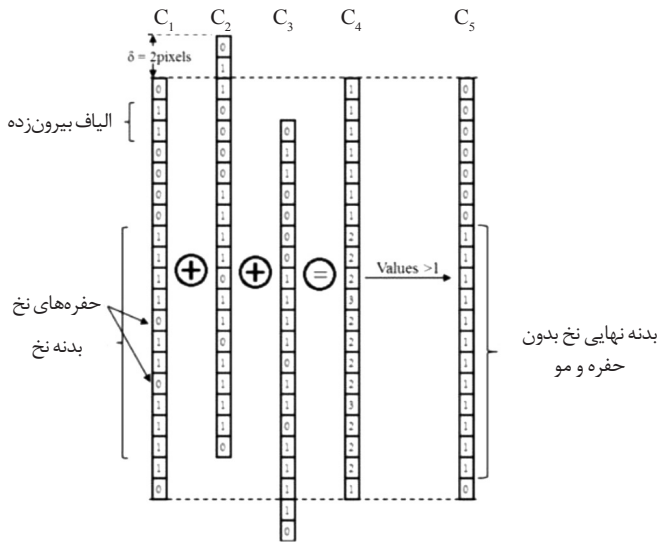
بستگی دارد. شکل ۱۴ فرایند بررسی تصویر را برای محاسبه قطر نخ نشان می‌دهد. در پژوهشی که Carvalho و همکاران [۷] انجام دادند. افزون بر محاسبه قطر نخ با استفاده از پردازش تصویر، توانستند رابطه بین قطر نخ و جرم خطی را به‌دست آورده و جرم خطی نخ را محاسبه کنند. هدف اصلی آن‌ها، فراهم کردن تنظیمات نوری مناسب، برای تولید یک تصویر بود که بتوانند با آن هسته نخ را از پرزهای نخ، جدا کرده و سپس قطر هسته نخ را از تصویر نهایی به‌دست آورند. شکل ۱۵ فرایند بررسی تصویر را برای محاسبه قطر نخ نشان می‌دهد. Eldessouki و همکاران [۳۱] قطر نخ را با شمارش پیکسل‌های متعلق



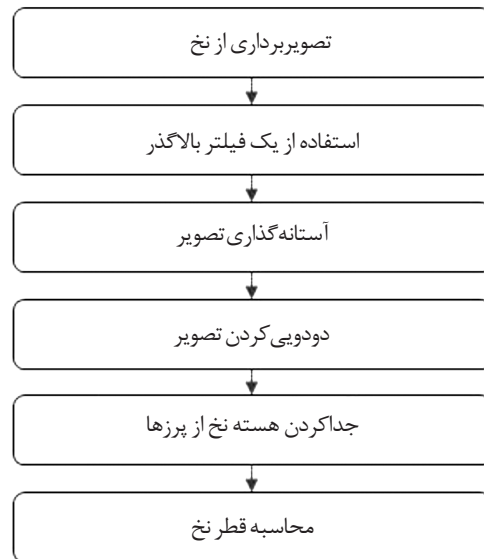
شکل ۱۴- نمودار تعیین قطر نخ با استفاده از پردازش تصویر [۶].



شکل ۱۳- نمودار اندازه‌گیری قطر نخ با استفاده از پردازش تصویر [۲۹].



شکل ۱۷- تصویری از روش حذف الیاف بیرون زده از سطح نخ [۳۱].

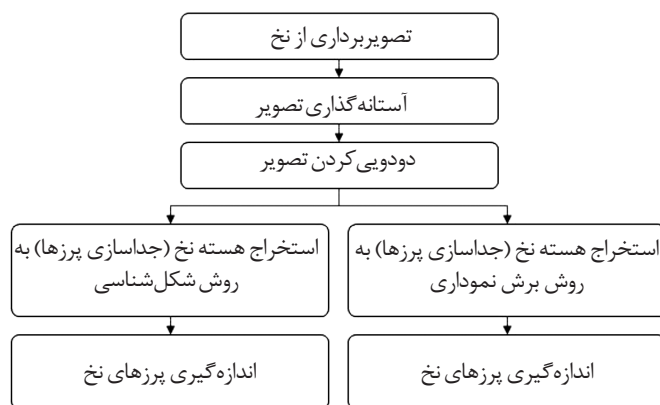


شکل ۱۵- نمودار تعیین قطر نخ با استفاده از پردازش تصویر [۷].

