مدیریت

# طراحی و پیاده‌سازی سیستم هوشمند کنترل کیفیت پارچه

مرتضی خیری[1]/سیدمهدی سادات‌حسینی[2]/میناسادات عقیلی[3]

**چکیده**

**از آنجایی که کیفیت پارچه یکی از عوامل مؤثر در تعیین قیمت پارچه است؛ لذا کنترل کیفیت دقیق پارچه یکی از وظایف اصلی و اساسی تولیدکنندگان پارچه است که می‌تواند بر بازاریابی و فروش پارچه تولید شده و بر رضایتمندی مشتریان تأثیر بگذارد.**

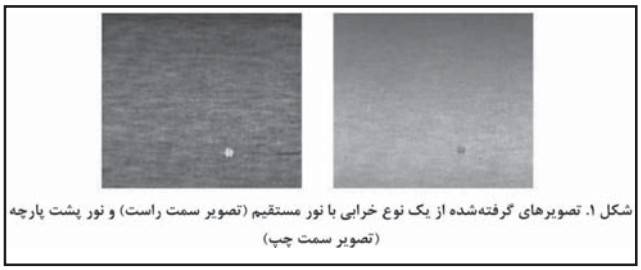
**با توجه به مواردی نظیر خستگی، عدم دقت لازم و از بین رفتن تمرکز در طول زمان، عوامل انسانی نمی‌توانند در کنترل کیفیت پارچه دقیق عمل نمایند. بنابراین در سال های اخیر و با گسترش کاربردهای هوش مصنوعی، استفاده از الگوریتم‌های بینایی کامپیوتری در زمینه کنترل کیفیت پارچه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله، طراحی و پیاده سازی دستگاه هوشمند کنترل کیفیت پارچه با معرفی سخت افزار پیشنهادی و الگوریتم نرم‌افزاری، با دو شبکه عصبی جهت تشخیص خرابی‌های پارچه ارائه می‌شود.**

**۱- مقدمه**

کیفیت پارچه یکی از عوامل اصلی دخیل در سودآوری کارخانه‌های پارچه بافی است. عدم تطبیق کیفیت اعلام‌شده با کیفیت واقعی پارچه سبب نارضایتی مشتریان و در نتیجه کمتر شدن میزان فروش خواهد بود. علاوه بر این معمولاً ایجاد عیوب ظاهری پارچه، ریشه در مراحل تولید دارند.

با داشتن دیدی دقیق‌تر از عیوب پارچه‌های تولیدشده و نحوه توزیع و فراوانی آنها، می‌توان به عوامل ایجادکننده عیوب رسید و در نتیجه از خرابی‌های بیشتر و کمتر شدن کیفیت جلوگیری کرد. به این ترتیب کنترل کیفیت دقیق علاوه بر رضایت بیشتر مشتریان و فروش بیشتر، می‌تواند منجر به تولید بهینه نیز شود.

به صورت سنتی کار کنترل کیفیت پارچه توسط انسان انجام می‌گرفت. با وجود اینکه یک بازرس انسانی خبره می‌تواند خرابی‌های پارچه را در انواع پارچه به راحتی تشخیص دهد، با این حال نقطه ضعف‌هایی نیز وجود دارد.



شکل ۱. تصویرهای گرفته‌شده از یک نوع خرابی با نور مستقیم (تصویر سمت راست) و نور پشت پارچه (تصویر سمت چپ)

حتی یک اپراتور باتجربه نیز می‌تواند حداکثر ۷۰ درصد عیوب ظاهری پارچه را تشخیص دهد. سرعت پارچه و اندازه عیوب پارچه نیز عاملی مؤثر بر دقت وی است؛ ضمن اینکه با گذشت نیم‌ساعت از کار مستمر، تمرکز و بهره‌وری کنترل کیفیت وی کاهش می‌یابد. علاوه بر این تشخیص عیوب می‌تواند سلیقه‌ای و متأثر از شرایط کاری و احساسات فردی انسان متغیر باشد.

