

راهکاری به منظور تشخیص عیب روی هم افتادگی کوردها در تایر در تصاویر اشعه ایکس

A solution to detect the defect of the cords in the tire in X-ray images

چکیده:

تشخیص عیوب تایر یک امر مهم در فرآیند اتوماسیون‌سازی بازرسی تایر است. راهکارهای مختلفی به منظور تشخیص عیوب تایر با استفاده از اطلاعات بافتی و محلی ارائه شده است. این راهکارها در تشخیص انواع عیوب کنترل کیفیت تایر برای شرکت‌های تولیدی تایر بسیار مهم است. با توجه به اینکه بررسی تصاویر اشعه ایکس توسط اپراتور فرایندی زمان‌گیر و هزینه‌بر است لذا استفاده از بینایی ماشین و یادگیری ماشین امری مهم در این صنعت به شمار می‌رود. در این مقاله راهکاری جدید به منظور تشخیص عیوب تایر در تصاویر اشعه ایکس براساس تکنیک‌های پردازش تصویر و با استفاده از روش استخراج ویژگی‌های بافت تصویر ارائه می‌شود. در روش پیشنهادی، جهت استخراج ویژگی‌های عیب از تکنیک‌های الگوی باینری محلی (LBP) استفاده می‌شود. به منظور ارزیابی راهکار پیشنهادی مجموعه دادگان تایر با تصاویر اشعه ایکس تهیه شد که با اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی این مجموعه دقت خوبی در تشخیص عیب به دست آمد که از کارایی مطلوبی نیز برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: عیب‌یابی تایر، تصاویر اشعه ایکس، هموارسازی تصویر، الگوی باینری محلی، قطعه‌بندی تصویر.

نوع مقاله: پژوهشی

یوسف صداقت^{۱*}، ناصر پرهیزگار^۲، احمد کشاورز^۳

۱- دانشجوی دکترا، مربی، گروه مهندسی برق، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۲- دکترای تخصصی، استادیار، گروه مهندسی برق، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۳- دکترای تخصصی، استادیار، دانشکده علوم داده و مهندسی سیستم‌های هوشمند، دانشگاه خلیج فارس بوشهر، ایران

ایمیل نویسندگان و عهده‌دار مکاتبات:

1- *m_y_sedaghat@yahoo.com

2- n.parihizgar@gmail.com

3- a.keshavarz@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۶

علمی-فنی: راهکاری به منظور تشخیص عیب روی ...

مقدمه

امروزه آشکارسازی خودکار عیوب صنعتی یکی از مهم‌ترین و چالش برانگیزترین مشکلات در بحث کنترل کیفیت و بازرسی نهایی محصولات است. اکثر تولیدکنندگان تایر، نظارت بسیار خوبی بر کنترل کیفیت محصولات تولیدی خود دارند و آزمایش‌های گسترده‌ای انجام می‌دهند تا نقص‌های تایر که ممکن است در تولید رخ دهد، را از بین ببرند. از آنجایی که تایر یک محصول ساخته دست است و نیاز به کارگران ماهر دارد و علی‌رغم اینکه این کارگران در کار خود دقت لازم را لحاظ می‌کنند، باز هم گاهی اوقات از سوی آن‌ها اشتباهاتی رخ می‌دهد و ممکن است از کیفیت تایرها کاسته شود و در برخی موارد این تایرها در فرآیند گزینش مردود می‌شوند. بنابراین، عیوب تایر یکی از عوامل اصلی در تصادفات جاده‌ای است. به عبارت دیگر کیفیت تایر به ایمنی و سلامت انسان مرتبط است و دارای ضریب تاثیر زیادی می‌باشد [۱]، از این‌رو بازرسی تایر یک مسئله مهم و به روز برای محققان و تولیدکنندگان تایر در جهت افزایش ایمنی مشتریان است. بطور کلی، با استفاده از روش‌های آزمون غیرمخرب می‌توان از عیب‌های غیرظاهری تایر آگاهی پیدا کرد و در واقع بدون آسیب رساندن و تخریب نمونه‌های تولیدی، تولیدات معیوب را از سالم جدا کرد. یکی از بهترین روش‌های آزمون غیرمخرب، تصویربرداری با اشعه ایکس است که طی سالیان اخیر تحقیقات مختلفی را در حوزه تشخیص عیوب تایر به خود اختصاص داده است. این آزمون در موارد حساس و دقیق کارگشا خواهد بود. از این‌رو، در این مقاله راهکاری جهت بررسی نواحی ناهمگن و آشکارسازی عیوب در تصاویر اشعه ایکس^۱ تایر ارائه شده است.