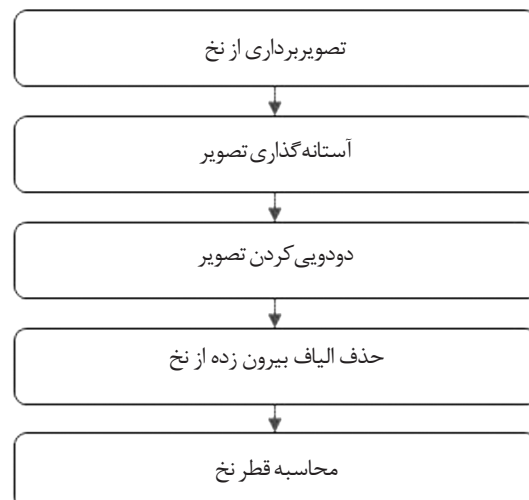
است. آنها، قطر هسته نخ را ثابت در نظر گرفته و آن را با استفاده از نمودار توزیع فراوانی به دست آوردند. آن بخش از عرض نخ را که دارای بیشترین تعداد پیکسل در نمودار توزیع فراوانی بود (طول مستقیم در منحنی توزیع فراوانی) به عنوان قطر هسته نخ معرفی کردند که البته یک افزایش ۱۰ درصدی از نقاط نزدیک آن، به قطر هسته نخ افزودند.

Jackowska و Fabijanska [۳۲] با استفاده از روش برش نموداری (graph cut)، قطر هسته نخ و اندازه‌گیری پرزهای نخ را معین کردند. آن‌ها در این روش برخلاف روش پیشین، قطر هسته نخ را در همه جای نخ، ثابت ندانستند و قطر واقعی نخ که در طول نخ متغیر است، معین کردند. شکل ۱۸ بررسی تصویر را برای اندازه‌گیری پرزهای نخ نشان می‌دهد.

روش برش نموداری، تصویر را به دو بخش شیء و پس‌زمینه تقسیم می‌کند. تقسیم‌بندی بر این اساس انجام می‌شود که شیء در تصویر یک نمودار وزن دار است که پیکسل‌ها به نمایندگی از آن در تصویر وجود دارند. دو نوع لبه در تصویر وجود دارد: n-links که پیکسل‌های مجاور



شکل ۱۸- نمودار اندازه‌گیری الیاف بیرون زده از هسته نخ با استفاده از پردازش تصویر [۳۲].



شکل ۱۶- نمودار اندازه‌گیری قطر نخ با استفاده از پردازش تصویر [۳۱].

روش در مقایسه با روش برش نموداری، طولانی‌تر است. شکل ۲۰ جداکردن هسته نخ از پرزهای آن را در هر سه روش نشان می‌دهد. Ozkaya و همکاران [۴۲] از روش آستانه‌گذاری، برای جداسازی شیء (نخ) از پس‌زمینه، از راه نمودار فراوانی شدت تصویر استفاده کردند. در نمودار فراوانی شدت تصویر ۱۰٪ از اطراف پیک نقاط روشن مربوط به شیء و ۱۰٪ از اطراف پیک نقاط تیره را مربوط به پس‌زمینه قرار دادند.

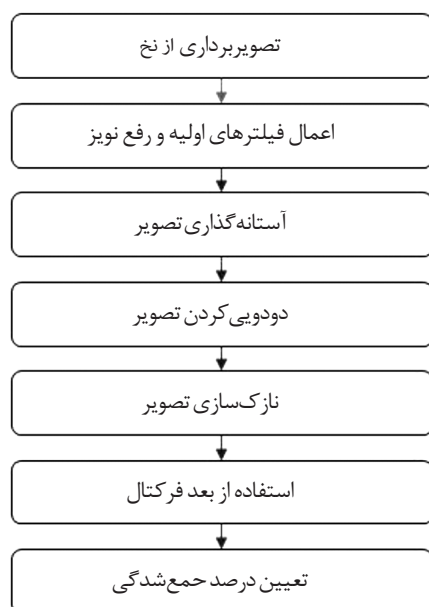
نخ‌های یکسره (filament)

نخ‌های یکسره، از یک لیف یا چند لیف دنباله‌دار تشکیل شده است. این نخ‌ها صاف، براق، قوی و یکنواخت هستند. به هم‌پیوستگی این نخ‌ها با تاب، چسب یا سازوکار دیگری انجام می‌شود. برای افزایش راحتی و سازگاری این نوع نخ‌ها با بدن، تغییرات فیزیکی بر آن اعمال می‌شود [۲۵].