با وجود همه این دلایل، امکان دریافت گزارش‌های غلط کنترل کیفیت از نیروهای انسانی غیرقابل اجتناب است. در سال‌های اخیر توجه ویژه ای به امکان استفاده از الگوریتم‌های بینایی ماشین برای کنترل کیفیت پارچه شده است.

عالم‌خان و اختر، با استفاده از الگوریتم تشخیص لبه ، اقدام به تشخیص هوشمند عیوب پارچه کردند. از نقطه ضعف‌های این پژوهش می‌توان به این نکته اشاره کرد که این الگوریتم تنها می‌تواند وجود و یا عدم وجود خرابی را تشخیص دهد و قادر به تشخیص انواع خرابی نیست.

علاوه بر این، الگوریتم تشخیص لبه در پارچه‌های طرح‌دار یا چندرنگ قابلیت تشخیص عیوب را ندارد.

**شکل ۲. فرآیند تشخیص خرابی‌های پارچه با استفاده از دو شبکه عصبی**

در دو مطالعه نیز ابزارهای بینایی ماشین به صورت عملی مورد آزمون قرار گرفتند. ساری صراف و همکاران، کنترل کیفیت پارچه در حال بافت را با استفاده از الگوریتم قطعه‌بندی تصویر در سرعت ۳۰ سانتی‌متر در دقیقه و با دقت ۸۹ درصد انجام دادند.

وارگاس و همکاران نیز پارچه با حداکثر عرض ۴۰ سانتیمتر را تا سرعت ۲۰ متر بر دقیقه و با دقت ۹۳درصد و صرفاً با نور پشت پارچه و با استفاده از الگوریتم مبتنی بر میزان نور عبوری از پارچه مورد کنترل کیفیت قرار دادند. وارگاس و همکاران صرفاً ۴ نوع خرابی عمودی، افقی، دایره‌ای شکل و ترکیبی تقسیم‌بندی کردند و شبکه عصبی بر اساس این ۴ نوع اقدام به طبقه‌بندی خرابی‌های تشخیص داده‌شده می‌کردند.

در یک دسته‌بندی عمومی دو دسته‌بندی الگوریتم برای تشخیص اشیا درون تصاویر وجود دارد: الگوریتم‌های تشخیص اشیا و الگوریتم‌های قطعه‌بندی. علیرغم اینکه به صورت عمومی الگوریتم‌های دومرحله‌ای تشخیص اشیا و الگوریتم‌های قطعه‌بندی دقت بالاتری در تشخیص اشتیا و به صورت خار در تشخیص خرابی‌ها دارند، با این حال این الگوریتم‌ها به دلیل اینکه بر روی یک تصویر مراحل چندگانه‌ای را تکرار می‌کنند، پردازش زمان‌بری دارند و بنابراین عملاً امکان شناسایی برخط خرابی‌ها از بین می‌رود.

چراکه با کند بودن سرعت پردازش، صف تصاویر برای ورود به مرحله پردازش به سرعت پر می‌شود.

**شکل ۳. آزمون تشخیص خرابی الیاف غربیه با نور پشت پارچه (تصویر راست) و نور مستقیم (تصویر چپ)**

برای حل این مشکل، ۳ راهکار می‌تواند مؤثر واقع شود. یا باید سرعت پارچه در حال بازرسی را تا حد زیادی پایین آورد تا با فرکانس تصویربرداری پایین‌تر، تصاویر کمتر و در نتیجه صف تصاویر کمتری ایجاد کرد و یا اینکه با استفاده از پردازنده‌های قوی‌تر که هزینه مالی زیادی تحمیل می‌کنند این پردازش را سریع‌تر انجام داد.

راهکار سوم نیز امکان استفاده از الگوریتم‌های سریعتر است. در این مطالعه الگوریتم یولو به لحاظ سرعت پردازش و همچنین کاربرد در تشخیص خرابی‌های پارچه با مطالعات پیشین مقایسه می‌شود و همچنین با توجه به ویژگی پارچه، مکانیزم سخت‌افزاری مناسب جهت پیاده‌سازی دستگاه کنترل کیفیت پارچه پیشنهاد می‌شود.