پیشینه تحقیق

امروزه با وجود اینکه در دنیا و در صنعت تایرسازی در سیستم‌های بازرسی اشعه ایکس از بینایی ماشین استفاده شده است ولی برای آشکارسازی و بازرسی بصورت خودکار همچنان

در بیشتر شرکت‌های تولیدی از یک ناظر انسانی استفاده می‌شود که چنین فرآیندی کند بوده و در مواقع شلوغی کار، کم بازده و پراشتباه می‌باشد. با بررسی‌های انجام شده مشخص شد با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه آشکارسازی عیوب محصولات مختلف، آشکارسازی عیوب غیرظاهری تایر بصورت کاملاً خودکار علی‌رغم نیازمندی کارخانجات تولیدی تایر، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در مقایسه با دیگر کاربردهای بینایی کامپیوتر، تحقیق بر روی آشکارسازی عیوب تایر هنوز هم بسیار محدود بوده و جای کار بسیاری دارد و تا رسیدن به یک نتیجه مطلوب نیاز به تحقیقات بیشتر و مفیدتری است. زاهو و همکاران^۲ [۲] به منظور استخراج عیوب در تصاویر اشعه ایکس تایر از ویژگی مومنت محلی معکوس که اطلاعات بافت تصویر را به خوبی توصیف می‌کند استفاده کرده‌اند. در این راهکار به منظور افزایش دقت توصیف اطلاعات محلی، از ویژگی اختلاف فاصله برای توصیف مومنت محلی معکوس و پچ‌های تصویر استفاده شده است. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که این راهکار به خوبی در توصیف اطلاعات بافت تصویر عمل می‌کند و قادر به تشخیص عیوب مختلف است. با این وجود، این راهکار برای تشخیص عیب آفسنتری مناسب نمی‌باشد، زیرا این عیب به خوبی با اطلاعات بافت قابل توصیف نیست. بهروزی نیا و همکاران^۳ [۳] به منظور تحلیل عیب در تصاویر تایر از ویژگی‌های حوزه زمان و حوزه فرکانس استفاده کرده‌اند. در این تحلیل از ویژگی توصیف فوریه سری زمانی استفاده شده است. نتایج به دست آمده در این روش حاکی از آن است که گرچه این مدل توصیف‌ها می‌تواند به‌طور کلی در تشخیص عیوب در تصویر به کار گرفته شود. اما تشخیص مکان عیب، نوع عیب و به خصوص عیب آفسنتری در این مقاله مورد بررسی قرار نگرفته است. ژانگ و همکاران^۴ [۴] راهکاری جهت یادگیری عمیق برای استخراج توصیف سطح بالای تصاویر تایر ارائه داده‌اند. در این روش از شبکه عمیق با ۴ لایه کانولوشن، ۴ لایه مکس پولینگ و ۲ لایه فولی کانکشن استفاده شده است. ژیانگ و همکارانش^۵ [۵]، از ترکیب

1. X-ray images 2. Z. Guo, and S. Qin 3. P. Behroozi-nia, kh. Seyedmeysam, S. Taheri, and R. Mirzaeifar 4. Y. Zhang, T. Li, and Q. L. Li
5. X. Xiong, W. He, and H. Wang

موتیف^۹ دربردارنده تبدیل فوریه [۱۶]، تبدیل موجک [۱۷]، تبدیل گابور [۱۸]، تطبیق الگو [۱۹] و ماتریس هم وقوعی^{۱۰} [۲۰]، همچنین روشی برای تصاویر بافت طرح‌دار دوبعدی [۲۱] است؛ که از این میان روش تبدیل موجک دارای عملکرد مناسب‌تری بوده است. قرایی و همکاران^{۱۱} [۲۲]، روش تشخیص عیب اتوماتیک برای فولاد تخت با استفاده از ویژگی‌های موجک حاصل از بلوک‌های پیکسل به هم پیوسته را ارائه نمود. روش باینری کردن تصویر مبتنی بر موجک، توسط لی^{۱۲} توسعه یافت [۲۳] و توانست بسیار موثر واقع شود و برای تشخیص عیوب ریخته‌گری مورد استفاده قرار گیرد؛ این آشکارسازی با در نظر گرفتن تغییرات محلی در شدت نور تصویر انجام شده است. ژائو و همکاران با استفاده از ماتریس هم‌وقوعی سطح خاکستری (GLCM)^{۱۳} و بررسی ویژگی‌ها تصاویر به تشخیص عیوب تأثیر پرداخته است [۲۴]، با این وجود، باز هم استخراج ویژگی‌های تصاویر رادیوگرافی تأیر با توجه به چند لایه بودن و ویژگی‌های چند بافتی آن دشوار است.