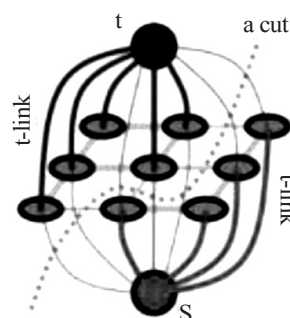
نخ‌های تغییرشکل‌یافته (textured) با تاب مجازی

نخ‌های تغییرشکل‌یافته با تاب مجازی، ساختار بازی دارند و بخشی به شکل مغزی نخ در آن‌ها وجود دارد. رشته‌ها (filament) در این نخ‌ها، تجعد و فرموج نامنظمی در طول نخ داشته که در خواص نهایی آن اثر بسزایی دارند. آنچه که در صنعت معمول است، تعیین درصد جمع‌شدگی موج این نخ‌ها با دستگاه‌هایی است که کلاف چند متری آن‌ها را مورد آزمون قرار می‌دهد و زمان زیادی نیز برای تعیین آن نیاز دارد [۴۳].

در پژوهشی، یوسف‌زاده چیمه و همکاران [۵] امکان تعیین این مقدار را با مقادیر طولی بسیار کم و در زمان کوتاه به کمک تصویربرداری و اجرای الگوریتم مناسب فراهم کردند. شکل ۲۱ روش انجام کار را برای



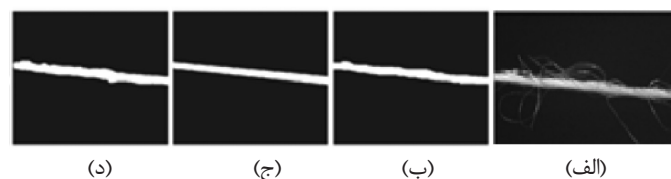
شکل ۲۱- نمودار اندازه‌گیری درصد جمع‌شدگی نخ تکسچره شده با تاب مجازی با استفاده از پردازش تصویر [۵].



شکل ۱۹- ایده الگوریتم برش نموداری [۳۲].

را به هم اتصال می‌دهد و t-links که پیکسل‌ها را در دو جهت به هم متصل می‌کند، منبع S به نمایندگی از شرایط اعمال شده بر شیء و T به نمایندگی از شرایط اعمال شده بر پس‌زمینه. هر پیکسل حداکثر چهار n-links در نزدیک‌ترین همسایگی خود دارد و با دو t-links به منابع S و T متصل شده است. n-links، نشان‌دهنده مرز شیء است و شباهت بین همسایگی هر پیکسل را توصیف می‌کند و t-links نشان‌دهنده منطقه شیء است و مشخص می‌کند که پیکسل متعلق به شیء یا مربوط به پس‌زمینه است. مرز بین شیء و پس‌زمینه با قضیه برش کمینه-جریان بیشینه (min cut/ max flow) تعریف می‌شود که لبه‌های شیء مکان‌هایی هستند که حداکثر جریان از منبع S به منبع T ارسال می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت در این روش، در حالتی که هر پیکسل با پیکسل‌های مجاور خود از لحاظ شدت روشنایی، شباهت دارد، متعلق به شیء یا پس‌زمینه است. در غیر این حالت، آن پیکسل متعلق به مرز شیء و پس‌زمینه است [۳۶]. این ایده در شکل ۱۹ نشان داده شده است. در پژوهش‌های Guha و همکاران [۳۷]، یوسف‌زاده و همکاران [۸] و Wang و همکاران [۳۸] مرزهای هسته نخ تقریب زده شده و قطر هسته نخ نیز ثابت فرض شده است. در حالی که قطر هسته نخ، اغلب در امتداد طول نخ متفاوت است، در نتیجه اشتباهات زیادی در محاسبه قطر و پرزهای نخ به وجود می‌آید. در حالی که در روش برش نموداری، هسته نخ به‌طور صحیح و دقیق از پرزهای نخ جدا می‌شود و در محاسبات خطایی به وجود نمی‌آید.

Kuzanski و Jackowska [۳۹،۴۰] و Fabijanska و همکاران [۴۱] از روش شکل‌شناسی برای جداسازی هسته نخ از پرزهای آن استفاده کردند. روش شکل‌شناسی نیز به چند آستانه‌گذاری برای پردازش تصویر نیاز دارد. ابتدا باید تصویر دودویی شود و سپس عملیات فرسایش و گسترش باید به‌طور متوالی انجام شود تا پرزهای نخ حذف شوند. این



شکل ۲۰- تصویر: (الف) اصلی نخ، (ب) استخراج هسته نخ به روش برش نموداری، (ج) استخراج هسته نخ به‌صورت خطی و (د) استخراج هسته نخ به روش شکل‌شناسی [۳۲].