## ۲- روش‌ها

### ۲-۱- سخت‌افزار پیشنهادی

برخی از خرابی‌های پارچه از روی پارچه و برخی نیز از پشت پارچه، تشخیص داده می‌شوند. در تحقیقات گذشته از این ویژگی برای تشخیص خرابی‌ها استفاده نشده است. برای استفاده از این ویژگی با نورپردازی دو طرفه پارچه، یک بار با استفاده از نور مستقیم و بار دیگر نیز با نور پشت پارچه تصویربرداری انجام می‌گیرد. تصویرهای نور مستقیم و نور پشت پارچه از یک نوع خرابی را می‌توان در شکل ۱ مشاهده و مقایسه کرد.

نکته دیگر که علی‌رغم ذکر نشدن در تحقیقات پیشین در پیاده‌سازی عملی الگوریتم‌های بینایی ماشین اهمیت زیادی دارد، هرچه کمتر کردن نویز تصاویر است.

در این دستگاه با استفاده از یک پوشش سرتاسری، از نویز نوری محیط در هنگام تصویربرداری جلوگیری می‌شود. ضمن اینکه پخش‌کننده نوری نور پشت پارچه برای موزون کردن نور در همه تصاویر نکته‌ای مهم است.

### ۲-۲- الگوریتم نرم‌افزاری

با توجه به اینکه با مشاهده دو طرف پارچه احتمال ظاهر شدن خرابی بیشتر می‌شود، بنابراین با استفاده از نورپردازی دوطرفه پارچه، دقت تشخیص هوش مصنوعی در تشخیص خرابی افزایش پیدا می‌کند.

از این رو آموزش دو شبکه عصبی مختلف، از ملزومات این نوع تصویربرداری است.

یک شبکه، تصویرهای روی پارچه و شبکه دیگر تصویرهای پشت پارچه را پردازش می‌کنند. در شکل ۲ فرآیند تصویربرداری و پردازش تصویر نشان داده شده است.

مطابق شکل ۲ هر کدام از دوربین‌ها یک بار با استفاده از نور پشت پارچه و یک بار با استفاده از نور مستقیم تصویرهای ۱۲۸۰ در ۷۲۰ پیکسلی از پارچه می‌گیرند.

**جدول ۱. دقت دو شبکه عصبی نور مستقیم و نور پشت پارچه در خرابی‌های مختلف**

| نوع خرابی | دقت شبکه عصبی تصاویر نور مستقیم بر پارچه | دقت شبکه عصبی تصاویر نور پشت پارچه |
|---|---|---|
| پاملخی (٪) | ۹۶ | ۹۶ |
| افتادگی پارچه (٪) | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| شکستگی سوزن (٪) | ۸۵ | ۹۶ |
| الیاف غریبه (٪) | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| سوراخ پارچه (٪) | ۸۸ | ۹۳ |
| دقت عمومی شبکه (٪) | ۹۴ | ۹۷ |

**جدول ۲. مقادیر F1 برای هر دو شبکه عصبی نور مستقیم و نور پشت پارچه**

| | مقدار F1 (٪) |
|---|---|
| شبکه عصبی نور مستقیم پارچه | ۹۵ |
| شبکه عصبی نور پشت پارچه | ۹۷ |

دو صف تصاویر متناظر با نور مستقیم و پشت پارچه نیز وجود دارد. هر کدام از دو شبکه یولو که از قبل آموزش داده شده‌اند، تصاویرمربوط به خود را از هرکدام از این دو صف تصاویر دریافت و پردازش می‌کنند. هرکدام از این الگوریتم‌ها توانایی پردازش ۳۰ تصویر در ثانیه را دارند. در نهایت در صورت تشخیص خرابی در پارچه، نوع خرابی به همراه مختصات آن که از سایر حسگرها دریافت می‌شود، در گزارش کنترل کیفیت پارچه ثبت می‌شود.