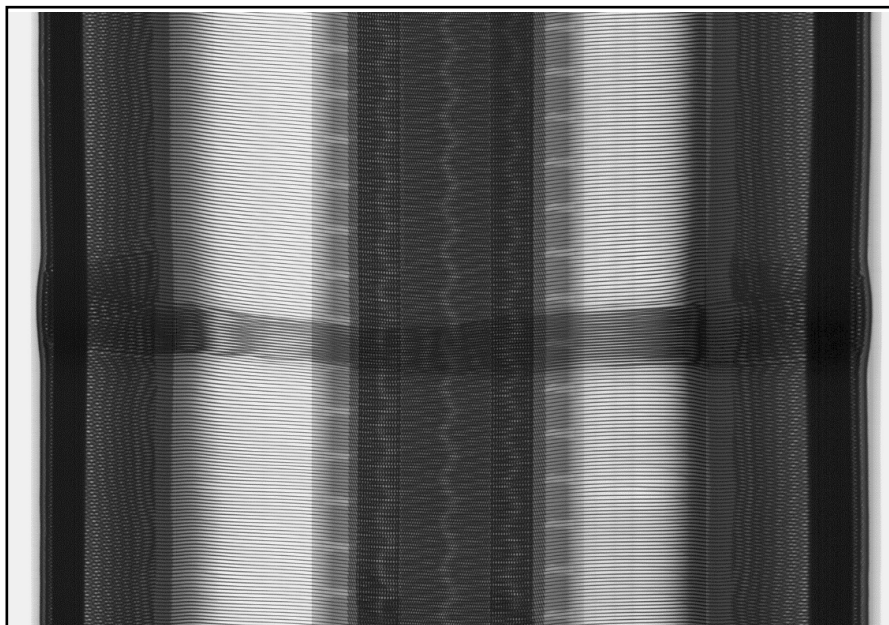
روش تحقیق

در ابتدا به تعریف عیب به هم ریختگی کوردها پرداخته می‌شود. این عیب در صورتی مشاهده می‌شود که بافت قسمت‌هایی از تأیر الگوی مشخص آن را دنبال نکند. در این صورت عیب‌هایی در آن بخش‌ها مشاهده می‌شود. این عیب‌ها معمولاً از نظر ظاهری به صورت یک قطعه و بخش متفاوت نسبت به کل بافت تصویر در تصاویر اشعه ایکس تأیر دیده می‌شود و معمولاً از یک سوی تصویر شروع شده و تا آخر سمت دیگر آن امتداد دارد. نمونه‌ای از این عیب در شکل ۱ نشان داده شده است.

برای آشکارسازی این نوع عیب از ویژگی الگوی محلی باینری (LBP)^{۱۴} به همراه قطعه‌بندی افقی، که در بخش بعدی به تفصیل به آن خواهیم پرداخت، استفاده می‌کنیم.

همبستگی تصویر دیجیتال و روش شیفت فاز برای آشکارسازی عیوب تأیر استفاده کرده‌اند. تشخیص کمی عیوب داخلی تأیر با استفاده از تکنیک اینترفروگرافی توسط چی ینت و همکارانش^۱ [۶] ارائه شده است. همچنین، ژانگ و همکاران [۷] روشی برای آشکارسازی جسم خارجی و حباب در تصاویر رادیوگرافی ایکس ارائه داده‌اند که بر اساس واریانس کلی ترکیبات تصویر و آشکارسازی لبه می‌باشد. ان. جی و همکاران^۲ [۸] نیز برای بازرسی از تجزیه تصویر استفاده کردند تا بخش‌های معیوب را مشخص کنند که دقت آشکارسازی آن‌ها بر اساس نوع عیب‌ها مناسب بوده است. لی^۳ [۹]، در زمینه آشکارسازی تأیرهای رادیال بر روی تصاویر رادیوگرافی اشعه ایکس و روش آشکارسازی لبه فازی تحقیق کرد. گی یو و همکاران^۴ [۱۰]، یک روند آشکارسازی برای تأیرهای با کمربند فلزی در فرآیند تولید ارائه نمودند. در مقایسه با روش انتخاب محدوده بصورت اتوماتیک برای روش بازرسی موجک که توسط تی سای و چیانگ^۵ در مرجع [۱۱] آورده شده، نتایج تجربی نشان می‌دهند که آشکارسازی عیوب با استفاده از تغییر روشنایی، روش تقریباً مشکلی بوده است. ژانگ و همکاران با استفاده از معماری کانولوشن، کار طبقه‌بندی عیوب تأیر را برای برخی عیوب تأیر در تصاویر اشعه ایکس انجام داد که برای همه عیوب بررسی نشده است [۱۲]. ژو^۶ [۱۳]، روشی برای آشکارسازی عیوب وجود حباب در تأیرها با استفاده از هولوگرافی دیجیتال ارائه کرد. لیو و همکاران^۷ روش‌های مبتنی بر نقشه موضوعی یا قالب‌ها، تفاوت بین این تصاویر و قالب آن‌ها را برای تشخیص عیب مورد ارزیابی قرار می‌دهد [۱۴]. فرآیند بازرسی و تشخیص خودکار عیوب محصولاتی مانند پارچه، فولاد ریخته‌گری، جوش و غیره اهداف یکسان هستند و به فرآیند آشکارسازی عیوب تأیر شباهت زیادی دارند. توسط نگان و پنگ^۸ در [۱۵] یک روش تجزیه مناسب برای بازرسی بافت طرح‌دار توصیف شده است. روش‌های آشکارسازی عیب بافت‌های طرح‌دار مبتنی بر

1. C. H. Chien, Y. D. Wu, Y. C. Chen, C. C. Hsieh, T. Chen, and Y. T. Chiou 2. M. K. Ng, H. Y. T. Ngan, X. Yuan, and W. Zhang 3. F. Y. Li
4. A. Gayer and A. Sava 5. D. Tsai and C. Chiang 6. Y. Zhu, W. Y. Liu, F. C. Liu, and J. J. Wang 7. H. X. Liu, W. Zhou, Q. W. Kuang, L. Cao, and B. Gao
8. H. Y. T. Ngan and G. K. H. Pang 9. Motif-based 10. Co-accuracy Matrix 11. D. S. Ghorai, A. Mukherjee, M. Gangadaran, and P. K. Dutta
12. X. L. Li, S. K. Tso, X. P. Guan, and Q. Huang 13. Gray Level Co-accuracy Matrix 14. Local Binary Pattern



شکل ۱- تصویر اخذ شده از تاپری که دارای عیب به هم ریختگی کوردها می باشد

مراحل بازشناسی عیب

به منظور بازشناسی این عیب مراحل زیر را دنبال می کنیم.