پلی‌استر را با استفاده از پردازش تصویر بررسی و اندازه‌گیری کردند. در این روش، درصد مخلوط در جهت عرضی با استفاده از عمل مقطع‌زدن و در جهت طولی با استفاده از تصویربرداری از سطح نخ به دست آمد. در این پژوهش، نخ‌های فاستونی مخلوط پشم-پلی‌استر با نمرة ۲۰ tex و تاب در متر ۸۰۰ در سامانه ریسندگی رینگ، با پنج نسبت ۱۰/۹۰، ۳۰/۷۰، ۵۰/۵۰، ۷۰/۳۰ و ۹۰/۱۰ استفاده شدند. شکل ۲۵ نحوه انجام کار را برای تعیین درصد مخلوط نشان می‌دهد. آستانه‌گذاری تصویر نیز به روش چشمی انجام شد. Watnabe و همکاران [۴۸]، همین روش را برای اندازه‌گیری درصد مخلوط الیاف در جهت طولی انجام دادند.

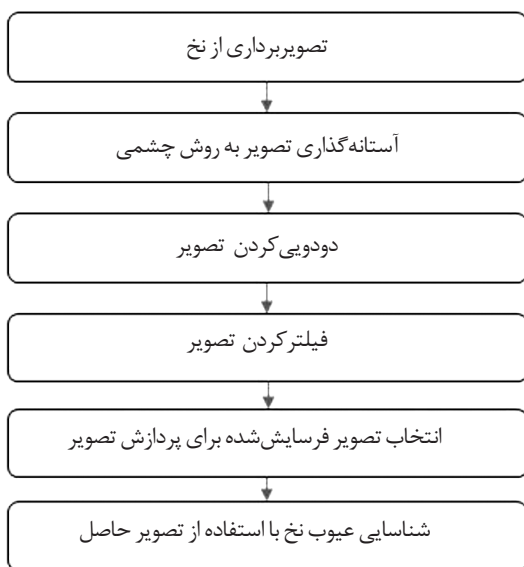
نخ‌های مغزی‌دار

نخ‌های مغزی‌دار شامل دو بخش کاملاً متمایزند. بخش مغزی که جنس آن معمولاً از الیاف رشته‌ای است و بخش رویه که از الیاف منقطع (استیپل) تشکیل می‌شود. از معایب این نخ‌ها که کاربرد آن‌ها را نیز محدود می‌سازد، می‌توان پدیده برهنگی یا به عبارتی سرش الیاف رویه روی الیاف مغزی و نمایان شدن بخشی از مغزی از سطح نخ را عنوان کرد. این پدیده موجب پارگی نخ‌ها و اختلال در رنگرزی و تکمیل نخ‌ها می‌شود.

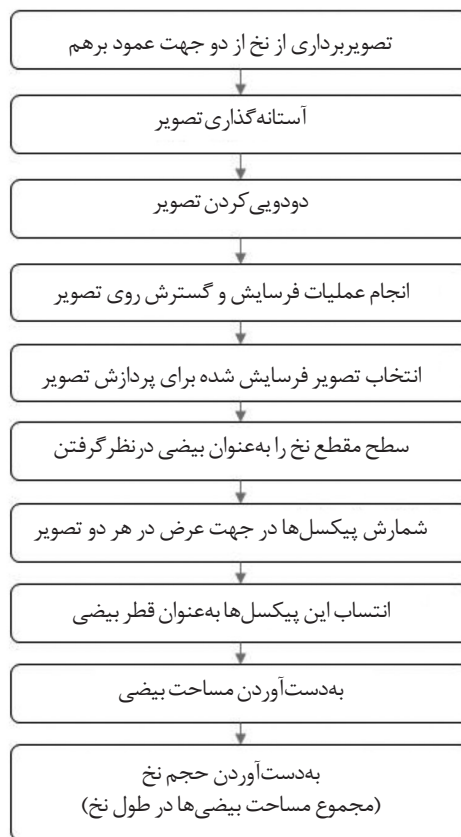
در حال حاضر، مقدار پوشاندگی الیاف مغزی در بدنه نخ‌های مغزی‌دار به روش مطالعات میکروسکوپی، از راه چشمی و پیش‌نخ‌ها روی تابلو و پردازش تصویر معین می‌شود [۴۹]. Hyung و همکاران [۱۲] عیوب پوششی نخ‌های مغزی‌دار را بررسی و شناسایی کردند. روش انجام کار در شکل ۲۶ نشان داده شده است.

عیوب نخ و شناسایی آن

از مهم‌ترین و کارآمدترین عملیات در صنعت نساجی و به‌ویژه در ریسندگی و بافندگی، کنترل کیفیت است. عمل کنترل و اندازه‌گیری عیوب نخ به دو روش امکان‌پذیر است. روش اول شامل کنترل عیوب

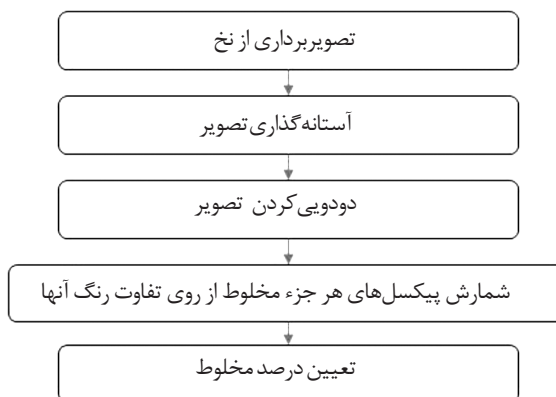


شکل ۲۶- نمودار بررسی و شناسایی عیوب پوششی نخ‌های مغزی‌دار با پردازش تصویر [۱۲].