## ۳-ارزیابی

### ۳-۱-جمع‌آوری داده

جمع آوری مجموعه داده مناسب از مهمترین مراحل استفاده از الگوریتم‌های بینایی کامپیوتری است. در این مقاله تصاویر ۵ نوع مختلف خرابی‌های پارچه تریکو جمع‌آوری شد. از هر نمونه از این خرابی‌ها حداقل ۵۰ نمونه تصویربرداری و برچسب گذاری شد. این خرابی‌ها شامل خرابی‌های پاملخی، افتادگی پارچه، سوزن شکستگی، الیاف غریبه و سوراخ در پارچه است.

### ۳-۲-نتایج الگوریتم‌های پردازش تصویر

پس از تصویربرداری و برچسب زدن تصاویر خرابی‌های مختلف، هوش مصنوعی تحت الگوریتم یولو آموزش داده می‌شود.

شکل ۳ مثالی از آزمون‌های تشخیص خرابی الیاف غریبه با استفاده از نور مستقیم و پشت پارچه توسط هوش مصنوعی است.جدول ۱ بیانگر دقت شبکه‌های عصبی نور مستقیم و نور پشت پارچه است که از ماتریس درهم‌ریختگی این دو شبکه عصبی استخراج شده است.

ماتریس درهم‌ریختگی نشان‌دهنده عملکرد الگوریتم‌های هوش مصنوعی است. این در حالی است که در یک مطالعه، دقت عمومی شبکه عصبی در تشخیص خرابی‌های پارچه که نسبتاً مشابه خرابی‌های انتخاب‌شده در این مطالعه هستند، تنها ۸۶ درصد بود.

دقت بالاتر یک الگوریتم هوش مصوعی به معنای این است که در صورت تشخیص دادن خرابی توسط هوش مصنوعی، چه قدر می‌توان به تشخیص هوش مصنوعی اتکا کرد. با این حال دقت، تنها معیار عملکرد الگوریتم‌های هوش مصنوعی نیست.

معیار پوشش به معنای این است که الگوریتم هوش مصنوعی وجود چه‌تعداد از خرابی‌ها را می‌تواند تشخیص دهد. بالا بودن همزمان هر دو معیار دقت و پوشش به معنای عملکرد بهتر الگوریتم هوش مصنوعی است. یکی از معیارهای ترکیبی دقت و پوشش که وجود همزمان این دو عامل را می‌سنجد، معیاری به نام امتیاز F1 است که رابطه ۱ بیانگر نحوه محاسبه آن است.

$$F1 = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

در جدول ۲ مقادیر F1 برای هر دو شبکه عصبی نور مستقیم و نور پشت پارچه بیان شده است. این در حالی است که درمطالعه۵ مقدار F1 در بهترین حالت برابر با ۹۱ درصد گزارش شده است.

## ٤-نتیجه‌گیری

در این مقاله سامانه سخت افزاری تشخیص خرابی‌های پارچه برای ارتقای دقت تشخیص خرابی‌ها در عین کاهش هزینه‌های پردازشی با استفاده از نورپردازی دوطرفه پارچه معرفی شد. بر اساس مقایسه‌های انجام‌شده با مطالعات پیشین، الگوریتم یولو قدرت بالایی در تشخیص خرابی‌های پارچه دارد.

با این حال از نکات حائز اهمیت تفاوت نتایج و خروجی‌های دو شبکه عصبی متفاوت که با استفاده از نور مستقیم و نور پشت پارچه آموزش دیده‌اند است. با توجه به این تفاوت‌ها می‌توان تصدیق کرد که هر کدام از نورپردازی ها می‌تواند برخی از خرابی‌ها را با وضوح بیشتری نشان و شبکه عصبی متناظر آن تشخیص دهد.


**پی‌نوشت**

۱-دانشگاه سمنان

۲-موسسه آموزش عالی نورطوبی

۳-دانشگاه صنعتی امیرکبیر