۱- قطعه بندی تصویر

با توجه به این که ساختار تاپر معمولاً به گونه ای است که یک پترن یا الگوی محلی یکسان را به صورت افقی تکرار می کند و در راستای عمودی، الگوی تصویر بدون تغییرات است لذا با در نظر گرفتن این ویژگی، می توان تصویر را به صورت افقی قطعه بندی کرد و به یک سری پنجره یا قطعات افقی هم طول تقسیم بندی می کنیم. در تقسیم بندی قطعات می توان حالت هم پوشانی و غیرهم پوشانی را در نظر گرفت و معمولاً با توجه به کاربرد آن می توان یکی از این حالت ها را انتخاب کرد که در این پیاده سازی به این دلیل که الگوهای تاپر به صورت افقی تکرار می شوند و هم پوشانی قطعه ها و پنجره های لغزان تاثیری در نتایج خروجی ندارد، لذا از حالت پنجره لغزان غیرهم پوشان استفاده شده است.

۲- استخراج ویژگی الگوی محلی باینری

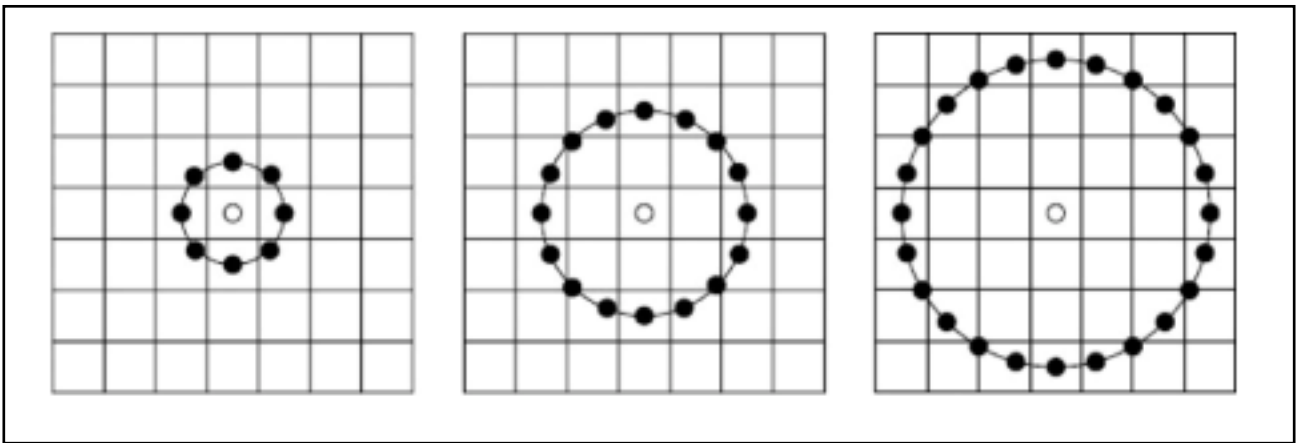
بعد از تقسیم بندی تصویر به قطعات افقی به ازای هر قطعه، ویژگی الگوی محلی باینری استخراج می شود و سپس به کمک این بردارها، ویژگی عیب مورد نظر تشخیص داده می شود.

الف- الگوی محلی باینری

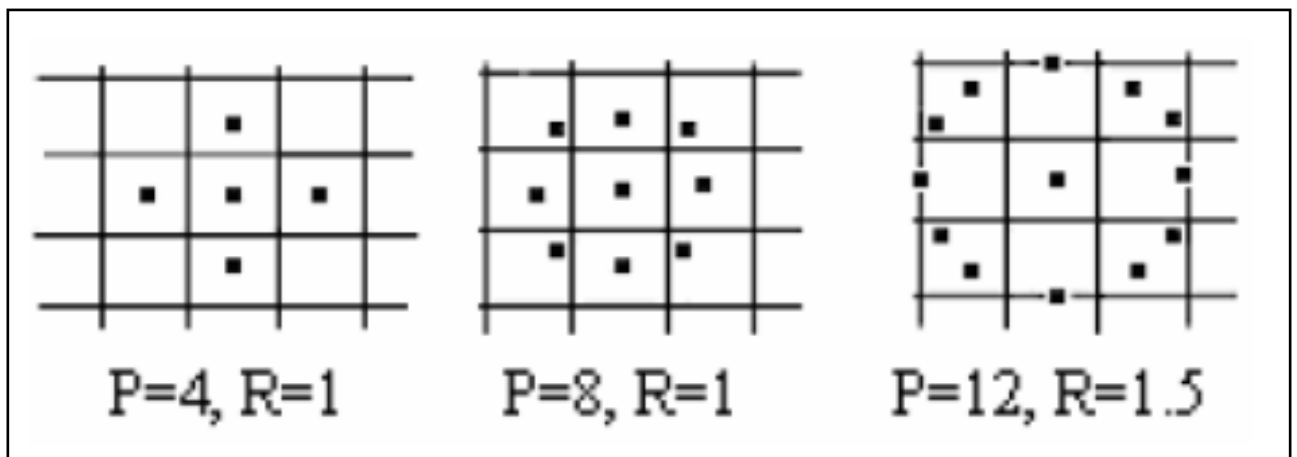
یکی از روش هایی که برای طبقه بندی بافت تصویر استفاده می شود، روش الگوی باینری محلی است. که در سال های اخیر به طور گسترده ای در کاربردهای مختلف استفاده شده است. تفکیک کنندگی خوب و ویژگی های مهم دیگر این روش از قبیل تغییرناپذیری در تغییرات یکنواخت سطح خاکستری و کارایی محاسباتی، این روش را یکی از مناسب ترین روش ها برای آنالیز تصویر تبدیل کرده است. در این روش ابتدا یک همسایگی از تصویر در نظر گرفته شده و شدت روشنایی نقاط موجود در این همسایگی با شدت روشنایی نقطه موجود در مرکز همسایگی مقایسه می شود