شکل ۲۴- نمودار اندازه‌گیری حجم نخ تغییر شکل یافته شده به وسیله جت هوا با پردازش تصویر [۱۳].

است. عمل مخلوط کردن الیاف در راستای فراهم کردن خواص مدنظر در محصول نهایی، جبران تغییرات در خواص الیاف، کاهش قیمت تمام شده محصول نهایی و بهبود رفتار الیاف در طول عملیات انجام می‌شود [۴۷]. کارخانه‌های نساجی نیاز دارند تا درصد مخلوط نخ تولیدی خود را به نحوی اندازه‌گیری کنند تا در صورت عدم مشابهت درصدهای به دست آمده با درصد مدنظر، اصلاحاتی را در فرایند تولید، ایجاد کنند. شیخ زاده نجار و همکاران [۱۱] درصد مخلوط در نخ‌های مخلوط پشم-



شکل ۲۵- نمودار تعیین درصد مخلوط الیاف در نخ‌های چندجزئی با استفاده از پردازش تصویر [۱۱].

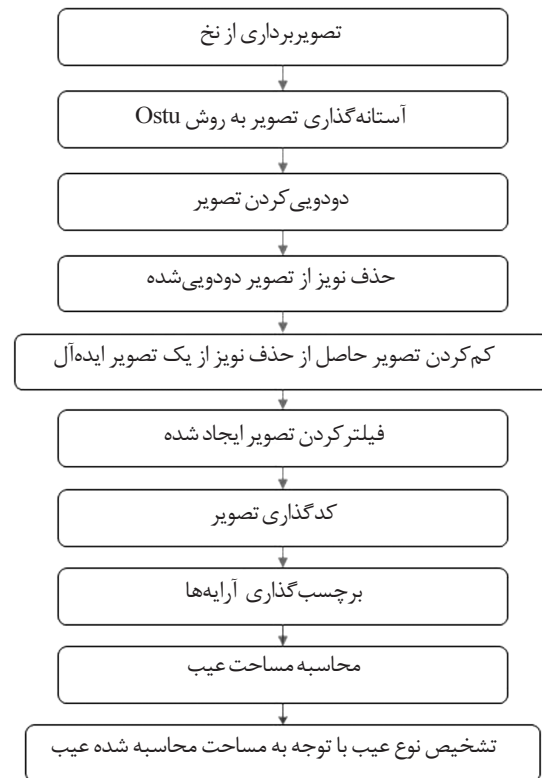
نخ‌ها و بدون عیب در همان حالت)، تصویر حاصل در شکل دودویی، دارای نویز بود که این نویزها مشکل‌ساز بودند و باید حذف شوند. عمده نویزهایی که در این تصاویر وجود داشتند، ذره‌هایی دایره‌ای شکل بودند. در این مقاله برای رفع نویز، تصویر دودویی شده فراخوانده شد و تمام سطح آن بررسی شد. هر جایی که نویز بود (در تعریف نویز، دایره‌هایی با شعاع r را مدنظر قرار دادند)، آرایه‌های این دایره‌های کوچک را با شعاع r از ارزش ۱ به صفر تغییر دادند تا نویزهای آن کاملاً حذف شد. پس از رفع نویز از تصویر، تصویر آماده پردازش شد. با توجه به تعداد پیکسل‌های موجود در تصویر در مناطق مختلف که در دسته‌های جداگانه قرار گرفتند، مساحت عیب محاسبه شد. لکه‌های با مساحت کمتر از ۲۰۰ را جزء نویز قرار دادند و به‌عنوان عیب پذیرفته نشد. لکه‌های با مساحت بیشتر از ۲۰۰۰ به‌طور حتم گره یا نقاط ضخیم بودند که در واقع از تجمع بیش از حد الیاف در یک نقطه به‌وجود آمده بودند. این گره‌ها به شکل نقاط ضخیم یا پاملخی بودند و لکه‌های با مساحت بین ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ مربوط به سایر عیوب در نظر گرفته شدند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، پارامترهای مختلف نخ مانند قطر، پرزهای نخ، تاب در متر نخ، درصد موج در نخ‌های تغییرشکل‌یافته، درصد مخلوط در نخ‌های چندجزئی، عیوب پوششی نخ‌های مغزی، بالک‌های نخ تغییرشکل‌یافته با جت هوا، تغییر شکل سطح مقطع الیاف پس از قرار گرفتن در نخ و شناسایی عیوب نخ با استفاده از پردازش تصویر مرور شده است. بیشترین پارامتر مطالعه شده در نخ، جداسازی دقیق هسته نخ از پرزهای تشکیل‌دهنده آن برای مطالعه پوزینگ نخ، انتشار یافته است. روش‌های متفاوتی برای انجام این کار گزارش شده است، از قبیل روش خطی، روش شکل‌شناسی، روش برش نموداری و روش جداسازی هسته نخ از پرزها با استفاده از سه تصویری که با یکدیگر دو پیکسل اختلاف داشتند. روش‌های برش نموداری و شکل‌شناسی نسبت به سایر روش‌ها، جداسازی هسته نخ از پرزها را با دقت زیادی انجام می‌دهند. در نخ‌های تغییرشکل‌یافته به روش جت هوا نیز به همین ترتیب پس از جداسازی هسته نخ از بالک‌های تشکیل‌دهنده آن، حجم و مساحت آنها، محاسبه شده است. برای به‌دست آوردن تاب در متر نخ نیز لازم است تا زاویه تاب اندازه‌گیری شود، که استفاده از تبدیل فوریه برای محاسبه زاویه تاب مناسب‌ترین روش گزارش شده است.