نقاط با استفاده از درون‌یابی بسیار وقت‌گیر است، بنابراین، در این تحقیق به این دلیل که نتایج بدست‌آمده دارای کاربردهای صنعتی خواهد بود و سرعت پردازش یکی از پارامترهای مهم در موثر بودن مرحله کنترل کیفیت محصولات تولیدی به صورت آنلاین در کارخانجات تیرسازی است؛ لذا برای بدست آوردن نتیجه مطلوب‌تر و سرعت پردازش بالاتر از همسایگی مربعی استفاده کرده و الگوی باینری محلی، با همسایگی به صورت مربعی را مورد استفاده قرار

و معمولاً برای اینکه این عملگر نسبت به چرخش تصویر حساس نباشد، همسایگی را به صورت دایروی در نظر می‌گیرند. برای نقاطی که مختصات آنها دقیقاً روی مرکز پیکسل قرار نمی‌گیرد را با درون‌یابی پیدا کرده و به دست می‌آورند. در شکل‌های ۲ و ۳ نمونه‌هایی از همسایگی‌های دایروی با شعاع‌های مختلف (R) و تعداد نقاط مختلف (P) نشان داده شده است. انتخاب همسایگی به صورت دایروی و محاسبه شدت روشنایی



شکل ۲- نمونه‌ای از الگوی باینری محلی با همسایگی دایره‌ای شکل



شکل ۳- نمونه‌ای از الگوی باینری محلی با شعاع همسایگی و تعداد نقاط مختلف

دادیم. این روش اولین بار توسط اوجلا و همکارانش^۱ [۲۵] به

$$LBP_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{P=0}^{P-1} s(i_P - i_c) 2^P$$

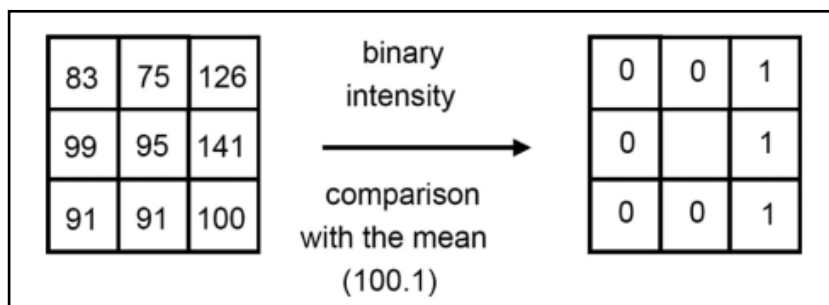
$$s(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq 0 \\ 0, & \text{if } x < 0. \end{cases}$$

که R شعاع همسایگی، P تعداد نقاط موجود در همسایگی، g_c شدت روشنایی مرکز همسایگی، g شدت روشنایی نقاط موجود در همسایگی، S بیانگر تابع علامت (sign)، i_p و i_c مقدار سطوح خاکستری پیکسل همسایه و پیکسل مرکزی هستند. خروجی عملگر الگوی باینری محلی برای هر همسایگی از تصویر، به صورت یک عد P بیتی که 2^P ضریب موردنظر برای هر همسایه است، می‌باشد. یعنی دارای 2^P مقدار مختلف است.

ب- نتایج اعمال الگوی محلی باینری

شکل ۵ هیستوگرام الگوی محلی باینری استخراج شده از قطعه‌بندی مختلف در تصویر اصلی تیر را نشان می‌دهد. تصویر را به افقی بخش‌بندی نموده و به صورت یک پنجره افقی در نظر می‌گیریم که به صورت کشویی یا لغزان از بالا به پایین حرکت می‌کند و در هر مرحله ویژگی الگوی باینری محلی آن پنجره