مراجع

- مالکی ه، عاطفیان ج، اختیاری ا، اندازه‌گیری تاب نخ دولا به روش پردازش تصویر. هفتمین کنفرانس مهندسی نساجی ایران، دانشگاه گیلان، رشت، ۱۳۸۸.
- سجادی ا، فدایی ر، پردازش عملی تصویر با MATLAB، مرکز نشر ناقوس اندیشه،



شکل ۲۷- نمودار بررسی و شناسایی عیوب نخ با استفاده از پردازش تصویر [۱۵].

نخ در یک رشته نخ در مراحل ریسندگی مانند بوبین‌پیچی و روش دوم شامل کنترل عیوب در دسته‌ای از نخ به‌عنوان مثال در مرحله چله‌پیچی است [۵۰].

شمس ناتری و ابراهیمی [۱۵] عیوب نخ را به کمک پردازش تصویر شناسایی کردند. آن‌ها عیوبی مانند بخش ضخیم نخ، پاملخی (حلقه‌های تاب‌خورده نخ)، شکستگی (چین‌خوردگی) در نخ، پیوند بد، وجود مواد (ذرات) خارجی، نقاط ضخیم و نازک و نقاط ضخیم روغنی را بررسی و شناسایی کردند. نحوه انجام کار در شکل ۲۷ نشان داده شده است.

در این روش، برای انجام عمل پردازش تصویر، ابتدا شدت روشنایی تصاویر دارای شدت زیاد به مقداری کمتر (متعادل‌سازی شدت روشنایی تصویر) تبدیل شد. به عبارتی، مقادیر ارزش پیکسل‌ها در تصویر به یک حد نرمال و قابل قبول برای کار روی آن تبدیل شد. برای این کار از روش Ostu استفاده شد. در این روش، زمینه و پس‌زمینه از هم جدا شدند [۵۱].

پس از کم کردن تصویر نخ‌ها از یک تصویر ایده‌آل (تصویری از همان

- Louis J. and Galbiati J.R., *Machine Vision and Digital Image Processing Fundamentals*, Prentice-Hall International Edition, 1990.