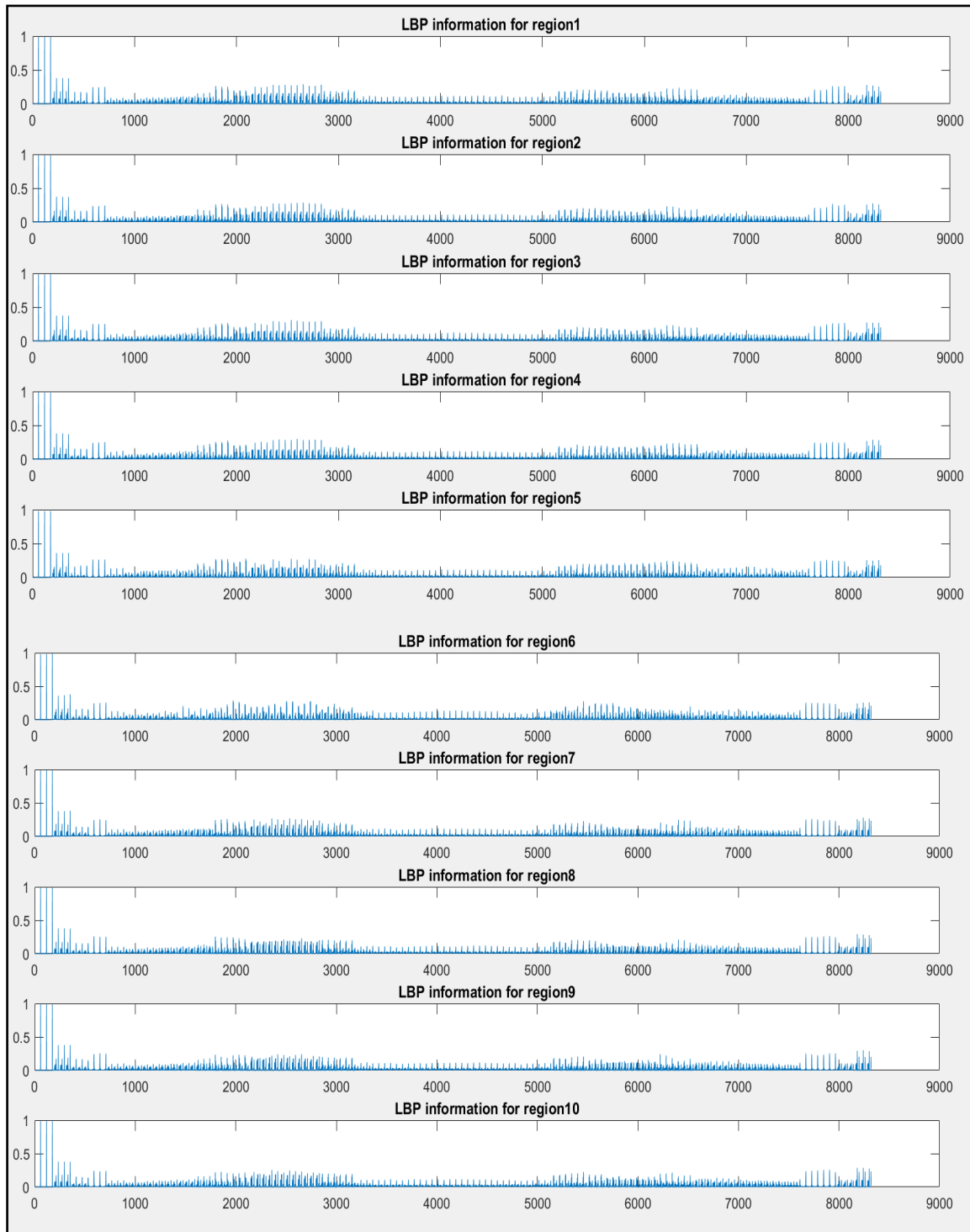
صورت یک عملگر مربعی 3×3 مطرح شد، طرز کار این روش بدین صورت است که ۸ همسایگی روی عملگر را با پیکسل مرکزی مقایسه می‌کنند. هر یک از این هشت پیکسل اگر مقدارش از مقدار پیکسل مرکزی بزرگتر یا مساوی باشد با ۱ جایگزین می‌شوند در غیر اینصورت مقدار آنها صفر خواهد بود. در پایان پیکسل مرکزی با جمع کردن وزن باینری پیکسل‌های همسایه، جایگزین می‌شود و پنجره 3×3 به پیکسل بعدی منتقل می‌شود و با گرفتن هیستوگرام از این مقادیر توصیف‌کننده‌ای برای بافت تصویر بدست می‌آید. شکل ۴ یک عملگر دودویی محلی را نشان می‌دهد و همانطور که بیان شد بدین صورت عمل می‌کند که با توجه به اینکه سطح خاکستری هر پیکسل، در جدول سمت چپ یک عدد در مربع مربوط به خود نوشته شده است، چنانچه عدد مربوط به هر پیکسل از عدد میانگین ۱۰۰ کمتر باشد، آنرا با "0" جایگزین می‌کنیم و چنانچه بزرگتر از ۱۰۰ باشد، عدد "1" را برای آن لحاظ کرده و به صورت جدول سمت چپ معادل می‌شود. این مقادیر در واقع یک عدد باینری را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده وزن باینری همان پیکسل مرکزی ۹۵ با همسایگی ۸ بوده و به صورت ۰۰۰۱۱۱۰۰ و معادل با عدد دسیمال ۱۲ می‌باشد و پنجره به پیکسل بعد جابجا می‌شود. در شکل اصلی این روش، الگوی باینری محلی در یک همسایگی



شکل ۴- نمونه‌ای از اعمال الگوی محلی باینری با همسایگی مربعی شکل

I. T. Ojala, M. Pietikäinen and T. Mäenpää

محاسبه می‌شود. برای این کار، ابتدا تصویر اصلی را بصورت ۱۰ عنوان الگوی صحیح و قطعه مرجع در نظر گرفته می‌شود و سایر قطعه افقی هم‌طول در نظر گرفته و سپس اولین قطعه یا پنجره به قطعه‌ها با آن مقایسه می‌شوند و اختلاف نقاط نظیر به نظیر بردار و