- و تعیین قطر نانو الیاف، علوم و فناوری نساجی، ۱۷-۲۸، ۱۳۹۲.
۲۱. زارع نژاد ز، پیوندی پ، خوشه‌بندی تصاویر پوشاک با استفاده از پردازش تصویر و الگوریتم K-means، علوم و فناوری نساجی، ۳-۱، ۱۳۹۲.
۲۲. ایرانمنش ن، پیوندی پ، استفاده از روش خوشه‌بندی K-mean جهت عوامل تأثیرگذار بر تصمیم خرید تی شرت مردانه، هشتمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران، دانشگاه یزد، یزد، ۱۳۹۱.
۲۳. فائز ک، مرادی م، ح، اسلامی م، معرفی یک معیار عمومی برای بهینه‌سازی خوشه‌بندی فازی، دومین کنفرانس بینایی ماشین، پردازش تصویر و کاربردهای آن، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی، تهران، ۱۳۸۲.
۲۴. باغشاهی ن، بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای نخ با استفاده از پردازش تصویر، سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده نساجی، دانشگاه یزد، ۱۳۹۲.
۲۵. علمدار ع، خواص الیاف، نخ و پارچه، مرکز نشر دانشگاه یزد، ۱۳۸۶.
26. Vas L.M., Halasz G., Takacs M., and Eorogh I., Measurement of yarn Diameter and Twist Angle with Image Processing System, *Periodica ser, Mech. Eng.*, 38, 277-296, 1994.
۲۷. کسائیان م، طاهری عراقی ا، اصول ریسندگی پنبه، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۵۸.
28. Guo B., Tao X., and Lo T., measurement of yarn twist by image processing, *ATC Conference*, 1028-1031, 1998.
29. Ozkaya Y.A., Acar M., and Jackson M.R., Yarn twist measurement using digital imaging, *J. Text. Institute*, 101, 91-100, 2010.
۳۰. تاجری ح، تعیین قطر و پرز آلودگی نخ به‌وسیله پردازش تصویر. پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۵.
31. Eldessouki M., Ibrahim S., and Militky J., A dynamic and robust image processing based method for measuring the yarn diameter and its variation, *Text. Res. J.*, 1-13, 2014.
32. Fabijanska A. and Jackowska L., Image processing and analysis algorithms for yarn hairiness determination, *Machine Vision and Application*, 23, 527-540, 2012.
33. Barella A., *Hairiness Testing of Yarns*, Science and Technology, 1, 1998.
34. Barella A., New concepts of yarn hairiness, *J. Text. Institute*, 47, 120-127, 2009.
35. Lappage J., and Onions W.J., An instrument for the study of yarn hairiness, *J. Text. Institute*, 55, 381-395, 1964.
36. Boykov Y. and Jolly M., Interactive graph cuts for optimal boundary and Region segmentation of objects in N-D images, *Internation Conference on Computer Vision*, 2001.
37. Guha A., Amarnath C., Pateria S., and Mittal R., Measurement of yarn hairiness by digital image processing, *J. Text. Institute*, 99, 1754-2340, 2009.
38. Wang X.H., Wang J.Y., Zhang J.L., Liang H.W., and Kou P.M., Study on the detection of yarn hairiness morphology
۴. پیوندی پ، لطیفی م، امانی تهران م، مروری بر شیوه ارزیابی کیفیت منسوجات به کمک تجزیه و تحلیل تصاویر رایانه‌ای، اولین همایش ملی فناوری‌ها و فرایندهای ریسندگی و بافندگی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۶.
۵. یوسفزاده چیمه م، امانی تهران م، و لطیفی م، ارزیابی ساختار و خواص نخ‌های ریسیده و تکسچره شده در صنعت نساجی به کمک تجزیه و تحلیل تصاویر رایانه‌ای، اولین همایش ملی فناوری‌ها و فرایندهای ریسندگی و بافندگی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۶.
6. Cybulska M., Assessing yarn structure with image analysis methods I, *Text. Res. J.*, 69, 369-373, 1999.
7. Carvalho V., Vasconelos R., Soares F., and Belsley M., Yarn diameter and linear ccorrelation, *J. Nondestruct Eval.*, 28, 49-54, 2009.
8. Yousefzadeh-Chimeh M., Amani-Tehran M., Latifi M., and Mohaddes-Mojtahedi M.R., Characterizing bulkiness and hairiness of air-jet textured yarn using imaging techniques, *J. Text. Institute*, 96, 251-255, 2005.
9. Fabijanska A. and Jackowska L., Image processing and analysis algorithms for yarn hairiness determination, *Machine Vision and Application*, 23, 527-540, 2012.
۱۰. صمدی تیمولوی س، صفر جوهری م، امانی تهران م، اندازه‌گیری تاب نخ تک‌لای رینگ با استفاده از روش پردازش تصویر، پنجمین کنفرانس مهندسی نساجی ایران، ۱۳۸۳.
۱۱. شیخ‌زاده نجار س، شمس ناتری ع، حیدری پورا ا، اولین همایش ملی فناوری‌ها و فرایندهای ریسندگی و بافندگی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۶.
12. Kim H., Kim J., and You H., Detection of wrapping defects by a machine vision and application to evaluate the wrapping quality of the ring core spun yarn, *Text. Res. J.*, 79, 1616-1626, 2009.
13. Behtaj S., Sadri S., and Tavanaie H., Objective yarn bulk measurement through image analysis, *J. Text. Institute*, 102, 1094-1100, 2010.
14. Semnani D., Ahangareianabhari M., and Ghayoor H., A novel computer vision method for evaluating deformations of fibers cross section in false twist textured yarns, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 25, 2009.
۱۵. شمس ناتری ع، ابراهیمی ف، شناسایی عیوب نخ به کمک پردازش تصویر، اولین همایش ملی فناوری‌ها و فرایندهای ریسندگی و بافندگی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۶.
۱۶. گنزالز آر، وودز آر، ترجمه لطفی‌زاده، م، میرقاسمی س، عمویی ا، پردازش دیجیتالی تصویر، مرکز نشر پیوند نو، ۱۳۹۰.
۱۷. گنزالز آر، وودز آر، ادینز اس، ترجمه میر طاووسی س، ا، پردازش تصاویر دیجیتال با استفاده از نرم افزار متلب، ۱۳۹۰.
۱۸. باغشاهی ن، استخراج پارامترهای فر و موج نخ تکسچره شده به روش جت هوا با استفاده از پردازش تصویر، پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده نساجی، دانشگاه یزد، ۱۳۹۳.
۱۹. امیری م، سیستم‌های چندرسانه‌ای، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۰.
۲۰. دهقان ن، پیوندی پ، توانایی م، ع، پردازش تصویر برای بهینه‌سازی روش‌های آستانه‌گیری