شکل ۵- هیستوگرام ویژگی الگوی محلی باینری استخراج شده از هر قطعه

تحقیق نیز بهبود سیستم نظارت و بازرسی خط تولید و افزایش کیفیت تایلر تولیدی است که این وضعیت علاوه بر اینکه به نیروی انسانی و زمان طولانی نیاز دارد، فاقد بازدهی مطلوبی برای شرکت‌های تولیدی است. با توجه به اینکه هدف از انجام این تحقیق خودکارسازی تشخیص عیوب تایلر است و الگوریتم پیشنهادی در راستای افزایش کارایی و ارتقا عملکرد بخش کنترل کیفیت محصولات می باشد، لذا با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق می توان گفت برای تشخیص این نوع عیب از تایلر با توجه به روش پیشنهادی، در قطعاتی که در هیستوگرام الگوی محلی باینری آنها نسبت به قطعه مرجع و الگوی اصلی اختلاف وجود دارد، از آنجا که، با محاسبه نرم (norm) دوم، اختلاف نقطه به نقطه بردار ویژگی قابل تفکیک هست، به راحتی می توان عیب را آشکارسازی نمود. لازم به ذکر است که راهکار پیشنهادی می تواند در فرآیند اتوماتیک سازی تشخیص عیوب برخط در کارخانه تایلر سازی به کار گرفته شود و کمک بسیار زیادی در مرحله بازرسی و کنترل کیفیت محصولات تولیدی داشته باشد.

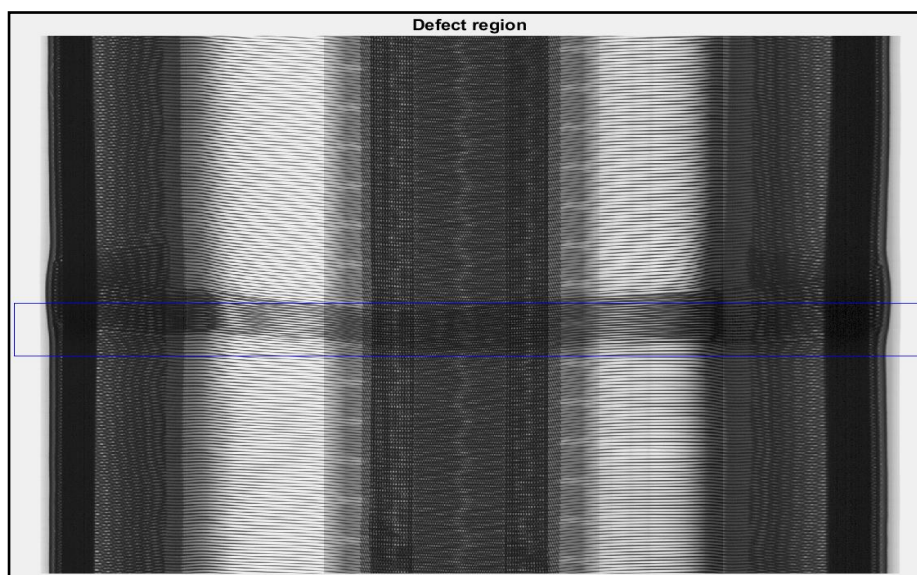
سپاسگزاری

IRM ...

ویژگی الگوی باینری محلی آن با الگوی اصلی محاسبه می شود. همانطور که در شکل ۵ مشاهده می شود، در قطعاتی که هیستوگرام الگوی باینری محلی آنها نسبت به قطعه مرجع دارای اختلاف و تغییرات است، این تغییرات به کمک محاسبه به کمک نرم (norm) دوم، قابل تفکیک هستند و به صورت شکل الگوی مربوط به خود نمایش داده می شوند. در این شکل برای ۱۰ قطعه از تصویر اصلی، ۱۰ نمودار از اطلاعات ویژگی های الگوی باینری محلی آن ترسیم شده است که با مقایسه با تصویر مرجع و محاسبه نرم دوم می توان تغییرات و اختلاف های تصویر که در واقع همان وجود عیب در تایلر است را آشکارسازی کرد. شکل ۶ نتیجه اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی تصویر اشعه ایکس تایلر را نشان می دهد، که در آن، ناحیه ی دارای عیب با کادر آبی رنگ مشخص شده است و از این طریق عیب تایلر آشکارسازی می شود.

نتیجه گیری

در حال حاضر در بیشتر کارخانه های تولیدی تایلر، مشخص کردن عیوب محصولات و جداسازی تولیدات معیوب از تولیدات سالم اکثرا توسط کارگران ماهر و آموزش دیده انجام می شود. هدف از انجام این