- based on image processing technique, *Proc. Int. Conf. Machine Learning and Cybernetics*, Guilin, China, 5, 2332-2336, 2010.
39. Kuzanski M. and Jackowska-Strumillo L., Yarn hairiness determination by the use of image processing and analysis versus classical methods, *The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics*, 405-407, 2005.
40. Kuzanski M., Measurement methods for yarn hairiness analysis-the idea and construction of research standing, *Perspective Technologies and Methods in Mems Design*, 87-90, 2006.
41. Fabijanska A., Kuzanski M., Sankowski D., and Jackowska-Strumillo L., Application of image processing and analysis in selected industrial computer vision systems, *Perspective Technologies and Methods in Mems Design*, 27-31, 2008.
42. Ozkaya Y.A., Acar M., and Jackson M.R., Digital image processing and illumination techniques for yarn characterization, *J. Electron Imag.*, 14, 2005.
43. Semnani D., Ahangareianabhari M., and Ghayoor H., A novel computer vision method for evaluation deformations of fibers cross section in false twist textured yarns, *Eng. Technol.*, 2009.
44. Kothari V.K. and Palta D, Effect of filament fineness on the properties of air-jet textured yarns, *Chem. Fiber. Int.*, 52, 360-362, 2002.
45. Sengupta A.K., Kothari V.K., and Rengasamy R.S., Characterization of bulk of air-jet textured yarns, *Chemiefasern/ Textilindustrie*, 40, 998-1001, 1990.
46. Acar M., King T.G., and Wray G.R., Development of Objective Quality Control Criteria for Air-jet Textured Yarns, *Melliand*, 138-140, 1987.
۴۷. ورنر کلین. ترجمه طاهری اطاق سرا م., ریسندگی الیاف کوتاه. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک), ۱۳۷۷.
48. Watnabe A., Kurosaki S., Konda F., and Nishimura Y., Analysis of belend irregularity in yarns using image processing, *Text. Res. J.*, 62, 690-696, 1992.
۴۹. پوراحمد ا., صفر جوهری م., مقایسه میزان پوشاندگی فیلامنت‌های مغزی در نخ‌های مغزی‌دار به کمک پردازش تصویر, ششمین کنفرانس مهندسی نساجی ایران, دانشکده صنعتی اصفهان, اصفهان, ۱۳۸۶.
50. Ahmed A., Hazem M., and Hesham E., Automated vision system for localizing structural defects in textile fabrics, *Pattern Recognition Lett.*, 26, 1435-1443, 2005.
51. Otsu N., Athreshold selection method from gray-level histograms, *IEEE Trans., Sys., Man., Cyber.*, 9, 62-66, 1979.

A Review of Methods for Measuring Yarn Properties Using Image Processing

Naeimeh Baghshahi, Pedram Payvandy*, and Mohammad Ali Tavanaie

Department of Textile Engineering, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran

Received 14 January 2015; Accepted 1 March 2015

Abstract

In recent years with the development of science, technology and considering the competitive market of textile industry, quality control, quantitative and qualitative measurement of yarn parameters, and prediction of the final products' properties have found high importance. Nowadays, manufacturing companies are looking for computer vision and different algorithms for image processing as these methods do not need any complex and expensive devices (i.e. just by using a computer and a camera) and highly accurate results with low assessment errors can be obtained in a short time. In this study, the research works for measuring the yarn parameters such as diameter, yarn hairiness, yarn twist, percent of wave in textured yarn, mixture percent in multi-member fibers, covering defect of core fibers, bulks of air-jet textured yarn, changing the shape of the fiber cross section in yarn and fiber defects using image processing are reviewed.

Keywords

computer vision,
image processing,
yarn parameters,

(*) Address Correspondence to P. Payvandy, Email: peivandi@yazd.ac.ir