شکل ۶- نتیجه اعمال الگوریتم به منظور بازشناسی عیب

1. F. Feng Xia, X-ray Tire Defects Automatic Detection System (Master dissertation of Tianjin University, china, 2008).
2. Z. Guo, and S. Qin, "High-precision detection of defects of tire texture through X-ray imaging based on local inverse difference moment features," *Sensors* 18(8): 2524 (2018).
3. P. Behrooznia, kh. Seyedmehsami, S. Taheri, and R. Mirzaeifar, "Damage diagnosis in intelligent tires using time-domain and frequency-domain analysis. *Mechanics Based Design of Structures and Machines*," 47(1), 54-66 (2019).
4. Y. Zhang, T. Li, and Q. L. Li, "Defect detection for tire laser shearography image using curvelet transform based edge detector," *Optics & Laser Technology* 47, 64-71 (2015).
5. X. Xiong, W. He, and H. Wang, "Digital image correlation method (DICM) application in speckle phase-shift of shear speckle defect detection," in *Proceedings of the International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, Chengdu, China, Dec 6-8, 2010, pp. 380-383.
6. C. H. Chien, Y. D. Wu, Y. C. Chen, C. C. Hsieh, T. Chen, and Y. T. Chiou, "Quantitative detection of internal defects in automotive tires by an interferographic technique," *Research in Nondestructive Evaluation* 18 (3), 163-177 (2007).
7. Y. Zhang, T. Li, and Q. L. Li, "Detection of foreign bodies and bubble defects in tire X-ray images based on total variation and edge detection," *Chinese Physics Letters* 30 (8), Art. ID 084205 (2013).
8. M. K. Ng, H. Y. T. Ngan, X. Yuan, and W. Zhang, "Patterned fabric inspection and visualization by the method of image decomposition," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* 11 (3), 943-947 (2014).
9. F. Y. Li, "The study of an improved fuzzy edge detection algorithm in the radial tire quality detection," In *Advanced Materials Research* 317, 968-971 (2011).
10. A. Gayer and A. Saya, "The use of X-radiography and computer soft-ware for detecting defects during the manufacture of steel-belt tyres," *NDT International* 21 (5), 333-336 (1988).
11. D. Tsai and C. Chiang, "Automatic band selection for wavelet reconstruction in the application of defect detection," *Image and Vision Computing*. 21 (5), 413-431 (2003).
12. Y. Zhang, X. Cui Y. Liu and B. Yu, "Tire Defects Classification Using Convolution Architecture for Fast Feature Embedding", *International Journal of Intelligence System*, Vol. 11, pp 1056-1066, 2018.
13. Y. Zhu, W. Y. Liu, F. C. Liu, and J. J. Wang, "Inspection of air bubble defect in tires by digital holography," *Opt. Precision Eng.* 17 (5), 1099-1104 (2009).
14. H. X. Liu, W. Zhou, Q. W. Kuang, L. Cao, and B. Gao, "Defect detection of IC wafer based on spectral subtraction," *IEEE transactions on semiconductor manufacturing* 23 (1), 141-147 (2010).

15. H. Y. T. Ngan and G. K. H. Pang, "Regularity analysis for patterned texture inspection," IEEE Transactions on automation science and engineering 6 (1), 131–144 (2009).
16. D. Tsai and T. Huang, "Automated surface inspection for statistical textures," Image and Vision computing 21 (4), 307–323 (2003).
17. Y. Han and P. Shi, "An adaptive level-selecting wavelet transform for texture defect detection," Image and Vision computing 25 (8), 1239–1248 (2007).
18. K. L. Mak and P. Peng, "An automated inspection system for textile fabrics based on Gabor filters," Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 24 (3), 359–369 (2008).
19. U. Farooq, T. King, P. H. Gaskell, and N. Kapur, "Machine vision using image data feedback for fault detection in complex deformable webs," Transactions of the Institute of Measurement and Control 26 (2), 119–137 (2004).
20. C. J. Kuo and T. Su, "Gray relational analysis for recognizing fabric defects," Textile Research Journal 73 (5), 461–465 (2003).
21. H. Y. T. Ngan, G. K. H. Pang, and N. H. C. Yung, "Performance evaluation for motif-based patterned texture defect detection," IEEE Transactions on Automation Science and Engineering 7 (1), 58–72 (2010).
22. S. Ghorai, A. Mukherjee, M. Gangadaran, and P. K. Dutta, "Automatic defect detection on hot-rolled flat steel products," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 62 (3), 612–621 (2013).
23. X. L. Li, S. K. Tso, X. P. Guan, and Q. Huang, "Improving automatic detection of defects in castings by applying wavelet technique," IEEE Transactions on Industrial Electronics 53 (6), 1927–1934 (2006).
24. G. Zhao and Sh. Qin, "High-Precision Detection of Defects of Tire Texture through X-ray Imaging Based on Local Inverse Difference Moment Features," Sensors 18 (8), (2018).
25. T. Ojala, M. Pietikäinen and T. Mäenpää, "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns," IEEE transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 24 (7), 971-987 (2002).



A solution to detect the defect of the cords in the tire in X-ray images

Y. Sedaghat^{*1}, N. Parhizgar², A. Keshavarz³

1. PhD student, Instructor, Department of Electrical Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
2. PhD, Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
3. PhD, Assistant Professor, Faculty of Data Sciences and Intelligent Systems Engineering, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

*Corresponding author Email: m_y_sedaghat@yahoo.com

Abstract: Diagnosing tire defects is an important part of the tire inspection automation process. Various solutions have been proposed to diagnose tire defects using tissue and local information. These solutions are very important in identifying various types of tire quality control defects for tire manufacturing companies. Due to the fact that the examination of X-ray images by the operator is a time-consuming and costly process, so the use of machine vision and machine learning is an important issue in this industry. In this paper, a new solution to detect tire defects in X-ray images based on image processing techniques and using the method of extracting image texture properties is presented. In the proposed method, local binary pattern (LBP) techniques are used to extract the defect properties. In order to evaluate the proposed solution, the tire data set was prepared with X-ray images, which by applying the proposed algorithm on this set, a good accuracy in fault diagnosis was obtained, which also has a desirable performance.

Keywords: Tire troubleshooting, X-ray images, image smoothing, local binary pattern, image segmentation.